



UNIVERSITAT^{DE}
BARCELONA

El clima urbà de Girona

Gerard Taulé Codinach



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**



**UNIVERSITAT DE
BARCELONA**

Programa de Doctorat en Geografia, Planificació Territorial i Gestió Ambiental

El clima urbà de Girona

Doctorand: Gerard Taulé Codinach

Director de la tesi: Javier Martín Vide

Tutor de la tesi: Javier Martín Vide

Girona, 29 de Setembre 2021

Resum

L'objectiu principal de la tesi doctoral és analitzar l'illa de calor urbana de l'àrea urbana de Girona a partir del mètode dels transectes tèrmics. Altres objectius específics són l'anàlisi de la modificació urbana de la precipitació, vent, humitat relativa, nuvolositat, radiació solar i fenòmens meteorològics.

El principal període analitzat de les diferents variables meteorològiques és el període 1998-2014, encara que també s'estudien dades anteriors a aquest període, fins l'any 1911, i s'estén fins l'any 2021. En el capítol de la precipitació s'utilitzen les imatges de radar meteorològic proporcionades pel Servei Meteorològic de Catalunya.

L'àrea d'estudi és la zona urbana de Girona, que comprèn les estacions meteorològiques situades al pla de Girona, la depressió de la Selva i una vall tributària del riu Onyar pertanyent al massís de les Gavarres (observatori meteorològic de Cassà de la Selva-SMC). El nombre d'observatoris utilitzats és de 48.

El treball de camp principal, que és l'eix central de la metodologia utilitzada en aquesta tesi, són els transectes tèrmics amb automòbils o de forma pedestre. La campanya d'observacions dels transectes tèrmics per determinar les característiques de l'illa de calor comprèn el període 2001-2021. Els mètodes generals emprats en la tesi per analitzar les dades són la correlació i regressió lineal, utilitzant el software Excel. També s'han aplicat les taules dinàmiques d'aquest mateix programa. S'ha utilitzat l'anàlisi sinòptica objectiva a partir de l'anàlisi de components principals i semiobjectiva a partir de la classificació de Javier Martín Vide (2005). Dins del capítol de la precipitació s'analitzen els efectes urbans en aquesta variable a partir d'algunes imatges de radar de dies de tempesta.

També es realitza la cartografia de les diferents variables meteorològiques amb el software Surfer, temperatura, precipitació, humitat relativa i velocitat i direcció del vent. La cartografia de les diferents variables climàtiques es realitza aplicant el mètode d'interpolació *Kriging*. També s'ha utilitzat el SIG Idrisi Kilimanjaro per realitzar dos mapes de l'illa de calor urbana superficial.

La tesi doctoral està dividida en 8 capítols, el primer és la introducció, el segon descriu l'àrea d'estudi, el tercer és el cos teòric de la climatologia urbana, el quart conté la metodologia, el cinquè tracta l'illa de calor urbana de Girona, el sisè és el de la precipitació urbana, el setè mostra la modificació urbana d'altres variables meteorològiques i el vuitè són les conclusions.

Les conclusions més importants són que la intensitat màxima de l'illa de calor urbana de Girona mesurada en un transecte, nocturn, és 12,1°C, el 31 de desembre de 2007. Aquesta intensitat supera molt clarament l'illa de calor urbana teòrica tenint en compte la població de la ciutat de Girona, 103.000 habitants, 6,6°. L'illa de calor urbana gironina és molt intensa per l'efecte d'embassament d'aire fred d'alguns indrets rurals, tal com les Deveses de Salt, però també per l'elevada compacitat del nucli urbà de Girona, amb densitats de població que superen els 15.000 habitants/km² en alguns barris, com can Gibert del Pla, i l'elevada calor antropogènica generada pel trànsit automobilístic i la climatització dels habitatges. El nucli més càlid de la ciutat de Girona abasta el sud del Barri Vell i gran part de l'Eixample. L'hivern és l'estació astronòmica amb una intensitat mitjana més elevada de l'illa de calor, segons el mètode dels

transsectes nocturns, 6,2°C. Entre els mesos de juliol a octubre es produeix la intensitat menor de l'illa de calor. Segons el mètode comparatiu dels observatoris meteorològics fixos, s'observa una intensitat mitjana de l'illa de calor de 5,1°C, aquesta és la diferència en la mitjana anual de les temperatures mínimes entre els observatoris de Girona-Escola de la Música i les Deveses de Salt.

Una altra conclusió important és l'illa de frescor urbana diürna, que supera els 4°C força sovint en dies serens i anticiclònics, durant tot l'any. Aquesta illa de frescor urbana es pot atansar fins a prop de la posta de sol dels solsticis d'hivern, com a les 17 hores del 5 de gener de 2013, amb una illa de frescor de 7,4°C. El Barri Vell de Girona enregistra les temperatures més baixes de la ciutat durant els migdies com a conseqüència de la geometria dels carrers, molt estrets i amb baix factor de visió del cel (SVF), i també per l'escàs trànsit automobilístic d'aquesta zona.

L'efecte de l'illa de calor és més intens a l'hivern. No obstant, durant les onades de calor a l'estiu hem observat intensitats de l'illa de calor superiors als 10°C. S'observen diferències en la freqüència mensual de dies amb intensa illa de calor pel que fa al mètode dels transsectes, essent més freqüents a l'hivern i menys rellevants a l'inici de la tardor. S'ha analitzat l'efecte urbà en la precipitació de la ciutat i els seus afores. No s'observa un efecte clar positiu o negatiu en aquesta, tot i que al centre de Girona la precipitació mitjana anual és més baixa que els afores, amb l'excepció d'alguns observatoris, com Girona-carrer Santa Clara, que és el segon observatori més plujós de l'àrea d'estudi. Les tempestes estiuenques són més intenses en la zona de sobrevent, tenint en compte el desplaçament de les cèl·lules convectives, que és del NW o SW a l'estiu, o a sotavent, tenint en compte el vent en superfície. S'observa una major intensitat de les tempestes en períodes curts de temps en àrees rurals allunyades de la ciutat de Girona.

La velocitat del vent disminueix al centre urbà de Girona per efecte de la rugositat urbana i l'efecte de pantalla dels edificis. La velocitat mitjana del vent és inferior a 3 km/h en l'estació meteorològica de Girona-Bonastruc (nord de l'Eixample) i de 5,2 km/h a Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC), 1 km a l'oest de la ciutat. D'altra banda, l'observatori més ventós és el que està situat a més altitud de la ciutat de Girona, dins del barri de Montjuïc.

La humitat relativa nocturna és més elevada a les àrees rurals durant la nit i la matinada. Durant algunes nits les diferències higromètriques urbano-rurals superen el 30-40 %, tot i que normalment oscil·len al voltant del 15-20 %. D'altra banda, als migdies assolellats i amb vents fluixos s'observa una moderada illa humida en les parts més fredes de la ciutat, com la part antiga, que pot superar el 10 %.

S'observa una disminució del nombre de boires al centre urbà de Girona en comparació amb els afores, especialment respecte l'aeroport, per efecte de l'illa de calor urbana. També el nombre de dies de rosada i gebrada són més escassos dins la ciutat, com a conseqüència del menor factor de visió del cel dels carrers, l'illa de calor urbana i l'illa de sequedat urbana. La nuvolositat és més abundant a Girona i Salt en comparació amb l'aeroport de Girona, especialment al matí, i bàsicament respecte la nuvolositat de tipus baix. La radiació solar és més escassa, com a conseqüència de la contaminació atmosfèrica, al centre de Girona, sent la disminució de la radiació solar més elevada quan el sol està baix damunt l'horitzó, a l'hivern i a la tarda.

Paraules clau: clima urbà, Girona, humitat relativa, illa de calor, precipitació, temperatura, tempesta, transsecte tèrmic, vent

Agraïments

En primer lloc volem agrair als professors de la Universitat de Barcelona, Javier Martin Vide i Joan Albert López Bustins pel suport metodològic en l'anàlisi de components principals i també pels consells per realitzar la tesi doctoral. Vull agrair especialment el meu director i tutor de tesi, el doctor Javier Martín Vide pels seus consells metodològics per la confecció de la tesi doctoral, que m'han estat molt profitosos. El meu director de tesi m'ha ajudat molt a resoldre els dubtes envers la tesi i m'ha donat un gran suport emocional. També vull agrair el professor Josep Calbó de la universitat de Girona per cedir-me les dades gratuïtament de l'observatori meteorològic de la universitat, dins del projecte Nuclier. Dono les gràcies al professor Filipe Ferreira de la Universitat de Barcelona per ajudar-me a confeccionar dos mapes d'illa de calor superficial de l'àrea urbana de Girona. És molt d'agrair l'ajut del meu amic Moisès Ramiro Sousa, observador meteorològic de les estacions de Girona-Sèquia, Girona-Francesc Roges i Girona-la Vall de Sant Daniel, amb el qual hem realitzat la majoria dels transectes tèrmics realitzats al llarg de l'àrea urbana de Girona. Agraeixo al meu amic Francesc Bruguera pel suport metodològic.

Agraeixo l'Institut de Recerca de l'Aigua (IDRA) de la universitat de Barcelona per la subvenció de 250 € que em va fer l'any 2016 per imprimir i enquadrar la tesi. Tot i que com l'he imprès uns anys després no he pogut fer-ne ús. Dono les gràcies a en Manel Rullo, de l'Espai Caixa de la ciutat de Girona per imprimir i enquadrar la meua tesi doctoral.

També dono les gràcies a les institucions NCAR i NCEP per les dades diàries de pressió atmosfèrica de reanàlisi amb una resolució de 2,5° de latitud i longitud del període 2001-2009, a partir del qual he fet a l'anàlisi de components principals. Agraeixo al meu amic David Montserrat per la seva ajuda per entendre diferents aspectes conceptuals. Agraeixo la Direcció General de Qualitat Ambiental per les dades meteorològiques cedides (observatoris i dades de contaminació atmosfèrica). Vull remarcar que la tesi no seria possible sense els observadors meteorològics de les estacions meteorològiques utilitzades en la meua investigació. Alguns dels observadors són en Josep Bataller (Fornells de la Selva-centre), Pere Serra (Santa Coloma de Farners), Narcís Dalmau (Cassà de la Selva-centre), Joaquim Sánchez (aeroport de Girona) Ferran Besalú (Salt-Barri Vell), Joan Figueras (Girona-Bonastruc o Girona-Devesa), Carles Ginés (Girona-Barri Vell o Plaça de la Independència), Lluís Regincós (Girona-Montjuïc), Pere Farrerons (Celrà), la professora Maria Lluïsa González de l'Institut Girona-Vicens Vives, els professors Josep Domingo i Joaquim Vinyoles del col·legi Bell-lloc i el professor Albert Cufí del col·legi Maristes, entre molts d'altres. Agraeixo a en Jaume Feliu, professor de la Universitat de Girona, Carles Bayés i Xavier Soler (SMC) per la seva ajuda metodològica. També agraeixo a l'Antonio Gázquez, Marc Prohom i Ricard Ripoll, entre molts d'altres del Servei Meteorològic de Catalunya, per les dades cedides, també agraeixo l'AEMET per les dades dels seus observatoris. Finalment vull agrair als meus pares Joan i Maria Dolors i la meua germana Sílvia per la paciència i per l'ajut emocional en els anys de recerca derivats d'aquest treball.

Acrònims

ACP, Anàlisi de Components Principals

AEMET, *Agencia Estatal de Meteorología*

Aigües: Servei d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter

DGQA, Direcció General de Qualitat Ambiental

ICA, Illa de calor urbana (aire)

ICS, Illa de calor superficial (temperatura del sòl)

Idescat, Institut d'Estadística de Catalunya

IFUD, Illa de frescor urbana diürna

INM, *Instituto Nacional de Meteorología*/*Instituto Nacional de Meteorología*

NAO, o Oscil·lació de l'Atlàntic Nord

NCAR, *National Center Atmospheric Research* (NCAR)

NCEP és la *National Center Environmental Prediction* (NCEP).

NOAA, Administració Nacional i Atmosfèrica. *National Oceanic and Atmospheric Administration*

SIG, Sistema d'Informació Geogràfica

SMC, Servei Meteorològic de Catalunya

UMAT, Unitat Metropolitana d'Anàlisi Territorial de l'Ajuntament de Girona

WeMO, o Oscil·lació de la Mediterrània Occidental

XOM, Xarxa d'Observadors Meteorològics

XVPCA, Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica

Acrònims de Situacions sinòptiques

A, Anticicló

GF, Gota freda

SC, Solc

BR, Borrasca relativa

N, nord

NE, nord-est

E, est

SE, sud-est

S, sud

SW, sud-oest

W, oest

NW, nord-oest

Gasos de l'atmosfera i contaminants

CO₂, Diòxid de carboni

H₂S, Sulfur d'hidrogen

O₃, Ozó

PM₁₀, Partícules contaminants superiors a un diàmetre de 10 micròmetres

PM_{2,5}, Partícules contaminants inferiors a un diàmetre de 2,5 micròmetres

Abreviatures i símbols

Q^* , Radiació neta

K_{\downarrow} , Radiació d'ona curta rebuda per la superfície

L_{\downarrow} , Radiació d'ona llarga rebuda per la superfície

K_{\uparrow} , Radiació d'ona curta reflectida per la superfície

L_{\uparrow} , Radiació d'ona llarga emesa per la superfície

ΔT , Diferència tèrmica

D, és el diàmetre de la ciutat en km

ΔT_{u-rmax} , Diferència tèrmica màxima

P, Precipitació

F, Aigua alliberada a l'atmosfera per combustió

I, entrada d'aigua per les canonades procedents dels embassaments, els rius, etc.

E, evapotranspiració

ΔQ_A , Transferència neta advectiona, en horitzontal, de calor sensible i latent

ΔQ_s , Variació de la calor emmagatzemada en el sòl, els edificis i l'aire contingut en el volum

QF, Font de calor urbà antropogènic

ΔQ_P , Variació neta de la calor bioquímica emmagatzemada degut a la fotosíntesi i a la respiració vegetal

QH, Calor sensible

QE, Calor latent

ΔS , variació de l'aigua emmagatzemada en el sòl, els edificis i l'aire contingut en el volum

A, transferència neta d'aigua en gotes o en vapor a través de les cares del volum

K^* Radiació neta d'ona curta

L^* Radiació neta d'ona llarga

MU, Valor mesurat d'una variable meteorològica urbana

C, Component degut el clima de la regió

LU, Contribució del clima degut a la localització concreta de la ciutat

U, alteració del clima produït per la ciutat

H, altura dels edificis

W, Amplada del carrer SVF

r, correlació de Pearson

R², coeficient de determinació

Capítol 1

Índex de continguts

1	Introducció	13
1.1	Justificació de l'elecció del tema de tesi.....	13
1.2	Antecedents de l'illa de calor	14
1.2.1	Literatura i clima urbà de Girona.....	14
1.2.2	Estudis científics de l'illa de calor anteriors a l'actual investigació.....	15
1.3	Interès científic de la tesi	17
1.4	Objectius de la tesi	19
1.5	Pla de treball.....	22
1.6	Hipòtesis.....	25
1.7	Fonts	27
1.8	Material utilitzat.....	32

Índex de figures

FIGURA 1.1	MAPES TÈRMICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA, QUE MOSTREN L'ILLA DE CALOR SUPERFICIAL.....	16
FIGURA 1.2	FOTOGRAFIA DEL TERMÒMETRE AMB SONDA DELS TRANSSECTES TÈRMICS (PERÍODE 2001-2014) MARCA TFA-301012	33
FIGURA 1.3	FOTOGRAFIA DEL TERMOHIGRÒMETRE DE MÀ PCE IBÈRICA PCE-MHT1.....	33
FIGURA 1.4	FOTOGRAFIA DEL TERMOHIGRÒMETRE DIGITAL AMB SONDA DELS TRANSSECTES TÈRMICS (PERÍODE 2015-2021) MARCA TFA-305013	34
FIGURA 1.5	FOTOGRAFIA DE L'ANEMÒMETRE DE MÀ UTILITZAT EN ELS TRANSSECTES EÒLICS MARCA TFA	34
FIGURA 1.6	FOTOGRAFIA DE LA GÀBIA TFA DE LES DEVESES DE SALT.....	35
FIGURA 1.7	FOTOGRAFIA DEL THERMOCHRON DS-1921	35

Índex de taules

SENSE TAULES

1 Introducció

1.1 Justificació de l'elecció del tema de tesi

Actualment viuen a la Terra més persones a les ciutats que al camp, així el 54,6 % de la població mundial viu al camp (*Banco Mundial de Datos*, 2017). En les properes dècades es preveu un increment de la població urbana arreu del món. A les ciutats es genera gran part de les emissions de gasos d'efecte hivernacle que alteren el clima del planeta. En les últimes dècades l'IPCC afirma que estem davant d'un canvi climàtic que ha provocat un increment tèrmic per efecte humà, com a conseqüència de les emissions de gasos com el CO₂, són gasos que canvien el balanç energètic del planeta. Així entre l'any 1880 i l'any 2012 la temperatura mitjana de la Terra ha pujat 0,83°C (5è IPCC, 2014). El sisè IPCC (2021) ha establert recentment que l'augment de la temperatura de l'aire en superfície és ja d'1,1°C respecte a la mitjana del període 1850-1900. El ritme d'increment tèrmic és més elevat en els últims decennis com a conseqüència de l'augment de la població de la Terra i dels gasos d'efecte hivernacle. Aquest és el cas de l'augment de la concentració de CO₂ que l'any 2016 ja superava les 400 ppm segons la plana web de l'Earth's CO₂. A l'agost de 2021 la concentració de CO₂ assolí el valor de 414,47 ppm, segons la mateixa referència, a partir dels valors mesurats a l'estació de contaminació de fons de Mauna Loa (illes Hawaii) de la NOAA. En aquest context l'estudi del clima de les ciutats és necessari ja que aquestes generen l'efecte de l'illa de calor, són més càlides que els seus voltants, especialment durant la nit. La influència urbana no es limita a la pròpia ciutat, sinó s'ha observat com les ciutats canvien el clima de les regions dels voltants. La climatologia urbana és la disciplina que estudia el clima de les ciutats, aquesta ciència ha tingut un fort avenç en les últimes dècades, fruit de la seva interdisciplinarietat, i l'auge de noves tecnologies aplicades a l'estudi del clima urbà (ARNFIELD, 2003). L'ús generalitzat dels Sistemes d'Informació Geogràfica en les investigacions de clima urbà ha permès analitzar les imatges tèrmiques de les ciutats proporcionades pels satèl·lits i s'ha correlacionat la temperatura de la ciutat amb factors urbans, com l'albedo, el factor de visió del cel, la fracció de sòl impermeable, la proporció de sòl verd, per tal de conèixer les causes de l'illa de calor urbana. Els estudis urbans en les últimes dècades han deixat de ser descriptius com als inicis del segle XX i han aprofundit en el coneixement de les causes de les modificacions climàtiques experimentades en la ciutat, no només de la temperatura, sinó de la precipitació, el vent i altres variables climàtiques. En el context actual de canvi climàtic global les ciutats experimenten un important escalfament en les darreres dècades, fruit de l'augment de la intensitat de l'illa de calor experimentada en moltes megalòpolis, però també en ciutats de menor mida. Hi ha hagut un interès creixent per l'impacte que té la ciutat en la salut de les persones, ja que les elevades temperatures unides a l'efecte de l'illa de calor provoquen un increment de la mortalitat especialment de les persones més vulnerables. En les últimes dècades s'han creat diferents índexs de confort tèrmic i s'ha modelitzat la ciutat amb l'objectiu d'analitzar com influeix la geometria urbana, per exemple el factor de visió del cel en el confort tèrmic (MATZARAKIS *et al.*, 2010). Tanmateix hi ha hagut un auge de les investigacions que analitzen la vulnerabilitat de la població en episodis tèrmics extrems com les onades de calor. En aquesta tesi s'analitza la modificació de les diferents variables meteorològiques a l'àrea urbana de Girona i s'expliquen les causes que

justifiquen els contrastos espacials experimentats tant en la temperatura, precipitació com el vent, entre d'altres variables.

1.2 Antecedents de l'illa de calor

Aquest treball no és la primera investigació envers el clima urbà de Girona, tenim altres obres que van ser prèvies a aquest treball. En el subcapítol 1.1. s'analitzen aquests estudis, que no només són científics sinó també literaris.

1.2.1 Literatura i clima urbà de Girona

La primera cita referent al clima urbà de Girona no és científica sinó literària. Així en Gerión, que és el pseudònim del mossèn Carles de Bolós, afirmava a mitjans del segle XX que Girona tenia un clima diferent dels voltants. Gerión publicava un article diàriament anomenat "Ángulo de la ciudad" al diari Los Sitios de Gerona. Tots aquests articles s'han recollit al llibre "Ángulo de la Ciudad".

En el següent paràgraf fem referència a l'article "El clima artificioso de la ciudad" del llibre esmentat, publicat el 6 de juliol de 1949 al diari Los Sitios de Gerona, que es troba a les pàgines 34 i 35. En aquest article Carles de Bolós caracteritza el clima urbà de Girona. Hem traduït del castellà l'article, aquest és el següent:

"Llegíem fa poc que a Nova York els gratacels han contribuït a modificar el clima urbà en determinats sectors degut a la grandiosa zona d'ombra que projecten aquests altíssims edificis. No dubtem que així sigui, ja que sense la necessitat d'anar a Nova York, sense moure'ns de Girona podem observar perfectament la influència que exerceixen les edificacions en la temperatura de l'ambient dels carrers i fins i tot en la humitat. A Girona hi ha carrers calents i calents frescos; el de la Força és un d'aquests últims i dona gust passar per allà en ple dia quan la calor colla, doncs la sensació d'alleujament que s'experimenta és vertaderament notable. També influeixen els carrers en la direcció dels vents, en aquest ordre de coses l'entramat de les nostres vies és tan desorientador que si no ens movem del seu àmbit mai encertem d'on bufa l'aire. Però encara hi ha una altra particularitat respecte això i és la canalització que s'opera en certs sectors. Així, a l'hivern el pas pel portal de Sobreportes en certes ocasions quasi requereix una certa dosi d'heroisme. La veritat és que són molts els coneixedors de la climatologia urbana que procuren evitar aquell pas encara que sigui per fer una llarga volta. I no diguem res de les zones fortament assolellades a l'estiu. La travessa del Pont de Pedra en ple dia és també un d'aquells tràngols que el ciutadà procura evitar tot el possible. En resum: per l'experiència que tenim adquirida podem afirmar que la ciutat crea en el seu àmbit un clima fals, un clima que rares vegades correspon al del propi camp. Això ho tenim observat tant en temps de calor com de fred. Si hom es regeix per la temperatura del carrer o del balcó se sent inclinat a renunciar al passeig; en canvi, quan es troba en despoblat, troba que ni el fred ni la calor són tan ferotges com la ciutat ens els pintava. Bé pot dir-se, doncs, que en la ciutat tot és artificiós, fins i tot la naturalesa li subministra i aquella transforma i desfigura". És molt interessant llegir el paràgraf del carrer de la Força com a carrer fresc als migdies d'estiu, ja que s'intueix que a la part vella de la ciutat de Girona les temperatures diürnes són més baixes que als afores, pensem que aquesta afirmació té el suport d'una explicació científica. Així en els nostres transsectes diürns anticiclònics

amb i cel serè i vent encalmat hem detectat una important illa de frescor diürna al Barri Vell de Girona. En alguns dies la temperatura és 7,7°C més baixa (5 de gener de 2013) respecte els voltants de la ciutat o respecte els observatoris meteorològics urbans i rurals de Girona-Parc del i Girona-Hortes de Santa Eugènia. Les temperatures del migdia són més baixes a la part antiga de la ciutat com a conseqüència del microclima associat a la geometria urbana, amb carrers estrets i edificis força elevats. Així el terme emprat en climatologia urbana per definir aquesta geometria és d'un baix factor visió del cel, o *sky view factor*. Això no només succeeix a l'hivern sinó durant tot l'any, fins i tot l'estiu, però la intensitat de l'illa de frescor més fortes les hem trobat a l'hivern. Com els carrers són tan estrets el sol de l'hivern molt baix no arriba a escalfar-los, com en altres zones de la ciutat amb carrers més amples, o a les rodalia de la ciutat, i per això al Barri Vell de Girona en alguns dies de l'hivern hi fa molta més fred al migdia que a les rodalia de la ciutat. Però també a l'estiu els carrers del Barri Vell són menys càlids que les vies urbanes d'altres parts de la ciutat.

1.2.2 Estudis científics de l'illa de calor anteriors a l'actual investigació

L'estudi de SOLER TEMPRANO (1998) és el primer treball que es va fer a la ciutat de Girona envers l'illa de calor urbana i troba una intensitat màxima de l'illa de calor a Girona de 4,3°.

Xavier Soler Temprano va realitzar força transsectes entre 1997 i 1998, segons l'Excel que ens va proporcionar amb les dades de temperatura i humitat relativa dels transsectes on s'observa la variació d'aquestes dues variables meteorològiques en els diferents punts d'observació. En un dia de l'abril de 1997 Xavier Soler va detectar la màxima illa de calor urbana diària de Girona per mitjà del mètode dels transsectes, 4,3°C. Els transsectes tèrmics que realitzava en Xavier Soler en un mateix dia eren 3, W-E, N-S i NW-SE. El transsecte W-E tenia com inici Montfullà, a l'oest de Salt, al terme municipal de Bescanó, i finalitzava al barri de Montjuïc, al nord-est de Girona. El transsecte N-S s'iniciava a Sarrià de Ter i acabava al sud de Fornells de la Selva. El primer punt d'observació del transsecte NW-SE es trobava al barri dels Germans Sàbat, al NW de la ciutat de Girona, i acabava al sector de Girona-2, al sud de la ciutat de Girona.

La nostra campanya temporal de transsectes (2001-2021) ha estat molt més dilatada en el temps que la de Soler Temprano (1998) que va durar dos anys 1997-1998 segons un arxiu Excel cedit per Soler Temprano (1998). La intensitat màxima de l'illa de calor de Girona mesurada en els nostres transsectes supera àmpliament els 10°C, amb un transsecte amb una intensitat de 12,1°C. És important, però de remarcar, que probablement part d'aquesta diferència sigui produïda per tres causes: embassaments d'aire fred locals, per exemple el que es produeixen a les Deveses de Salt, la major durada de la nostra campanya de transsectes, juntament amb uns nostres transsectes fets per llocs rurals més freds que els de Soler Temprano (1998).

En l'article de RIBA i JORGE (2005) hi ha un estudi de l'illa de calor urbana de superfície de Girona a partir de les imatges d'infraroig tèrmic del satèl·lit Landsat que tenen un mida del píxel de 120 metres de costat. S'ha de tenir en compte que en l'article no consta la hora en què s'han fet les imatges, però probablement són nocturnes. Així es va detectar una illa de calor urbana de superfície de 20,1° el dia 22 de maig de 1991 i d'11,9° en el dia 9 de setembre de 1999, les diferències observades

en la intensitat els autors les justifiquen per la insolació més elevada al mes de maig respecte el setembre, la qual cosa permet un escalfament més important dels materials urbans. L'illa de calor urbana es troba dividida en vàries parts pel riu Ter, la més septentrional és la del Pont Major, en trobem una altra barri de Fontajau i l'illa de calor més meridional i extensa al centre de la ciutat de Girona és l'illa de calor de l'Eixample. La zona més fresca de la ciutat de Girona és el bosc de ribera al voltant del curs del riu Ter. Aquest article es pot consultar a la xarxa, www.aet.org.es/congresos/xi/ten81.pdf.

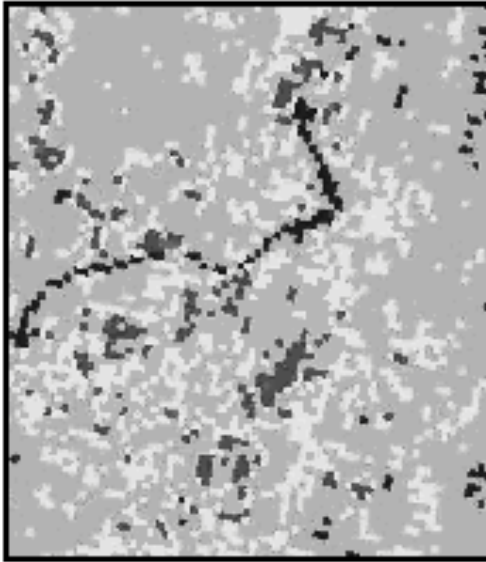


Figura 4: Mapa tèrmic (1991).

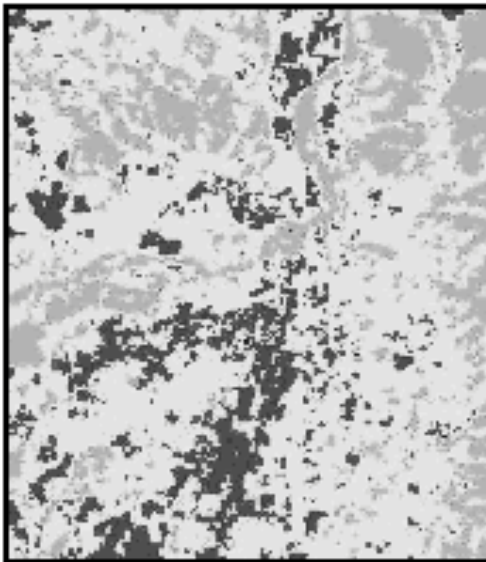


Figura 5: Mapa tèrmic (1999).

*Figura 1.1 Mapes tèrmics de l'àrea urbana de Girona, que mostren l'illa de calor superficial
Font : RIBA i JORGE (2005).*

1.3 Interès científic de la tesi

L'interès científic de la present obra és que fins a l'actualitat s'han fet molts pocs estudis climàtics de la influència urbana en força variables climàtiques (temperatura, precipitació, vent, humitat relativa, nuvolositat i radiació solar) a una escala tan detallada i en una ciutat de dimensions mitjanes no només d'Espanya sinó a Europa i arreu del planeta. Hi han poques investigacions urbanes holístiques en alguna ciutat amb una mida molt més gran, com és el cas de Londres (CHANDLER, 1967).

No només s'analitza l'illa de calor a partir del mètode dels transectes tèrmic, sinó també a través dels observatoris. S'ha d'afegir que la ciutat de Girona presenta una densitat molt elevada d'observatoris que han funcionat durant algun moment en el període 1998-2021,44. La superfície urbanitzada de la ciutat de Girona és de 13 qm², per tant la mitjana és de 3,1 observatoris/qm² la qual cosa permet fer una anàlisi a escala fina de la influència urbana en clima de la ciutat.

També la gran quantitat de transectes i la gran diversitat d'aquests (diferents moments del dia) ens proporcionen una visió aproximada de la forma de l'illa de calor urbana.

També s'ha estudiat el pal·li urbà i la capa límit urbana a partir de la comparació dels registres tèrmics obtinguts amb transectes pedestres i amb automòbil i amb l'observatori meteorològic de Girona-Bonastruc. També s'han comparat les dades de temperatures mitjanes de les màximes i de les mínimes dels observatoris meteorològics urbans de la ciutat de Girona que es troben situats a la part superior del pal·li urbà amb els valors tèrmics d'estacions situades a 1,5 m.

S'ha analitzat l'efecte urbà en la precipitació no només a escala mensual, sinó a resolució diària, horària i subhorària fins a una resolució 5 minutal, en el cas de l'anàlisi de la modificació pluviomètrica urbana induïda per les tempestes. Això és una novetat dins de la climatologia urbana espanyola, per tant aquest es pot considerar com un treball pioner. És important d'assenyalar que s'han comparat les sèries pluviomètriques d'observatoris de dins de la ciutat i dels afores, fins i tot amb estacions que es troben fora de l'àrea urbana de Girona per detectar un biaix de l'efecte urbà.

Pel que fa a la metodologia s'han utilitzat els mètodes clàssics de comparació d'observatoris urbans i suburbans, però com es disposa d'una xarxa densa d'estacions hem detectat com les estacions suburbanes presenten unes temperatures mínimes força més elevades que les estacions rurals, i que la diferència tèrmica urbano-rural en les mínimes és més gran entre els observatoris suburbans i els rurals, que entre les estacions urbanes i les suburbanes. Això demostra que la urbanització encara que sigui a petita escala incrementa clarament les temperatures mínimes. No és necessari que hi hagi una densitat urbana elevada i amb la presència d'un creixement urbà en vertical perquè es formi una important illa de calor elevada, com és el cas dels pobles que rodegen la ciutat de Girona. No obstant, també hem de tenir en compte que en alguns casos (Salt, Fornells de la Selva) es creen microclimes força freds al voltant dels corrents fluvials adjacents que de forma natural són força més freds que les àrees on s'ubiquen els nuclis urbans.

Hem obtingut resultats inesperats en la intensitat de l'illa de frescor urbana, en comparació amb la ciutat de Vic on GARCIA MANUEL (2008) no ha detectat diferències urbano-rurals significatives en els transectes realitzats al migdia, al voltant

d'1°C. Hem observat en un transecte una illa de frescor urbana molt intensa, fins a 10,2°C. Aquest fenomen és especialment freqüent a l'hivern i inicis de primavera, però es pot produir en qualsevol dia assolellat de l'any, àdhuc a l'estiu. La intensitat de l'illa de frescor urbana és sobretot intensa en les dates properes al solstici d'hivern quan és molt persistent, s'inicia a mitjanit i continua fins gairebé la posta de sol, com el 5 de gener de 2013 quan la intensitat és de 10,2°C a les 17 hores. Així el Barri Vell de la ciutat de Girona presenta una estructura molt compacta, una menor activitat antropogènica respecte la resta de la ciutat, especialment perquè com és una àrea de trànsit restringit té un menor trànsit automobilístic respecte la resta de la ciutat. A més a més l'estretor dels carrers del nucli vell urbà fa que la radiació solar arribi a la superfície només durant poques hores en els mesos on l'altura del sol és més elevada, maig-agost, mentre que a l'hivern alguns carrers no presenten mai insolació (per exemple, la travessia Auriga). En canvi la intensitat de l'illa de calor observada als migdies a la ciutat de Girona és dèbil, i no és més elevada amb vent encalmat sinó quan el vent bufa flux de tramuntana i gregal en els carrers amb orientació est-oest.

Un altre tema d'interès és l'anàlisi de la distribució de la humitat relativa a la ciutat de Girona. Així s'han realitzat transectes termohigromètrics pedestres i també amb automòbil. També hem analitzat la humitat relativa de diferents intervals horaris i subhoraris dels observatoris meteorològics. S'observa un màxim higromètric nocturn en les zones rurals que envolten la ciutat, fins i tot les més elevades (Montjuïc) tot i tenir temperatures mínimes força altes en aquest últim cas, i un mínim higromètric a les àrees urbanes més denses i centrals (Barri Vell i Eixample). D'altra banda les zones properes a rius i rieres presenten humitats més elevades respecte altes indrets més allunyats. En general s'observa una bona correlació entre temperatura i humitat en els transectes, que és inversament proporcional, amb temperatures més altes la humitat tendeix a ser més baixa, per això el centre urbà presenta el nucli amb menor humitat relativa. A més a més l'illa de calor de sequedat pot ser força acusada, en alguns transectes realitzats al municipi de Salt s'han observat fins a diferències higromètriques simultànies properes al 40 %. La comparació d'observatoris fixos ens fa adonar d'una anomalia a l'observatori de Girona-Escola de Música que sobreestima la humitat relativa. En general els observatoris urbans presenten un dèficit higromètric respecte les estacions perifèriques o situades en àrees rurals, com a conseqüència de l'efecte de l'illa de calor urbana i de l'evapotranspiració que és força elevada en les zones verdes que rodegen la ciutat. També s'ha observat com després d'un dia amb humitat relativa baixa al migdia, insolació intensa i velocitat del vent dèbil la intensitat de l'illa de calor nocturna acostuma a ser molt elevada, cosa que succeeix sovint en nits anticiclòniques de totes les estacions astronòmiques i durant les onades de calor estiuenques.

La comparació del vent s'ha realitzat especialment a partir de la comparació d'observatoris meteorològics fixos. La velocitat del vent a 10 metres augmenta de forma logarítmica amb l'altura, essent els observatoris més baixos els que presenten una velocitat mitjana del vent menor, igualment com també enregistren les menors ratxes. D'altra banda la densitat urbana també influeix de forma decisiva en la velocitat del vent, essent els observatoris situats a l'Eixample (Girona-Bonastruc) els que tenen una velocitat mitjana inferior. Així a l'àrea urbana de Girona hem observat una important variació en la velocitat i direcció del vent. No es pot afirmar que l'illa de calor urbana influeixi en la direcció del vent, ja que la convergència teòrica associada a

l'efecte tèrmic urbà no es dona a l'àrea urbana de Girona, ja que el vent predominant a les 7 hores de Fornells de la Selva (sobrevent) i Sarrià de Ter (sotavent) és oposat, nord i sud, respectivament. No obstant si comparem el vent de Girona-Universitat (NE) i Girona-Hortes de Santa Eugènia (NW) s'observa una certa convergència de vents que és produïda pel descens catabàtic de vents a través dels cursos fluvials. A més a més això està reforçat per la diferent direcció del vent en el sector alt del riu Ter de la zona urbana (àrea occidental, municipi de Salt i Sant Gregori) on el vent bufa de l'oest, mentre que a la part baixa del riu Ter, barri de Pont Major de Girona i Sarrià de Ter el vent bufa del sud. Així la direcció del vent nocturn en nits estables és paral·lel a la direcció del riu Ter, per la qual cosa es rebutja la hipòtesi que l'illa de calor afecti a la direcció del vent i provoqui una convergència vers al centre de Girona durant la nit. S'han realitzat pocs transectes eòlics pedestres, no obstant s'observa una clara disminució de la velocitat del vent al Barri Vell de Girona en comparació amb la resta de la ciutat que és atribuïble a l'elevada estretor dels carrers. Prop dels edificis s'observa un increment de la velocitat del vent, també en els ponts damunt del riu Onyar el vent és més fort en els carrers adjacents.

1.4 Objectius de la tesi

El principal objectiu d'aquesta investigació és el de **detectar la influència de l'àrea urbana de Girona en les temperatures**. A les ciutats es forma una illa de calor durant la nit, la ciutat és més càlida que els seus voltants com a conseqüència de diferents factors entre els quals sobresurten la geometria urbana, el balanç energètic i la contaminació de l'aire.

Així en aquesta obra estudiarem la modificació del clima urbà en una doble vessant, estàtica, analitzant les temperatures en un moment determinat, per calcular la intensitat de l'illa de calor urbana, i dinàmica, comparant les sèries de temperatures de tres observatoris durant el període 1973-2004. Els observatoris estudiats en aquest treball són l'aeroport de Girona, aquest es troba en un entorn rural (no afectat per l'illa de calor urbana), Girona (Vicens Vives), que es troba al centre urbà, i l'altra estació meteorològica és la del col·legi Bell-lloc, que es troba en un indret de la ciutat situat a l'àrea suburbana. Es realitza l'anàlisi dinàmica de la sèrie de Girona per tal d'esbrinar si la urbanització ha provocat un escalfament del clima de la ciutat de Girona atribuïble al biaix urbà. Els principals objectius específics d'aquest treball són els següents:

a) **Realitzar la comparació entre el clima del centre urbà de Girona i el clima de la seva rodalia suburbana i rural.**

Per tal de fer això es farà a partir de 2 mètodes. El primer és el de transectes tèrmics, s'efectuen diferents recorreguts al llarg de l'àrea urbana amb l'objectiu de trobar les diferències tèrmiques entre les diferents parts de la zona d'estudi. Es realitzaran transectes que discorren al llarg de l'àrea urbana. També s'aplica el mètode de la comparació d'un observatori meteorològic rural (Fornells de la Selva) i un altre urbà (Girona-Sèquia) en el període 2002-2017. En aquest cas com es disposa d'una xarxa densa d'observatoris, s'analitzaran un total de 42 estacions meteorològiques amb dades de temperatura en el període 1998-2020. No obstant no disposem de dades simultànies del conjunt d'observatoris, sinó que hi ha sèries amb la sèrie més curta del període esmentat i altres estacions amb una sèrie més llarga (Girona-Universitat i aeroport de Girona) i altres amb una sèrie d'escassa duració (Girona-Fedac Pare Coll,

Girona-Santa Clara Girona-Plaça Poeta Marquina) Es realitza la comparació entre els observatoris segons l'ús del sòl de l'entorn de l'estació meteorològica, segons una tipologia preestablerta, així tenim observatoris urbans, rurals i suburbans. Els transectes tèrmics permeten confeccionar uns perfils tèrmics de l'àrea urbana de Girona per tal d'observar com varia la temperatura en l'espai en funció dels diferents usos del sòl, en les zones urbanes i rurals.

b) Estimar la modificació urbana del clima en la ciutat de Girona com a conseqüència del creixement demogràfic i de l'increment d'urbanització de la ciutat i els seus voltants.

Així es vol detectar un escalfament climàtic atribuïble a la urbanització. En el període 1973-2008 es realitza la comparació entre les sèries de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona, mentre que en el període 1971-77 i 2004-17 es comparen les sèries de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport. També es comparen les dades de temperatura mitjana de les màximes i de les mínimes dels observatoris urbans, rurals i suburbans amb la sèrie conjunta dels dos observatoris urbans, Girona-Sèquia i Girona-Francesc Roges.

c) Analitzar l'homogeneïtat de la sèrie de Girona.

En el cas de la ciutat de Girona estudiarem la sèrie tèrmica en la qual hi han observacions simultànies de l'estació de la ciutat de Girona-Bell-lloc amb una estació perifèrica, l'aeroport de Girona. Aquesta simultaneïtat d'observacions es dona en el període 1973-2008. S'apliquen diferents tests d'homogeneïtat relativa i absoluta per intentar esbrinar si la sèrie és homogènia o presenta tendència com a conseqüència de factors naturals i antropogènics. Una sèrie és homogènia quan varia d'acord amb els factors climàtics naturals, per tant es mantindrà homogènia si es mantenen constants l'entorn natural i els instruments de mesura. Els tests d'homogeneïtat que s'utilitzaran són el de Mann Kendall, Von Neumann, Roberts i Alexandersson.

d) Cartografiar el fenomen de l'illa de calor urbana.

A partir dels transectes tèrmics i de les dades de temperatura mitjana es confeccionen els mapes tèrmics de l'àrea urbana de Girona en un moment determinat, aquests mapes ens permeten quantificar l'illa de calor urbana en diferents moments del dia (principalment a la nit i en segon lloc durant la matinada, en hores properes a l'instant en què es dona la temperatura mínima).

e) Estudi de les relacions entre la morfologia urbana de Girona i la forma de l'illa de calor.

La ciutat és més càlida que els seus voltants, camps o boscos, bàsicament com a conseqüència de la geometria urbana, amb una estructura d'edificis i carrers que és diferent en cada ciutat, i per aquest motiu és molt important d'analitzar-la per tal de poder explicar els diferents microclimes presents en el pal·li urbà. Així el càlcul del factor de visió del cel (SVF) dels diferents punts de mesura tèrmica dels transectes es realitzarà basant-se en les distàncies geomètriques (altura i amplada) dels carrers presents en el planejament de Girona, Salt i Sant Gregori i en les normes subsidiàries de Sarrià de Ter. També es calcularà la superfície ocupada pels usos del sòl en els diferents punts d'observació dels transecte en els ortofotomapes d'escala 1:5000, per tal de trobar quines són les tipologies d'usos que influeixen d'una manera més determinant en la intensitat de l'illa de calor.

f) Anàlisi de la influència dels factors meteorològics en l'illa de calor urbana.

Es farà un càlcul de la correlació entre la intensitat de l'illa de calor urbana dels transectes i diferents variables meteorològiques (nuvolositat, humitat relativa velocitat del vent, radiació solar i pressió atmosfèrica).

g) Estudi de la relació entre els factors temporals i l'illa de calor.

La intensitat de l'illa de calor varia en funció del moment del dia, un dels objectius és calcular la intensitat de l'illa de calor de diferents hores tenint en compte les hores de sortida i de posta del sol. Així s'han realitzat transectes en diferents moments del dia (abans de la sortida del sol, migdia, hora de la posta de sol i nit), per tal d'observar si hi ha diferències significatives en la intensitat segons l'hora del dia. També és important de classificar i calcular els valors estadístics dels transectes i de les diferències tèrmiques urbano-rurals entre els observatoris segons el mes i l'estació de l'any, per tal d'analitzar en quina època de l'any la intensitat de l'illa de calor urbana gironina és més intensa.

h) Anàlisi de la influència de la ciutat en la precipitació.

La ciutat modifica la precipitació, segons els diferents estudis teòrics és a la zona de sotavent on s'observa un increment de la precipitació respecte l'àrea de sobrevent. En aquest treball es calcularà l'efecte urbà en les tempestes, per tal de detectar si hi ha una variació de la precipitació tenint en compte l'ús del sòl (zones urbana, suburbana i rural) i la zona segons el vent predominant en dies de precipitació (sobrevent, sotavent i indiferent). Seguidament es comparem les sèries de precipitació de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona en el període 1973-2008. Finalment es pretén estudiar els patrons temporals i espacials de la precipitació intensa a la ciutat de Girona i la seva rodalia a partir de l'anàlisi de les precipitacions convectives a una resolució subhorària, 1 minutal, 5 minutal, 10 minutal i 30 minutal.

i) Estudi de la modificació urbana del vent.

En aquesta tesi doctoral s'estudiarà l'efecte urbà en el vent. Així a les ciutats la velocitat és inferior als afores. Es calcularà el percentatge de vent encalmat i també la rosa dels vents en diferents moments del dia. També es calcularà la velocitat mitjana del vent a diferents observatoris, i s'estimarà la velocitat del vent d'aquestes estacions a 10 metres. Amb aquesta dada es realitzarà una cartografia de la velocitat mitjana del vent a la ciutat de Girona i dels seus voltants. També es farà un estudi de la variació de la velocitat del vent al centre de Girona en el període 1911-77, en el qual disposem de dades de velocitat mitjana del vent mensual.

j) Anàlisi de la influència urbana en la humitat relativa.

Les ciutats tenen una humitat relativa nocturna inferior als voltants com a conseqüència de l'illa de calor urbana. En aquest treball es calcularà la modificació de la ciutat de Girona en aquesta variable, a través de dos mètodes, el dels transectes termohigromètrics, i el dels observatoris fixos.

k) Estudi de la modificació en la nuvolositat.

La presència de més nuclis de condensació de núvols a les ciutats per efecte de la major quantitat de partícules de contaminació juntament amb la convergència de vents a la ciutat. En aquesta tesi es compararan les dades mensuals i segons el dia de la

setmana de la nuvolositat de diferents observatoris urbans i de l'aeroport de Girona per tal d'analitzar com influeix la ciutat de Girona en la nuvolositat.

l) Anàlisi de la influència urbana en la radiació solar.

La contaminació urbana redueix la radiació solar directa a la ciutat, ja que les partícules contaminants reflecteixen la radiació solar. En aquest treball es compararan les dades de diferents observatoris pel que fa a diferents estacions astronòmiques, diferents hores del dia i també els valors totals anuals.

m) Estudi de la modificació urbana dels fenòmens meteorològics.

Les àrees urbanes tenen una freqüència menor d'alguns fenòmens meteorològics (rosada, gebrada, boira) i en canvi uns altres fenòmens són més freqüents a la ciutat (tempesta). Un objectiu d'aquesta tesi és la comparació dels fenòmens en diferents observatoris urbans i altres rurals per tal de detectar la influència urbana i la cartografia dels fenòmens meteorològics.

n) Realitzar una cartografia de les necessitats de calefacció i refrigeració de l'àrea urbana de Girona com a conseqüència de l'efecte de l'illa de calor.

o) Fer una anàlisi de les mesures de planificació urbana útils per tal de disminuir la intensitat de l'illa de calor, especialment durant l'estiu, quan els efectes negatius de l'illa de calor en les persones són més importants.

1.5 Pla de treball

El treball s'ha realitzat en 9 fases:

- a) Elaboració de les hipòtesis.
- b) Planificació i disseny dels transsectes tèrmics. Realització dels transsectes tèrmics.
- c) Recollida de dades meteorològiques dels observatoris meteorològics.
- d) Recopilació i lectura de la bibliografia de la climatologia urbana. Es consulten totes les fonts disponibles.
- e) Anàlisi de la metodologia.
- f) Tractament estadístic de les dades meteorològiques i dels transsectes tèrmics. Realització de la cartografia dels mapes de l'illa de calor urbana. Classificació de les diferències tèrmiques diàries segons la situació sinòptica. Càlcul del factor de visió del cel. Estudi dels usos del sòl dels diferents transsectes tèrmics i dels observatoris meteorològics.
- g) Confrontament entre valors empírics obtinguts i la bibliografia de la climatologia urbana. Elaboració dels resultats. Acceptació o rebuig de les hipòtesis.
- h) Elaboració de les conclusions.

En els propers paràgrafs es detallen els continguts de cada fase.

a) Elaboració de les hipòtesis.

Tenint en compte la bibliografia i la geografia física i urbana de l'àrea urbana de Girona es van confeccionar algunes hipòtesis de treball sobre els diferents aspectes de l'illa de calor urbana de Girona.

b) Planificació i disseny dels transectes tèrmics. Realització dels transectes tèrmics.

Els transectes tèrmics es van fer en una campanya de dilatada període temporal, desembre 2001-agost 2021. Aquests recorreguts es van fer d'acord amb la metodologia que segueix Moreno García (1999). Així abans de fer els transectes es va fer el disseny dels recorreguts i es va comprar el sensor tèrmic més adient per tal de que les mesures de la temperatura fossin el més correctes possible, un termòmetre amb sonda i també un termohigròmetre amb sonda.

c) Recopilació i lectura de la bibliografia de la climatologia urbana. Es consulten totes les fonts disponibles.

La recollida de la bibliografia es va realitzar a les biblioteques de la Facultat de Geografia i Història i de Lletres de les universitats de Barcelona i de Girona, respectivament, encara que també es va fer en part a l'ordinador personal del domicili, ja que hi ha part de la bibliografia que és electrònica, es troba als diferents llocs web d'internet. Així es van consultar llibres i articles de meteorologia de revistes en paper a les esmentades biblioteques, i es féu una recerca de varis articles en revistes electròniques relacionades amb la temàtica de la climatologia a la Universitat de Barcelona, però també al domicili del doctorand.

d) Anàlisi de la metodologia.

Els mètodes dels transectes tèrmics i de la comparació de dos observatoris fixos apareixen com els més citats en la bibliografia a l'hora de realitzar un estudi de l'illa de calor urbana. Cal però complementar aquests mètodes amb altres que pertanyen a la disciplina de la climatologia, com l'anàlisi de les sèries meteorològiques. Segons les fonts analitzades s'ha de realitzar una homogeneïtzació i depuració de les dades meteorològiques prèvies abans d'estudiar una sèrie meteorològica. Així vam estudiar els diferents mètodes d'homogeneïtzació que apareixen dins de la bibliografia i vam utilitzar els que consideràvem més convenients per a la nostra investigació. Aquest procés va durar 1 mes.

e) Recollida de dades meteorològiques dels observatoris meteorològics.

Aquest procés té una sèrie de passos d'acord amb la diferent escala temporal de les dades analitzades. Així en primer lloc es va fer la compra de dades a l'*Agència Estatal de Meteorologia* (AEMET), es va demanar a aquest ens les dades diàries de temperatura dels observatoris de l'aeroport de Girona i Girona-Bell-lloc en el període 1973-2008. En segon lloc es va fer la recollida de dades mensuals de temperatura dels 46 observatoris restants de l'àrea urbana de Girona. Cal remarcar que a priori, abans de la recollida de dades de tots els observatoris ja disposàvem de les dades de l'estació meteorològica de Girona (IES Narcís Xifra), Girona (Francesc Roges) i Girona (Maristes) ja que les havíem sol·licitat als seus observadors meteorològics. També es van demanar les dades de la universitat de Girona als professors de la universitat, Josep Calbó i Josep Abel González. Les dades dels observatoris meteorològics de Girona (SMC), Vilablareix (SMC), Fornells de la Selva (SMC) les vam consultar a la plana web del Servei Meteorològic de Catalunya. Les dades de Fornells de la Selva (centre) les vam trobar a la plana web de l'Ajuntament de Fornells de la Selva <http://webspobles.ddgi.cat/sites/fornells_de_la_selva/Pages_LeftMenu/meteorologia.aspx>.

f) Tractament estadístic de les dades meteorològiques i dels transectes tèrmics. Realització de la cartografia dels mapes de l'illa de calor urbana. Classificació de les diferències tèrmiques diàries segons la situació sinòptica. Càlcul del factor de visió del cel. Estudi dels usos del sòl dels diferents transectes tèrmics i dels observatoris meteorològics.

En primer lloc cal remarcar que el tractament estadístic dels transectes tèrmics òbviament té un dilatat període temporal, ja que des que vam començar a realitzar-los els vam entrar en una fulla de càlcul de Microsoft Excel. Així vam realitzar els perfils tèrmics dels transectes, i vam entrar cada recorregut de diferents transectes tèrmics a la fulla d'Excel per tal d'obtenir les estadístiques de cada transecte.

En segon lloc vam realitzar el tractament estadístic dels observatoris meteorològics, vam calcular les mitjanes mensuals dels 56 observatoris de l'àrea urbana, també es va fer el càlcul de les diferències diàries entre els observatoris de Girona (Sèquia) i Fornells de la Selva (SMC). I també es van calcular les diferències horàries mensuals entre Girona (Escola de la Música) i Fornells de la Selva (SMC). També es van calcular les diferències tèrmiques horàries mensuals entre Girona (Escola de la Música) i les Deveses de Salt. Després vam realitzar la cartografia de l'illa de calor urbana amb el programa Surfer 6.0.

Després es fa la classificació de les diferències tèrmiques diàries urbano-rurals segons la situació sinòptica. Hem hagut de buscar els mapes sinòptics de cada dia en què es realitzava un transecte en la plana web, <old.wetterterzentrale.de/topkarten> que té un històric de mapes sinòptics, que inclou diferents topografies i el mapa isobàric de superfície. Així aquesta plana web té històrics dels mapes esmentats des de l'any 1971.

El càlcul del factor de visió del cel es va realitzar després d'estudiar la bibliografia i comprovar que és un factor de control molt important en l'illa de calor urbana. Es va entrar a la web dels Ajuntaments de Girona, Salt, Sant Gregori i Sarrià de Ter i es van prendre les mesures geomètriques dels carrers amb l'ajut dels visors de cada municipi. Aquestes mesures geomètriques (amplada dels carrers i altura dels edificis) consten als Plans d'Ordenació Urbana Municipal dels esmentats municipis, amb l'excepció de Sarrià de Ter que té Normes Subsidiàries. Seguidament es va fer l'anàlisi dels usos del sòl a partir de l'Atlas del Gironès que disposa d'un visor d'ortoimatges de l'àrea urbana de Girona. Amb l'ajuda de l'eina del visor, que mesura la superfície d'un polígon, es va calcular la superfície ocupada pels diferents usos del sòl dels punts d'observació dels transectes tèrmics. També hem utilitzat el software Instamaps, que també permet calcular superfícies, amb el qual hem mesurat la superfície ocupada pels diferents usos del sòl dels transectes nocturns més recents, 7b, 8b i 10.

g) Confrontament entre els valors empírics obtinguts i la bibliografia de la climatologia urbana. Elaboració dels resultats. Acceptació o rebuig de les hipòtesis.

Quan hem obtingut uns resultats plasmats en valors empírics de l'illa de calor cal confrontar-los amb la bibliografia existent sobre el tema de l'illa de calor. D'acord amb la comparació entre la teoria i la realitat de l'illa de calor urbana de Girona s'elaboren uns resultats, i es fa l'acceptació o el rebuig de les hipòtesis. Els resultats es plasmen en diferents figures i taules que donen una visió objectiva de l'illa de calor. Per tal que

els resultats siguin vàlids cal fer una acceptació o rebuig de les hipòtesis inicials, així tindrem una visió integral de l'illa de calor urbana.

h) Elaboració de les conclusions.

Quan tenim els resultats hem de fer un resum d'aquests que plasmi les diferents característiques de l'illa de calor urbana. Les conclusions han de reflectir l'evolució temporal de l'illa de calor (escalfament o refredament de la sèrie dels observatoris de la ciutat de Girona com conseqüència de l'illa de calor i de la urbanització del seu entorn), la variació al llarg de l'any de l'illa de calor, en quin estació de l'any l'illa de calor és més intensa, en quin moment del dia es detecta la intensitat més elevada. També hem d'emetre conclusions sobre la relació entre els paràmetres meteorològics, urbans i geogràfics i la intensitat de l'illa de calor

1.6 Hipòtesis

Abans de realitzar el treball és important de partir d'unes hipòtesis i acceptar-les o rebutjar-les. Les hipòtesis es basen en el marc teòric que existeix dins la climatologia urbana a l'hora d'explicar el fenomen de l'illa de calor, també es té en compte l'estructura urbana de la ciutat, el clima regional i altres factors físics. Aquestes hipòtesis són les següents:

- 1) L'àrea urbana de Girona té una població aproximada de 150000 habitants. Tenint en compte l'equació de regressió que relaciona població i intensitat de l'illa de calor, la intensitat màxima teòrica de l'illa de calor gironina és de 6,6°C.
- 2) La zona d'estudi es troba travessada per diferents rius i rieres. En altres ciutats com Barcelona i Madrid s'observa l'efecte de canal d'aire fred dels corrents fluvials, per tant es conclou que a les zones properes als cursos fluvials de l'àrea urbana de Girona hi haurà una disminució de la temperatura.
- 3) En els últims 30 anys s'ha observat un increment rellevant de l'àrea urbanitzada de Girona, això implica un augment de les zones afectades per l'illa de calor urbana.
- 4) L'entorn de l'observatori meteorològic de Girona (Bell-lloc) s'ha urbanitzat al llarg dels últims 14 anys. Es pot esperar, per tant, un increment de la temperatura mitjana de les mínimes associat a dos fenòmens, l'efecte de l'illa de calor urbana i l'escalfament climàtic global.
- 5) La urbanització de Girona implica teòricament que l'observatori de Girona (Bell-lloc) hagi tingut un increment de les temperatures mínimes més important que el de les temperatures màximes durant el període analitzat (1973-2008). També hi hauria una disminució de l'amplitud tèrmica.
- 6) Girona és una ciutat envoltada de turons. En aquests relleus s'observa el fenomen de la inversió tèrmica, hem fet a priori un estudi comparatiu entre els observatoris de Girona (Sant Daniel) i Girona (Montjuïc). Així tenim un 92 % de dies d'inversió tèrmica al llarg de l'any en el període 2002-2006 en els quals les mínimes de l'estació meteorològica situada en un turó (Montjuïc), a 185 m, són més elevades que l'observatori del pla (Sant Daniel), 91 m. Es pot preveure que les parts dels transectes tèrmics que discorren sobre aquests turons tindran un increment tèrmic no atribuïble a la urbanització sinó a la inversió tèrmica.

7) La intensitat de l'illa de calor serà variable en funció de diferents factors meteorològics, tals com la nuvolositat, velocitat del vent i situació sinòptica. Els cels serens i amb vents fluixos o en calma és la situació meteorològica que a priori esdevé més favorable a la formació d'una intensa d'illa de calor.

8) L'Eixample i el Barri Vell de Girona és l'àrea urbana que tindrà l'efecte urbà més important, ja que és la zona urbana més densa i cèntrica. En aquests barris s'espera que hi hagi el màxim tèrmic de l'illa de calor.

9) Les zones urbanitzades perifèriques, tals com el barris del Pont Major i Fontajau de Girona i els municipis de Sarrià de Ter i Sant Gregori, no estan unides urbanísticament a l'àrea urbana central, per tant no formaran part de l'illa de calor urbana de Girona, però poden ser illots de calor.

10) L'illa de calor de Girona englobarà en el seu interior part dels municipis de Girona i Salt, municipi que forma un continu urbà amb Girona.

11) Les tendències tèrmiques de les diferències urbano-rurals en les temperatures mínimes i màximes tindran un diferent pendent, més elevat en el cas de les temperatures mínimes com a conseqüència de l'illa de calor urbana, i més baix pel que fa a les màximes, ja que la ciutat no afecta tant les temperatures de l'aire.

12) L'efecte de la ciutat de Girona en la precipitació hauria de provocar un increment de la quantitat, especialment a l'estiu, a sotavent d'aquesta, sobretot a la zona de Sarrià de Ter. Les tempestes haurien de ser més fortes en aquesta zona ja que el vent predominant en superfície és del sud durant els dies de tempesta.

13) La velocitat mitjana del vent de la ciutat de Girona serà més baixa que als afores com a conseqüència de la geometria urbana. Així la presència d'edificis altera els vents tant en la seva velocitat com en la seva direcció. Durant les nits l'illa de calor urbana tendria a incrementar la velocitat del vent respecte les últimes dècades mentre que durant els migdies la velocitat del vent seria més fluixa. L'efecte de l'illa de calor nocturna teòricament ha de provocar una convergència de vents cap al centre urbà, que s'hauria d'observar sobretot durant les hores nocturnes i a la matinada.

14) La modificació urbana en la humitat segons els estudis teòrics en altres ciutats consisteix en una reducció d'aquesta, més apreciable durant la nit i menor durant el dia. És el que es coneix amb l'illa de sequedat urbana nocturna. Per tant en els mapes de la distribució de la humitat relativa o en els transectes s'observarà una disminució de la humitat al centre en comparació amb la perifèria. També es pot emetre una altra hipòtesi, en les últimes dècades s'haurà produït una reducció de la humitat relativa al centre urbà de Girona com a conseqüència del creixement urbà i de l'efecte de l'illa de calor.

15) Els canvis en els usos del sòl, la impermeabilització del terra impliquen una modificació dels fenòmens meteorològics de la ciutat en comparació amb els afores. Així les nostres hipòtesis consisteixen en que a la ciutat de Girona s'haurà produït una reducció del nombre de dies de boira en comparació amb els afores en les últimes dècades i que en els mapes d'isolínies de dies de boira hi haurà menys dies de boira al centre en comparació amb els afores. D'altra banda l'illa de calor urbana hauria de provocar un increment del nombre de tempestes a la ciutat en comparació amb els afores com a conseqüència de l'increment de la convecció per les elevades

temperatures del sòl urbà, més càlid que el terreny natural dels afores durant el dia. Una altra hipòtesi és que el nombre de dies de neu s'haurà reduït en comparació amb els afores i que al centre de Girona hi neva menys que als afores. Les rosades i gebrades són menys habituals al centre que als afores com a conseqüència de la menor humitat relativa i també per l'efecte de l'illa de calor que sobretot influeix en una reducció del nombre de glaçades i paral·lelament a aquest efecte una disminució del nombre de gebrades.

16) La nuvolositat de la ciutat de Girona serà més elevada que els afores com a conseqüència de la major presència de vapor d'aigua emesa pels vehicles i per les indústries, i també per la convecció associada a l'illa de calor i a les temperatures superficials diürnes més altes que als afores. La nuvolositat baixa és més elevada al centre que als afores ja que està influïda pels processos energètics que es donen a la capa límit urbana, mentre que els altres tipus de núvols (mitjans i alts) no tenen una influència urbana directa.

17) Hi haurà menys radiació solar a la ciutat de Girona respecte els afores de la ciutat per l'efecte de reflexió de les partícules de contaminació.

1.7 Fonts

Les fonts tenen varies procedències. En primer lloc els observadors de Girona (Montjuïc), Lluís Regincós, Girona (Francesc Roges), Girona (Sèquia) i Girona (la vall de Sant Daniel), Moisès Ramiro, ens han cedit les dades meteorològiques diàries de les seves estacions meteorològiques.

Alguns observatoris són d'organismes oficials, com AEMET, l'antic INM. Són les dades meteorològiques mensuals de l'observatori de Girona (període 1912-2016) i de l'aeroport de Girona (1971-2020). L'observatori oficial de Girona en els últims anys té una modificació de localització, Girona (Vicens Vives), 1971-77, Girona (Bell-lloc), en el període 1973-2008 i Girona-Parc del Migdia (2009-2020). Aquestes dades són propietat de l'*Agencia Estatal de Meteorología* (AEMET). Altres estacions que pertanyen a AEMET són Girona-Montjuïc, Salt-AEMET i Girona-la Vall de Sant Daniel. Hem sol·licitat la reproducció de les dades a AEMET.

Les dades meteorològiques dels observatoris pertanyents a la Xarxa de Vigilància i Prevenció de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) dels observatoris de Sarrià de Ter i Fornells de la Selva han estat proporcionades en format .xls per la Direcció General de Qualitat Ambiental. També les dades meteorològiques de Girona-Devesa i Girona-Escola de la Música han estat proporcionades per la Direcció de General de Qualitat Ambiental (DGQA) amb el mateix format .xls.

En aquest servidor de dades <ftp://ftpdatos.AEMET.es/series_climatologicas/valores_diarios/estacion/SAT_24> hem pogut descarregar les dades meteorològiques de l'aeroport de Girona des de 1973 fins a 2012.

A la pàgina web d'AEMET <<http://www.aemet.es/es/portada>>, Ogimet <ogimet.com>, Gwannon <tiempo.gwannon.com> hi ha les dades meteorològiques horàries de l'aeroport de Girona i de Girona-Parc del Migdia.

Meteoclimatic. És una xarxa d'estacions meteorològiques d'aficionats a la meteorologia. <<http://www.meteoclimatic.com>>. En aquesta plana web hi consten les dades meteorològiques diàries de Girona (Bonastruc de Porta), que rep el nom de Girona (Devesa), Girona (Barri Vell), Salt-Barri Vell, Bescanó i Sant Gregori. També hi ha altres observatoris propers a l'àrea urbana de Girona, Medinyà, Els Àngels i Salitja.

Dades d'estacions meteorològiques manuals de la Xarxa d'Observadors Meteorològics del Servei Meteorològic de Catalunya. Es poden consultar a la plana web:

<<http://www.meteo.cat/servmet/xom/observacio/index.html>>.

A la pàgina web de gwannon hem descarregat dades en format diari i horari de l'aeroport de Girona i Girona-Parc del Migdia, ambdós observatoris pertanyen a l'*Agencia Estatal de Meteorología*. Actualment, en l'any 2021, aquesta pàgina ja no funciona.

S'ha de remarcar que moltes dades ens han estat proporcionades per l'observador de Fornells de la Selva-XOM, en Joan Parera-Nieto, i també l'autor de la tesi com a col·laborador de la XOM, és l'observador meteorològic de Salt-XOM, també té accés a les dades dels observatoris d'aquesta xarxa.

A la plana web d'Edumet consten les dades meteorològiques dels primers anys de Girona-Vicens Vives, la sèrie completa comprèn el període 2004-2017. Aquest enllaç és: <<http://www.xtec.cat/edumet/dades.htm#012>>. La resta de les dades les hem sol·licitat a la professora Maria Lluïsa González que és responsable de l'estació meteorològica els últims anys de la sèrie.

Grup de Climatologia de la Universitat de Barcelona. Valors de l'índex mensual de les teleconnexions WeMo (Oscil·lació de la Mediterrània Occidental) i NAO (Oscil·lació de l'Atlàntic Nord). Es poden consultar a la plana web: <<http://www.ub.edu/gc/menu.htm>>

En aquesta plana d'internet <www.meteo.cat> podem consultar les dades meteorològiques més recents de les estacions meteorològiques del Servei Meteorològic de Catalunya. Així podem consultar les dades semihoràries actuals i dels últims 2 anys dels observatoris meteorològics de Girona-Hortes de Santa Eugènia i Fornells de la Selva.

En aquesta plana web <www.rural.cat> trobem les dades històriques dels observatoris del Servei Meteorològic de Catalunya. Font: Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Servei Meteorològic de Catalunya

En aquesta plana web <<https://app.weathercloud.net/map>> trobem les dades històriques recents de l'observatori de Santa Clara. La resta de dades les vam demanar a l'observador meteorològic responsable de l'estació meteorològica.

En aquesta plana web <www.pluriversal.com> hi ha els resums anuals de les dades meteorològiques de l'observatori de Girona-Bonastruc. La resta de les dades ens les ha proporcionat el responsable de l'estació, Joan Figueras.

En aquesta plana <http://www.correcamins.net/meteo2/sp_infometeo.html> trobarem les dades meteorològiques d'El Perelló, municipi de Vilablareix. Les dades ens les ha proporcionat l'observador, en Pedro Zamora.

En aquesta plana <<http://www.infomet.am.ub.es/>> trobarem les dades meteorològiques diàries corresponents als observatoris meteorològics de Celrà, Bescanó i Sant Gregori.

No obstant, les dades meteorològiques 5 minutals de Bescanó del període 2005-2015 ens les ha proporcionat el seu observador. Les dades 30 minutals de Sant Gregori del període 2006-14 ens les ha proporcionat l'ajuntament del municipi, que és el responsable de l'observatori. Hi ha dades des de 1995 de Celrà (a la plana web només des de 1998), aquestes dades ens les ha proporcionat l'observador meteorològic, en Pere Farrarons.

En aquesta plana web <http://www.aiguesdegirona.cat/html/adg/index1_girona.html> trobarem les dades diàries de precipitació dels observatoris meteorològics pertanyents a la xarxa meteorològica de l'empresa Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. Les dades 5 minutals ens les ha proporcionat la responsable del funcionament de la xarxa meteorològica, la Càudia Dragoste.

Dins la versió escrita de l'Enciclopèdia Catalana podem consultar l'evolució interanual de la població de la ciutat de Girona fins l'any 1991.

Dins la plana web de vikipèdia <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>> podem consultar l'evolució interanual de la població de la ciutat de Girona i dels diferents municipis de l'àrea urbana de Girona

Dins la plana web de l'Observatori que pertany a l'Ajuntament de Girona podem consultar la població per barris. <<http://terra.girona.cat/apps/observatori/indicadors/#demografia>>.

En aquesta plana web de ResearchGate hem descarregat varis articles de revistes científiques. <researchgate.net>

En aquesta plana web d'Academia Edu hem descarregat varis articles de revistes científiques. <academia.edu>

Calendario Meteorológico d'INM i AEMET. Anys 1997-2016. En aquests calendaris consten les dades mensuals de temperatura i precipitació de l'aeroport de Girona.

Institut Cartogràfic de Catalunya (2002): "Gironès. Mapa topogràfic d'escala 1:50000". Generalitat de Catalunya. Amb aquest mapa hem confeccionat el mapa de situació de l'àrea urbana de Girona.

Institut Cartogràfic de Catalunya (2007): "Visor de l'ortofotomapa d'escala 1:5000. Gironès". Fotografia aèria realitzada l'agost de 2004. Generalitat de Catalunya.

Dades meteorològiques mensuals de l'observatori de Girona (període 1912-2004) i de l'aeroport de Girona (1971-2004). L'observatori de Girona en els últims anys té una modificació de localització, Girona (Vicens Vives), 1971-7 i Girona (Bell-lloc), en el període 001973-2004. Aquestes dades són propietat de l'Agència Estatal de *Meteorología* (AEMET). Hem sol·licitat la reproducció de les dades.

En aquesta plana web <<http://www.meteoclimatic.com>> podem apuntar-nos les dades meteorològiques diàries de Girona (Bonastruc de Porta), que rep el nom de Girona (Devesa), Girona (Barri Vell), i Sant Gregori.

En aquesta plana web <http://webspobles.ddgi.cat/sites/fornells_de_la_selva/Pages_LeftMenu/meteorologia.a_spx> podem consultar les temperatures i precipitacions diàries del centre de Fornells de la Selva des de 1986.

Pla General d'Ordenació Urbana Municipal de Salt de l'any 2002. En aquest document podem consultar les dades d'amplada i altura dels carrers del municipi de Salt.

<[http://www.webgipal.net/salt/download/1-4-ZONES%20Presentación1%20\(1\).pdf](http://www.webgipal.net/salt/download/1-4-ZONES%20Presentación1%20(1).pdf)>

Pla General d'Ordenació Urbana Municipal de Girona de l'any 2002. En aquest Pla podem consultar les dades d'amplada i altura dels carrers del municipi de Girona.

<<http://terra.ajgirona.org/wsext/pg/viewer.htmllets/template/welcome/entryPage.vm>>

Registre de planejament urbanístic de Catalunya. Sarrià de Ter. Normes subsidiàries de planejament. Dins de les Normes Subsidiàries es poden consultar les dades d'amplada i altura dels carrers del municipi de Sarrià de Ter.

<<http://ptop.gencat.net/rpucportal/AppJava/cercaExpedient.do?reqCode=veureDocument&codintExp=39727&fromPage=load>>

Pla d'ordenació urbana municipal de Sant Gregori. En aquest Pla es poden consultar les dades d'amplada i altura dels carrers del municipi de Sant Gregori.

<<http://www.santgregori.cat/upload/File/urbanisme/PDFS%20MENORIA/8-planejament%20vigent%20sol%20urba.pdf>>

Ortofotomapa de Catalunya. Girona. 334-1-1. Escala 1:25000. Any 1994. Fotografia aèria de l'any 1993. Generalitat de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Ortofotomapa de Catalunya. Girona. 334-1-1. Escala 1:25000. Any 1992. Fotografia aèria de l'any 1990. Generalitat de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Ortofotomapa de Catalunya. Salt. 333-2-1. Escala 1:25000. Any 1994. Fotografia aèria de l'any 1993. Generalitat de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Ortofotomapa de Catalunya. Girona. 333-4-1. Escala 1:25000. Any 2007. Fotografia aèria de l'any 2004. Generalitat de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Ortofotomapa de Catalunya. Salt. 333-2-1. Escala 1:25000. Any 2007. Fotografia aèria de l'any 2004. Generalitat de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Dades meteorològiques mensuals i diàries de l'observatori de Girona (període 1912-2016) i de l'aeroport de Girona (1971-2017). L'observatori de Girona en els últims anys té una modificació de localització, Girona (Vicens Vives), 1971-7 i Girona (Bell-lloc), en el període 1973-2008. Aquestes dades són propietat de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET). Hem sol·licitat la reproducció de les dades. Aquestes estacions meteorològiques tenen la seva base de dades a la web d'AEMET:

Aquesta és la plana web de la NOAA on consten les dades meteorològiques diàries dels diferents nivells troposfèrics. És una reanàlisi de NCEP-NCAR. Les dades es poden descarregar a la plana web:

<<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml>>.

La plana web de wetterzentrale <old.wetterzentrale.de/topkarten> ha permès identificar les situacions sinòptiques diàries del període 1998-2021.

Institut Cartogràfic de Catalunya (2007): "Visor de l'ortofotomapa d'escala 1:5000. Gironès". Fotografia aèria realitzada l'agost de 2004. Generalitat de Catalunya.

El mapa de l'àrea urbana de Girona és de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (2002) és la següent ressenya. Institut Cartogràfic de Catalunya (2002): "Gironès. Mapa topogràfic d'escala 1:50000". Generalitat de Catalunya.

Hem extret les dades meteorològiques en format horari i diari dels observatoris del Servei Meteorològic de Catalunya dins la secció agrometeorològica de la pàgina web RuralCat. Hem extret les dades varies vegades d'aquest portal i per això atesa la normativa vigent l'últim dia en realitzar la descàrrega de dades és el 20 de setembre de 2021. La font és Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Servei Meteorològic de Catalunya. L'enllaç d'aquesta pàgina web és <https://ruralcat.gencat.cat/>.

Disposo d'un nom d'usuari i una contrasenya per descarregar les dades meteorològiques en diferents resolucions (horàries, diàries, mensuals i anuals) de la Universitat de Girona del període 1994-2020. Projecte NUCLIER. Grup de Recerca en Física Ambiental de la Universitat de Girona. El responsable de l'estació meteorològica és el doctor Josep Calbó, professor de la universitat de Girona.

Segons la pàgina web de l'observatori meteorològic <https://www.udg.edu/ca/grupsrecerca/fisica-ambiental/estacio-meteorologica>: "Els sistemes d'adquisició i els sensors han estat adquirits amb ajuts de la DGR (Direcció General de Recerca) de la Generalitat de Catalunya, la CIRIT (Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica), la Universitat Politècnica de Catalunya, MCI (Ministerio de Ciencia e Innovación), a través dels projectes NUCLIER, NUCLIEREX, NUCLIERSOL i NUBESOL, i de la pròpia Universitat de Girona. Es fa també el manteniment i adquisició de mesures d'irradiància per l'actualització del Mapa de Radiació Solar de Catalunya, per a l'ICAEN (Institut Català d'Energia). Les mesures es fan de manera automatitzada i es mitjanen o s'integren en diferents intervals. Diàriament es porta a terme un protocol de manteniment i control de qualitat, que consisteix en una verificació dels nivells i dessecants de cadascun dels instruments, neteja de les cúpules i aparells, control de les comunicacions i l'hora dels dataloggers i ordinadors, entre altres tasques. Els arxius de dades són revisats també posteriorment".

Instamaps. Segons la Viquipèdia, Instamaps és una plataforma web oberta per a la creació, disseminació i compartició de mapes a Internet. Aquesta plataforma web es troba dins la plana web de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Amb l'eina càlcul de superfície d'Instamaps hem calculat els usos del sòl dels transectes i dels observatoris meteorològics. També s'ha calculat la distància entre cada punt d'observació. També hem dibuixat diferents transectes on es pot veure el mapa de fons l'àrea urbana de Girona. L'enllaç d'aquesta plataforma és <https://www.instamaps.cat/#/>.

El software Rayman 1.2. l'hem utilitzat per calcular l'índex de confort de la temperatura fisiològica equivalent, *Physiological Equivalent Temperature* (PET). El mètode de càlcul del PET està descrit a MATZARAKIS, A., MAYER, H., IZIOMON, M.G. (1999) "Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature". *International Journal of Biometeorology*, 43, 76-84.

1.8 Material utilitzat

Hem utilitzat diferents instruments per mesurar la temperatura en els transectes tèrmics i termohigromètrics. Així el termòmetre TFA-301012 amb sonda exterior ha estat el més utilitzat per realitzar els transectes tèrmics amb automòbil i els transectes pedestres. Però a finals de la campanya (període 2015-2021) hem realitzat transectes termohigromètrics amb automòbil amb un termohigròmetre TFA-305013 amb sonda exterior de temperatura i humitat. També hem utilitzat un termohigròmetre de mà de PCE Ibèrica MHT 1 en els transectes pedestres de temperatura i humitat, especialment al matí, però també al migdia i a la nit, en el període 2002-2015. La seva resolució és de 0,1 % pel que fa a la humitat relativa i 0,1°C respecte la temperatura. El thermochron dins de la gàbia TFA de plats de les Deveses de Salt ens ha permès fer un seguiment de les temperatures extremes a l'observatori del Pas d'en Prats situat al nord de les Deveses de Salt.

Hem comprovat la fiabilitat de les dades dels termòmetres amb sonda dels transectes amb les dades meteorològiques dels nostres observatoris de Girona-Sant Daniel, Salt-Plaça Sant Cugat i Sarrià de Ter-carrer Montagut.

Les estacions meteorològiques de Girona-Sèquia, les Deveses de Salt, Salt-Plaça Sant Cugat, Girona-la Vall de Sant Daniel i Girona-Montjuïc tenen varis dataloggers que permeten fer el seguiment continu de temperatura i humitat relativa. També hem utilitzat un thermochron que és un datalogger que té una resolució de 0,5°C, i només mesura la temperatura. El datalogger PCE-HT 71 N és un altre aparell que mesura contínuament tant la humitat relativa com la temperatura. També disposem del datalogger Microlite, que enregistra la temperatura de forma contínua. En els últims anys (2017-2021) hem utilitzat també el datalogger RC-5 de l'empresa Elitech.

Hem utilitzat les dades de varis tipus d'estacions meteorològiques, la majoria són estacions automàtiques d'aficionats de la marca Davis, mentre que n'hi ha d'altres Oregon. Les estacions meteorològiques automàtiques del Servei Meteorològic de Catalunya són professionals. En aquest estudi també hem analitzat les dades d'estacions meteorològiques manuals amb termòmetres de màxima i mínima oficials. La majoria dels pluviòmetres manuals són Hellmann amb un diàmetre de la boca de 200 cm².

Gravadora. Hem utilitzat la gravadora per apuntar la temperatura dels diferents punts d'observació dels transectes pedestres termohigromètrics, tèrmics i eòlics.

Telèfon mòbil. També hem utilitzat l'aplicació Whatsapp per apuntar la temperatura dels punts d'observació dels transectes termohigromètrics, tèrmics i eòlics realitzats a peu.

Hem realitzat els transectes eòlics amb un anemòmetre de mà per detectar les variacions espacials en la velocitat del vent.

Els programes per cartografiar les variables meteorològiques són el Surfer 7.0, el Freehand 11 i el Didger. Amb l'objectiu de fer una múltiple regressió entre la intensitat de l'illa de calor urbana i els diferents usos del sòl hem utilitzat el software Statgraphics 5.1 i el programa SPSS, versió 18. Hem utilitzat el software Rayman per calcular la temperatura fisiològica equivalent (PET).



Figura 1.2 Fotografia del Termòmetre amb sonda dels transsectes tèrmics (període 2001-2014) marca TFA-301012



Figura 1.3 Fotografia del Termohigròmetre de mà PCE Ibèrica PCE-MHT1



Figura 1.4 Fotografia del termohigròmetre digital amb sonda dels transsectes tèrmics (període 2015-2021) marca TFA-305013



Figura 1.5 Fotografia de l'anemòmetre de mà utilitzat en els transsectes eòlics marca TFA



Figura 1.6 Fotografia de la gàbia TFA de les Deveses de Salt



Figura 1.7 Fotografia del thermochron DS-1921

Capítol 2

Índex de continguts

2	L'àrea d'estudi	39
2.1	Descripció del clima de Girona	39
2.1.1	Estudi de l'amplitud tèrmica a Girona-Hortes de Santa Eugènia.....	43
2.2	Descripció de la geografia física de Girona i la seva àrea urbana.....	46
2.3	Descripció física de l'àrea urbana	46
2.4	Descripció de les característiques urbanes i demogràfiques de Girona i la seva àrea urbana	49
2.5	Evolució de la població de l'àrea urbana.....	49
2.6	Evolució urbana de la ciutat de Girona	52
2.7	Descripció física i urbana de la ciutat de Girona	53
2.7.1	Les zones verdes de l'àrea urbana	54
2.7.2	Les vies de comunicació.....	55
2.7.3	L'activitat econòmica	56
2.7.4	La mobilitat i el consum d'energia associat a la ciutat de Girona	57

Índex de figures

FIGURA 2.1	CLIMOGRAMA DE GIRONA	41
FIGURA 2.2	ROSA DELS VENTS. GIRONA-PARC DE BOMBERS. PERÍODE 2001-2010.	42
FIGURA 2.3	HISTOGRAMA DE FREQÜÈNCIES DE L'AMPLITUD TÈRMICA. GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA (SMC). PERÍODE 16 SETEMBRE 2010-31 DESEMBRE 2015.....	44
FIGURA 2.4	FREQÜÈNCIES RELATIVES DE L'AMPLITUD TÈRMICA DIÀRIA EN LES DIFERENTS ESTACIONS ASTRONÒMIQUES. GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA (SMC). PERÍODE 16 SETEMBRE 2010-31 DESEMBRE 2015.	44
FIGURA 2.5	FREQÜÈNCIA RELATIVA MENSUAL DE DIES DE 20°C O MÉS D'AMPLITUD. GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA (SMC). PERÍODE 16 DE SETEMBRE DE 2010-31 DE DESEMBRE DE 2015.....	45
FIGURA 2.6	LOCALITZACIÓ DE LA CIUTAT DE GIRONA DINS D'ESPANYA I D'EUROPA.....	46
FIGURA 2.7	MAPA DE LA CIUTAT DE GIRONA I DELS MUNICIPIS MÉS PROPERS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.....	47
FIGURA 2.8	MAPA DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA I RODALIA.	49
FIGURA 2.9	EVOLUCIÓ DE LA POBLACIÓ DE LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 1900-2020.....	52
FIGURA 2.10	NOMBRE D'AUTOMÒBILS. PERÍODE 2000-2014.....	59

Índex de taules

TAULA 2.1 TEMPERATURA MITJANA MENSUAL DE GIRONA. PERÍODE 1912-2015.....	40
TAULA 2.2 AMPLITUD MITJANA MENSUAL DE GIRONA. PERÍODE 1912-2015.	40
TAULA 2.3 PRECIPITACIÓ MITJANA MENSUAL DE GIRONA. PERÍODE 1906-2015.	40
TAULA 2.4 PRECIPITACIÓ ESTACIONAL A GIRONA. PERÍODE 1906-2015.	41
TAULA 2.5 VELOCITAT MITJANA DEL VENT A GIRONA (M/S). PERÍODE 1998-2006 (GIRONA-MONTJUÏC). PERÍODE 1999-2010 (GIRONA-PARC DE BOMBERS, SMC).	43
TAULA 2.6 NUVOLOSITAT MITJANA A SALT (EN OCTES DE CEL COBERT). PERÍODE 1999-2015.	43
TAULA 2.7 EVOLUCIÓ DE LA POBLACIÓ DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1900-2007.....	50
TAULA 2.8 POBLACIÓ DE GIRONA PER SECTORS.....	51
TAULA 2.9 POBLACIÓ DELS BARRIS DE GIRONA.....	51
TAULA 2.10 SUPERFÍCIE DE SÒL URBÀ A LA CIUTAT DE GIRONA. ANY 1995.	54
TAULA 2.11 EMISSIONS DE GASOS ACIDIFICANTS A GIRONA. ANY 2006.	58
TAULA 2.12 EMISSIONS DE GASOS PRECURSORS DE L'OZÓ A GIRONA. ANY 2006.	58
TAULA 2.13 EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE A GIRONA. ANY 2006.....	58
TAULA 2.14 CONSUM D'ENERGIA PER SECTORS A GIRONA (ANYS 2005 I 2006)	58
TAULA 2.15 COSTOS MEDIAMBIENTALS DEL CONSUM D'ENERGIA A GIRONA (ANYS 2005 I 2006)	59

2 L'àrea d'estudi

2.1 Descripció del clima de Girona

El clima de la ciutat de Girona es pot englobar dins els climes mediterranis, però amb matisos per la seva posició geogràfica, a 28 km del mar i protegida de la influència marítima per la serra de les Gavarres, la qual cosa incrementa les inversions tèrmiques i afavoreix les temperatures màximes elevades durant l'estiu. La temperatura mitjana anual és suau, al voltant de 15°C, però cal remarcar la intensa amplitud tèrmica, al voltant dels 12°C, la qual cosa agreuja la sensació de calor a l'estiu i la de fred a l'hivern. S'ha de remarcar però que als afores de la ciutat l'oscil·lació tèrmica és més elevada, al voltant de 15°C, amb nombrosos dies amb amplituds tèrmiques iguals o superiors a 20°C. Hem d'afegir que la humitat relativa que és força elevada, al voltant del 68 %, això incrementa la sensació de desconfort per calor a l'època càlida i per fred al període fred de l'any. El mes més càlid és juliol (veure taula 2.1), amb una temperatura mitjana de 23,3°C, mentre que el mes més fred és gener, amb una mitjana de 7,2°C. El mes més càlid de l'any, juliol, té una temperatura mitjana de 23,3°C, es pot parlar d'un estiu càlid, amb 4 mesos per sobre de 20,0°C de mitjana, mesos tèrmicament estivals. L'hivern és moderadament fred, si bé no hi han mesos autènticament hivernals (la temperatura mitjana del mes més fred, gener, és de 7,2°C, per tant té un caràcter tèrmic subhivernal, ja que es troba entre 5° i 10°C). Cal remarcar però que les mínimes són força baixes durant l'hivern (mitjana de les mínimes d'1,5°C al gener) com a conseqüència de les habituals inversions tèrmiques. També cal esmentar l'elevat nombre de glaçades tenint en compte la relativa proximitat al mar, 40 dies de mitjana anual per dessota de 0° en el període 1912-2015. Aquest valor és molt superior al mitjana de glaçades del litoral. Tenim l'exemple de l'Estartit, aquest observatori té una mitjana anual de 5 dies amb mínima inferior a 0°. El clima de Girona es caracteritza per unes temperatures mitjanes suaus i unes temperatures extremes molt exagerades. El mes més fred és el gener amb 7,2°C de mitjana, mentre el juliol és el mes més càlid, amb 23,3°C. La mitjana anual és de 14,8°C. La temperatura màxima absoluta és de 42,5°C assolida el 13 d'agost de 2003 a Girona, mentre que la mínima absoluta és de -14,5°C el 16 de gener de 1985. Cal remarcar que pot glaçar-hi durant 7 mesos a l'any, entre octubre i abril. Es poden superar els 40°C entre juliol i agost. Així el 7 de juliol de 1982 s'arribà a 42°C a Girona. El mes de juny també té temperatures properes a 40°C, destacant el 22 de juny de 2003 amb 39,7°C i el 12 de juny de 1931 amb 39,7°C. En el mes de maig destaquen els 37,1°C de Girona (Montjuïc) del 30 de juny de 2001. El mes de setembre també té temperatures força elevades, així la més alta foren els 37,2°C del 10 de setembre de 1911.

S'observa una tendència de clara pujada de les màximes absolutes en els últims anys. Així s'ha passat de 39° en 5 anys diferents dels últims 21 anys, 41°C el 24 de juliol de 1996, 42,5°C el 13 d'agost de 2003, 39,5°C el 2 de juliol de 2006 i 39,3°C el 23 de juliol de 2009, 41,6°C el 5 de juliol de 2015. En canvi les temperatures mínimes absolutes s'han incrementat com a conseqüència de la forta illa de calor urbana. L'última vegada en què es va baixar de -5° al centre de la ciutat fou el 13 de febrer de 2012, -6,8°C a Girona-Sèquia, als afores, a Girona-Sant Daniel la mínima fou de -

10,3°C. Mentre en canvi el 27 de gener de 2005 s'assolí una mínima de -5,7° a Girona (Sèquia). En aquell dia s'arribà a -10,9°C a Girona (la vall de Sant Daniel).

Taula 2.1 Temperatura mitjana mensual de Girona. Període 1912-2015.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
7,2	8,4	10,7	12,8	16,6	20,5	23,4	23,3	20,5	16,0	11,1	7,9	14,8

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET)

L'oscil·lació tèrmica anual és de 16,2°, lleugerament més elevada que al litoral de la costa Brava on volta els 14-15°C, però força inferior a la Depressió Central (18-20°C). L'oscil·lació tèrmica diürna a Girona és relativament elevada, la mitjana anual d'amplitud diürna és de 12,3°, és clarament superior a la de la costa, on volta els 6-8°C.

Taula 2.2 Amplitud mitjana mensual de Girona. Període 1912-2015.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
12,0	12,2	12	12,6	12,8	12,7	13,5	13,1	12,2	11,6	11,3	11,2	12,3

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET)

El règim pluviomètric de Girona és THPE (Tardor, Hivern, Primavera, Estiu). És la distribució de precipitacions típica de l'extrem nord del litoral i prelitoral de Catalunya, amb un màxim tardorenc i un mínim estiuenc. El màxim pluviomètric no es produeix a l'hivern com en el clima mediterrani clàssic, sinó durant la tardor com a conseqüència de la seva posició geogràfica, a la part oriental de la península Ibèrica. Durant l'hivern Girona es troba a sotavent de la circulació general de ponent. Les pertorbacions atlàntiques arriben desgastades a Girona després de travessar la Península. També s'ha de tenir en compte que les situacions anticiclòniques són relativament freqüents durant l'hivern, sobretot durant el mes de gener. Així trobem un nexa de causa i efecte entre el mínim relatiu de pluviometria del gener i l'abric aerològic que implica l'àrea d'altres pressions que afecta sovint Catalunya durant aquest mes. Durant la tardor s'observa una forta evaporació sobre el mar Mediterrani ja que les aigües marines superficials estan més càlides que l'aire. Durant la tardor les pertorbacions associades amb el front polar descendeixen de latitud després del parèntesi estiuenc, i es reactiven en arribar al mar Mediterrani, com a conseqüència de l'important gradient vertical tèrmic entre la càlida aigua marina i la troposfera mitjana i elevada, molt més freda. Així els aiguats tardorencs poden donar lloc a precipitacions superiors a 50 mm amb relativa freqüència en el cas de Girona.

Taula 2.3 Precipitació mitjana mensual de Girona. Període 1906-2015.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
47,5	52,4	68,8	71,3	78,2	64,7	38,0	55,0	80,1	97,2	69,6	69,3	792,2

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET)

En aquest context Girona participa de l'elevada pluviometria que caracteritza la tardor a l'arc mediterrani espanyol (MARTIN VIDE, 1987). El mes més plujós de l'any és l'octubre amb 97,2 mm. El mínim estiuenc és característic dels climes mediterranis. La precipitació mensual més minsa es produeix al mes de juliol, quan la precipitació mitjana és de 38,0 mm, valor que supera els 30 mm que dona Köppen per a establir un mes sec. Com s'observa en el climograma (veure figura 3.1) només hi ha un mes sec,

el juliol, en aquest mes es detecta de manera moderada l'aridesa típica dels estius mediterranis, amb una mitjana de 38,0 mm. Però tant al mes de juny com a l'agost la precipitació supera els 50 mm, i no es poden qualificar com a mesos secs. L'estiu gironí és més plujós que a la costa Brava. Així a l'Estartit té una precipitació mitjana de 21,5 mm al mes de juliol, valor força inferior als 38 mm de Girona. L'aridesa estiuenca, per tant, és poc marcada a Girona, com a conseqüència de l'elevat nombre de tempestes en aquesta estació. Cal remarcar però que la irregularitat típica del clima de Girona implica que hi hagi estius força secs, amb una sequera força marcada, sobretot si són molt càlids i les tempestes escassegen. Tot i això hem de tenir en compte la irregularitat pluviomètrica típica del clima mediterrani implica que hi hagin mesos de juliol molt secs, quan no es donen les tempestes que són el principal tipus de precipitació durant l'estiu.

Taula 2.4 Precipitació estacional a Girona. Període 1906-2015.

Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
169,2	218,3	157,7	247,0

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET)

El clima de Girona es pot qualificar com a mediterrani subhúmit, ja que només hi ha dos mesos secs, el mes de juliol i agost. La precipitació mitjana del període 1906-2015 és de 792,2 mm. No obstant, l'esmentada irregularitat pluviomètrica provoca que sovint hi hagi anys força secs, amb precipitacions inferiors a 600 mm (veure figura 1.a. de l'annex). Una bona prova d'aquesta irregularitat pluviomètrica és l'elevat coeficient de variació anual, que és d'un 30 % en el període 1906-2004. L'any més plujós de l'esmentat període és 1977 amb 1577,9 mm, mentre que l'any més sec és 1954 amb 419,8 mm.

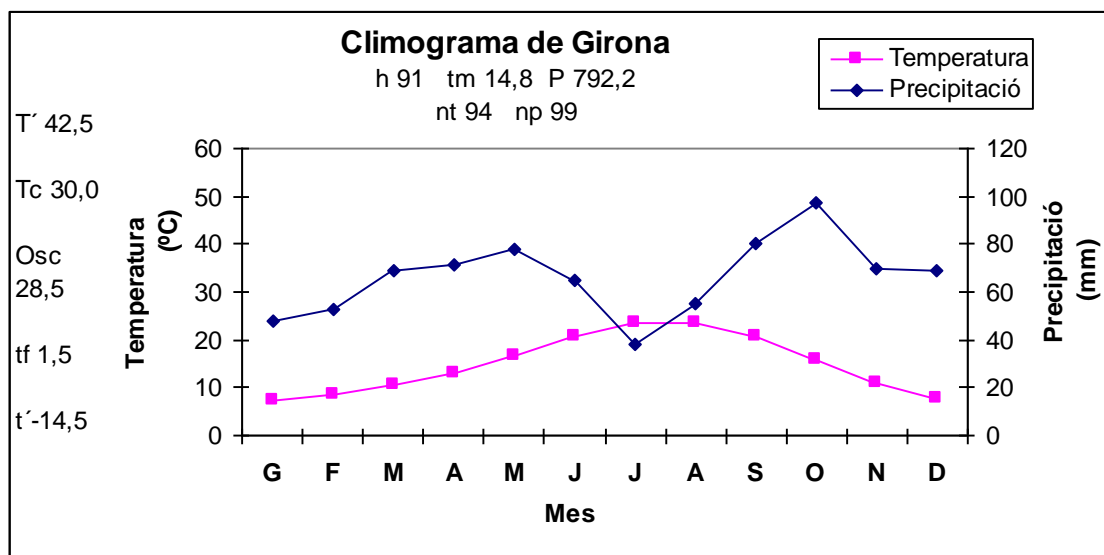


Figura 2.1 Climograma de Girona

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET). La temperatura és del període 1911-2015 i la precipitació del període 1906-2015.

El règim de vents a la ciutat de Girona mostra una bipolarització dels vents, tot i que hi ha un predomini dels fluxos d'aire de migjorn. Això significa que dos vents (gregal i migjorn) són els predominants en la rosa dels vents. El vent de migjorn és molt freqüent a la ciutat de Girona gràcies a la disposició del relleu que facilita la penetració

d'aquest vent, bàsicament la forma de la depressió prelitoral de la Selva i també com a conseqüència de la relativa proximitat del mar Mediterrani que afavoreix que les marinades predominants tinguin la direcció del sud. El gregal és el segon vent més freqüent, però no bufa tan sovint, ni tan fort com a l'Empordà per l'efecte de pantalla de la serralada dels Pirineus. Cal remarcar que hi ha dos règims de vent estacionals a Girona. Durant l'època càlida de l'any (maig-octubre) hi ha un predomini absolut del vent de migjorn (en més de la meitat dels dies el vent bufa d'aquesta direcció), mentre que entre novembre i abril hi ha un dualisme del vents, el vent de migjorn alterna amb la tramuntana, tot i que el vent del sud és el més freqüent.

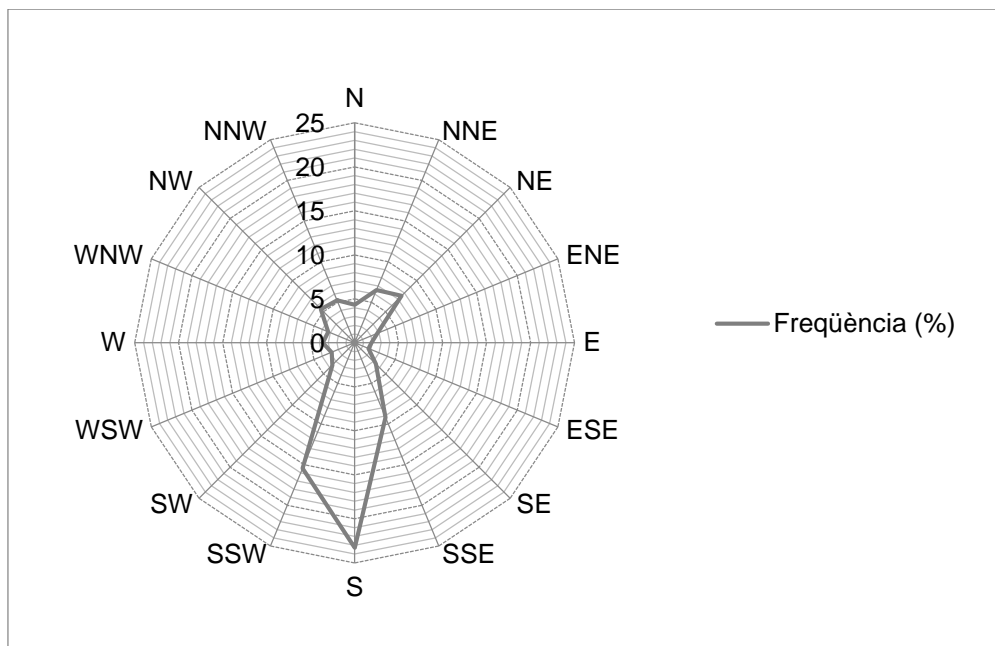


Figura 2.2 Rosa dels vents. Girona-Parc de Bombers. Període 2001-2010.

Com s'observa en la rosa dels vents de Girona els altres vents són molt menys freqüents, essent el vent de levants el que bufa amb menys persistència, el 3,3 % dels dies de l'any el vent és de levants a Girona Això és com a conseqüència que en les situacions atmosfèriques de levants el fregament de l'aire amb el relleu de les Gavarres provoca un gir del vent de levants cap a gregal. Tampoc el vent de ponent és gaire freqüent, ni gaire intens, ja que les Guillerries dificulten l'accés del vent a la comarca.

Pel que fa als vents intensos cal remarcar que a la ciutat de Girona els vents forts més freqüents són els de tramuntana, gregal i garbí, mentre que els menys persistents són els fluxos d'aire del segon quadrant. La tramuntana és el vent que bufa amb més intensitat a la ciutat de Girona. Tot i això la tramuntana és menys forta al Gironès que a la plana empordanesa. Així el vent del nord supera els 60 Km/h a Girona només durant 2,3 dies a l'any, segons les dades de l'observatori de Montjuïc. La tramuntana és un vent que bufa sobretot durant la primavera i a l'hivern. Els vents de ponent i llebeig són més freqüents a la primavera i a la tardor, com a conseqüència del pas de pertorbacions atlàntiques.

A Girona hi ha un predomini de vents fluixos i calmes, els vents moderats i forts no són gaire freqüents. L'observatori de Girona-SMC (97 m) té una mitjana de la velocitat del vent de 5,0 km/h en el període 1999-2010. Cal remarcar que l'observatori meteorològic de Girona-Montjuïc (184 m), que es troba situat damunt d'un turó al nord-est de la

ciutat, el vent és més intens que a la ciutat, amb una mitjana de 2,3 m/s. L'elevada freqüència de vents dèbils i vents encalmats al centre de la ciutat, que és més gran respecte els afores de Girona (vegeu subcapítol 7.1. El vent) afavoreix la formació de l'illa de calor urbana a Girona.

Taula 2.5 Velocitat mitjana del vent a Girona (m/s). Període 1998-2006 (Girona-Montjuïc). Període 1999-2010 (Girona-Parc de Bombers, SMC).

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Girona-Bombers	4,1	4,6	5,7	6,2	6,0	5,7	5,7	5,3	4,6	4,7	4,1	3,8	5,0
Girona-Montjuïc	7,7	7,7	8,7	9,6	8,8	8,4	8,2	8,3	7,9	8,2	8,0	7,5	8,3

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per Lluís Regincós (observador de Girona-Montjuïc) i el Servei Meteorològic de Catalunya (Girona-Parc de Bombers).

Girona es troba en una zona de transició pel que fa al nombre d'hores de sol dins de la península Ibèrica. Girona no és dels llocs més assolellats, com és el sud d'Espanya on San Fernando té 3100 hores de sol, ni dels llocs més ennuvolats de la façana cantàbrica, Bilbao, amb 1600 hores de sol (Capel Molina, 1981). Girona té un mitjana de 2400 hores d'insolació anual, aproximadament. El ritme d'insolació és el típic de latituds mitjanes, amb un màxim a l'estiu i un mínim durant l'hivern (veure taula 1.a de l'annex). El màxim d'insolació es produeix al mes de juliol, 297 hores de sol. El nombre mínim d'hores de sol es dona al mes de desembre, 127 hores. Hem analitzat la nuvolositat mitjana diària a Salt en el període 2005-7. Tot i tractar-se d'un període massa curt per trobar conclusions vàlides climatològicament, podem afirmar que Girona té uns valors de nuvolositat molt propers als de cel núvol (4), la mitjana anual és de 3,8 octes. Els mesos amb més nuvolositat són els de primavera i tardor (el màxim es dona a l'octubre, 4,5 octes), mentre que el mínim principal es dona a l'estiu (juliol té una mitjana de 2,6 octes), i el mínim secundari a l'hivern (3,1 octes al desembre). Aquests valors són força lògics tenint en compte la variabilitat de la circulació atmosfèrica, amb més freqüència de situacions anticiclòniques a l'hivern i a l'estiu, i amb la presència de més perturbacions en les estacions equinoccials (Capel Molina, 1981).

Si tenim en compte que la nuvolositat i el vent són els factors que controlen més la intensitat de l'illa de calor, la intensitat de l'illa de calor teòricament més intensa s'hauria de produir al mes de juliol, quan la nuvolositat és més escassa i el vent també té velocitats relativament baixes, mentre que l'illa de calor més feble es donarà a l'octubre i en altres mesos de la primavera i la tardor els valors de la intensitat també haurien de ser relativament baixos.

Taula 2.6 Nuvolositat mitjana a Salt (en octes de cel cobert). Període 1999-2015.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
3,4	4,2	4,3	4,4	4,1	3,4	2,6	4,0	4,2	4,5	3,7	3,1	3,8

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades meteorològiques de l'observatori meteorològic de Salt (Plaça Sant Cugat).

2.1.1 Estudi de l'amplitud tèrmica a Girona-Hortes de Santa Eugènia

Com hem esmentat abans l'oscil·lació tèrmica dels afores de Girona supera els 15°C, mentre que l'amplitud mitjana històrica de la ciutat volta els 12°C, l'efecte de l'illa de calor urbana és la causa d'aquestes diferències en l'amplitud.

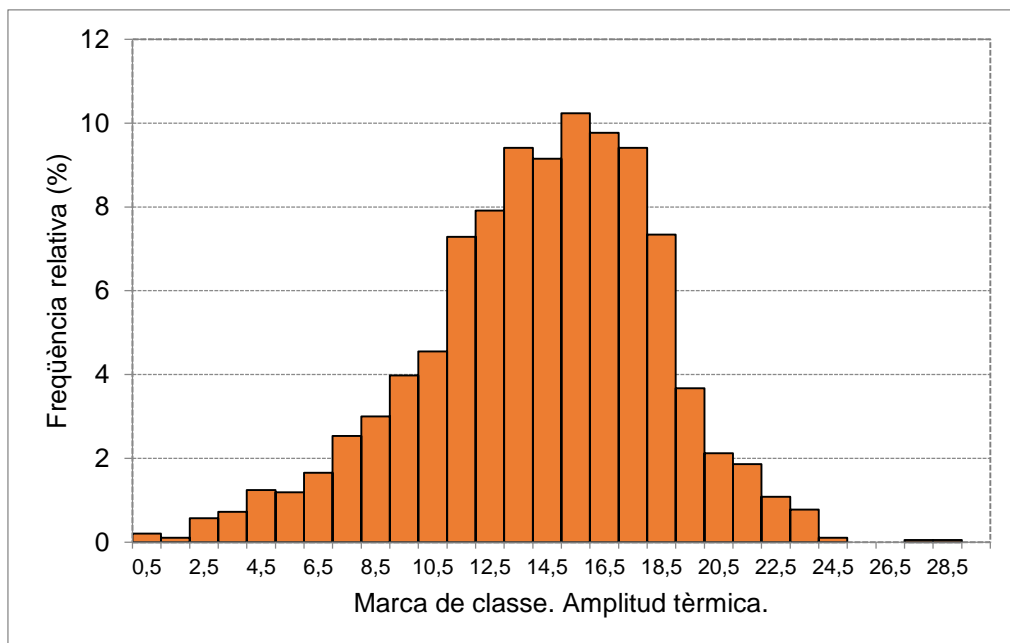


Figura 2.3 Histograma de freqüències de l'amplitud tèrmica. Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC). Període 16 setembre 2010-31 desembre 2015.

L'interval modal anual a Girona-Santa Eugènia és entre 15 i 16°C, amb el 10,24 % dels dies. S'ha de remarcar que les amplituds compreses entre 20°C i 21°C en aquest observatori representen un percentatge relativament elevat, 2,12 %.

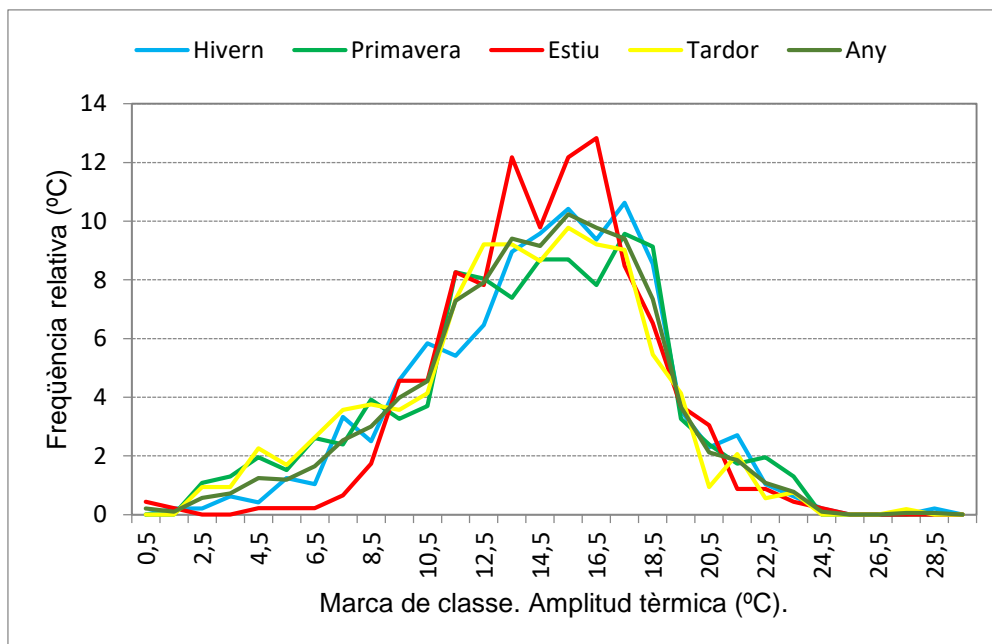


Figura 2.4 Freqüències relatives de l'amplitud tèrmica diària en les diferents estacions astronòmiques. Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC). Període 16 setembre 2010-31 desembre 2015.

L'interval modal és el de 17-18°C a l'hivern, amb el 10,63,% dels dies amb amplituds compreses en aquest interval. La primavera també té el mateix interval modal d'amplitud que l'hivern, amb el 9,57 % respecte el total de dies. El 12,83 % dels dies de l'estiu tenen una amplitud entre 16° i 17°C, aquest és l'interval modal en aquesta estació astronòmica. El 10,24 % dels dies de la tardor tenen una amplitud que oscil·la entre 15 i 16°C, en aquesta estació astronòmica tenim l'interval modal amb menor amplitud tèrmica.

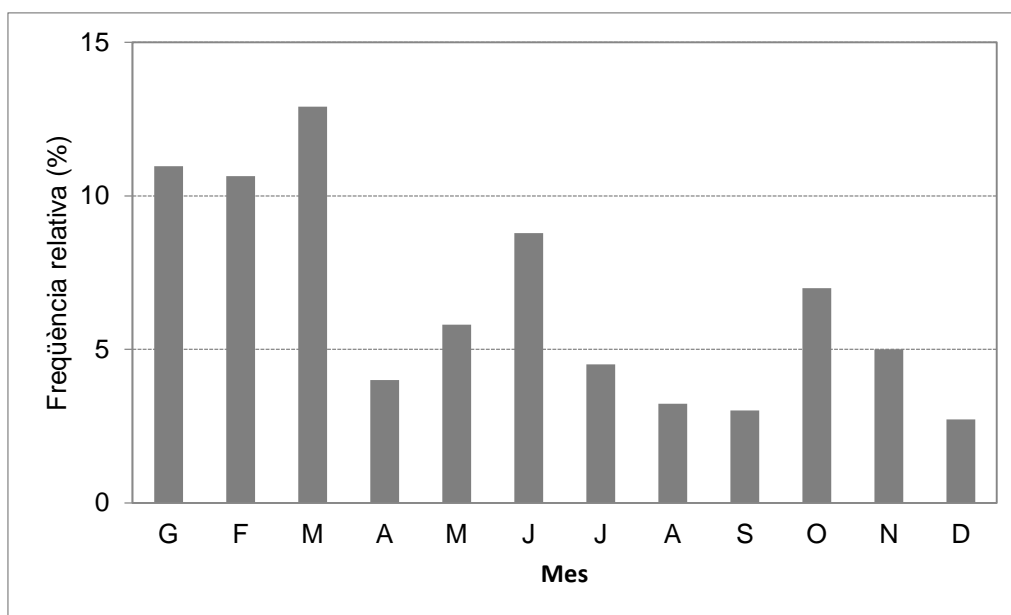


Figura 2.5 Freqüència relativa mensual de dies de 20°C o més d'amplitud. Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC). Període 16 de setembre de 2010-31 de desembre de 2015.

L'hivern astronòmic (gener-març) és l'època de l'any amb més dies amb amplituds intenses, amb el màxim al mes de març (12,9 % dels dies). La baixa velocitat del vent i les fortes inversions tèrmiques són la causa d'aquest màxim hivern (posar llibre Plou i fa sol). En el mes de març convergeixen diversos factors que afavoreixen les oscil·lacions tèrmiques intenses, així en primer lloc el dia és més llarg que en els 2 mesos anteriors, la radiació solar és més intensa i la humitat relativa és més baixa. A partir de l'abril les marinades i una nuvolositat més elevada afavoreixen un descens del nombre de dies amb forta amplitud tèrmica que és molt brusc entre març i abril (es baixa del 12,9 % al 4,0 %). L'estiu astronòmic (juliol-setembre) és l'estació amb menys dies amb intensa illa de calor, això es deu a l'elevada velocitat del vent cosa que impedeix que es formin inversions tèrmiques tan fortes com a l'hivern, però també implica que no obstant l'amplitud mitjana diürna és més elevada a l'estiu que a l'hivern i la resta d'estacions astronòmiques. Hem de tenir en compte que la majoria de dies d'estiu tenen la nit serena, fins i tot quan tenim precipitació ja que normalment es produeix en forma de tempesta i es dona a la tarda i després el cel s'asserena. Això implica que en aquesta estació astronòmica hi hagi pocs dies amb baixes amplituds (inferiors a 10°) o que les oscil·lacions molt baixes (inferiors a 5°) siguin anecdòtiques, en canvi són relativament habituals a l'hivern i a la primavera i tardor. Al mes de juny tenim un 2n màxim secundari, 8,8 %. En els últims anys el mes de juny ha sigut molt sec (més que el juliol), posar valor, les marinades han sigut poc intenses, i la humitat atmosfèrica ha estat baixa, per aquest motiu hem tingut força dies amb amplituds tèrmiques elevades. El 2n mínim relatiu anual es dona al mes de setembre, quan només el 3,0 % dels dies l'amplitud supera els 20,0°. L'elevada humitat relativa de l'aire, juntament amb l'abundant nuvolositat i pluviometria són factors que no són favorables per les oscil·lacions tèrmiques elevades. D'altra banda el mínim relatiu principal es dona el mes de desembre, 2,7 %, aquest mes tot i ser un mes hivernal, meteorològicament parlant, l'amplitud molt elevada no és gaire habitual, ja que la humitat relativa és força elevada i sovint es formen boires, quan es produeixen aquests hidrometeors l'amplitud del dia mai supera els 20° a Girona.

2.2 Descripció de la geografia física de Girona i la seva àrea urbana

La ciutat de Girona es troba en una posició geogràfica singular, ja que està situada al SW d'Europa, en una península perifèrica, la península Ibèrica. Es troba al nord-est d'aquesta península i prop del mar Mediterrani. A una escala més gran Girona es troba al nord-est de Catalunya, precisament a l'extrem nord de la depressió prelitoral catalana, i a una distància de 28 quilòmetres del mar Mediterrani, que es situa en una direcció del primer i segon quadrant respecte la ciutat. Les dades geogràfiques del centre urbà de Girona són de 41°59'N, 2°48'E i l'altitud és de 71 m.

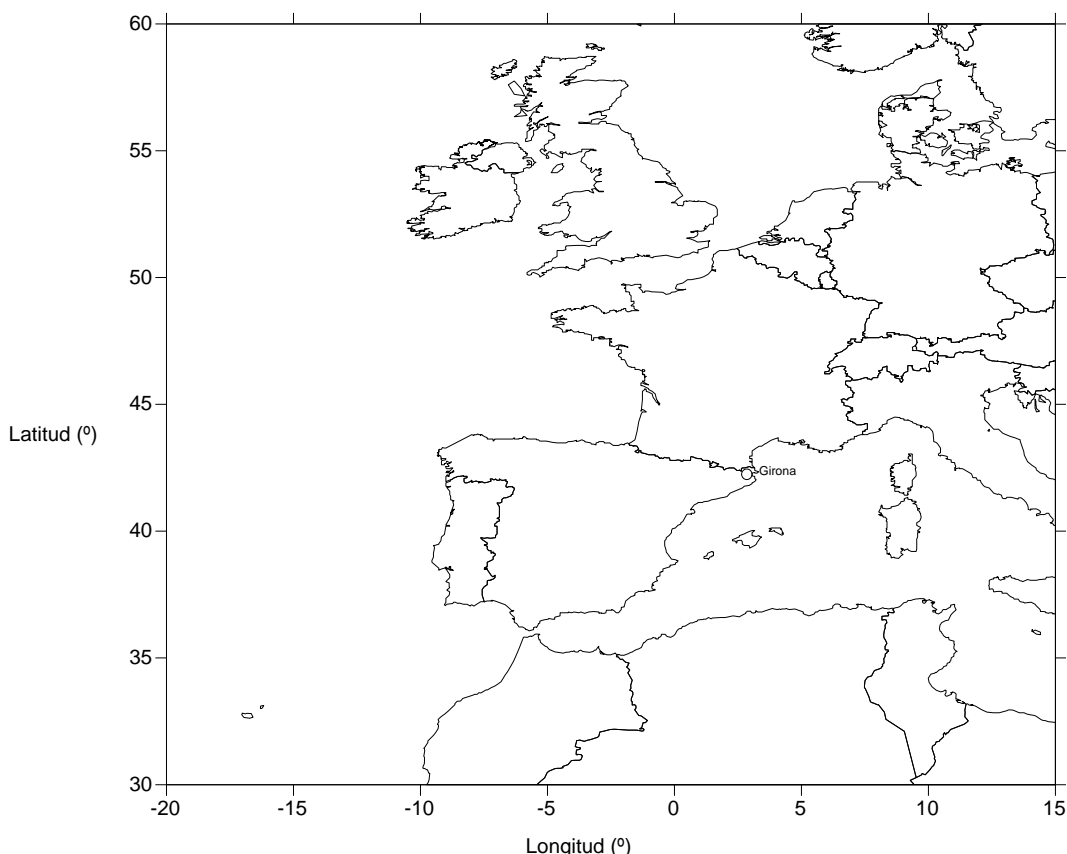


Figura 2.6 Localització de la ciutat de Girona dins d'Espanya i d'Europa.
Font: Mapa proporcionat pel Dr. Joan Albert López Bustins

2.3 Descripció física de l'àrea urbana

Segons VVAA (1981); "L'àrea urbana de Girona morfològicament i tectònicament constitueix l'extrem septentrional de la Depressió Prelitoral, que es troba delimitada per la Serralada Litoral (massís de les Gavarres), que es situa a l'est, i la serralada prelitoral (Guillerics) i sistema Transversal (Rocacorba) a l'oest. Aquest sector de la depressió prelitoral també s'anomena pla de Girona, és un bloc paleozoic enfonsat que ha estat recobert posteriorment per materials sedimentaris pliocènics. Al NE de la ciutat tenim un aflorament de materials eocènics, calcàries nummulítiques, que forma la muntanya de Montjuïc i que proporcionen la cèlebre pedra de Girona. El relleu d'aquesta plana és format sobre el massís enfonsat que aflora en el sector de Llagostera, erosionat i recobert per materials pliocènics horitzontals solcats per valls fluvials amples. Montjuïc i Montilivi són els relleus més importants. La urbs està en el piemont de les Gavarres, els darrers contraforts d'aquesta serra litoral es troben a l'est i nord-est de la ciutat (Muntanya del Calvari, 176 m, Montjuïc 219 m). El centre de la

ciutat de Girona es troba entre 70 i 75 m sobre el nivell del mar. La zona més elevada de la ciutat és el barri de Montjuïc, situat damunt del turó del mateix nom”.

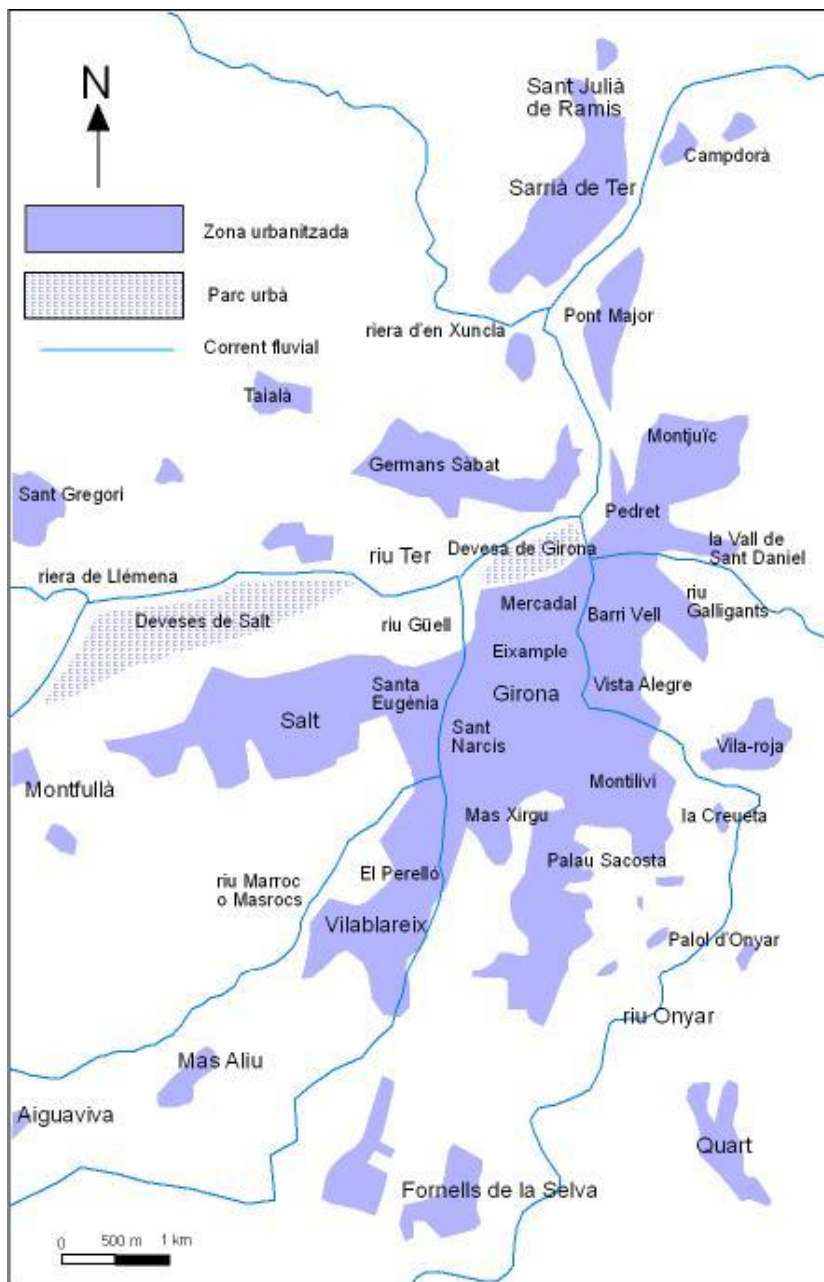


Figura 2.7 Mapa de la ciutat de Girona i dels municipis més propers de l'àrea urbana de Girona.
Font: Elaboració pròpia

Girona es troba en la zona de piemont de les Gavarres, els darrers contraforts d'aquesta serra litoral es troben a l'est i nord-est de la ciutat (Muntanya del Calvari, 176 m, Montjuïc 219 m). El centre de la ciutat de Girona es troba entre 70 i 75 m sobre el nivell del mar. La zona més elevada de la ciutat és el barri de Montjuïc, situat damunt del turó del mateix nom. L'àrea urbana de Girona té un relleu força complex que provoca variacions tant en la humitat relativa com en la temperatura, i probablement també té efectes en la precipitació. Així els barris més planers són els de Santa Eugènia i Sant Narcís (a l'oest i sud-oest), mentre que el sector de la ciutat amb una orografia és més accidentada correspon a la zona oriental, als barris de Montjuïc, Pedret, Pont Major, Campdorà, Sant Daniel, Vila-roja i Barri Vell. En aquesta

part de la ciutat hi arriben els últims contraforts de les Gavarres. El barris de Montilivi i Palau també presenten un cert pendent, però els seus indrets més elevats no tenen tanta altitud com el barri de Montjuïc, 219 metres, o la muntanya de Can Simon, al Pont Major, 265 metres. D'altra banda si considerem els municipis, el més planer de l'àrea urbana és el de Salt, amb un cert pendent cap a l'est i cap al nord on l'altitud és més baixa que cap a l'oest i cap al nord, és l'únic municipi que no presenta accidents orogràfics importants. Sant Gregori té la muntanya de Santa Afra, i Sant Grau cap a l'oest i cap al nord-oest tenim els darrers contraforts de Rocacorba, que pertanyen al Sistema Transversal, igual que les altres dues muntanyes. Bescanó es troba situat en la vall del riu Ter, fora de la depressió prelitoral, entre turons d'altures entre 200 i 350 metres, limita amb Sant Gregori pel nord, on destaca la muntanya de Sant Grau. No obstant no hem inclòs aquesta muntanya en els mapes de les variables climàtiques de l'àrea urbana. Fornells de la Selva limita al sud amb Girona, de la qual està separada pels turons on trobem el barri de Palau Sacosta. Gran part del terme municipal de Vilablareix és força planer i pertany al pla de Girona, però limita a l'oest amb Bescanó, del qual està separat per uns turons, on trobem les urbanitzacions de Montfullà que pertanyen a aquest darrer terme municipal. Llambilles i Quart es troben a la vall del riu Onyar, a l'est tenen les Gavarres, mentre que els nuclis urbans es troben a una zona planera drenada pel riu Onyar i els seus afluents. Sarrià de Ter i Sant Julià de Ramis es troben en un corredor de la vall del riu Ter, sobretot el primer municipi, entre els turons que es troben a l'oest que els separen de la vall de la riera d'en Xuncla, aquests pujols no superen els 200 metres d'altitud i el riu Ter, que els separa dels barris de Pont Major i Campdorà, que tenen elevacions a la part oriental i meridional respectivament (muntanya de Can Simon i nord de Montjuïc). Celrà es troba a la part oriental de la muntanya de Sants Metges que la separa de la depressió prelitoral, el nucli urbà es troba en la zona paisatgística dels Aspres, i en la plana geomorfològica de l'Empordà. El sud-oest del terme municipal de Celrà és força accidentat, hi ha les darreres estacions de les Gavarres, per exemple la muntanya de Sant Miquel, 388 m, que la separa de la Vall de Sant Daniel, que pertany al municipi de Girona.

Segons VVAA (1981): "L'àrea urbana de Girona forma part de la conca del riu Ter i els seus afluents. Aquest riu travessa l'àrea d'estudi de SW a NE Per la banda esquerra rep les aigües de Rocacorba, l'afluent més important d'aquesta zona és el riu Llémena que drena la vall del Llémena, també trobem la riera d'en Xuncla que desemboca a Sarrià de Ter. D'altra banda, pel costat dret rep els rius Onyar i Güell. El cabal del riu Ter és de 24,5 m³/s a Girona. El règim del riu és de tipus mixt, pluvio-nival, amb una disminució del cabdal al mes de gener atribuïble a la retenció nival i un augment de cabdal primaveral atribuïble a la fosa de les neus de la capçalera, encara que en els últims anys aquest increment ha disminuït per efecte dels embassaments de Sau i Susqueda". La situació geogràfica de la ciutat, en la confluència dels rius Onyar, Güell i Galligants amb el Ter, i el clima mediterrani que comporta freqüents aiguats intensos durant la tardor, ha provocat que hagi estat una ciutat on aquest risc climàtic associat als aiguats hagi estat elevat, les inundacions han estat periòdiques des de fa molts segles. Un dels problemes més grans és conseqüència del tap que es forma al riu Onyar quan el Ter baixa ple, la qual cosa provoca que l'Onyar es desbordés molt sovint. La construcció dels embassaments de Sau i Susqueda ha fet minvar aquest risc, però aquest continua present ja que la ciutat es troba en un interfluvi".

2.4 Descripció de les característiques urbanes i demogràfiques de Girona i la seva àrea urbana

L'àrea urbana de Girona està formada pels municipis més propers a la ciutat de Girona, amb la qual tenen una relació, principalment de mobilitat obligada per treball o estudis, però també tenen nexes econòmics i administratius, ja que comparteixen serveis i institucions. Aquests municipis pertanyen a la comarca del Gironès i són Salt, Sarrià de Ter, Vilablareix, Bescanó, Aiguaviva, Quart, Fornells de la Selva, Sant Gregori i Sant Julià de Ramis. S'ha de remarcar però que la part central de l'àrea urbana, la que té més relació amb la ciutat de Girona són els municipis de Sarrià de Ter i Salt, aquest últim té una continuïtat física amb la ciutat de Girona.

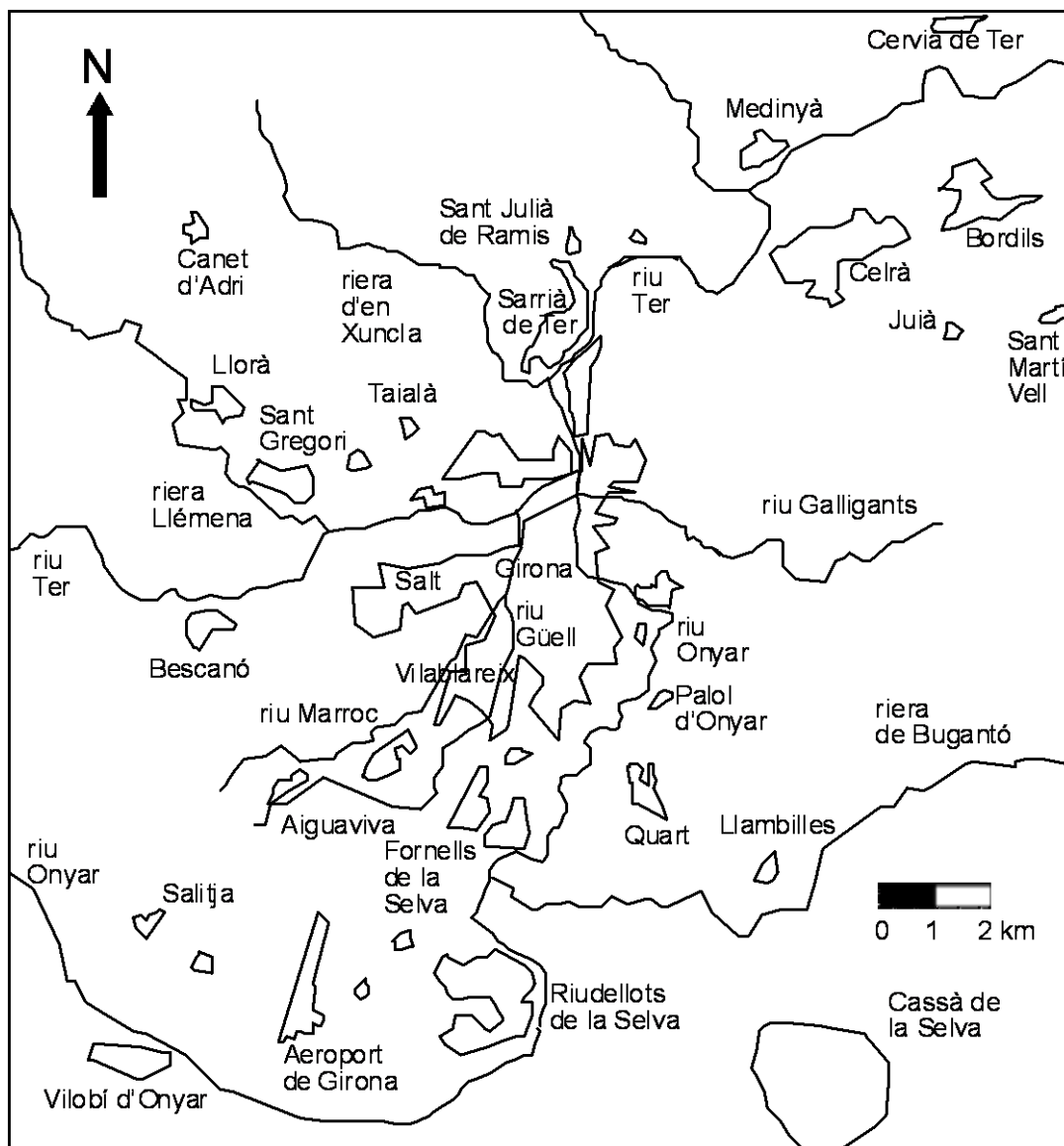


Figura 2.8 Mapa de l'àrea urbana de Girona i rodalia.

Font: Elaboració pròpia a partir del mapa d'escala 1:40000. Institut Cartogràfic de Catalunya. 2002

2.5 Evolució de la població de l'àrea urbana

La població de l'àrea urbana de Girona ha crescut de manera important durant el segle XX (veure taula 2.7). Així entre els anys 1900 i 2000 la població s'ha quintuplicat.

L'increment demogràfic no és de la mateixa magnitud durant el segle XX. Així s'observa un creixement demogràfic moderat al principi del segle XX però la tendència canvia radicalment amb la guerra civil. Durant les dècades dels 40 i 50 s'observa un estancament (0,8 % és la taxa de creixement anual entre 1940 i 1960) causat per les circumstàncies històriques, és una etapa difícil per la població, la postguerra, on la pobresa i el racionament del menjar no afavoreixen la natalitat. El creixement demogràfic més important del segle XX es dona a partir de la dècada dels 60, coincidint amb una època de bonança econòmica. Entre 1960 i 1981 la taxa de creixement (5,1 % anual) és la més important del període 1900-2007 (veure taula 2.7). Hi ha dues causes per explicar aquest increment, l'explosió de la natalitat ("baby-boom") i l'arribada d'immigrants procedents de la resta de l'Estat Espanyol, sobretot des d'Andalusia, és la causa d'aquest increment de la població tan exagerat que es dona en aquesta dècada i la següent. En el període 1980-2000 hi ha un cert alentiment demogràfic, que té dues causes, el descens de la natalitat i el fenomen de la immigració disminueix de manera important. A finals de la dècada dels 90 torna a haver-hi una nova revifada demogràfica, una nova onada d'immigrants augmenta de manera significativa la població. En aquest decenni i en els últims anys l'origen de la immigració espanyola no té tanta rellevància, la immigració procedeix de la resta del món. Els nous immigrants són sobretot d'origen extracomunitari (Sudamèrica, Amèrica Central i Àfrica).

Taula 2.7 Evolució de la població de l'àrea urbana de Girona. Període 1900-2007.

Any	1900	1920	1940	1960	1981	2000	2007	2015
Població	19003	22209	36087	41682	86624	113137	138240	147261
Taxa creixement anual (%)	0,8	3,1	0,8	5,1	1,6	3,2	0,8	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'Enciclopèdia Catalana (VVAA, 1981) i la xarxa d'internet. Dades de població dels municipis de Girona, Salt, Sarrià de Ter, Vilablareix, Bescanó, Aiguaviva, Quart, Fornells de la Selva, Sant Gregori i Sant Julià de Ramis

La població de l'àrea urbana es concentra bàsicament als municipis de Girona (103000) i Salt (32000), les dues ciutats formen una conurbació contínua que supera els 130000 habitants, aproximadament). La densitat de població de la ciutat de Girona és de 2644 habitants/quilòmetre quadrat l'any 2020. Cal tenir però en compte que bona part del municipi de Girona és muntanyós, i és força deshabitat. Si considerem únicament l'àrea urbanitzada (14 qm²), la densitat de població de Girona supera els 7000 habitants/qm². El municipi amb més densitat de població és Salt amb 5016,9 habitants/qm².

Els barris més poblats de Girona són l'Eixample, Santa Eugènia i can Gibert del Pla, el primer es troba al centre de Girona mentre que els altres 2 se situen entre l'Eixample i Salt, per tant, en una àrea d'elevada congestió urbanística. L'Eixample, com es veurà en l'anàlisi de l'illa de calor urbana, també és el nucli de l'illa de calor urbana de Girona. També aquests dos barris són els que tenen la densitat de població més elevada, que en el cas del districte de Santa Eugènia arriba a superar els 20000 habitants/qm². Per tant, es pot afirmar que la ciutat de Girona té en la seva part central una densitat de població molt elevada, la qual cosa afavoreix la formació de l'illa de calor degut a l'elevada densitat de urbanització. Mas Xirgu és el barri menys poblat, però cal tenir en compte que no és una àrea residencial sinó un polígon industrial. El barri de Gavarres té 4712 habitants, però la densitat de població és relativament baixa

(338 habitants/qm²) ja que és molt extens, comprèn bona part de l'àrea muntanyosa, també els districtes de Sant Daniel, Vila-roja i Font de la Pólvora. El barri del Carme o Vista Alegre té una densitat molt elevada, ja que presenta una compacitat urbana força elevada, tot i que els blocs d'habitatges no són molt elevats. En general la densitat de població del municipi de Girona davalla des del centre urbà fins a la perifèria de la ciutat, amb l'excepció de Santa Eugènia, que té un continu urbà amb Salt. S'ha de remarcar que Girona està dividida en 31 sectors i 9 barris segons l'Ajuntament de Girona.

Taula 2.8 Població de Girona per sectors.

Avellaneda	187
Barri Vell	3.071
Can Gibert del Pla	7.338
Carme	3.295
Domeny Nord	1.258
Domeny Sud	352
Eixample Nord	20.717
Eixample Sud	20.850
Font de la Pólvora	1.885
Fontajau	2.343
Gavarres	14
Germans Sàbat	559
Hortes	4
La Creueta	109
Mas Xirgu	19
Mercadal	2.410
Montilivi	5.149
Montjuïc	2.802
Muntanya de Campdorà	55
Palau	4.476
Pedrerres	227
Pedret	800
Pla de Campdorà	159
Pont Major	2.768
Sant Daniel	665
Sant Narcís	966
Sant Ponç	671
Santa Eugènia	8.939
Taialà	3.945
Torre Gironella	366
Vila-roja	1.508

Taula 2.9 Població dels barris de Girona.

	Nombre	%
Centre	8.776	8,96
Eixample	42.533	43,44

Est	4.665	4,76
Mas Xirgu	19	0,02
Montjuïc	2.802	2,86
Nord	3.782	3,86
Oest	9.128	9,32
Santa Eugènia	16.281	16,63
Sud	9.921	10,13
TOTAL	97.907	100

Font: Ajuntament de Girona. Es poden consultar les dades de superfície i població a l'apartat corresponent de l'Observatori amb el següent enllaç: http://www.girona.cat/observatori/indicadors_municipals.php

La població de la ciutat de Girona gairebé s'ha quintuplicat entre 1900 i 2015. El creixement demogràfic més important es produeix durant la dècada dels 60 del segle XX i a l'inici d'aquest segle XXI (2001-2011). S'ha de remarcar que les variacions de població observades entre 1970 i 1990 es deuen a l'annexió dels municipis veïns de Salt, Sarrià de Ter, Sant Daniel, Santa Eugènia del Ter i Palau Sacosta l'any 1963, cosa que va provocar un fort increment demogràfic, mentre que l'any 1983 amb la independència dels municipis de Salt i Sarrià de Ter la població del municipi de Girona va tornar a davallar ja que no s'inclouïa la població d'aquests dos municipis veïns.

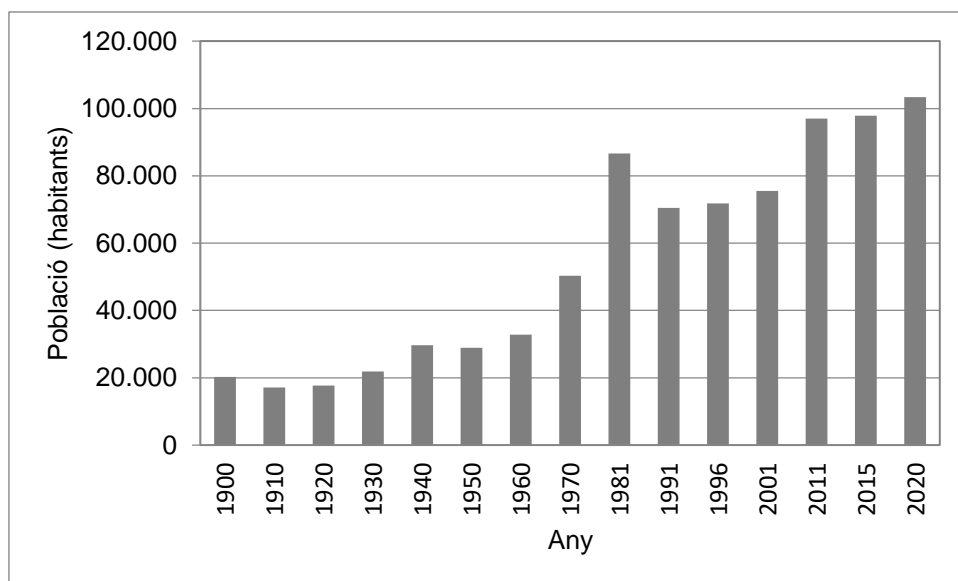


Figura 2.9 Evolució de la població de la ciutat de Girona. Període 1900-2020.
Font: Enciclopèdia Catalana, Viquipèdia

2.6 Evolució urbana de la ciutat de Girona

Les primeres notícies que es tenen de l'existència de la ciutat de Girona es remunten a l'any 77 abans de Crist (font: Viquipèdia). Es va construir al costat del riu Onyar, i recolzada en un turó per a les funcions de defensa. En aquest accident geogràfic trobem els barris actuals del Barri Vell, Vista Alegre, Torre Gironella i les Pedreres. Segons Fabre (1986): "Als principis del segle XX la ciutat estava enclaustrada entre les muralles i el turó i només una petita part es troba a l'esquerra del riu, en el barri que es coneix com a Mercadal. A partir de l'embrió d'extramurs que era l'Havana Petita va créixer la ciutat fora del recinte fortificat en els anys 20. El Pla d'Eixample redactat per

L'arquitecte Eugeni Campillonch aprovat l'any 1909 va planificar aquest creixement. L'actual barri de l'Eixample es pot considerar herència d'aquest pla, en aquest sector de la ciutat hi predomina una trama ortogonal de carrers amb poques places. El creixement urbanístic ha estat desordenat en aquesta àrea de l'Eixample gironí, no s'han respectat els Plans Generals d'Ordenació Urbana de 1955 i 1971, hi ha carrers de diferents amplades i d'intercomunicació caòtica, i els edificis tenen diferent alçada.

En el període 1920-40 paral·lelament a la construcció de l'Eixample hi ha la construcció d'habitatges unifamiliars de segona residència als barris de Palau i Vista Alegre. El període en què Girona ha crescut més és a partir de la guerra civil. Entre 1940 i 1960 hi ha el creixement de la ciutat en vertical, mentre que a partir de la dècada dels 70 la ciutat s'estén cap al sud, on el barri de Palau esdevindrà de primera residència. També hi ha l'edificació de blocs d'habitatges als barris de Pedret, Sant Narcís Can Gibert i Sant Ponç. També neix el barri de Germans Sàbat format per immigrants. És un sector de la ciutat on predominen els habitatges de poca qualitat i baixa alçada. A partir dels anys 70 augmenta el creixement vertical de la ciutat, es construeixen varis edificis elevats, un exemple és el gratacel conegut com el "dels bolets" a la Plaça Catalunya, aquest gratacel de 12 pisos és dels més elevats de l'àrea urbana, juntament amb un gratacel de Salt". Les àrees de la ciutat de Girona que han tingut un creixement urbanístic més important i s'han expandit més en el període 1985-2020 són l'Eixample, Montilivi, Palau-Sacosta, Fontajau, i el polígon industrial Mas Xirgu al sud-oest de la ciutat de Girona.

2.7 Descripció física i urbana de la ciutat de Girona

La ciutat de Girona té una forma allargada (veure figura 2.x), de tal manera que hi ha una certa distància entre els barris septentrionals i meridionals de la ciutat. El municipi de Girona té una superfície total de 39,1 quilòmetres quadrats. La part oriental del municipi és força muntanyosa, on trobem els últims contraforts de les Gavarres, amb bastants turons de diferents alçades, uns molt propers al centre, com són les Pedreres (185 m), o Montjuïc (219 m), i altres més allunyats, el cim més elevat és el de Sant Miquel, 388 m, que es troba uns 5 quilòmetres al nord-est del centre de Girona. La part vella de Girona està constituïda pel barri anomenat Centre, però popularment es coneix com a Barri Vell. Aquest és el nucli central de la Girona antiga. L'Enciclopèdia Catalana (1981) fa una descripció de la Girona antiga: "Aquest és format pel recinte de la Força Vella, que en el seu traçat venia a coincidir amb els límits de la Girona ibèrica i romana. Resten encara mostres de les muralles d'aquestes èpoques a la plaça de la catedral i al pati de l'antiga universitat, on hi ha restes de murs ciclopis. La Força Vella formava un triangle limitat pel carrer de la Força, la torre Gironella i la plaça de la catedral". El Barri Vell o Centre és un districte que es troba a la dreta del riu Onyar, recolzat damunt d'un turó. És la part de la ciutat antiga de Girona que té una història de més de 2000 anys. En aquest barri hi predominen els habitatges de 3 a 4 pisos, amb carrers estrets i que tenen un traçat irregular, ja que segueixen les corbes de nivell. És un barri eminentment comercial, però també hi trobem activitats administratives i educatives (Universitat de Girona).

La ciutat moderna es troba a la riba esquerra de l'Onyar. Aquesta àrea de Girona s'ha estès d'una manera longitudinal, seguint el carrer de la Rutlla, que unia Girona a Palau-Sacosta, avui ja urbanitzat, la carretera de Barcelona des de la plaça del

Marquès de Camps i la carretera de Santa Eugènia, que comunica Girona amb Santa Eugènia, el Veïnat de Salt i Salt, que formen ja una aglomeració continuada. Segons la densitat de l'ús residencial cal diferenciar dos sectors de la ciutat de Girona:

- Densitat elevada. Comprèn els barris de l'Eixample, Barri Vell, Vista Alegre, Santa Eugènia, Gibert del Pla i Fontajau. Aquesta és la part cèntrica de Girona.
- Densitat baixa. Hi trobem els barris perifèrics, excepte Santa Eugènia i Can Gibert del Pla.

Els barris perifèrics de la ciutat de Girona són Santa Eugènia i Can Gibert del Pla, a l'oest de la ciutat, Pont Major, al N de la ciutat, Montjuïc, Campdorà i Sant Daniel al NE, Vila-roja i Font de la Pòlvora, al SE, Fontajau i Germans Sàbat al NW, Montilivi i Palau-Sacosta al S de la ciutat. Aquest sector presenta un tipus heterogeni d'urbanització, mentre que Montjuïc i Palau-Sacosta són una urbanització on predominen els habitatges unifamiliars, als altres barris hi ha un predomini d'habitatges de pisos de poca alçada. Els barris de Palau-Sacosta i Montjuïc són àrees residencials de baixa densitat amb població de nivell socioeconòmic elevat. Els altres barris també són residencials amb densitat baixa (excepte Santa Eugènia) però el nivell socioeconòmic és mitjà o baix, en els casos de Vila-roja, Font de la Pòlvora, Germans Sàbat i Pont Major. La tipologia edificatòria és la d'habitatge unifamiliar aïllat, voltat de jardí privat en forma de ciutat-jardí. Santa Eugènia és un antic poble annexat a Girona, la densitat d'edificació i de població és elevada, la més alta de la ciutat.

A la taula 2.10 es té una visió de conjunt dels diferents usos del sòl de Girona. Hi ha un predomini del sòl residencial d'alta densitat, 562,33 ha, aquest ocupa la meitat del sòl urbà. Els barris on predomina l'ús residencial d'elevada densitat són l'Eixample, el centre o Barri Vell, Santa Eugènia i Sant Narcís. Els sectors residencials de baixa densitat de la ciutat de Girona són els barris de Montjuïc, Sant Daniel, Germans Sàbat (excepte el districte Fontajau que és d'alta densitat), Pont Major, Vila-roja, Font de la Pòlvora, Montilivi i Palau. És important de destacar l'expansió urbana que ha tingut Girona en els últims anys, així l'any 2006 la superfície urbanitzada de Girona va créixer en 103 ha respecte 1995. Així segons dades proporcionades per l'Ajuntament de Girona l'àrea urbanitzada ocupa 1220 ha en l'any 2006. L'ús industrial ocupa el 14,3 % del sòl urbà total. Les àrees industrial es situen al sud de la ciutat (veure figura 1.b. de l'annex), on trobem el polígon de Mas Xirgu i Mas Gri (carretera de Barcelona), i a l'oest, on hi ha el polígon Pla de Dalt de Domeny.

Taula 2.10 Superfície de sòl urbà a la ciutat de Girona. Any 1995.

Tipus sòl	Extensió (ha)
Residencial alta densitat	393,27
Residencial baixa densitat	562,33
Industrial	163,17

Font: Vicente et al., (1995). Vicente cita la font del *Planejament de Girona de l'any 1995*

2.7.1 Les zones verdes de l'àrea urbana

L'àrea urbana de Girona es troba situada al piemont de les Gavarres. En els turons i muntanyes d'aquesta àrea propers a la ciutat de Girona tenim boscos densos de pins i alzines, és una zona verda força extensa. D'altra banda al voltant dels rius i rieres tenim el bosc de ribera, que en alguns llocs està format per pollancre, oms i en altres

per plàtans. Dins dels nuclis urbans o en la perifèria d'aquests tenim els parcs urbans que tenen un rol important, no només com a zona natural dins la ciutat, sinó també com a àrea d'esbarjo i fins i tot amb usos comercials, com és el cas del parc de la Devesa de Girona. Cal esmentar els quatre parcs urbans més grans dels municipis de Girona i Salt, que formen l'àrea urbana més compacta i densa. Aquests parcs són els de la Devesa de Girona, el parc de les Deveses de Salt, el parc del Migdia i el parc Central. Mentre que el parc de les Deveses de Salt pertany al municipi de Salt, els altres tres parcs es situen al municipi de Girona. El parc de la Devesa de Girona té al seu límit sud l'Eixample de Girona i al nord limita amb el riu Ter, aquest parc té trenta-dues hectàrees de superfície. El parc de les Deveses de Salt, que es troba més allunyat de l'àrea urbanitzada que la Devesa de Girona, ja que dista entre tres-cents i cinc metres del nucli de Salt. Entre el parc i la ciutat hi ha les Hortes de Salt, les Deveses és el més extens dels parcs urbans amb 184 hectàrees. Aquests són parcs que es troben fora de l'àrea urbanitzada, tot i que al límit amb aquesta. Els altres dos parcs es troben dins de la ciutat de Girona, així el parc Central té 2 hectàrees, i es troba entre el barri de Sant Narcís i l'Eixample, el parc del Migdia té 4 hectàrees i està situat al sud de l'Eixample. Les zones verdes de la ciutat de Girona (jardins públics, parcs urbans) tenen 36010 arbres segons l'Ajuntament de Girona. Per tant hi ha un arbre cada 2,7 habitants.

2.7.2 Les vies de comunicació

La ciutat de Girona es troba en una situació geogràfica i estratègica privilegiada. Girona sempre ha estat un lloc de pas per als viatgers que des de França es desplacen cap a altres parts d'Espanya. La comunicació de Girona per carretera amb altres llocs de Catalunya, Espanya i Europa per carretera és bona. En primer lloc tenim les carreteres de titularitat estatal, la N-2 i l'AP-7. Pel centre de Girona hi passa l'antiga N-2, anomenada N-2a, aquesta carretera nacional uneix La Jonquera amb Madrid. La N2 al sud de Fornells de la Selva és una autovia, mentre que al nord la N-2 és la variant de Sant Daniel, la construcció de la qual va ser polèmica per la repercussions mediambientals en aquesta vall. Aquesta variant va ser construïda per descongestionar Girona, tot i que ha tingut certs efectes en el trànsit, sobretot de camions, encara el trànsit és molt elevat dins la ciutat. L'autopista AP-7 o Autopista del Mediterrani, enllaça la frontera francesa amb València i passa pels municipis de Salt, Girona, Sarrià de Ter, Vilablareix. Té dues sortides, Girona-S, al terme de Vilablareix i Girona-N, al municipi de Sant Julià de Ramis.

Les carreteres autonòmiques són la C-66, la C-65, la N-14 i la C-25. La C-66 enllaça Girona amb La Bisbal d'Empordà i Palamós. La C-65 uneix a Girona amb Sant Feliu de Guíxols. Una altra carretera, la N-14 uneix Girona amb Anglès, Al sud de l'àrea urbana la C-25, també anomenat Eix Transversal, uneix Girona amb Lleida, i ha comportat un impuls per a l'activitat econòmica, ja que afavoreix les relacions entre la Catalunya interior amb Girona

També cal tenir en compte la millora que han tingut les diferents vies urbanes en les últimes dècades. És un fet important a finals del 80 la construcció del Passeig Països Catalans al municipi de Salt, que afavoreix la comunicació de Girona amb Salt i Anglès. La construcció de diferents eixos urbans a la dècada dels 90 afavoreix la intercomunicació entre els diferents sectors de la ciutat de Girona. Un dels exemples

és la frontissa del riu Güell, entre Santa Eugènia i Sant Narcís, també la construcció del Pont de Fontajau permet una millor comunicació entre el centre de Girona i Fontajau. També es millora l'entrada de la C-66 al nord de la ciutat de Girona en els barris de Pedret i Pont Major.

La comunicació de Girona mitjançant ferrocarril és òptima, Girona està connectada a la xarxa ferroviària estatal que pertany a ADIF. A Girona hi passa la línia dels trens regionals que enllaça Girona amb Barcelona. També tenim trens d'alt recorregut que uneixen Girona amb ciutats del corredor mediterrani i amb Madrid. A més la posició de Girona prop de la frontera amb França garanteix els enllaços ferroviaris amb diverses ciutats de França i Itàlia. La construcció de l'estació de tren de Girona d'alta velocitat (TAV) en els propers anys és un dels reptes als quals s'enfronta Girona en els propers anys, la qual cosa afavorirà l'activitat econòmica ja que el temps de viatge entre Girona i altres estacions del TAV s'escurçarà de manera considerable.

2.7.3 L'activitat econòmica

La principal activitat econòmica de l'àrea urbana de Girona està relacionada amb el sector terciari, en una doble vessant, serveis relacionats amb l'administració, especialment a la ciutat de Girona i sobretot l'activitat comercial. La indústria està en retrocés, tot i que encara té un elevat pes dins l'economia gironina, el sector primari és testimonial, especialment l'agricultura. El turisme és una activitat econòmica que ha guanyat protagonisme en els últims anys en bona part gràcies al Barri Vell de Girona que és un nucli atractiu de turisme cultural. El Call Jueu, els diferents monuments, les esglésies, la tranquil·litat dels carrers són alguns dels atractius que té la part vella de Girona per al turista.

Vicente *et al.* (1996) fa referència a la importància de l'indústria dins l'economia de l'àrea urbana de Girona: "Tot i la pèrdua del pes específic de la indústria a causa del creixement del sector terciari, la tecnificació i la crisi econòmica, aquesta encara constitueix un sector important i d'equilibri per a l'estructura econòmica de l'Àrea urbana de Girona. La indústria abraça pràcticament tots els sectors industrials, entre els quals destaquem l'alimentari, amb especial incidència del carni, metal·lúrgic, tèxtil, químic, plàstic i material elèctric. La indústria representativa de l'àrea gironina és la formada per les petites i mitjanes empreses. Numèricament superen el 90 % del total de la indústria instal·lada a la zona. Si se centra l'estudi en les diferents activitats Industrials, durant el període 1990-1993, en ampliacions d'empreses destaquen les indústries manufactureres, amb el 33,6 % del total. En creació de noves empreses apareixen en primer lloc les indústries transformadores del metall, amb quasi el 48 % i un volum d'inversió de 1471 milions. Segueix energia i aigua, amb un total de 859 milions"

La indústria està ben diversificada a l'àrea urbana de Girona. El municipi de Sarrià de Ter té varies indústries papereres. El sector agroalimentari és present als municipis de Girona i Salt i es beneficia de la importància de la ramaderia a la comarca del Gironès. A Salt hi ha indústries de teixits de cotó. També és important la concentració industrial a Sant Julià de Ramis (paper, ciment). A Quart hi destaca la indústria relacionada amb la fabricació de la terrissa.

2.7.4 La mobilitat i el consum d'energia associat a la ciutat de Girona

La mobilitat de persones ha augmentat de manera important en els últims decennis, la qual cosa ha comportat un increment important del trànsit de vehicles i un augment de la generació de gasos contaminants. En el període 1986-1996 la mobilitat obligada ha passat de 30997 a 37946 persones segons l'ajuntament de Girona. Com hem esmentat abans una de les causes que expliquen el fenomen de l'illa de calor és la contaminació atmosfèrica urbana. La contaminació de l'aire a les ciutats té diferents orígens, entre els quals destaquen l'emissió de gasos associada a la combustió de productes derivats del petroli en els vehicles i l'emissió de gasos derivats dels processos industrials. El transport és un dels principals agents contaminants a la ciutat. Hem estudiat el pla de Mobilitat de Girona per tal de fer una anàlisi més profunda de la influència del transport en la qualitat de l'aire i els nivells de contaminació presents en la ciutat. L'Ajuntament de Girona ha redactat el Pla de Mobilitat de Girona (PMU) que s'emmarca dins la Llei 9/2003, de 23 de juny, de la mobilitat i de les Directrius Nacionals de Mobilitat. És objecte d'aquest PMU la configuració de les estratègies de mobilitat sostenible de la ciutat de Girona.

Segons les dades facilitades pel Pla de Mobilitat de 2012, Girona té un parc superior als 61000 vehicles a l'any 2006. Això significa una relació de 6,7 vehicles per cada 10 habitants. El pla de mobilitat de Girona estima en 219689 viatges els que es produeixen diàriament a la ciutat de Girona. Respecte el total de desplaçaments el 37,2 % es produeixen en cotxe privat. A aquest moviment de vehicles s'ha de sumar les 217000 entrades i sortides de nucli de Girona. Les intensitats més importants es produeixen en una malla de carrers de la xarxa bàsica ortogonal formada pels eixos Güell, Tarradellas, Barcelona, Lluís Pericot i Avinguda Jaume I. És remarcable l'eix vertebrador del carrer de Barcelona amb unes intensitats molt uniformes al pas del municipi. Aquest carrer suporta una intensitat que oscil·la entre 20000 i 25000 vehicles per dia. El 79 % dels desplaçaments que es realitzen des de Girona cap a un altre municipi són amb vehicle privat, el 25 % amb transport públic i el 4 % restant a peu o en bicicleta. La variant de Girona i la gratuïtat de l'autopista entre les sortides Girona-S i Girona-N han ajudat a descongestionar en part la ciutat de Girona, però l'increment elevat del parc de vehicles provoca embussos de trànsit freqüents sobretot al Pont del Dimoni i al carrer de Barcelona.

Segons dades de l'Ajuntament de Girona durant l'any 2001 es van consumir aproximadament unes 172.000 tones equivalents de petroli. Aquest consum energètic representa una emissió de prop de 529.000 tones de CO₂ a l'atmosfera (7,3 tones/habitant). A Girona, l'any 2001, només els tubs d'escapament dels cotxes van emetre unes 228.000 tones de CO₂, que representen prop de 3 tones per cada habitant. Per netejar la quantitat de CO₂ emès pels vehicles es necessita una superfície de bosc 20 vegades superior a la dels boscos del municipi, de fet es necessitaria un bosc d'una extensió de 9 vegades tot el municipi de Girona. La majoria del consum energètic del municipi (43%) va ser degut al consum de gasolines i gasoils dels vehicles automòbils, i en segon lloc el consum de gas natural (42%). La electricitat va representar prop del 14% del consum energètic a la ciutat.

El Pla de mobilitat urbana del municipi de Girona també ha estudiat la influència de la mobilitat en la contaminació atmosfèrica a Girona. Segons el Pla el sistema de transport de les ciutats és una de les principals fonts de contaminació atmosfèrica. El

pla classifica les emissions de gasos contaminants produïdes pel trànsit en funció com afecten al medi ambient les emissions de contaminants. Aquestes es poden agrupar de la següent forma:

- Emissions de gasos acidificants.
- Emissions de gasos precursors de l'ozó.
- Emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Els resultats es presenten en les següents taules:

Taula 2.11 Emissions de gasos acidificants a Girona. Any 2006.

Gas contaminant	Tona/any
NO _x	219
NH ₃	14
SO ₂	3
TOTAL	236

Font: Pla de mobilitat de l'Ajuntament de Girona

Segons l'Ajuntament de Girona les 236 tones de gasos acidificants emeses suposen una emissió de 2,6 kg/habitant i any. L'any 2001, el transport per carretera a nivell europeu suposava l'emissió del 15% del total de gasos acidificants a l'atmosfera.

Taula 2.12 Emissions de gasos precursors de l'ozó a Girona. Any 2006.

Gas contaminant	Tona/any
CO	1095
NO _x	219
MNVOC	212
CH ₄	13
TOTAL	1539

Font: Pla de mobilitat de l'Ajuntament de Girona

L'emissió de 1539 tones/any de gasos precursor de l'ozó suposa una emissió de 17,0 kg/habitant i any. L'any 2001, el transport per carretera en l'àmbit europeu suposava l'emissió del 36% del total de precursors de l'ozó a la troposfera.

Taula 2.13 Emissions de gasos d'efecte hivernacle a Girona. Any 2006.

Gas contaminant	Tona/any
N ₂ O	11
CH ₄	123
CO ₂	87224
TOTAL	87248

Font: Pla de mobilitat de l'Ajuntament de Girona

El pla de la mobilitat de Girona considera que les emissions de gasos hivernacle equivalents en diòxid de carboni a la ciutat de Girona suposen una emissió de 994 kg/habitant i any. Segons la mateixa font, durant l'any 2002 les emissions de gasos hivernacle per càpita a Espanya van ser de 9,7 tones, de les quals 2,3 tones van ser causades pel transport en general. Per tant la ciutat de Girona emet un 42,3 % del total de CO₂ que emet Espanya.

En la taula 2.14 es pot observar com la principal energia que es consumeix a la ciutat de Girona és d'origen domèstic, el gas natural. Així el consum d'aquest gas representa més de la meitat de la despesa energètica al municipi. El transport amb vehicles dins la ciutat suposa el 20,5% del consum total de l'energia a Girona.

Taula 2.14 Consum d'energia per sectors a Girona (anys 2005 i 2006)

Sector	Consum (TEP)	Percentatge/total (%)
Transport	29189	20,5
Gas natural	79257	55,6
Electricitat	32.280	22,7
Gasos líquids del petroli	1.700	1,2

Font: Pla de mobilitat de l'Ajuntament de Girona

El Pla de Mobilitat també dona l'estimació de costos derivats del transport privat. A la taula següent hi consten els costos totals dels fenòmens climàtics tant a escala local (contaminació), com a escala global (canvi climàtic). Pensem que el Pla de Mobilitat no ha tingut en compte l'efecte de l'illa de calor en la despesa energètica, la qual cosa hauria incrementat de manera significativa l'esmentada despesa.

Taula 2.15 Costos mediambientals del consum d'energia a Girona (anys 2005 i 2006)

Fenomen	Cost total anual	Cost habitant/dia i any
Canvi Climàtic	9164056,08 €	101,51 €
Contaminació	2638552,38 €	29,23 €

Font: Pla de mobilitat de l'Ajuntament de Girona

Els costos derivats del consum energètic repercuten més en el canvi climàtic que en la contaminació atmosfèrica. Per tant es pot afirmar que les ciutats, com és el cas de la urbs de Girona, tenen un impacte que no només és local, sinó també global, ja que les emissions de gasos d'efecte hivernacle afavoreixen el canvi climàtic planetari que s'ha observat a partir de la Revolució Industrial.

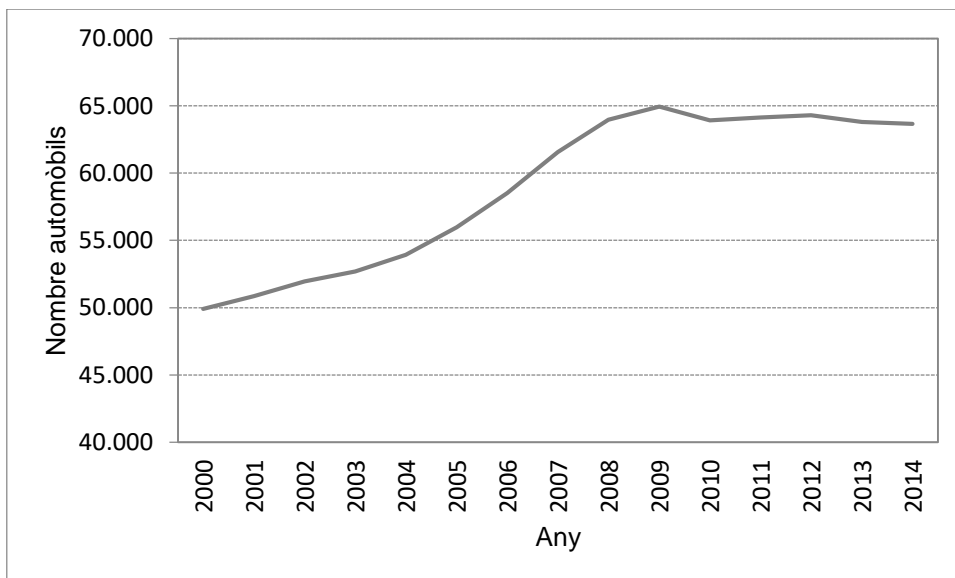


Figura 2.10 Nombre d'automòbils. Període 2000-2014.

Font: Ajuntament de Girona.

El nombre d'automòbils va créixer clarament entre els anys 2000 i 2009 quan va passar de 49901 a 64953, en els últims anys s'ha produït un estancament en el seu nombre

Capítol 3

Índex de continguts

3	Clima urbà	63
3.1	La història de la climatologia urbana fins a l'actualitat.....	63
3.2	L'ecosistema urbà i les modificacions del clima urbà	68
3.3	Les causes de l'illa de calor urbana	69
3.4	El balanç energètic de la ciutat i el camp	72
3.4.1	Comparació del balanç energètic de la ciutat i el camp	74
3.5	La capa límit urbana	75
3.6	Mètodes per estudiar l'illa de calor.....	78
3.7	Característiques de l'illa de calor urbana	79
3.7.1	La intensitat de l'illa de calor	79
3.7.2	La forma de l'illa de calor.....	88
3.7.3	La localització del màxim tèrmic	88
3.7.4	El clima dels parcs urbans.....	89
3.8	Factors distorsionadors de l'illa de calor urbana	90
3.8.1	La modificació de les sèries tèrmiques urbanes i rurals	92
3.9	El confort tèrmic.....	95
3.10	La planificació i la mitigació de l'illa de calor urbana	96
3.11	Modificació urbana de la precipitació	109
3.11.1	Mètodes d'estudi de precipitació urbana.....	114
3.11.2	Aspectes temporals de la precipitació.....	115
3.12	Modificació urbana de la humitat relativa	118
3.13	Modificació urbana del vent	120
3.14	Modificació urbana de la nuvolositat i de la radiació solar.....	126
3.15	Modificació urbana dels fenòmens meteorològics.....	129

Índex de figures

FIGURA 3.1	CAPA LÍMIT URBANA.....	77
FIGURA 3.2	RECTES DE REGRESSIÓ QUE RELACIONEN LA INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR I LA POBLACIÓ DE VÀRIES CIUTATS EUROPEES I NORD-AMERICANES.	84
FIGURA 3.3	PRINCIPALS CAUSES DE L'ILLA DE CALOR URBANA.....	97

FIGURA 3.4 GRÀFICA DE FLUXOS QUE MOSTRA LES DIFERENTS FASES DE RECERCA CAP A UN DESENVOLUPAMENT URBÀ SOSTENIBLE.	98
FIGURA 3.5 DIAGRAMA DE FLUXOS. ESTRUCTURA D'UN MAPA CLIMÀTIC URBÀ.	108
FIGURA 3.6 INFLUÈNCIA DE LA CIUTAT EN LA PRECIPITACIÓ CONVECTIVA. ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DEL DIAGRAMA BASAT EN SHEPHERD ET AL. (2002) I REELABORAT PER HAND I SHEPHERD (2009).	114

Índex de taules

TAULA 3.1 METODOLOGIES UTILITZADES EN DIFERENTS OBJECTES D'ESTUDI DE LA CLIMATOLOGIA URBANA.....	66
TAULA 3.2. FACTORS DE L'ILLA DE CALOR.....	71
TAULA 3.3 INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR (MÈTODE DELS OBSERVATORIS).DIFERÈNCIA MITJANA ANUAL EN LES TEMPERATURES MÍNIMES.	84
TAULA 3.4 INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR. MÈTODE DELS TRANSSECTES.	84
TAULA 3.5 ESTRATÈGIES DE MITIGACIÓ DE L'ILLA DE CALOR.	104
TAULA 3.6 GUIES DE PLANIFICACIÓ DE LA CIUTAT.....	105
TAULA 3.7 CLASSIFICACIÓ DE LES ZONES CLIMÀTIQUES URBANES.....	107

3 Clima urbà

3.1 La història de la climatologia urbana fins a l'actualitat

La ciutat modifica el clima en el seu interior, que és diferent als camps i boscos que la rodegen. Aquesta percepció del clima urbà com a diferent ja fa molts segles que és vigent, des de l'Antiga Grècia. Moreno García (1993) fa referència a les variacions en la contaminació atmosfèrica observades a les ciutats a l'Antiga Grècia: “En l'obra d'Hipòcrates “Dels aires, de les aigües i dels llocs” es fan diverses consideracions i comentaris sobre de la diferents exposició a l'ambient de les ciutats i els consegüents efectes en la salut. El primer efecte conegut de la modificació climàtica urbana és el canvi en la composició de l'aire. En el segle I Séneca feia referència a la contaminació de Roma. Durant l'Edat Mitjana la utilització generalitzada de combustibles fòssils en algunes ciutats importants es converteix en la principal causa de la contaminació urbana. Segons Moreno García (1993) “En el segle XIII a Londres hi ha prohibicions sobre l'ús del carbó. El primer estudi concret sobre la contaminació urbana és l'obra d'Evelyn sobre el clima de Londres “Fumigium” (1661). Aquest investigador afirma que el sofre produït per la combustió dificulta l'arribada dels raigs solars i també descriu els nombrosos efectes perjudicials del fum per a la salut humana, les plantes i els animals”. Moreno García (1993) explica el punt d'inflexió de la climatologia urbana que experimenta durant el segle XIX :“(…) un gran avanç en l'estudi de la climatologia urbana es produeix en el segle XIX quan es comencen a utilitzar dades meteorològiques per tal d'analitzar les alteracions climàtiques urbanes. Moreno García i Pardo Serra (2016) fan referència a les primeres dades envers el fenomen de l'illa de calor: “(…) en l'any 1817 Luke Howard serà el primer investigador en descobrir la modificació tèrmica que presenta Londres, assenyalant que el seu centre urbà tenia unes temperatures més altres que els camps dels voltants i avaluant, a més, clarament la diferència en 3,7°F (2,2°C) durant la nit, mentre que durant el dia era molt menor”. Howard considerava que la causa d'aquest escalfament urbà eren les combustions que es produïen dins la ciutat de Londres. La denominació d'aquest fenomen com a illa de calor urbana però no apareix fins l'any 1958 per Gordon Manley”.

Moreno García (1993) afirma: “En la 2^a meitat del segle XIX el meteoròleg francès Renou fa referència a la importància del fum en l'escalfament urbà. Renou afirma que la ciutat és un grau centígrad més càlida que el camp en mitjana. (...) En el segle XX es produeix un gran avanç dins la climatologia urbana, és la utilització de vehicles amb motor per tal de fer estudis tèrmics de la ciutat. Aquest mètode rep el nom de transsecte tèrmic urbà o geotranssecte tèrmic. El primer transsecte tèrmic el realitza Schmidt l'any 1927 a la ciutat de Viena. Des d'aleshores el mètode dels transsectes s'ha aplicat sovint dins els diferents treballs fets dins la disciplina de la climatologia urbana”.

Una definició senzilla de la illa de calor urbana és que la ciutat és més càlida que les seva rodalia rural, sobretot durant la nit, per això es coneix com illa de calor urbana nocturna.

Les investigacions dins de la climatologia urbana es multipliquen a partir de la dècada dels 70 en els països occidentals. Un avanç important dins la climatologia urbana és l'estudi de la temperatura superficial de les ciutats que es fa mitjançant sensors remots

en satèl·lits. Durant la dècada dels 80 destaquen els treballs fets per Oke i Landsberg. El llibre de Landsberg de l'any 1981 "*The urban climate*" encara és una referència dins de la disciplina (Landsberg, 1981) dins d'aquesta disciplina. Oke (1987) analitza el clima urbà dins d'un capítol del llibre "*Boundary Layer Climates*", que també és una referència històrica dins de la climatologia urbana.

A finals del segle XX i inicis del segle XXI es consoliden els tres mètodes per estimar l'illa de calor d'una ciutat determinada, el mètode dels transectes tèrmics amb automòbil, el mètode de comparació d'observatoris meteorològics fixos i el mètode de la teledetecció, anàlisi de la temperatura superficial amb imatges preses des dels satèl·lits. El mètode més senzill i antic, utilitzat per Howard l'any 1817 a Londres, és el de comparar les dades de dos observatoris meteorològics. Aquestes estacions han d'estar en 2 localitzacions diferents, una en la ciutat i l'altra en el camp. Aquesta metodologia planteja una sèrie de problemes. Sovint l'observatori urbà no es troba a l'indret més càlid de la ciutat, sinó en un parc urbà on l'efecte de l'illa de calor és menys intens. D'altra banda sovint l'estació meteorològica rural és l'aeroport, i no és estrany que aquesta estació es trobi massa allunyada de la ciutat perquè les dades tèrmiques siguin comparables, o té unes condicions geogràfiques lleugerament diferents a les ciutats, per la qual cosa les comparacions entre ambdues estacions poden donar conclusions incorrectes envers l'illa de calor urbana de la ciutat. També s'ha d'afegir que aquest mètode no permet realitzar mapes tèrmics de la ciutat i dels afores, ja que són pocs punts per realitzar un mapa de l'illa de calor real. Amb l'objectiu de realitzar una cartografia tèrmica de la ciutat va sorgir el següent mètode, el dels transectes tèrmics. Aquests recorreguts realitzats en automòbil, els realitzen simultàniament varis cotxes. S'ha de remarcar que aquests transectes es realitzen entre 3 i 4 hores després de la posta de sol, ja que és el moment en què la intensitat de l'illa de calor és màxima (MORENO GARCÍA, 1999), permeten conèixer la morfologia de l'illa de calor urbana i també es pot calcular la intensitat màxima de l'illa de calor urbana amb més precisió respecte el mètode dels observatoris. El darrer mètode, utilitzat a partir de la dècada dels 90 del segle XX és l'obtenció d'imatges tèrmics a partir de la teledetecció. En aquesta metodologia s'utilitzen les imatges infraroges de gran resolució dels satèl·lits amb l'objectiu de detectar l'illa de calor superficial de la ciutat, així es tenen dades tèrmiques de les àrees urbanes i la seva perifèria. Aquest mètode significa un increment de la resolució espacial respecte els mapes tèrmics dels transectes tèrmics (fins a una quadrícula de de 4 metres de costat en les imatges del satèl·lit IKONOS) i a més permet copsar les temperatures superficials d'una ciutat i dels seus afores. Amb el mètode dels transectes tèrmics no es poden recórrer tots els carrers de la ciutat i els indrets dels afores, i aquests buits de dades s'omplen amb mètodes de interpolació tèrmica, per exemple l'invers a la distància, funcions radials, *kriging* simple i *kriging* ordinari (TEJEDOR *et al.*, 2016).

Les línies de investigació de la climatologia urbana en l'actualitat són les següents:

- 1) Estudi de l'illa de calor urbana atmosfèrica a partir del mètode dels transectes tèrmics urbans.
- 2) Anàlisi de l'efecte urbà en les temperatures mitjançant el mètode de comparació de les temperatures mínimes diàries de dos observatoris meteorològics fixos, un situat en el centre de la ciutat i l'altre en la perifèria de aquesta, en un entorn rural.

- 3) Càlcul de la tendència tèrmica en la sèrie d'un observatori meteorològic-urbà i comparació entre la tendència de diverses series meteorològiques d'observatoris urbans i rurals amb l'objectiu de determinar el biaix urbà per efecte de la ciutat.
- 4) Estudis comparatius de balanç de radiació urbans i rurals, i també models de balanç de radiació. En aquests treballs es comparen diferents tipus de fluxos de radiació i de calor, radiació d'ona curta i llarga, calor latent i sensible. Aquests models són de diferents escales (microescalar a mesoescalar).
- 5) Estudi microclimàtic de l'illa de calor urbana superficial a través de la teledetecció d'imatges dels satèl·lits en les bandes de infraroig tèrmic. Un dels últims treballs és el de Zhou *et al.* (2017) que relaciona la modificació de l'illa de calor superficial d'acord amb la forma i el mida de la ciutat.
- 6) Detecció dels efectes urbans en la precipitació a través de l'anàlisi d'imatges de reflectivitat del radar i imatges del satèl·lit, models de simulació de la precipitació i models mesoscalars (WRF, MM5, TRMM, etc.). Comparació de les dades de precipitació preses a partir de models amb la precipitació mesurada en els pluviòmetres dels observatoris meteorològics. Un dels treballs més importants és el de Shepherd (2005). No obstant l'article més recent que resumeix els avenços de la climatologia urbana en aquesta temàtica de la modificació urbana en la precipitació és el de Liu i Niyogi (2019).
- 7) Estudi de la freqüència diària i les quantitats mitjanes diàries de la precipitació segons el tipus de dia (feiner o festiu) amb l'objectiu d'analitzar la influència urbana en aquesta variable climàtica.
- 8) Investigació del confort tèrmic humà en la ciutat mitjançant índexs tèrmics bioclimàtics.
- 9) Identificació de patrons tèrmics de l'illa de calor urbana a partir de Sistemes de Informació Geogràfica i de l'anàlisi multivariant.
- 10) Creació de noves metodologies de càlcul del factor de visió del cel (SVF), ja que aquest paràmetre és un factor urbà que explica força bé les variacions tèrmiques intraurbanes, tant durant el dia com a la nit. El treball de Dirksen *et al.* (2019) proposa nous càlculs de l'SVF i la seva aplicació a l'estudi de l'illa de calor urbana.
- 11) Estudi de la modificació en el confort tèrmic i en la temperatura de les diferents parts de la ciutat provocat per les diferències en el factor de visió del cel. Les variacions espacials en el confort de la ciutat són simulades a través de models com el Rayman, SKyHelios, Envimet, etc. El treball de Matzarakis *et al.* (2007) analitza el confort tèrmic urbà a partir del software Matzarakis creat per aquest investigador.
- 12) Estudi del camp tèrmic dels parcs urbans i la seva influència en la ciutat. Dins les investigacions més recents tenim el treball de Moreno García (2019) envers el microclima de la Ciutadella de la ciutat de Barcelona.
- 13) Simulació de diferents mesures de mitigació de la intensitat de l'illa de calor en la temperatura amb l'ajut de diferents tipus de models mesoscalars. Algunes d'aquestes mesures són les cobertes verdes (*green roofs*), façanes verdes, teulades clares.

14) Simulació en els models mesoescalars de la modificació del camp tèrmic de la ciutat a partir de los fluxos de calor latent i sensible en superfície, les diferències espacials de calor antropogènica emesa a la ciutat i els diferents usos del sòl.

15) Investigació dels efectes de les temperatures de la ciutat en la salut humana, especialment en la mortalitat i morbiditat de les persones majors de 65 anys o persones amb problemes de salut respiratòria i cardiovascular. L'increment tèrmic observat a la ciutat implica un increment del nombre de morts durant les onades de calor, però també s'observa una sinergia entre la temperatura i la contaminació atmosfèrica.

16) Estudi de la contaminació atmosfèrica en las ciutats.

17) Influència de las ciutats en la fenologia de les espècies vegetals i animals.

18) Investigació dels efectes positius que implica la illa de calor urbana en les ciutats, per exemple a través de la extracció d'aigua calenta del subsòl cap als sistemes de calefacció col·lectius.

19) Estudi d'escenaris climàtics de la temperatura urbana en el futur mitjançant simulacions obtingudes a partir dels *downscalings* estadístic i dinàmic.

20) Càlcul de la influència urbana en las temperatures mitjançant la classificació de les diferents parts de la ciutat i de la seva perifèria en zones climàtiques locals (*Local Climate Zones*, LCZ). El treball pioner d'Stewart i Oke (2012) ha generat molts estudis previs posteriors.

21) Planificació de la ciutat a partir de la cartografia de la ciutat en diferents zones climàtiques locals amb l'objectiu de mitigar l'illa de calor urbana, amb diferents mesures de actuació i recomanacions en funció de la zona.

Entre aquestes línies d'investigació n'hi ha més recents, com l'estudi de la temperatura superficial de les ciutats a partir de les imatges d'infraroig de satèl·lit, i el *downscaling* estadístic i la planificació de la ciutat a partir de diferents zones climàtiques locals, i d'altres línies històriques: com el mètode de les enquestes per conèixer la percepció del clima urbà de la població de les ciutats o el mètode dels transsectes tèrmics urbans,

Algunes de les metodologies utilitzades en els diferents objectes d'investigació de la climatologia urbana es mostren en la taula 3.1.:

Taula 3.1 Metodologies utilitzades en diferents objectes d'estudi de la climatologia urbana

Objecte d'estudi	Metodologia
Illa de calor urbana atmosfèrica	Transsectes tèrmics urbans, comparació de 2 observatoris meteorològics fixos, un dins de la ciutat i l'altre als afores
Illa de calor urbana superficial	Anàlisi d'imatges de infraroig tèrmic de imatges de satèl·lit (NOAA, Landsat, MODIS, etc.)
Modificació urbana temporal de les diferents variables climàtiques	Comparació de sèries urbanes i rurals (temperatura, precipitació, vent, etc.), o anàlisi de la sèrie d'una ciutat
Patrons tèrmics en la ciutat	Aplicació de l'anàlisi de components principals dins d'un Sistema d'Informació Geogràfica
Estudio del confort tèrmic en la ciutat	Índexs de confort (PET, UTCI, WBGT, Thom, etc.)

Percepció climàtica en las ciutats	Elaboració de enquestes als ciutadans
Influència de la ciutat en les precipitacions	Estudi de la freqüència de la precipitació i la quantitat mitjana de la pluviometria segons el dia de la setmana Anàlisi d'imatges de reflectivitat de la precipitació mitjançant el radar, i també estudi de l'estructura vertical de les tempestes amb ajut del radar meteorològic
Modificació urbana del vent	Comparació de la velocitat del vent observada en observatoris meteorològics urbans i rurals. Transsectes eòlics.
Escenaris climàtics futurs i estimació de la intensitat de l'illa de calor urbana en el futur	<i>Downscaling</i> estadístic i dinàmic
Mitigació de la illa de calor	Simulació de la influència de les teulades verdes i clares en les temperatures de la ciutat mitjançant models mesoescalars i microescalars (WRF, ENVI-MET)
Creació de metodologies d'estimació del factor de visió del cel a les ciutats i càlcul del SVF (factor de visió del cel, <i>Sky View Factor</i>)	Càlcul del SVF a partir del processament de fotografies d'ull de peix amb l'ajut de software adequat (p.ex. Rayman), càlcul trigonomètric a partir de les dades d'altura i amplada dels carrers Creació de software que permet calcular el SVF (p.ex. Rayman)
Estudi de l'efecte de la temperatura i altres variables com la contaminació i la pressió atmosfèrica en la mortalitat de les ciutats, especialment durant les onades de calor i de les persones majors de 65 anys	Aplicació de models de Poisson que relacionen temperatures màximes i mínimes diàries amb la mortalitat diària
Càlcul de les desviacions tèrmiques de diferents observatoris meteorològics pertanyents a diverses zones climàtiques locals (<i>Local Climate Zones, LCZ</i>)	Classificació del sòl urbà i rural en zones climàtiques locals i posterior càlcul de les anomalies tèrmiques de les estacions meteorològiques

Font: *Elaboració pròpia*

Els efectes de la ciutat en las temperatures no solament són produïts per factors urbans (expansió de la ciutat, augment demogràfic, distribució espacial del factor de visió del cel (SVF), densitat d'edificació i de població) o a factors meteorològics (vento, humitat relativa, nuvolositat, pressió atmosfèrica i situació atmosfèrica) sinó també poden ser induïts per canvis en el paisatge rural com és l'estadi fenològic dels cultius que rodegen una ciutat, como pot ser la canya de sucre i a factors astronòmics com l'estació astronòmica que impliquen variacions en els cultius rurals (OLTRA-CARRIÓ *et al.*, 2010).

Els climatòlegs també analitzen les variacions temporals dels usos del sòl, l'índex normalitzat de vegetació (NDVI), i l'índex normalitzat d'edificació (NDbi) amb l'objectiu de detectar una relació entre els canvis en aquests paràmetres i la intensitat de l'illa de calor. Una altra línia d'investigació és la que estudia els efectes del clima urbà en la salut. Com a conseqüència de l'increment tèrmic pot haver-hi un increment de la mortalitat associada a les onades de calor que es manifesta de forma més palpable a les grans ciutats.

Cal remarcar en els últims anys s'ha automatitzat la informació climàtica de les ciutats i s'ha millorat molt l'anàlisi de l'illa de calor a través dels Sistemes d'Informació Geogràfica. A Espanya cal remarcar el treball de la Universitat de Saragossa (VICENTE SERRANO *et al.*, 2005). Així s'estudia la influència dels diferents factors geogràfics, urbans i meteorològics en la intensitat i la forma de l'illa de calor urbana de Saragossa (altitud, distància al riu, intensitat del trànsit i direcció del vent d'entre altres).

Una línia d'investigació és basa en la teledetecció. Així les imatges de satèl·lit són una eina útil per a estudiar l'efecte urbà en les temperatures, mentre que les imatges de radar permeten esbrinar si les precipitacions estan influïdes per la ciutat. En aquest cas el treball de Valor *et al.* (2000) envers l'efecte de l'illa de calor de València analitzat a partir d'imatges de satèl·lit.

Una altra línia d'investigació destacable és la que proposa la creació de models mesoscalars tals com l'MM5 o el WRF per tal d'estudiar i simular l'illa de calor superficial. És destacable l'estudi de GÖNDÖCS *et al.* (2017) a la ciutat de Budapest.

A Estats Units és molt important la recerca de climatologia urbana centrada en els efectes de l'illa de calor en la quantitat de la precipitació de les tempestes dins les ciutats i en la seva rodalia, a través de mètodes com anàlisis d'imatges de reflectivitat del radar o imatges del satèl·lit com en el projecte TRMM. Així en ciutats com Atlanta, Phoenix, Houston i Sant Louis, entre d'altres, s'han fet varis estudis sobre la influència urbana de la precipitació, i s'ha detectat un increment de la precipitació a sotavent de la ciutat. Aquestes diferències espacials en la distribució pluviomètrica en les àrees urbanes i la seva perifèria sostenen una hipòtesi, que la modificació urbana de la precipitació és important (SHEPHERD, 2005).

Els estudis dels efectes urbans en la precipitació a Espanya han estat centrats en la influència del dia de la setmana en la freqüència i la quantitat de la precipitació (MORENO GARCÍA, 1988). Fins l'any 2021 encara no s'ha publicat cap treball de climatologia urbana a Espanya que utilitzi el radar per analitzar el biaix urbà en les precipitacions.

3.2 L'ecosistema urbà i les modificacions del clima urbà

Les ciutats tenen un ecosistema diferent a un ecosistema natural. Els climatòlegs urbans consideren la ciutat com un ecosistema natural modificat, amb una modificació del medi ambient natural que fan que la ciutat tingui unes demandes i ofertes d'energia diferents respecte els boscos i camps que l'envolten. Segons MORENO GARCÍA (1993): "Avui en dia la ciutat és considerada com un ecosistema, tesi defensada per diversos investigadors (DETWYLER i MARCUS, 1972; DOUGLAS, 1983). L'ecosistema urbà és diferent als ecosistemes naturals, ja que es tracta d'un nou medi, adaptat a les necessitats de l'espècie humana, i no a les espècies vegetals i animals. Es tracta d'un ecosistema molt peculiar que es caracteritza per unes peculiaritats:

- 1) Hi ha una producció i un consum d'energia secundària a gran escala.

- 2) Hi ha una importació i un consum d'energia secundària de l'aigua, així com un increment de les importacions i exportacions d'altres materials, amb l'acumulació d'una enorme quantitat de deixalles o escombraria generats per l'home.
- 3) Hi ha una baixa o insignificant producció primària, amb un desequilibri en favor de l'activitat consumidora de l'home.
- 4) Hi ha canvis en el perfil del sòl i alteracions de la topografia provocats per moviments de terres a gran escala i per la pavimentació, emplenament, excavació i compressió de la superfície.
- 5) Hi ha un augment de la contaminació de l'aire, del sòl i de l'aigua.
- 6) Hi ha canvis significatius en les poblacions vegetals i animals, amb un marcat descens de les espècies autòctones, i en canvi, un augment de les espècies adaptades.
- 7) Hi ha un clima alterat, típicament urbà.

El clima urbà es caracteritza per una sèrie de modificacions del medi natural que produeix la urbanització. Les principals són les següents (MORENO GARCÍA, 1999):

- 1) "La superfície natural prèvia ha sigut substituïda o recoberta per construccions diverses d'edificis que formen un conjunt dens i compacte, el que provoca una rugositat que modifica el moviment de l'aire en superfície. Es redueix la velocitat del vent en superfície i al mateix temps, s'incrementa, en general la turbulència.
- 2) La substitució del sòl natural per diversos tipus de paviments, així com els sistemes de drenatge urbans, que permeten una escolament ràpida, provoquen una reducció de l'evaporació i de la humitat de la superfície i de l'aire.
- 3) Els materials de construcció urbans tenen unes propietats físiques diferents de les del sòl natural, presentant menors albedos i una major capacitat calorífica i una bona conductivitat tèrmica. Tot això modifica el balanç de radiació urbà, influint sobre la temperatura de l'aire.
- 4) La calor generada per les activitats humanes en la ciutat constitueix un factor important que modifica també el balanç d'energia. Aquesta calor antropogènica, juntament amb els factors enumerats en primer i tercer lloc provoca un augment de la temperatura de l'aire en comparació amb els voltants. A més la illa de calor urbana augmenta la convecció sobre la ciutat, això provoca un increment de la nuvolositat i per consegüent de la possible precipitació.
- 5) La presència d'una elevada proporció de partícules de substàncies procedents dels processos de combustió urbans i industrials incrementa la terbolesa atmosfèrica, al mateix temps que hi ha un augment del nombre de nuclis higroscòpics. Amb això la visibilitat es redueix, la radiació solar (sobretot en la radiació d'ona curta) queda interceptada, i a més augmenta la possibilitat de formació de boires".

3.3 Les causes de l'illa de calor urbana

La principal modificació del clima de les ciutats respecte el seu entorn és la formació d'una illa de calor urbana, que consisteix en el fet que la ciutat és més calenta que el

seu entorn. Aquest fenomen no es produeix durant el dia, sinó durant les hores nocturnes, sovint es parla d'illa de calor urbana nocturna. Moreno García (1999) considera que hi ha 7 causes que expliquen l'illa de calor nocturna en les ciutats, aquestes són les següents:

a) **Hi ha un superior emmagatzematge de calor durant el dia en la ciutat respecte el camp.** La ciutat guarda més calor durant el dia per diferents factors, un és la més elevada capacitat calorífica dels materials de construcció urbans respecte el sòl rural. Un altre motiu és la geometria en canyons dels carrers, la qual cosa implica que hi hagin més superfícies (horitzontals i verticals) que emmagatzemen més calor respecte el camp. Com que aquesta calor retorna a l'atmosfera durant la nit, per això la ciutat serà més càlida que els camps del voltant.

b) **Producció de calor antropogènica en les ciutats.** La calor antropogènica és aquella energia procedent dels diversos processos de combustió generats en les àrees urbanes i industrials (calefacció, gasos procedents de l'activitat industrial. calor despresada pels motors de combustió dels automòbils, etc.).

c) **Disminució de l'evaporació en la ciutat respecte el camp.** En la ciutat hi ha menys aigua en el sòl que en el camp ja que els materials urbans afavoreixen l'escolament d'aigua cap a les clavegueres. Com que hi ha menys aigua en el sòl urbà hi ha menys pèrdua de calor en el sòl degut a l'evaporació que en el camp. En la ciutat hi ha una modificació del balanç energètic respecte el camp, hi ha menys pèrdua de calor latent en la ciutat que en el camp.

d) **Menor pèrdua de calor sensible en la ciutat.** Les urbs no perden tanta calor sensible degut a la reducció de la velocitat del vent en la ciutat respecte el camp gràcies a la seva geometria d'edificis i carrers.

e) **Increment de l'absorció de radiació solar en la ciutat degut a l'efecte de "captura" que produeix la geometria de carrers i edificis a les ciutats.** Així la radiació sofreix reflexions complicades abans de sortir de l'atmosfera urbana. Durant la nit hi ha una menor irradiació de calor del sòl a les ciutats perquè es redueix la proporció de cel lliure, el que s'anomena "sky view factor", amb la qual cosa es dificulta la pèrdua de la superfície de les emissions de radiació infraroja, mentre que en el camp amb prou feines hi ha obstacles per la irradiació.

f) **Disminució de la radiació d'ona llarga emesa a la ciutat.** L'atmosfera urbana emet menys radiació d'ona llarga que l'atmosfera rural com a conseqüència de la geometria en canyons de la ciutat que implica un menor factor de visió del cel de la ciutat. Així hi ha menys porció de cel pel qual es pot escapar el calor absorbida per la superfície durant el dia, això provoca un menor refredament del sòl urbà i de l'aire subjacent.

g) **Augment de radiació d'ona llarga emesa per l'atmosfera contaminada i retornada a la superfície de la ciutat durant la nit.** L'atmosfera urbana està contaminada per diferents gasos d'origen antropogènic que reemetten radiació d'ona llarga cap a la superfície de la ciutat durant la nit. Per tant hi ha un augment de la radiació d'ona llarga absorbida per la superfície, la qual cosa impedeix que el refredament de l'aire urbà durant la nit sigui tan intens com als camps i boscos dels voltants.

D'acord amb GARTLAND (2008) els factors que contribueixen a la formació de l'illa de calor són els següents:

Taula 3.2. Factors de l'illa de calor

Factor	Efecte en el clima de la ciutat
Absència de vegetació	Reducció de l'evaporació
Ús abusiu de les superfícies impermeables	Reducció de l'evaporació
Increment de la difusió tèrmica dels materials urbans	Increment de l'emmagatzematge de calor
Baixa reflexió solar dels materials urbans	Increment de la radiació neta
Geometries urbanes que atrapen la calor	Increment de la radiació neta
Geometries urbanes que redueixen la velocitat del vent	Reducció de la convecció
Increment dels nivells de pol·lució de l'aire	Increment de la radiació neta
Increment de l'ús d'energia	Increment de la calor antropogènica

Font: Gartland, 2008

Alcoforado i Andrade (2006) defineixen les 3 escales que operen i interactuen en el clima urbà::

- **Microclima.** Reflecteix una influència d'elements urbans individuals i dels seus canvis més elementals (edificis i les seves parts constituents, carrers i places, petits jardins); una dimensió típica pot estar a prop d'un centenar de metres, una influència directa d'aquests elements es restringeix a la capa del pal·li urbà.
- **Clima local.** Clima d'una àrea amb una combinació característica d'elements que pot correspondre a un tipus d'ocupació del sòl diferenciat (barri, parc urbà) situat en unes condicions topogràfiques específiques (vall, turó, etc.). Un clima global engloba un mosaic de microclimes que es repeteixen amb alguna regularitat i idealment respon a una unitat clima-topològica.
- **Mesoclima.** Correspon a una influència integrada de ciutat (comprèn varis climes locals), essencialment en el nivell de capa límit urbana. Podem considerar igualment com efectes de mesoscala als efectes "extra urbans", amb una dimensió aproximada o superior a la pròpia ciutat (sistemes de brises, barreres topogràfiques). No es pot deixar d'anomenar que el clima urbà depèn dels fenòmens d'escala climàtica superior (mesoscala beta i alfa, i microescala).

En els últims anys s'han analitzat amb profunditat com els factors naturals incideixen en la intensitat de l'illa de calor urbana, tals com la precipitació, l'evaporació, la resistència aerodinàmica i superficial. Li *et al.* (2019) assenyalen com "L'evaporació és el factor més important que regula la intensitat de l'illa de calor urbana diürna en 60 ciutats d'Estats Units. Així en les ciutats analitzades la intensitat de calor urbana diürna depèn de la resistència superficial que està causada per les menors humitats del sòl i vegetació en les àrees urbanes". En el clima futur Li *et al.* (2019) preveuen "Una intensitat de l'illa de calor urbana diürna més elevada com a conseqüència de la disminució de la resistència aerodinàmica de les àrees rurals, la qual cosa contribueix positivament a la intensitat de l'illa de calor urbana. Malgrat el creixement en la contribució de la resistència aerodinàmica sota el clima futur, la més gran resistència superficial de les àrees urbanes, la qual cosa indica que les àrees urbanes tenen menys humitat del sòl i cobertura vegetal, que es manté com el factor més important que contribueix a la intensitat de l'illa de calor".

També Li *et al.* (2019) afirmen que d'una forma similar a un estudi previ (ZHAO *et al.*, 2004), “L'illa de calor anual diürna mitjana creix significativament amb la precipitació anual mitjana, suggerint forts impactes de la formació del clima local en les illes de calor urbanes”. Això segons Li *et al.* (2019) s'explica per: “L'eficiència amb que la convecció de calor de les àrees urbanes i rurals es dona a la baixa atmosfera (per exemple, resistència aerodinàmica). (...) “La covariància illa de calor urbana-precipitació respecte la precipitació es troba que està més controlada per la capacitat de les àrees urbanes i rurals per evaporar aigua (per exemple, resistència superficial). (...) Això implica que la intensitat de l'illa de calor en regions humides és més gran per efecte d'una major vegetació i major evapotranspiració en àrees rurals més que una relativa suavitat de la forma de la terra urbana, com estudis previs (ZHAO *et al.*, 2014) hauria d'indicar”.

Li *et al.* (2019) citen a GU i LI (2018): “Un treball recent troba que la correlació espacial entre l'illa de calor urbana i la precipitació local de fons ve principalment de la temperatura rural més que de la temperatura urbana (GU i LI, 2018). Els nostres resultats són consistents amb aquest descobriment, com la formació de la precipitació local modula fortament la humitat del sòl i les condicions meteorològiques tals com el dèficit de pressió de vapor, que són factors claus que controlen la resistència de la vegetació rural (JONES, 2014)”.

3.4 El balanç energètic de la ciutat i el camp

L'illa de calor urbana és en bona mesura produïda pel diferent balanç energètic que té la ciutat respecte el camp. El balanç energètic de les àrees urbanes i de la seva rodalia rural són diferents com conseqüència de diferents factors. Aquests són els següents:

- 1) La geometria en canyons de les ciutats.
- 2) Els edificis i el material de construcció de les ciutats té unes característiques totalment diferents respecte el camp.
- 3) L'atmosfera de la ciutat és molt més contaminada que el camp, com a conseqüència de l'activitat antròpica.
- 4) La superfície urbana és impermeable, i l'escolament de l'aigua és més ràpida que en el camp. Això permet que en el camp tingui més disponibilitat hídrica en superfície que a les urbs, això augmenta la pèrdua de calor latent al camp respecte a la ciutat.

Segons Moreno García (1999) el balanç energètic de la ciutat es pot expressar com el balanç d'energia d'un volum edificat amb aire i la definició que en fa és la següent:

“El balanç d'energia d'aquest volum edificat amb aire quedaria expressat amb la següent equació:

$$\pm Q^* \pm Q_H \pm Q_E \pm \Delta Q_S \pm \Delta Q_A + Q_F = 0$$

Essent Q^* , la radiació neta,

Q_H , la calor sensible,

Q_E , la calor latent

ΔQ_S , la variació de la calor emmagatzemada en el sòl, els edificis i l'aire contingut en el volum,

ΔQA , la transferència neta advectiona, en horitzontal. de calor sensible latent

QF , la font de calor urbà (combustions)

Les entrades i sortides de calor del volum considerat deguts a la radiació, a la calor sensible i latent i la transferència neta horitzontal de calor, juntament amb l'aportació de calor procedent de la font urbana, han d'equilibrar-se amb la variació de la calor emmagatzemada. En definitiva, es tracta de:

$$\text{input d'energia} - \text{output d'energia} = \text{variació de l'energia emmagatzemada}$$

Els inputs energètics o entrades menys els output energètics o sortides constitueixen lògicament la variació de l'energia emmagatzemada. Per tant,

$$\text{Input d'energia} - \text{output d'energia} - \text{variació de l'energia emmagatzemada} = 0$$

Per això, els signes positius de la fórmula es refereixen a entrades d'energia i els signes negatius a pèrdues o sortides d'energia, excepte en la variació de la calor emmagatzemada, ΔQS , on el signe positiu significa una disminució de la calor emmagatzemada, o sigui un despreniment de calor, i el signe negatiu suposa un increment de la calor emmagatzemada. Noti's, també que en dita fórmula, la QF apareix només amb signe positiu, perquè suposa sempre un guany de calor, procedent de la font antropogènica urbana.

És precisament, la calor antropogènica urbana (QF) un sumand decisiu encara que de cap manera exclusiu, no sols per obtenir el balanç energètic d'una ciutat, sinó també per a una correcta valoració en l'estimació dels efectes urbans en el clima. QF procedeix de l'energia despresa per les calefaccions, la indústria, el transport, la il·luminació, etc. El valor assolit per QF depèn de l'energia mitjana usada per cada individu i de la densitat de la població de la ciutat.

El balanç energètic de les àrees rurals és diferent, sobretot en relació a la calor emmagatzemada en el sòl, i al valor de la calor sensible i latent emesa per la superfície (emissió de calor latent més gran al camp, mentre que l'emissió de calor sensible és més elevada a la ciutat)". Així Moreno García (1999) considera el balanç energètic d'aquestes àrees com un volum rural on hi ha vegetació i aire. La seva definició i parts són:

"El volum (rural) de sòl-plantas-aire dels voltants d'una ciutat queda delimitat per una base superior que coincideix amb el límit superior de les capçades dels arbres més alts i una base que arriba fins a una profunditat del sòl en que els intercanvis energètics són menyspreables. Per tant, aquest volum conté sòl, plantes i, també l'aire que hi ha entre elles. El balanç energètic d'aquest volum s'expressa de la següent manera:

$$\pm Q^* \pm QH \pm QE \pm \Delta QS \pm \Delta QA + \Delta QP = 0$$

Els components de l'equació són els mateixos que els del volum edificat amb aire, amb l'especificació de que ΔQS es refereix ara a la variació de la calor emmagatzemada en el sòl, les plantes i l'aire contingut en el volum i amb la novetat que, enlloc de QF apareix $+\Delta QP$, que és la variació neta de la calor bioquímica

emmagatzemada deguda a la fotosíntesi i a la respiració vegetal. En realitat, el valor de ΔQP és molt petit, i es pot menysprear.

3.4.1 Comparació del balanç energètic de la ciutat i el camp

En les ciutats no només s'observa una disminució de la radiació solar rebuda per la superfície respecte els voltants rurals, sinó també hi ha un increment de la radiació d'ona llarga emesa per l'atmosfera durant la nit, que és conseqüència de la contaminació atmosfèrica que provoca un retorn cap a la superfície urbana de la radiació d'ona llarga emesa per la ciutat. Aquest comportament del balanç energètic urbà no comporta una variació significativa de la radiació neta entre les àrees urbanes i la perifèria rural (MORENO GARCÍA, 1999). La radiació neta és molt similar, ja que a la nit el dèficit radiatiu és només una mica més gran a les urbs que en el medi rural i durant el dia l'absorció solar en la ciutat és lleugerament menor que en el camp. El balanç energètic dels 2 volums és similar, s'ha de tenir en compte que la variació neta de calor bioquímica és molt propera a 0, per tant no es considera significatiu aquest component en el balanç energètic. Tampoc és important el component advectioniu de la calor.

Moreno García (1999), Oke (1988) i Martín Vide (1991) enumeren les diferències entre el balanç energètic dels dos volums:

“En quan al primer component de les dues equacions a comparar, la radiació neta (Q^*) és la diferència entre la radiació d'ona curta i d'ona llarga rebudes i la radiació d'ona curta i d'ona llarga reflectida i emesa, respectivament. Això és:

$$Q^* = K_{\downarrow} + L_{\downarrow} - (K_{\uparrow} + L_{\uparrow}) = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} + L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$$

on Q^* = Radiació neta

K_{\downarrow} = Radiació d'ona curta rebuda per la superfície

L_{\downarrow} = Radiació d'ona llarga rebuda per la superfície

K_{\uparrow} = Radiació d'ona curta reflectida per la superfície

L_{\uparrow} = Radiació d'ona llarga emesa per la superfície

Cal remarcar que la radiació d'ona curta que arriba a la superfície urbana és menor que a les zones rurals com conseqüència dels contaminants que conté l'atmosfera de les ciutats. Així, Moreno García (1999) afirma: “En les àrees urbanes la radiació d'ona curta incident (K_{\downarrow}) es veu considerablement alterada pel pas a través d'una atmosfera contaminada. Aquesta modificació de la radiació solar consisteix fonamentalment en una atenuació i una modificació de la composició espectral percentual. Aquesta atenuació de K_{\downarrow} depèn bàsicament de la naturalesa i quantitat de les partícules contaminants. En una gran ciutat K_{\downarrow} és anualment entre un 10 i un 20 % menor que en les àrees rurals circumdants, arribant a un 30 % quan el sol es troba baix, durant l'hivern. A més de la disminució de K_{\downarrow} la seva composició espectral canvia. La pol·lució tendeix a filtrar preferentment les ones amb longitud més curta. La porció ultraviolada perd habitualment un 40 %, i en ocasions fins a un 90 % degut a la difusió cap a l'exterior i a l'absorció per l'atmosfera urbana (...). En resum, en ciutats de latituds mitjanes K_{\downarrow} és menor que en els voltants, però aquest dèficit és parcialment

contrarestat per un albedo urbà més baix. La majoria de les evidències suggereixen, tot i això, que K^* és un xic menor en les ciutats i àrees urbanes que en la perifèria.

Respecte a la radiació d'ona llarga ($L^*=L_{\downarrow}-L_{\uparrow}$) sembla que els valors de L^* de les àrees urbanes i de les rurals són petites. La pèrdua de L^* és major en la ciutat que en el camp durant la nit, perquè l'àrea urbana és més càlida que els voltants, i per tant la L_{\uparrow} és major, tot i una menor emissivitat urbana i del fet de que la geometria de canyons dels carrers restringeix l'emissió des de dins dels mateixos. Encara que L_{\uparrow} és un xic més gran en l'àrea urbana, la capa de pol·lució típica de l'atmosfera urbana no contraresta del tot la major pèrdua de L_{\uparrow} .

La variació de calor emmagatzemada (ΔQ_s) és entre un 15 i un 30 % de Q^* per un volum edificat amb aire, entre un 5-15 % de Q^* per a cultius, boscos i prats, i entre un 25 i un 30 % de Q^* per al sòl nu, perquè en realitat, la capacitat calorífica i la conductivitat i difusivitat tèrmiques dels sòls (sobretot humits no són molt diferents de les dels materials de construcció urbans). No obstant, no s'ha d'oblidar la presència d'una capa de vegetació sobre els sòls rurals, que redueix considerablement l'emmagatzemament calorífic, així com l'important paper desenvolupat per la geometria de la superfície en el cas de les ciutats, on l'emmagatzemament augmenta degut a la major superfície disponible.

En quan a la calor sensible (QH) durant la nit, en les àrees rurals els fluxos van quasi sempre de l'atmosfera a la superfície, però en les ciutats no és estrany observar el contrari, ja que la superfície es manté més calenta que l'aire. I respecte a la calor latent (QE), les àrees urbanes durant la nit mostren una major evapotranspiració i un menor rosada, la qual cosa marca un flux cap a l'atmosfera. Aquestes dues transferències turbulentes de calor requereixen que en la ciutat existeix una font energètica nocturna, que ha d'estar en la calor que ha emmagatzemat durant el dia i en QF".

Una de les claus per entendre el diferent balanç energètic de les zones urbanes i rurals és que les ciutats emeten més calor sensible durant el dia, i menys calor latent en comparació amb el camp, com a conseqüència de la menor presència de vegetació envers les zones rurals de la rodalia.

Un paràmetre que afectarà la radiació solar absorbida per la ciutat és l'albedo de la superfície. En les ciutats de latituds altes l'albedo de les urbs és més baix que el rural. la qual cosa implica que hi ha una absorció més elevada de la radiació solar en la ciutat, no obstant cal remarcar que la radiació solar rebuda per la superfície és menor, ja que l'atmosfera contaminada reflecteix part d'aquesta radiació d'ona curta. En les ciutats mediterrànies, les diferències entre els albedos rurals i urbans és poc clara, hem de tenir present que molt sovint els materials i colors són clars, són escollits amb aquests colors perquè reflecteixin la radiació solar, amb l'objectiu que els habitatges no s'escalfin massa durant l'estiu. En latituds baixes l'albedo de les zones urbanes és més baix que a la rodalia, ja que les àrees dels voltants urbans estan recoberts per una vegetació densa (selva) amb un albedo relativament més alt".

3.5 La capa límit urbana

Moreno García (1999) explica les característiques i les diferents parts que integren la capa límit urbana: "En el balanç energètic urbà cal tenir en compte les escales

d'anàlisi, mesoescalar, local i microescalar. A nivell mesoescalar tenim la capa límit urbana i la capa superficial. La capa límit urbana és la capa límit planetària afectada per la superfície de la ciutat (la ciutat influeix en el temps i el clima). La capa superficial es troba directament influïda per la variació de rugositat de la ciutat (produïda pels edificis), la qual cosa crea modificacions en el vent i el clima urbà. A escala local tenim tres tipus de capes, el pal·li urbà, la capa rugosa de fricció i la subcapa inercial. Finalment tenim l'escala més petita, la microescala, on interessa el pal·li urbà, que es troba per dessota del nivell més alt dels edificis. Els estrats atmosfèrics que interessin més en l'estudi del clima urbà són la capa límit urbana (*urban boundary layer*) i el pal·li urbà (*urban canopy layer*)".

Segons Moreno García (1999): "La capa límit urbana es pot definir com aquella porció integrant de la capa límit planetària, on el clima està fortament influenciat per la presència de la ciutat. L'espessor d'aquesta capa és variable. Durant el dia la capa límit assoleix una major extensió vertical (des de 0,6-1,5 km), perquè la convecció tendeix a elevar-la. A la nit, aquesta capa és més prima (0,1-0,3 km), ja que predomina un tipus d'estratificació atmosfèrica estable". BARLOW (2015) *et al.* expliquen les causes de la major altura que assoleix la capa límit urbana respecte la rural: "L'increment de l'altura de la capa límit urbana durant el dia respecte la capa límit rural és conseqüència de l'escalfament de l'aire de la ciutat, amb més emissió de calor sensible respecte les zones rurals on hi ha també emissió de calor latent per evapotranspiració. (...) No obstant, en aquelles nits en què l'illa de calor és especialment intensa, aquesta capa s'estén més amunt. Cal remarcar que la inversió tèrmica de la capa límit urbana és destruïda per la pròpia illa de calor sobre la ciutat. Això comporta que s'estableixi un gradient tèrmic horitzontal entre la capa límit de la zona rural. on s'observa una inversió tèrmica, i la capa límit urbana. La principal conseqüència és l'establiment d'un sistema de brises que convergeixen al centre urbà i provoquen l'elevació de la capa límit urbana".

El principal element de rugositat en la capa límit urbana el constitueixen els edificis amb la seva àmplia varietat d'altures. L'efecte de l'increment de la rugositat de la superfície urbana sobre els vents és important, ja que s'observa una disminució de la velocitat del vent en les àrees urbanes (MORENO GARCÍA, 1999).

La capa límit urbana té una altura més elevada durant el dia que durant la nit, igual que la capa límit rural, al voltant de 600 metres durant el dia (LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993), i entre 100 i 200 metres durant la nit, mentre que la capa límit rural té una altura de 400 metres, tot i que, sovint, amb convecció forta, arriba força més amunt, durant el dia i arriba al sòl (0 m) durant la nit com a conseqüència de les inversions tèrmiques.

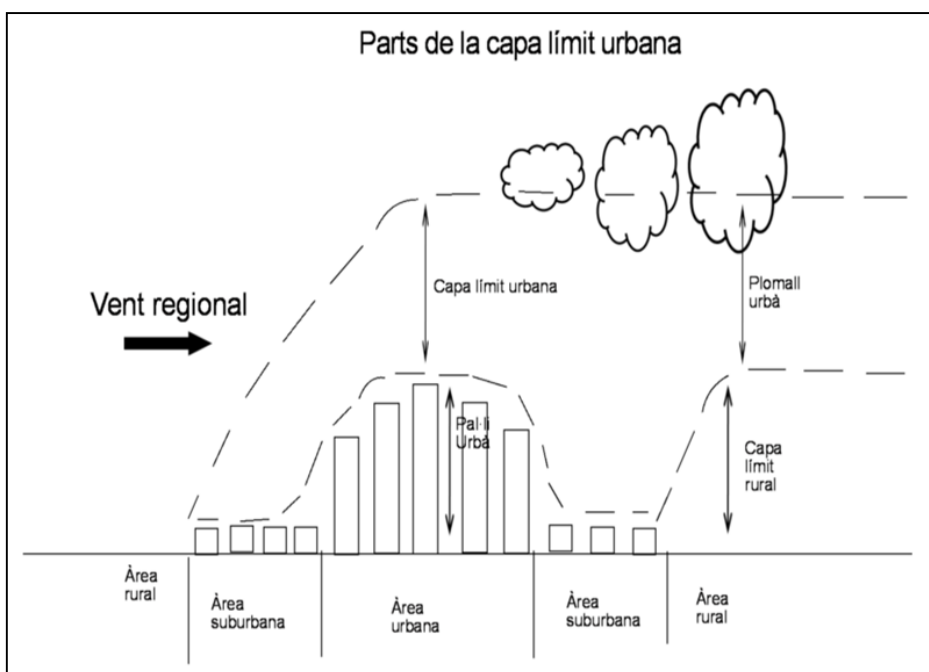


Figura 3.1 Capa límit urbana.

Font: Elaboració pròpia a partir de MORENO (1999).

Cal remarcar que Landsberg (1981) afirma que s'han observat unes temperatures més elevades a la capa límit rural que a la capa límit urbana en els nivells atmosfèrics que se situen per damunt de la ciutat, és l'anomenat efecte *cross over*. Aquest efecte sembla estar produït per la pèrdua de radiació d'ona llarga de la capa límit urbana situada damunt de la ciutat. L'estudi de Bornstein (1968) de la capa límit urbana de la ciutat de Nova York ens dona les claus del comportament de la capa límit urbana: "Les ciutats presenten inversions de superfície menys freqüents i menys intenses que a les rodalia no urbanitzades. Una elevada freqüència de capes d'inversió elevades eren observades a la ciutat, que eren menys intenses que les inversions de superfície properes de les àrees rurals. Els gradients tèrmics sota les capes d'inversió variaven des de ser propers a ser isotèrmics a adiabàtics, mentre que per sobre de la inversió les condicions eren properes a les adiabàtiques (...) Alguns experiments matinals mostraven una capa amb un creuament superior de les temperatures anomenat *cross over* amb un gruix del voltant de 200 metres, en què les temperatures rurals eren més elevades que les temperatures urbanes. La magnitud de l'efecte de *cross over* era menor que l'efecte d'illa de calor".

El pal·li urbà es pot considerar com el volum d'aire que es troba entre els diferents edificis, la seva principal unitat és el carrer o canyó urbà. El balanç energètic del pal·li està fortament influenciat per les diferències en les formes geomètriques urbanes, alçada dels habitatges, amplada i orientació dels carrers (NAJJAR *et al.*, 2004).

La combinació d'aquests paràmetres comporta un diferent assoliment i escalfament dels diferents materials de construcció, però també influeixen les variacions de la reflexió solar en els edificis. Durant el dia s'observen uns gradients tèrmics apreciables en zones properes (DOMINGUEZ, 1999; MARTÍ EZPELETA *et al.*, 1998).

La temperatura no és homogènia entre les diferents parts de la ciutat, així els parcs urbans tenen temperatures més baixes que els indrets dels voltants que estan urbanitzats, com succeeix en el cas del parc del Retiro a la ciutat de Madrid

(FERNANDEZ *et al.*, 1993). En aquest sentit es parla de cèl·lules de frescor. (MORENO GARCÍA, 1999). Aquesta anomalia tèrmica és conseqüència de l'elevada evapotranspiració que s'observa a les àrees verdes.

Bonan (2002) fa referència a la diferència tèrmica i la variació de balanç energètic entre les dues capes: "L'efecte de la urbanització és diferent entre aquestes dues capes. Per exemple, l'ombra dels edificis en la capa del pal·li urbà (*urban canopy layer*) pot crear temperatures més baixes que en àrees obertes". Els parcs i zones amb vegetals dins d'una ciutat tenen uns fluxos de calor latent més grans (OKE, 1979; SUCKLING, 1980). S'ha d'afegir que cal distingir la temperatura superficial i la temperatura d'aire (VOOGT i OKE, 1997). La diferència urbano-rural en la temperatura de superfície és generalment la més gran durant el dia i en canvi la diferència en la temperatura de l'aire és més gran durant la nit. Dins del pal·li urbà, la geometria dels carrers en canyons il·lustra l'efecte de les formes urbanes en els microclimes. L'alçada dels edificis i l'orientació dels carrers crea un complex patró d'ombres que en el curs del dia afecta la temperatura de l'aire i de superfície (ARNFIELD, 1990; RUFFIEUX *et al.*, 1990; NICHOL, 1996). La geometria del canyó crea més oportunitats per atrapar la radiació dins el carrer. Això ocorre quan la radiació solar és reflectida per la superfície i xoca amb una altra superfície (parets dels edificis), essent parcialment absorbida i reflectida de nou. L'efecte net és que més radiació solar és absorbida de l'esperada per la reflectivitat del material de superfície. Els estudis del balanç energètic dels canyons urbans confirmen la importància de l'altura dels edificis i l'amplada dels carrers en la determinació de la radiació atrapada dins el canyó i l'escalfament (NUNEZ i OKE, 1977; OKE 1987; ARNFIELD i MILLS, 1994, ELIASSON 1996, ARNFIELD i GRIMMOND, 1998). En general, la calor sensible i l'emmagatzemament de calor predomina damunt la radiació neta dissipada durant el dia. Durant la nit, la calor emmagatzemada és alliberada per contrarestar el balanç negatiu de radiació".

Finalment hem de destacar el plomall urbà, com una part de la capa límit urbana que s'estén a sotavent de la ciutat. El plomall urbà constitueix la prolongació a sotavent de la ciutat de la capa límit urbana sobre l'àrea rural i la seva capa límit. Està molt influït per les condicions meteorològiques existents, ja que sols pot observar-se quan es dona un flux de vent dominant sobre la ciutat amb força suficient per a traslladar la influència de la capa límit urbana sobre l'àrea rural.

BESSEMOULIN *et al.* (1983) afirmen: "A sotavent de la ciutat s'hi forma una capa límit interna estable, que es desenvolupa a partir del sòl des del "final" de la ciutat, una capa sensiblement adiabàtica per sobre, que s'estén fins a la base de la capa superior moderadament estable".

3.6 Mètodes per estudiar l'illa de calor

Els principals mètodes per analitzar l'illa de calor urbana són els transectes tèrmics urbans, la comparació de dos observatoris meteorològics, i la teledetecció per detectar l'illa de calor urbana superficial. Aquest és el mètode més recent i el més utilitzat a partir de la dècada dels 90 del segle XX.

El mètode dels transectes urbans és el més utilitzat (MORENO, 1990; MIRAGAYA VERAS, 2003; GARCÍA-RUIZ *et al.*, 1989; VICENTE, 2005; ÁLVAREZ, 1998; SOLER TEMPRANO, 1998), ja que permet la comparació de registres simultanis en diferents

parts de la ciutat i de la perifèria. Aquest mètode consisteix en la realització de recorreguts en automòbil que recorren per l'àrea urbana i rural propera.

El mètode comparatiu entre dos observatoris, un rural i un altre urbà també ha estat utilitzat en moltes investigacions (BRADZIL *et al.*, 1989; BRUNET, 1989; MORENO, 1999; LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993; MIRAGAYA VERAS, 2003). Cal destacar que és important la selecció d'un observatori rural situat en una àrea de clima semblant al de la zona urbana per tal que els registres siguin comparables.

Tot i que els investigadors no el consideren pròpiament un mètode per analitzar l'efecte de la ciutat en les temperatures, l'anàlisi d'una sèrie tèrmica urbana (JONES, 1989; CAMILLONI *et al.*, 1996 i 1997, BÖHM, 1998, GUIJARRO *et al.*, 1998; QUEREDA *et al.*, 2000) ens permet detectar la influència d'una ciutat en el seu clima. Els estudis s'han centrat sobretot en la comparació de les dades climàtiques de la ciutat amb les dades d'una altra sèrie simultània d'un observatori rural pròxim. Aquest mètode emprat en els últims decennis ha millorat la seva fiabilitat gràcies a l'aparició de programes que permeten l'homogeneïtzació de les sèries climàtiques, com per exemple l'Anclim (STEPANEK, 1997).

Els estudis dels mapes de temperatura de la ciutat a partir de imatges de satèl·lit en la banda d'infrarojos tèrmics (satèl·lits Landsat, Modis, NOAA, etc.) són una de les darreres metodologies emprades per estudiar el clima urbà. Aquestes investigacions s'han produït gràcies als avenços produïts en el camp de la teledetecció i han permès estudiar la influència de l'estructura urbana en les temperatures (CASELLES *et al.*, 1991, LÓPEZ GÓMEZ, 1993; RUESCAS, 2003).

3.7 Característiques de l'illa de calor urbana

Les característiques principals de l'illa de calor urbana són 3. Aquestes són les següents:

- La intensitat de la illa de calor
- La forma o "configuració" de la illa de calor
- La localització del màxim tèrmic

3.7.1 La intensitat de l'illa de calor

La intensitat de l'illa de calor és la diferència màxima entre les temperatures de la ciutat i les dels seus voltants en un moment determinat. Així la ciutat és més càlida que les seves rodalia durant la nit. En canvi durant el dia la ciutat té unes temperatures semblants als afores, o pot ser una mica més freda. La intensitat màxima de la illa de calor es produeix entre 2 i 3 hores després de la posta de sol (MORENO GARCÍA, 1999). Segons López Gómez *et al.* (1993): "El valor màxim de l'illa de calor es produeix generalment dues o tres hores després de la posta de sol, encara que en alguns casos sembla que a l'estiu és a mitja nit. Això es deu a la gran inèrcia calorífica de la ciutat, mentre que el camp es refreda més de pressa; en grans urbs el contrast es manté fins prop de l'alba i per tant afecta a les temperatures mínimes. Durant el dia, les àrees rurals, de baixa capacitat tèrmica i exposades al sol, s'escalfen més de pressa i la diferència amb la ciutat és menor; alguns estius fins i tot assenyalen que la ciutat pot ser més fresca." Aquest fenomen pel qual la ciutat és més fresca que els

voltants s'anomena "illa de frescor urbana". Les diferències tèrmiques entre la ciutat i la seva rodalia pot oscil·lar entre 2° i 3°C per a pobles de 2000 habitants, però poden superar els 10°C en ciutats de més de 2 milions d'habitants, tals com Madrid, París o Londres. Així en el cas de Barcelona s'ha mesurat una intensitat màxima de 8,9°C, pel que fa a la diferència entre les mínimes d'un dia de Barcelona-Drassanes i l'aeroport de Barcelona (MORENO, 1993). A París s'han observat diferències de fins a 14°C (ESCOURROU, 1991). La intensitat de l'illa de calor és funció de diferents factors, que són bàsicament els temporals, meteorològics, i paràmetres urbans.

Cal remarcar que també existeix el fenomen oposat a l'illa de calor urbana, l'illa de fredor o illa de frescor diürna. L'illa de fredor urbana diürna consisteix en un fenomen invers a l'illa de calor urbana nocturna, així la ciutat és més freda que els afores durant el migdia. La principal causa que explica aquesta anomalia tèrmica és per la geometria urbana en canyons que implica un menor factor de visió del cel (SVF) en els canyons urbans que a les àrees rurals que envolten la ciutat, per la qual cosa els carrers de la ciutat reben menys insolació i no s'escalfen tant com els afores durant el dia. L'illa de fredor urbana és particularment intensa en ciutats amb carrers estrets, per exemple les urbs nord-africanes, on s'observa una temperatura fisiològica equivalent (PET) entre 6° i 10° inferior al centre urbà respecte els afores (JOHANSSON, 2006). L'illa de frescor urbana diürna és més important i intensa en ciutats de clima àrid, com a conseqüència de la humitat del sòl que és més elevada al centre d'aquestes ciutats que als voltants. Així al centre trobem àrees verdes irrigades que provoquen l'efecte "oasi" amb temperatures més baixes que a la perifèria on hi ha escassa vegetació i el sòl despullat presenta unes temperatures superficials superiors als de la ciutat. La temperatura no és homogènia durant les hores diürnes a la ciutat. Els parcs urbans tenen un microclima diferent que la ciutat que els rodeja, es comporten com illots de fredor dins la illa de calor urbana (López Gómez *et al.*, 1993, plana 21). Això és conseqüència de la vegetació i el terra natural d'aquestes àrees que comporten un diferent balanç energètic que a la ciutat. Els arbres augmenten l'evapotranspiració i disminueixen l'emissió de calor sensible respecte el nucli urbà.

a) Factors temporals.

L'estació de l'any condiona el fenomen de la illa de calor. La ciutat presenta la major intensitat de la illa de calor durant l'hivern ja que és en aquesta època quan la producció de calor antropogènica és màxima ja que l'ús de les calefaccions és generalitzat. També hem de tenir en compte que les inversions tèrmiques són freqüents a l'època hivernal, la qual cosa impedeix l'intercanvi tèrmic entre la capa límit urbana i la resta de la troposfera. Per aquest motiu les pèrdues de radiació d'ona llarga de la ciutat no són tan elevades amb inversió tèrmica com en un altre tipus d'estratificació atmosfèrica, i per això s'afavoreix l'illa de calor urbana. Durant l'estiu la intensitat acostuma a ser la més baixa de l'any ja que en aquesta estació la convecció de l'aire ajuda a barrejar l'aire en un espessor troposfèric més gran. No obstant, hi ha ciutats en què la intensitat de l'illa de calor és més elevada a l'estiu. En el cas de les ciutats espanyoles el màxim de la intensitat acostuma a produir-se a l'hivern, però hi ha varies excepcions, com és el cas de Logroño (GARCÍA RUIZ *et al.*, 1989) amb el màxim estiuenc o la ciutat de Valladolid, on la màxima influència urbana es dona durant la primavera (ÁLVAREZ, 1998).

Grossmann Clarke *et al.* (2010) analitza la distribució mensual de l'illa de calor de la ciutat de Phoenix: "Els valors més elevats de l'illa de calor urbana a la regió de Phoenix ocorren durant la primavera tardana i a principis d'estiu abans de l'inici del monso d'Amèrica del Nord quan la humitat és generalment molt baixa".

L'hora del dia també influeix decisivament en la intensitat. Així la intensitat màxima de la illa de calor acostuma a produir-se unes 2 o 3 hores després de la posta de sol (MORENO GARCÍA, 1999). En algunes ciutats espanyoles s'ha estudiat la distribució de la intensitat de l'illa de calor en funció de l'hora de l'ocàs, i s'han trobat uns resultats molts similars als de Moreno García (ÁLVAREZ, 1998). Aquest interval horari de la màxima intensitat es deu a la diferent inèrcia tèrmica dels materials urbans (asfalt, formigó) i del sòl rural, ja que el terreny natural es refreda molt més ràpidament que els materials urbans com a conseqüència de la seva capacitat tèrmica, i també perquè els materials urbans alliberen calor a l'atmosfera durant la nit, cosa que provoca un escalfament de l'aire urbà,

b) Factors meteorològics

La intensitat de la illa de calor pot variar molt en funció de les condicions meteorològiques del moment, els 4 paràmetres que afectaran més a la intensitat seran els següents:

- Nuvolositat
- Velocitat del vent
- Pressió atmosfèrica
- Situació sinòptica
- Inversió tèrmica

La nuvolositat és el factor meteorològic que influeix més decisivament en la intensitat de la illa de calor. Així la presència de núvols modifica el balanç energètic de la capa d'aire que hi ha prop de superfície. Si el cel està núvol hi ha menys emissió d'ona llarga, per tant el terra perd menys radiació d'ona llarga i es refreda menys. En nits amb cel tapats les diferències tèrmiques entre el camp i la ciutat poden ser de 1º o 2º, o fins i tot poden ser nul·les, en canvi en nits serenes les diferències poden superar els 4º.

Sundborg (1951) va establir una equació en la qual relacionava la intensitat de l'illa de calor amb la nuvolositat. Aquesta és:

$$\Delta t = a - bn/v$$

on Δt : diferència de temperatura urbano-rural, en ºC

n, nuvolositat, en 1/10 de cel cobert

v, la velocitat del vent, en m/s

a i b són unes constants característiques de la ciutat en qüestió, com l'albedo, la conductivitat tèrmica i el grau de densitat de les edificacions

El vent és un altre factor molt important que pot anul·lar completament la illa de calor. Així com més fort sigui un vent més petita és la intensitat de la illa de calor, fins a arribar a un llindar crític de velocitat del vent en què l'illa de calor desapareix. La velocitat crítica del vent per sobre de la qual desapareix el fenomen de la illa de calor

es relaciona amb la grandària de la urbs o el seu nombre d'habitants. Oke (1981) proposa l'equació següent per a determinar el llindar:

$$V_{\text{crítica}} = 3,4 \log P - 11,6$$

on P és la població de l'aglomeració urbana

V és la velocitat mitjana del vent en m/s

Si apliquem aquesta equació a l'aglomeració urbana de Girona tenim que la velocitat crítica del vent és de 5,47 m/s o 19,6 km/h. Si el vent bufa amb una velocitat mitjana superior a aquest valor la illa de calor gironina desapareix teòricament, la temperatura del centre de la ciutat és igual a la dels afores.

Oke (1973) va proposar una equació que relaciona la intensitat màxima de l'illa de calor amb la velocitat del vent regional:

$$\text{Intensitat màxima de la illa de calor} = P^{0,27} / 4 \cdot u'^{-0,56}$$

on P és la població de l'aglomeració urbana

'u' és la velocitat mitjana del vent regional en m/s

Girona tindria teòricament una intensitat màxima de l'illa de calor urbana de 8,6°C tenint en compte que la velocitat mitjana del vent a l'aeroport de Girona és de 7,9 Km/h o 2,19 m/s.

La pressió atmosfèrica és una variable que influeix en la intensitat de la illa de calor. Així com més alta sigui la pressió atmosfèrica hi haurà més intensitat de la illa de calor. En un estudi realitzat a la ciutat de Barcelona (MARTÍN VIDE *et al.*, 2015) mostra que les situacions anticiclòniques tant a l'hivern com a l'estiu impliquen intensitats de l'illa de calor molt elevades, fins i tot superiors a 6°C.

El temps estable afavoreix les intensitats altes de l'illa de calor. Aquest tipus de temps el trobem en anticiclons i en pantans baromètrics, en els quals el cel és serè i el vent flux o en calma. En canvi els temps pertorbats estan associats amb intensitats dèbils o fins i tot nul·les. Aquest temps el podem trobar en situacions sinòptiques inestables que afavoreixen els núvols o les precipitacions (adveccions de l'est, del SE o del S a Girona). També durant el pas dels fronts freds o fronts càlids la intensitat de l'illa de calor disminueix, ja que la capa d'aire en què s'observa una barreja vertical és més gruixuda i la calor antropogènica de la ciutat és dissipada cap amunt.

La inversió tèrmica de la capa límit rural influeix decisivament en la intensitat de l'illa de calor. Així quan la inversió tèrmica de les zones rurals és molt forta la intensitat de l'illa de calor tendeix a ser més elevada que en nits amb poca inversió tèrmica. La intensitat de l'efecte de l'illa de calor està molt influïda pel gradient vertical de temperatura potencial de la zona rural, com es pot comprovar en l'equació que Summers va proposar l'any 1964, on relaciona la intensitat de l'illa de calor amb altres factors. Aquesta equació la trobem en el llibre de Moreno García (1993):

$$\Delta T_{u-r} = P \cdot (Q_s \cdot d(\Delta\theta/\Delta z) / (\rho \cdot C_p \cdot u))^{0,5}$$

On

d és el diàmetre de la ciutat

ρ és la densitat de l'aire

u és la velocitat del vent

C_p és la calor específica,

P és una constant

ΔT_{u-r} és la intensitat de l'illa de calor urbana

Q_s és la quantitat de calor que arriba a la superfície

$\Delta\theta/\Delta z$ és el gradient vertical de temperatura potencial de la zona rural

c) Factors geogràfics (localització de la ciutat). La situació geogràfica de la ciutat pot modificar la forma típica de la illa de calor, amb un màxim al seu centre i una disminució tèrmica progressiva fins a la perifèria. En ciutats situades al fons d'una vall es produeixen inversions tèrmiques que temperatures més baixes en el centre de les teòricament esperades.

La intensitat de l'illa de calor detectada en les ciutats té una certa correlació amb la latitud, així la intensitat tendeix a incrementar-se amb la latitud (WIENERT, 2005). Les causes de l'augment de la intensitat amb la latitud s'han de buscar en la calor antropogènica generada en les ciutats de clima fred per l'ús de calefaccions, mentre que en ciutats de clima tropical les necessitats de climatització són menors que en latituds temperades i altes.

Martín Vide *et al.* (2015) expliquen que sovint els factors geogràfics alteren la comparació entre diferents punts urbans i no urbans a l'hora de l'illa de calor, i afirmen que perquè les comparacions tèrmiques entre diferents punts de la ciutat i dels afores no tinguin un biaix tèrmic produït per les diferents condicions geogràfiques han de reunir dues condicions, la diferència altitudinal entre dos punts siguin inferiors a 30 metres d'altitud amb l'objectiu d'evitar les diferències tèrmiques produïdes per les inversions tèrmiques, i que en ciutats costaneres la diferència de la distància entre un indret determinat urbà o no urbà i el mar no hauria de diferir de 800 metres.

d) Factors urbans. En funció de les característiques de cada ciutat (dimensió, nombre d'habitants) la intensitat de la illa de calor pot ser diferent. S'han fet varies investigacions per determinar quins són els factors urbans que influeixen en la intensitat de l'illa de calor. Aquests són 3: mida, població i factor de visió del cel. La combinació d'aquests paràmetres influirà en la intensitat de l'illa de calor d'una ciutat.

Així les ciutats d'una grandària més elevada acostumen a tenir una intensitat de illa de calor més gran. La climatòloga Moreno (MORENO GARCÍA, 1993) afirma que "la diferència entre la temperatura mitjana d'una ciutat i de la seva perifèria està relacionada per l'equació":

$$\Delta T = 0,1 d$$

d és el diàmetre de la ciutat en km.

Les ciutats més poblades tenen unes intensitats de l'illa de calor més elevades. Oke (LANDSBERG, 1981) proposa l'equació que correlaciona la intensitat màxima amb la població d'una ciutat:

$$\Delta T_{u-r,max} = 2,01 \log P - 4,05$$

on P és el nombre d'habitants.

En la següent gràfica es pot veure com la intensitat màxima de l'illa de calor urbana de Girona (12,1°C) és molt superior a la teòrica segons la població, 98000 habitants.

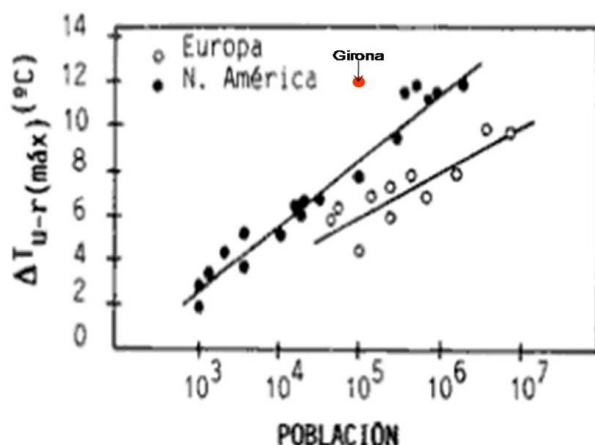


Figura 3.2 Rectes de regressió que relacionen la intensitat màxima de l'illa de calor i la població de varies ciutats europees i nord-americanes.

Font: MORENO GARCÍA, 1999, que reproduïx una figura d'Oke (1973).

En les dues taules següents hi consta la intensitat mitjana i màxima de l'illa de calor en diferents ciutats espanyoles.

Taula 3.3 Intensitat mitjana de l'illa de calor (mètode dels observatoris). Diferència mitjana anual en les temperatures mínimes.

Nom ciutat	Intensitat mitjana (°C)	Població (habitants)
Madrid	7,0	3.129.000
Girona	5,0	103.000
Granada	3,7	238.000
Barcelona	2,9	1.605.000
Cuenca	1,2	51.200
Càceres	1,2	91.600
Saragossa	1,1	639.000
Santander	1	183.000
Logronyo	0,3	147.000

Font: Elaboració pròpia

Taula 3.4 Intensitat màxima de l'illa de calor. Mètode dels transsectes.

Nom ciutat	Intensitat (°C)	Població (habitants)	Intensitat teòrica (°C)
Madrid	12,8	3.129.000	8,9
Girona	12,1	103.000	6,4
València	10,0	805.304	7,8
Barcelona	8,0	1.605.000	8,4
Valladolid	7,7	320.000	7,0
Granada	7,0	238.000	6,7
L'Hospitalet	6,8	261.000	6,8
Saragossa	5,0	639.000	7,6
Cuenca	4,6	51.200	5,4
Sant Sebastià	4,4	183.000	6,5
Igualada	4,4	36.000	5,1
Molins de Rei	4,0	19.000	4,5
Terol	4,0	34.000	5,0
Sabadell	4,0	201.000	6,6

Logronyo	3,0	147.000	6,3
----------	-----	---------	-----

Font: Elaboració pròpia

Cal dir que els mètodes, els períodes de temps i la localització dels punts de comparació entre la ciutat i el àmbit periurbà són molt diversos en els estudis que donen lloc als valors de les dues taules anteriors, la qual cosa pot explicar aparents incoherències entre ciutats mitjanes i petites, i grans ciutats.

Segons Miragaya Veras (2003) les ciutats espanyoles marítimes presenten més intensitat de l'illa de calor que les ciutats situades a l'interior. No obstant, segons els estudis fets per López Gómez *et al.* (1993) i Moreno (1993) la intensitat de l'illa de calor mitjana segons el mètode dels observatoris és molt superior a Madrid respecte Barcelona (7,0° versus 2,9°). La nostra hipòtesi és que les amplituds tèrmiques diürnes més elevades de les ciutats situades a l'interior dels continents respecte les ciutats marítimes, juntament amb la major velocitat del vent en les ciutats del litoral, són els factors claus que expliquen com les ciutats properes al mar tenen una illa de calor urbana més dèbil que les ciutats situades a l'interior dels continents. A més, cal tenir en compte que en els transsectes de Madrid els punts d'observació no estan a la mateixa altitud, la qual cosa pot donar diferències tèrmiques molt grans.

Martí Ezpeleta i Miragaya Veras (1998) afirmen que no hi ha una correlació satisfactòria entre la temperatura de l'aire i el factor de visió del cel (SVF) a Santiago de Compostela, mentre que la correlació és més elevada entre la temperatura del sòl i el SVF, amb un fort refredament de les superfícies de llocs oberts (alt SVF) durant la nit, mentre que als canyons urbans amb menor SVF les superfícies urbanes tenen un descens tèrmic menor que les àrees urbanes més obertes.

La màxima intensitat de l'illa de calor urbana en diferents ciutats espanyoles es dona predominantment a l'hivern. És el cas de les ciutats de Girona (TAULÉ CODINACH, 2010), igualment com Barcelona (MORENO, 1990) i Madrid (LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993).

La ciutat de Girona, tot i que és una ciutat relativament petita dins d'Espanya, presenta la 2ª intensitat d'illa de calor mitjana més elevada, 5,0°C, per darrera Madrid, 6,0°C, mentre que a Girona s'ha observat la màxima intensitat en un moment de la nit segons el mètode dels transsectes, 12,1°C (veure capítol 5). Només Madrid presenta una intensitat de l'illa de calor més elevada que Girona, 12,8° (LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993). No obstant, s'hauria de corregir l'efecte de la inversió tèrmica en la comparació tèrmica de l'indret més fred i més càlid de Madrid en el transsecte dels 12,8°C de diferència, ja que el màxim tèrmic es va produir a la Castellana, un indret situat a 700 metres, mentre que el mínim tèrmic es dona a la Casa de Campo, a 620 metres. La intensitat de l'illa de calor gironina supera clarament el valor teòric màxim tenint en compte la població de la ciutat, 6,4°C. Aquesta diferència entre el valor teòric i l'empíric pot ser deguda en part per l'efecte de canal d'aire fred dels rius que envolten Girona i per l'efecte d'embassament d'aire fred (formació de llacs d'aire fred) en varis indrets de les rodalia, tals com les Deveses de Salt.

La intensitat de l'illa de calor és variable al món, és més intensa en ciutats nord-americanes i més dèbil en urbs europees. Així Bonan (2002) afirma: "En general, hi ha una clara relació entre el creixement urbà, definit com la diferència en la temperatura entre una ciutat i l'àrea rural dels voltants, i la mida de població,. Grans ciutats de 1 a

10 milions d'habitants poden ser entre 8 i 12°C més càlides que àrees rurals. Així la relació entre l'increment de la temperatura i la població de diferents ciutats és la següent:

Nord d'Amèrica $\Delta T = 5.21 \log_{10}(P) - 11,24$

Europa $\Delta T = 3.02 \log_{10}(P) - 3,29$

Les grans ciutats nord-americanes són uns pocs graus més càlides que les ciutats europees comparables". Segons Bonan (2002): "Aquestes observacions mostren inclús que una petita vila amb només 1000 persones pot causar un increment tèrmic proper a 2°C, com Columbia, Maryland".

La intensitat de l'illa de calor durant la nit no és constant, tendeix a davallar cap a la matinada. Holmer *et al.* (2007) afirmen: "El refredament a la primera part de la nit és més fort a les àrees rurals, i després és més homogeni (àrees rurals i urbanes). El refredament és intens a la ciutat després de la posta de sol d'abril a novembre, i després és més dèbil, entre desembre i març el refredament és menys intens amb una taxa constant durant tota la nit".

El factor de visió del cel (més conegut com *sky view factor*, amb l'acrònim SVF) és un paràmetre que mesura la quantitat de cel descobert. La pròpia geometria de les ciutats, geometria en canyons, comporta que el factor de visió del cel sigui menor que en les àrees rurals, Així en una superfície rural ideal sense la presència de vegetació, edificacions o relleu en una àrea pròxima el factor de visió del cel és d'1. A les ciutats el factor de visió del cel oscil·la bastant, però pot estar comprès entre 0,3 i 0,7, depenent de la part de l'àrea urbana, i del tipus de ciutat. En ciutats nord-americanes el SVF és menor que en les urbs europees, ja que les edificacions són més elevades. El factor de visió del cel es correlaciona bastant bé amb la temperatura de l'aire. Així les urbs que presenten les intensitats més elevades de l'illa de calor tenen un valor del SVF molt baix en el centre.

Les dades de la intensitat de l'illa de calor obtingudes a partir de transectes poden ser integrades en un Sistema d'Informació Geogràfica i amb aquest software es pot obtenir les correlacions entre la intensitat i diferents variables urbanes i ambientals, per exemple amb els percentatges dels diferents d'usos del sòl en quadrícules del mateix mida i els valors de l'índex de vegetació (NDVI). També es pot arribar a modelitzar la intensitat de l'illa de calor teòrica de les diferents parts de la ciutat en funció de les variables abans esmentades. Aquestes modelitzacions estan incloses en els treballs fets a les ciutats de Saragossa (SERRANO, 2005), i les ciutats de Szeged i Debrecen (BÁLAZS *et al.* 2007). Segons Unger (2004): "la distribució intraurbana de l'excés de temperatura és molt dependent de les característiques de la superfície local. tals com la geometria, l'alçada dels edificis (H), l'amplada del carrer (canyó) o els espais entre els edificis (W). La ràtio H/W descriu com els edificis més densos estan espaiats respecte les seves altures. Quan hi ha un augment dels valors d'H/W, llavors disminueix la porció del cel visible fred que és reemplaçada pels costats càlids dels edificis". Una molt apropiada mesura de la geometria d'un lloc és el factor de visió del cel (SVF). Oke (1981) proposa unes equacions que relacionen la intensitat de l'illa de calor amb diferents paràmetres que descriuen la geometria urbana, tals com l'amplada

i l'altura dels carrers i el factor de visió del cel en el centre de la ciutat. Aquestes són les següents:

$$\Delta T_{a,\max} = 15.27 - 13.88 \times \text{SVF}$$

$$\Delta T_{a,\max} = 7.45 + 3.97 \times \text{H/W}$$

on H=altura dels edificis W=Amplada del carrer SVF=Factor de Visió del Cel

Aquest no és l'únic intent d'explicar la intensitat de l'illa de calor en funció del factor de visió del cel. Park (1987) també fa un estudi de la influència d'aquest paràmetre en la intensitat de l'illa de calor observada en ciutats de diverses parts del món. Les equacions que proposa es troben en la següent taula:

$$\Delta t_{a,\max} = 10.15 - 12 \times \text{SVF} \text{ (Ciutats japoneses)}$$

$$\Delta T_{a,\max} = 12.23 - 14 \times \text{SVF} \text{ (Ciutats coreanes)}$$

$$\Delta T_{a,\max} = 16.34 - 15 \times \text{SVF} \text{ (Ciutats nord-americanes)}$$

$$\Delta T_{a,\max} = 13.20 - 10 \times \text{SVF} \text{ (Ciutats europees)}$$

on SVF=Factor de Visió del Cel

Aquestes relacions són fetes a partir de les observacions d'Oke (1981) en diverses ciutats nord-americanes, europees i australianes amb poblacions que oscil·len entre 1100 i 8,5 milions d'habitants.

En diverses ciutats espanyoles s'ha relacionat el factor de visió del cel i la intensitat de l'illa de calor. És el cas del treball de Martí Ezpeleta i Miragaya (1998) que va analitzar la influència del factor de visió del cel en les temperatures a la ciutat de Santiago de Compostel.la. Segons Martí Ezpeleta i Miragaya (1998), el factor de visió del cel condiona més les temperatures del terra que les de l'aire, i els carrers amb un SVF més elevat tenen una amplitud tèrmica diària més elevada que els carrers amb un factor de visió del cel més dèbil.

Zhou *et al.* (2017) afirmen que la forma de la ciutat influeix en l'illa de calor urbana, no només la població, així l'alleujament de l'illa de calor urbana es dona preferentment en ciutats petites, disperses i esteses. Les ciutats que són arrodonides tenen una major intensitat de l'illa de calor respecte les ciutats estretes, de la mateixa forma que les ciutats compactes. (...) Això es tradueix en una major capacitat de la superfície urbana per transferir calor a l'atmosfera i per tant incrementa l'illa de calor urbana. D'altra banda una ciutat arrodonida implica una elevada anisometria, la qual cosa també afavoreix una major intensitat de l'illa de calor. Les ciutats més grans tenen també una illa de calor urbana més elevada. La importància en la modelització de l'illa de calor d'una ciutat depèn en primer lloc del mida, en segon lloc de la seva compacitat de la ciutat i en tercer lloc de l'arrodoniment. Per tant la proposta de planificació de Zhou *et al.* (2017) és que les ciutats tinguin un mida petit o mitjà i es construeixin a partir de la geografia d'una regió determinada, seguint els cursos fluvials i que no s'eixamplin. No obstant, una planificació urbana que afavoreixi les ciutats disperses planteja una sèrie de problemes, així Zhou *et al.* (2017) afirmen que les ciutats disperses tenen una influència negativa en les emissions de CO₂, ja que hi ha un increment del nombre de desplaçaments dels vehicles.

3.7.2 La forma de l'illa de calor

Si observem un perfil tèrmic d'un transsecte urbà o d'un mapa d'isotermes d'una àrea urbana podem veure com les isotermes són més o menys concèntriques, amb un màxim tèrmic al centre de la ciutat i una disminució progressiva de la temperatura des del centre fins als afores. Cal remarcar però que hi ha varis sectors, segons l'evolució de la temperatura entre el centre urbà i els afores, ja que l'increment tèrmic entre el camp i la ciutat no és gradual. Així el perfil tèrmic de l'illa de calor urbana és caracteritzat per unes temperatures baixes a l'àrea rural. on la temperatura varia molt poc, és gairebé uniforme. En la zona perifèrica de la ciutat s'observa un esglaió tèrmic, un salt de temperatura força brusc, entre 2°C i 4°C. Després d'aquest graó la temperatura puja més suaument, i hi ha sectors en els quals es produeixen descensos, coincidint amb els parcs urbans. En el centre urbà o l'àrea on hi ha més densitat d'edificació s'observa el màxim o pic tèrmic. Cal remarcar que el perfil tèrmic d'una ciutat no és sempre el mateix, pot variar en funció de les condicions meteorològiques, i també segons el valor de la intensitat de l'illa de calor. Així podem classificar la forma d'una illa de calor de manera general en 2 tipus principals depenent de la intensitat de l'illa de calor:

a) Illa de calor en forma de punxa. És la forma més típica. El mapa de isotermes mostra una distribució d'aquestes, amb el màxim de la illa de calor al centre i un augment progressiu de les temperatures des de la perifèria fins al centre. Aquesta configuració és típica de moments amb molta intensitat de illa de calor (>6°).

b) Illa de calor en forma d'altiplà. En aquest cas hi ha una zona molt extensa que enregistra el màxim tèrmic de la ciutat. Es produeix aquesta configuració quan la intensitat de la illa de calor és dèbil o moderada, al voltant de 2° o 3°.

Cal remarcar que la forma de l'illa de calor pot variar depenent de la velocitat del vent. Si el vent és encalmat o és dèbil la configuració de l'illa de calor serà semblant a la típica, amb un màxim tèrmic al centre urbà, però si el vent és moderat el màxim tèrmic pot desplaçar-se respecte de la zona on és habitual i pot traslladar-se a sotavent de la ciutat. Llavors tindrem unes isotermes relativament deformades amb un cert biaix cap a la zona més càlida de la ciutat que es troba prop de la perifèria, en l'àrea de sotavent de la ciutat.

També cal tenir en compte la distribució de la vegetació i la influència de la topografia en la forma de l'illa de calor. Així les zones urbanes cèntriques amb jardins o parcs urbans poden tenir temperatures més baixes que àrees perifèriques industrials o residencials. En el cas de Saragossa les zones urbanes amb vegetació tenen temperatures més baixes que les explicades per un model matemàtic, com a conseqüència de l'efecte de refredament produït per la vegetació (SERRANO, 2005).

3.7.3 La localització del màxim tèrmic

El màxim tèrmic d'una ciutat és el lloc on la temperatura més elevada, normalment coincideix amb el centre urbà o l'àrea més densament poblada. La localització d'aquest màxim es produeix més sovint al centre, però pot desplaçar-se a sotavent quan bufa un vent amb una intensitat dèbil, ja que el vent transporta la calor del centre cap a la perifèria.

Aquests tres trets característics de la illa de calor variaran en cada ciutat en funció d'una sèrie de factors, que actuaran d'una manera complexa i interconnectada, aquests són els següents:

- a) Factors temporals (hora del dia, estació de l'any)
- b) Factors meteorològics (tipus de situació sinòptica, velocitat del vent, etc.).
- c) Factors geogràfics (localització de la ciutat)
- d) Factors urbans (la intensitat de la ciutat varia en funció de les característiques de cada ciutat).

Les temperatures durant el dia varien entre les zones urbanes i les àrees rurals a Madrid (LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1990), fins i tot dins en un mateix carrer. És complicat d'establir una correlació entre la temperatura superficial de la ciutat i la temperatura de l'aire. Aquest estudi demostra que sovint a la ciutat de Madrid s'observa una illa de frescor urbana, perceptible especialment al matí, per efecte de la inèrcia tèrmica dels materials urbans i l'efecte d'ombra dels edificis. Però mentre a la nit s'observa un clar patró tèrmic, amb una ciutat molt més càlida respecte els afores, especialment en nits serenes, encalmades i anticiclòniques, al migdia hi ha una amalgama de microclimes i el patró tèrmic és molt més complex que a la nit. S'observen microclimes al migdia a la ciutat entre zones molt properes. Entre la part assolellada i ombrejada del carrer la temperatura pot variar 3°C, és més elevada la temperatura a la part assolellada del carrer.

En els últims anys la proliferació dels estudis de clima urbà que analitzen les imatges infraroges del satèl·lit han permès la detecció dels punts càlids de la ciutat (*urban hot spots*). La detecció dels punts càlids urbans permet millorar la planificació urbanística de la ciutat per fer-la més sostenible ambientalment i afrontar els efectes del canvi climàtic i de l'illa de calor en el clima urbà. Tenim un clar exemple amb el treball fet a la ciutat de Madrid de Fernández García *et al.* (2016), un dels seus objectius és "(...) Delimitació de zones del municipi, on els efectes de l'illa de calor es veuen aguditzats (*hot spots*) com a conseqüència de l'illa de calor urbana". Altres investigacions recents que han analitzat aquests punts càlids són les realitzades per Brunsi Simko (2017) i Grigoras i Uritesku (2018).

3.7.4 El clima dels parcs urbans

Els parcs són petites àrees de frescor enmig de la ciutat. Les temperatures poden ser entre 2 i 6°C més baixes dins del parc respecte l'àrea urbanitzada que les envolta en funció del mida del parc. Això es deu a l'efecte refrescant de la vegetació.

Bonan (1996) afirma: "Un estudi dels climes de tres parcs urbans de Goteborg, documenta tant l'efecte refrescant dels parcs urbans en la temperatura de l'aire i l'extensió del microclima del parc a l'àrea construïda del voltant. El màxim refrescament comparat amb l'àrea al voltant ocorre a la nit i és de 6°C per un gran parc comparat amb només 2°C per un parc més petit. El refredament del gran parc s'estén fins a 1000 metres enllà de la frontera del parc mentre la influència del petit parc és al voltant de 30 metres. La diferència tèrmica entre els parcs urbans i les àrees edificades dels voltants s'incrementa amb la mida del parc".

Segons Givoni (1991) “Des del punt de vista de confort tèrmic humà els parcs públics en climes càlids hauria de ser la de proveir d’ombra a l’estiu, i en regions caloroses i seques, també protegir-se de la pols. A l’hivern, especialment en regions fredes, la protecció contra el vent és important. Els efectes de les plantes en el clima en les àrees urbanitzades depèn de la fracció d’àrees verdes, públiques així com privades, relatives al total d’àrea urbanitzada. Els efectes de les plantes urbanes pot ser diferent, sota diferents esquemes de plantes, respecte la temperatura de l’aire, l’exposició del sol dels persones que van a peu, i de la velocitat del vent als carrers, depenent de la particular tria de les plantes en els detalls del paisatge. La influència dels parcs urbans i dels espais oberts en el clima urbà està limitat a les condicions prevalent dins d’aquestes àrees, i solament s’estén a una curta distància dins els voltants, densament construïts, àrea urbana. Per aquesta raó, la contribució dels parcs és primàriament en la seva funció de llocs que proveeixen àrees a fora de l’aire lliure per descans i recreació amb un clima plaent perquè les persones que els visites viuen o treballen prop dels seus marges. Sembla que la dimensió del parc, fins a un límit donat, provoca una petita diferència en les condicions climàtiques i en l’amplitud del seu efecte. Aquí, la divisió de l’espai entre localitzat dels parcs dins un gran nombre de petits parcs, s’estén sobre el total àrea urbana, tindria un més gran efecte en el clima urbà global. que la creació d’un petit nombre de grans parcs”. Per tant creiem que és millor per al clima urbà de ciutat de Girona que es construeixin molts parcs petits que pocs parcs grans.

BACCI *et al.* (2005) afirma que els parcs urbans tenen unes condicions bioclimàtiques més properes al confort durant l’estiu respecte la ciutat i menys confortables durant l’hivern. En els parcs de més de 2 hectàrees son les persones tenen una sensació de confort més gran, però també en parcs més petits. Durant l’hivern la magnitud de les diferències en la temperatura de l’aire, entre l’àrea urbana i les àrees verdes, és directament proporcional a la superfície dels parcs urbans. Les finques amb vegetació encerclades per cases mostren un microclima molt confortable amb una davallada marcada de la temperatura diürna de l’aire durant l’estiu (millors condicions pel confort humà) i una davallada de les condicions de falta de confort sever per fred durant l’hivern.

3.8 Factors distorsionadors de l’illa de calor urbana

Per tal de conèixer els efectes o modificacions que imposa la urbanització sobre el clima, caldria disposar d’observacions meteorològiques prèvies al naixement i desenvolupament d’una ciutat en el mateix lloc del seu assentament. D’aquesta manera, podrien ser llavors comparades amb les observacions registrades un cop està desenvolupada la ciutat. Però aquesta circumstància és rarament factible (tan sols s’ha pogut donar en el cas d’algunes ciutats “noves” o de recent construcció, que hagin disposat d’estacions meteorològiques abans de la seva creació en el mateix emplaçament), encara que hi ha grans ciutats que tenen llargues sèries de registres que cobreixen un període d’ampli desenvolupament de la ciutat. Per evitar l’inconvenient de no disposar de sèries de dades anteriors al naixement de les ciutats es segueix un mètode que, si bé no és totalment òptim, si que ha demostrat subministrar una aproximació correcta sobre les modificacions climàtiques que imposa la urbanització. Aquest mètode consisteix en establir comparacions entre el centre urbà i les àrees rurals o no urbanes circumdants.

El principal problema radica en què, precisament, un bon nombre de ciutats s'han desenvolupat en emplaçaments topogràfics molt singulars i diferents. Algunes estan situades en ports naturals, altres dins de valls fluvials, o bé enfront de llacs, o sobre ressals. En relació amb això podem resumir en tres factors, les variables geogràfiques que poden distorsionar la comparació urbano-rural alhora de fer una anàlisi de la illa de calor. Aquests són:

- Topografia
- Proximitat a una superfície aquàtica
- Localització geogràfica de la ciutat.

La topografia pot modificar totalment la forma de l'illa de calor. Així en ciutats situades en valls al cantó d'un turó, si el centre urbà es troba situat al fons de la vall pot tenir temperatures més baixes que la perifèria si aquesta es troba dalt del turó (GOLDREICH, 1984). Això és conseqüència de la inversió tèrmica. La proximitat a una superfície aquàtica també és un factor a tenir en compte. Així en les ciutats situades al cantó del mar o d'un llac important el nucli més calent de la ciutat es pot modificar en funció de l'època de l'any. Així Moreno GARCÍA (1999) afirma que a la tardor l'àrea més càlida de Barcelona es desplaça cap al mar degut a la seva calidesa respecte el terra en aquestes 2 estacions. En canvi durant l'estiu el nucli més càlid es desplaça cap a l'interior, ja que el mar actua com una massa d'aire fresca.

La localització de la ciutat és primordial alhora d'explicar la forma de la illa de calor i la intensitat de la illa de calor. En ciutats al cantó de rius, la illa de calor pot estar separada en 2 nuclis principals, tal com passa a Madrid. En ciutats de zones interiors la intensitat de la illa de calor és més gran que en ciutats marítimes o lacustres. En el cas de Girona podem parlar que la ciutat es troba en una vall envoltada de turons, que provoquen diferents matisos en el clima de les diverses parts de la ciutat, i de l'àrea urbana en conjunt. Els barris de Montjuïc, la vall de Sant Daniel, Pont Major, Barri Vell, Palau, Vila-roja i Fontajau són força accidentats. Això influirà en què el traçat de les isoterms no només estigui influïda pel factor urbà, sinó pel natural. ja que les inversions tèrmiques són freqüents a la ciutat de Girona, per tant en algunes nits o matins amb fortes inversions tèrmiques les temperatures més elevades no es produiran en el centre de la ciutat, sinó als turons adjacents.

Cal remarcar que hi ha un factor meteorològic que s'ha de tenir en compte a l'hora de seleccionar una estació meteorològica dels afores d'una ciutat. Aquest és la influència del vent a sotavent de la ciutat. Si aquest vent és predominant, pot modificar el clima de l'àrea perifèrica de la ciutat, fent-lo més càlid respecte una hipòtesi en què la ciutat no existís. Així un vent fluix pot fer que el nucli de l'illa de calor es desplaci a sotavent de la ciutat. Això provoca 2 fenòmens: el nucli calent de la ciutat no estigui al centre sinó una mica a sotavent d'aquest centre i que l'àrea rural a sotavent de la ciutat sigui més càlida que amb vent en calma i per tant la forma típica de la illa de calor amb isoterms concèntriques es troba modificada, les isoterms són més obertes a l'àrea rural a sotavent.

Martín Vide (2015) considera que perquè dos llocs situats, un dins la ciutat i l'altre als afores de la ciutat puguin ser comparats, la diferència d'altitud no pot superar els 30 metres entre els dos punts, amb l'objectiu d'eliminar els efectes de la inversió tèrmica en la temperatura, i que la distància de cada punt a una gran superfície líquida no sigui superior als 800 metres.

LOPES *et al.* (2013) confirmen en la seva investigació una anomalia del fenomen de l'illa de calor urbana de Lisboa en relació amb la velocitat del vent: "A Lisboa les freqüències més elevades de intensitats d'illa de calor es produeixen amb vents de 2 a 4 m/s que varien respecte del patró definit per OKE (1987), degut a la importància de l'efecte d'abric dels vents freds o frescos del nord. Les intensitats més fortes es produeixen, principalment, amb vents del nord, nord-oest i sud-oest. Finalment els vents que bufen a més de 8 m/s en l'aeroport inhibeixen l'ocurrència de la forta illa de calor dins la ciutat".

3.8.1 La modificació de les sèries tèrmiques urbanes i rurals

La comparació de sèries tèrmiques d'observatoris urbans i rurals també és un dels objectius de la climatologia urbana, ja que a les ciutats s'observa un escalfament en les seves sèries que és superior a la dels observatoris rurals de la rodalia. Hi ha molts investigadors que analitzen l'efecte de l'illa de calor en les sèries tèrmiques urbanes (BÖHM, 1998; BRÁDZIL i BUDIKOVÁ, 1999; CAMILLONI I BARROS, 1997; QUEREDA *et al.*, 2000, QUEREDA *et al.*, 2016). Així els climatòlegs urbans afirmen que el canvi climàtic planetari està aguditzat a les ciutats, especialment les metròpolis i megalòpolis. Així en aquestes urbs de grans dimensions s'afegeixen els efectes urbans en el clima a l'escalfament planetari, però no només en les grans ciutats hi ha un increment tèrmic per efecte urbà, sinó també en ciutats mitjanes, com es pot veure en la tendència de les ciutats del Mediterrani espanyol (QUEREDA *et al.*, 2016) . És molt important de distingir el biaix urbà de l'escalfament natural. Altres investigadors han intentat detectar la influència de l'illa de calor en les sèries tèrmiques de les ciutats, comparant les sèries urbanes i rurals, i aquest biaix urbà és ben palès i es manifesta en un increment tèrmic en les ciutats superior als pobles dels voltants, i per tant la sèrie té una influència tèrmica urbana (BÖHM, 1998; GIL, 2001).

Quereda *et al.* (2016) afirmen que les tendències tèrmiques de les temperatures mínimes de les ciutats de les comunitats valenciana i murciana tenen un increment superior als observatoris rurals. Aquestes diferències observades les atribueixen a la urbanització. Quereda *et al.* (2016) afirmen que entre el 70 i el 80 % de l'escalfament climàtic observat en les sèries urbanes és atribuïble a la urbanització.

Heino (1999) afirma que "la detecció de canvis climàtics en les dades instrumentals climatològiques té una forta dependència de l'homogeneïtat de les dades. Això es produeix perquè els canvis de llarg durada deguts a factors causals són normalment petits i lents i sovint estan emmascarats per una gran variabilitat interanual... Els canvis progressius en els voltants d'un observatori representen una font freqüent d'inhomogeneïtat. Alguns d'aquests estan connectats amb la urbanització i/o industrialització i aquests inclouen creixements en la calor artificial (pol·lució tèrmica), creixements en les emissions de varis gasos i aerosols (pol·lució atmosfèrica) i descensos en la proporció de les superfícies naturals. Algunes de les dades mundials de gran durada són combinació d'estacions urbanes i d'aeroports. Els efectes dels canvis de lloc en les dades es produeixen al mateix temps que els efectes de la urbanització; els dos a vegades s'equilibren cadascun amb l'altre."

Camilloni i Barros (1997) estudien la influència dels factors urbans en l'escalfament de les sèries tèrmiques urbanes i afirmen: "Un mètode per quantificar l'efecte de l'illa de calor urbana és comparar les dades tèrmiques urbanes amb una estació veïna". Karl *et*

al. (1988) demostrà que l'efecte de biaix anual urbà és una funció no lineal de la població:

$$\Delta T_{u-r} = \alpha(\text{POP})^b$$

On ΔT_{u-r} és la mitjana anual de la diferència ($^{\circ}\text{C}$) entre una estació localitzada en una àrea urbana i una estació rural.

POP és la població urbana

α i b són unes constants.

BRUNET (1998) esmenta diversos científics que han trobat una equació similar a l'anterior que relaciona illa de calor i població: "Tenim investigadors com DIAZ i KUKLA (1998) que volen quantificar com influeix en creixement urbà en les temperatures diàries i establir els coeficients de correcció per extreure el senyal urbà amb anterioritat al seu ús en el càlcul de mitjanes tèrmiques espacials a escala regional. continental o hemisfèrica necessaris en estudis de canvi climàtic secular. (...) Amb aquest objectiu KARL, DIAZ i KUKLA (1988) correlacionen les diferències tèrmiques urbano-rurals amb la població. BRUNET (1998) explica la metodologia dels dos climatòlegs: "Les anàlisis de regressió foren desenvolupades entre les diferències tèrmiques urbano-rurals establertes i la població de les àrees urbanes respecte de la corresponent a les àrees rurals. La funció més òptima que van obtenir KARL, DIAZ i KUKLA (1998) fou la següent:

$$T_{u-r} = a(\text{POBLACIÓ}_U)^{0,45}$$

On T_{u-r} és la diferència tèrmica mitjana urbano-rural; a és el coeficient de regressió calculat mitjançant el mètode dels mínims quadrats per cada paràmetre tèrmic; POBLACIÓ_U és la població urbana i 0,45 és l'exponent més satisfactori trobat per al conjunt de paràmetres tèrmics tractats.

Aquesta equació no es pot aplicar a ciutats individuals (KARL, DIAZ i KUKLA, 1988)".

Segons Camilloni (1997), l'equació s'ajusta en termes estadístics però pot tenir errors substancials en varis casos. Camilloni afirma "Com s'ha suggerit (KUKLA *et al.*, 1986, WOOD, 1988) una proporció de les tendències d'escalfament a llarg termini en vàries dades globals i hemisfèriques (JONES *et al.*, 1986, HANSEN i LEDEBEFF, 1987, JONES, 1988) pot estar relacionada parcialment amb les influències de la urbanització des que el creixement urbà incrementa l'efecte d'illa de calor".

Hi ha climatòlegs que afirmen que la influència de les ciutats en l'escalfament observat en les sèries tèrmiques de tot el planeta és molt petita. Així Jones (1986) afirma "L'increment tèrmic en les terres emergides de l'hemisferi nord s'ha incrementat per un efecte urbà com a màxim 0,1 $^{\circ}$ en el període 1901-84, la qual cosa representa una cinquena part del creixement global de les terres emergides, 0,5 $^{\circ}$ en el mateix període. Jones (JONES *et al.*, 1990) examina una sèrie d'estacions rurals de les parts europees de la Unió Soviètica, est d' Austràlia i est de la Xina per tal d'assessorar-se sobre la influència urbana en les dades de la sèrie hemisfèrica (JONES *et al.*, 1986, VINNIKOV *et al.*, 1990). En cap d'aquestes regions ells troben una influència urbana significativa en les tendències de temperatura regional. Ells consideren que els resultats de Jones (JONES *et al.* 1989) representen el límit superior de la influència urbana en les tendències de temperatura hemisfèrica. Mentre, aquest argument es pot mantenir per aquetes regions, en algunes altres, la urbanització pot haver jugat un rol més

important. Camilloni i Barros (1997) han trobat que l'escalfament derivat de les dades de Jones (JONES *et al.*, 1991) per la regió d'Amèrica del Sud que cobreix gran part de l'Argentina subtropical, definida pels punts de malla (30° S, 60° W), (35° S, 60° W), (25° S, 70° W) i (30° S, 70° W) té un creixement exagerat de 0,5°C/100 anys pel període 1895-1988. Quan les dades de temperatura urbana han estat corregits, la tendència regional de temperatura és de 0,2°C/100 anys, menys de la meitat de la tendència estimada amb les variables de Jones (JONES *et al.*, 1991). La diferència entre aquestes tendències és deguda a la manca d'identificació de sèries urbanes argentines en Jones (JONES *et al.*, 1991) i l'interès de Wigley (WIGLEY i JONES, 1988) i Kart (KARL i JONES, 1989) sobre la importància d'estudis regionals detallats buscant una estimació de la magnitud del biaix urbà en les tendències globals de les terres emergides.

Segons Camilloni i Barros (1997) hi han varis factors que influeixen en l'increment tèrmic observat en les ciutats, no només l'increment de població, que és el paràmetre més analitzat en els estudis urbans. Així Camilloni afirma: "El creixement de la població no és l'únic aspecte que ha de tenir-se en compte a l'hora de corregir les sèries de temperatura pels efectes de la urbanització. Barros (1994), ha trobat que, almenys en l'àrea metropolitana de Buenos Aires hi ha un persistent increment tèrmic des de l'inici del segle XX. La diferència urbano-rural de Buenos Aires presenta un descens lent després de la dècada dels 60. A més Camilloni i Barros (1997) afirmen: "la correlació entre la mitjana rural de temperatura (T_r) i la diferència tèrmica urbano-rural (ΔT_{u-r}) és significativament negativa, la qual cosa indica que els anys càlids estan associats amb baixes ΔT_{u-r} ".

BRUNET (1998) afirma que les estacions meteorològiques urbanes tenen un biaix urbà que, afegit a l'escalfament climàtic natural, provoca que en el darrer segle s'hagi produït un augment tèrmic en les temperatures mitjanes i temperatures mitjanes de les mínimes molt més important a les ciutats que als observatoris no urbans. BRUNET cita a KARL i JONES (1990), que estimen que el biaix urbà del món excepte Amèrica del Nord és d'0,1-0,2°C/100 anys.

Segons BRUNET (1998) hi ha 5 tipus de propostes metodològiques per extreure el senyal urbà de la tendència global:

- 1) Establiment de relacions empíriques entre les variacions temporals del valor de les diferències tèrmiques urbano-rurals i del volum de la població urbana i les seves taxes de creixement demogràfic.
- 2) Intercomparació d'estacions properes (urbanes o rurals) per detectar inhomogeneïtats en les sèries i extreure, abans d'establir els mitjanes reals, aquelles que presenten un clar efecte urbà.
- 3) Constatació de les tendències tèrmiques de la baixa troposfera amb les estimacions per subgrups dels observatoris urbans i rurals del mateix territori.
- 4) Utilització per al càlcul dels mitjanes espacials de sèries pertanyents a observatoris emplaçats en nuclis de població inferior a un llinar prefixat.
- 5) Comparació de les tendències tèrmiques estimades per diferents grups de dades urbanes i rurals en una regió i/o divisió espacial de la mateixa en base al seu volum demogràfic i càlcul per cada categoria territorial de les tendències tèrmiques que presenten.

3.9 El confort tèrmic

Les ciutats tenen un impacte sobre el confort tèrmic dels seus habitants que és positiu o negatiu en funció de l'estació de l'any. Així la sensació de confort és més elevada a l'hivern a les ciutats ja que l'illa de calor provoca unes temperatures més elevades. Així la sensació de fred de l'extraradi és substituït per una sensació de frescor. En canvi l'ambient relativament agradable de les nits d'estiu dels camps que envolten una ciutat contrasta amb la sensació de calor que hom percep les nits d'estiu a les ciutats. Les investigacions que analitzen el confort tèrmic a les ciutats i els seus efectes en les persones són una de les línies de corrent d'investigació més importants dins de la climatologia urbana en aquest segle XXI (TEJEDOR *et al.*, 2016; SHARMIN I STEEMERS, 2018).

L'efecte de l'illa de calor urbana en les temperatures implica una disminució del confort tèrmic a les ciutats de clima temperat durant l'estiu i durant tot l'any en ciutats de clima tropical. Sovint aquests estudis van lligats a altres investigacions que tenen com a objectiu la mitigació de l'illa de calor (HUANG *et al.*, 2008) i també alguns estudis del confort tèrmic estan inclosos dins investigacions que associen les elevades temperatures durant les onades de calor amb l'increment de mortalitat a les ciutats (FERNÁNDEZ GARCÍA *et al.*, 2008). La creació de programes que permeten calcular les variacions microclimàtiques del confort a la ciutat (Rayman, Envi-met) ha afavorit aquestes investigacions relacionades amb el confort tèrmic.

Arroyo Ilera (1991) realitza un estudi del confort tèrmic a la ciutat de Madrid. El centre urbà de Madrid té temperatures molt més elevades que l'entorn durant la nit, fins i tot durant el dia. Com a conseqüència de les altes temperatures urbanes els habitants de Madrid tenen una sensació de confort menor a l'estiu que les àrees rurals del voltant, per exemple l'aeroport de Barajas. Així la sensació de frescor que se sent a l'aeroport durant les nits d'estiu és substituïda per un ambient càlid al centre urbà de Madrid. López Gómez *et al.* (1993) calculen el confort tèrmic per diferents zones de Madrid emprant els índexs de confort de Siple i de Hill. Les seves conclusions són que l'illa de calor canvia la sensació de confort entre el centre de la ciutat i els afores, mentre que a l'aeroport de Barajas i als afores de la ciutat hi ha sensació de confort a les matinades d'estiu, en canvi al centre de la ciutat hi ha sensació de calor. D'altra banda durant l'hivern augmenta el temps amb sensacions de confort tèrmic a Madrid i hi ha més sensació de fred als afores de la ciutat.

En les ciutats de latituds mitjanes hi ha una clara disminució del confort tèrmic durant les nits estiuenques com a conseqüència de les elevades temperatures que provoca l'illa de calor urbana nocturna combinada amb el clima regional.

Pérez Cueva i Canet Mollà (1998) estudien l'efecte de l'illa de calor en el confort tèrmic humà aplicant el mètode de Terjung i comparant els resultats de València-Els Vivers i l'aeroport de València (Manises) i donen les conclusions de la seva investigació: "Manises té més tendència a les situacions extremes (més freqüència de dies rigorosos a l'estiu i de dies calorosos a l'hivern). La causa fonamental del major confort hivernal de València són les illes tèrmiques, sobretot la nocturna. Això s'inverteix en les nits d'estiu, més confortables a Manises. La brisa és un altre dels factors claus de confort. Al ser més fresca en València compensa clarament l'efecte d'illa tèrmica diürna, i genera un major confort termohigromètric en la ciutat a l'estiu. En canvi, crea més desconfort per fred en els mesos primaverals, al tenir encara temperatures més

fresques. La major velocitat del vent a Manises incrementa encara més el seu desconfort termohigromètric per fred. No obstant sembla que contribueix a compensar el major desconfort per calor de l'estiu.

Arroyo Ilera (1991) realitza un estudi del confort tèrmic a la ciutat de Madrid. El centre urbà de Madrid té temperatures molt més elevades que l'entorn durant la nit, fins i tot durant el dia. Com a conseqüència de les altes temperatures urbanes els habitants de Madrid tenen una sensació de confort menor a l'estiu que les àrees rurals del voltant, per exemple l'aeroport de Barajas. Així la sensació de frescor que se sent a l'aeroport durant les nits d'estiu és substituïda per un ambient càlid al centre urbà de Madrid.

3.10 La planificació i la mitigació de l'illa de calor urbana

El fenomen de l'illa de calor urbana és d'índole nocturna, provoca un increment tèrmic a la ciutat respecte a la rodalia durant la nit que pot assolir els 12°C. Les temperatures més elevades durant la nit produeixen efectes tant en la salut com en l'economia dels habitants de les ciutats que depenen del clima i de l'estació de l'any. Així l'illa de calor urbana comporta uns efectes beneficiosos durant l'hivern en ciutats de climes temperats ja que dins les zones urbanes hi ha menys despeses per calefacció per calefacció, disminueixen les necessitats de calefacció per l'efecte de l'illa de calor urbana nocturna. Però durant l'estiu l'illa de calor urbana pot incrementar la morbiditat i la mortalitat associada a el calor i també augmenten les necessitats de climatització i les despeses associades a aquestes a les ciutats. Així les temperatures màximes són elevades en aquests episodis càlids en els climes temperats. No obstant, en les diverses investigacions envers aquesta temàtica s'ha comprovat com les temperatures mínimes influeixen més en un increment de la mortalitat en comparació amb les temperatures màximes durant les onades de calor (RASO NADAL, 2007). A les ciutats a més les temperatures elevades són més persistents que al camp durant les onades de calor (FERNÁNDEZ GARCÍA i RASILLA ALVÁREZ, 2008). Els habitants de les urbs han de suportar temperatures elevades durant tot el dia, ja que les temperatures mínimes més elevades respecte la perifèria de la ciutat comporten un "stress" tèrmic addicional que s'afegeix a la calor diürna en les ciutats de clima temperat càlid, com és el cas de la ciutat de Girona. Per tal de pal·liar els efectes de l'illa de calor urbana els diferents estudiosos proposen mesures per tal de disminuir la seva intensitat. Aquestes són els següents:

- Mitjançant l'increment de la superfície ocupada per vegetació, especialment amb l'arbrat a les vies urbanes i l'augment de parcs urbans
- Creant les teulades verdes "green roofs".
- Construint els paviments freds.
- Control de la contaminació atmosfèrica, amb un augment de les propostes alternatives al transport en vehicle privat, afavorint el transport públic i augmentant la connexió urbana amb bicicleta.

Lee i Mayer (2018) han aplicat el model ENVI-MET 4.0 BETA per realitzar simulacions del confort tèrmic dels carrers d'Stuttgart de l'índex bioclimàtic PET. Aquestes simulacions assenyalen que una planificació urbana que incrementi la quantitat de sòl verd pot disminuir l'estrès tèrmic per calor respecte una planificació de la ciutat que es basi únicament en un increment de la superfície ocupada per asfalt.

La vegetació té efectes importants a l'hora de disminuir la illa de calor urbana. Així segons Wijerathne i Halwatura (2010) la substitució de les teulades pavimentades per les teulades verdes produeix una disminució de la temperatura de l'aire d'1,5°C en els carrers de la ciutat de Colombo. Les teulades verdes també redueixen la temperatura dels edificis i disminueixen les necessitats de climatització dels edificis, la qual cosa també implica una reducció de l'illa de calor urbana, ja que hi han menors emissions de calor antropogènica per a la climatització. Així AVISSAR (1996) afirma que en el sòl cobert per una vegetació no estressada hídricament, gran part de l'energia irradiada pel sòl és usada per a l'evapotranspiració. Així mentre que en el sòl urbà, format per materials impermeables (asfalt, formigó) gran part de l'energia irradiada pel sòl es calor sensible, la qual cosa provoca una forta elevació de les temperatures en les àrees urbanes, en el sòl rural la vegetació irradia menys calor sensible (la qual cosa escalfa menys l'aire en aquestes àrees que en les ciutats) i més calor latent, gran part d'aquesta és calor que procedeix de l'evapotranspiració de la vegetació. Per tant les zones verdes urbanes, sobretot si són arbrades fan disminuir clarament la intensitat de la illa de calor urbana. A més aquestes àrees verdes fan disminuir la pol·lució en el sí de les àrees urbanes, ja que la vegetació augmenta la ventilació de l'aire dins les ciutats, i per tant afavoreix la dispersió dels elements contaminats.

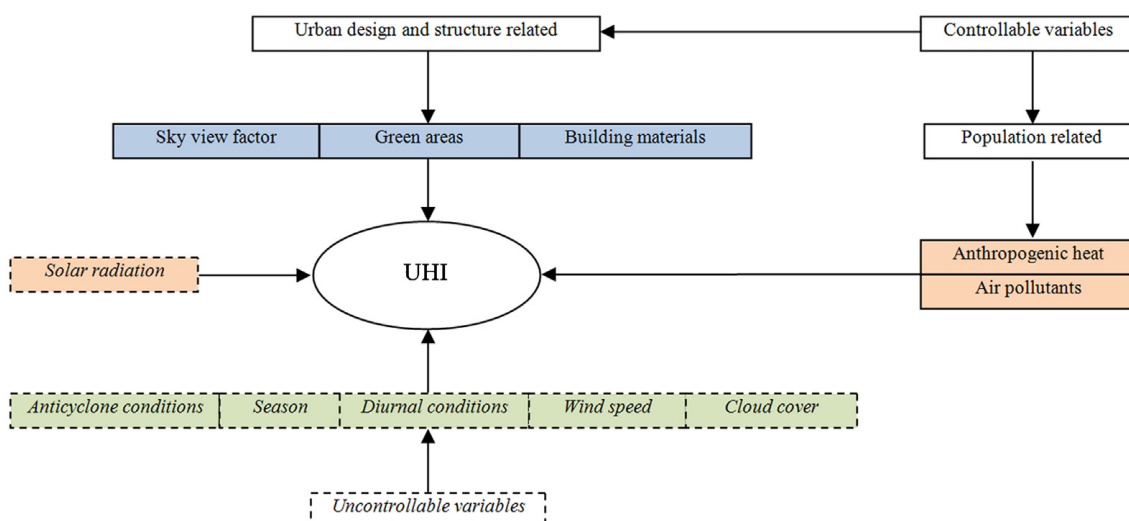


Figura 3.3 Principals causes de l'illa de calor urbana.
Font: Elaboració per Busato et al. (2014).

En quadrat blau variables permanents. En quadrat verd està relacionat amb l'efecte de les variables temporals. En taronja està relacionat amb les variables cícliques. En quadrat blanc i marge amb línia contínua del està relacionat amb variables controlables. En quadrat blanc i marge amb línia discontinua variables no controlables.

La planificació urbana hauria de modificar les variables controlables permanents de l'illa de calor urbana com s'observa a la figura 3.3. Aquestes variables són el factor de visió del cel (SVF), les zones verdes i els materials dels edificis. Així incrementant les zones verdes hi ha una disminució de la temperatura de la ciutat i dels edificis, la qual cosa implica una disminució de l'illa de calor urbana. És important una planificació urbana que contingui mesures de la modificació de la geometria urbana per controlar el SVF. Si es modifica el factor de visió del cel tenint en compte l'orientació dels carrers es pot planificar una ciutat amb un major percentatge de confort tèrmic humà al

llarg de l'any. S'ha d'esmentar que amb l'elecció de materials dels edificis amb una capacitat calorífica més baixa podem disminuir la intensitat de l'illa de calor urbana.

Alcoforado (2006) mostra en un diagrama les diferents fases que ha de seguir una planificació urbana per tal d'obtenir una millor qualitat ambiental. no només per mitigar l'illa de calor urbana.

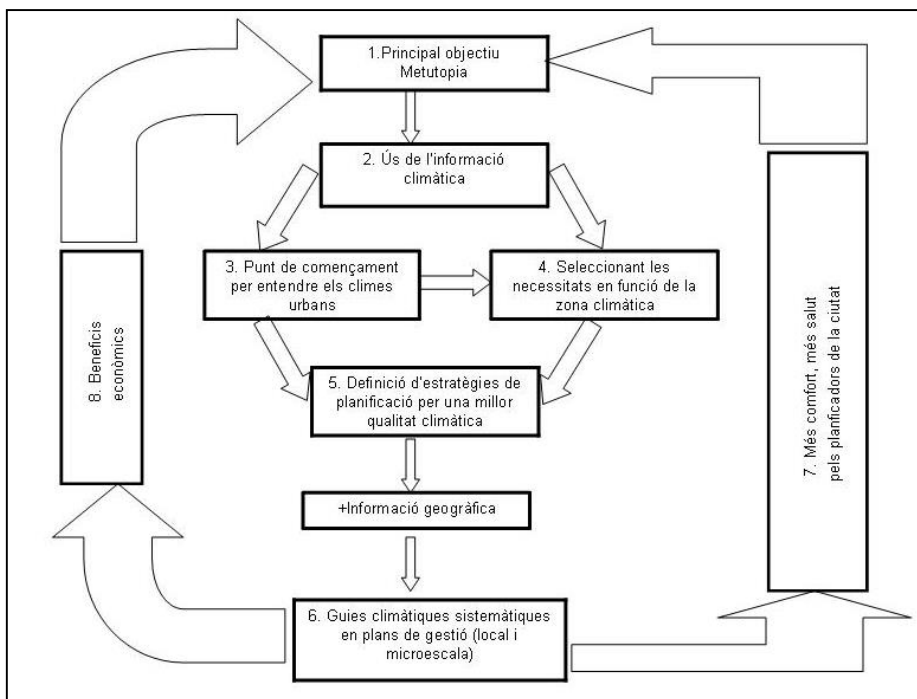


Figura 3.4 Gràfica de fluxos que mostra les diferents fases de recerca cap a un desenvolupament urbà sostenible.

Font: ALCOFORADO, 2006.

Alcoforado (2006) dona una sèrie d'estratègies de planificació i mitigació de l'illa de calor:

“El pas següent és utilitzar el coneixement climàtic quan dissenyem i planifiquem en diferents escales espacials triant les estratègies de planificació per una millor qualitat climàtica. La mitigació de l'illa de calor pot ser aconseguida a través de les modificació de les propietats de la superfície i la geometria dels carrers (increment el factor SVF) fins on sigui possible, reduint la densitat d'edificis, integrant cossos d'aigua o àrees verdes.(...) El vent pot ser controlat de dues maneres diferents. En alguns districtes de la ciutat o a través dels carrers on la relació entre l'altura dels edificis i l'amplada del carrer (factor H/W) és gran, es pot crear una protecció contra els vents. Però en varis casos els vents de gradient disminueixen degut a la rugositat urbana: les mesures haurien de crear passos oberts a través de la ciutat per ajudar a la ventilació. Un altre problema és com promoure la qualitat de l'aire en les ciutats. Això no és solament un problema climàtic i depèn d'un gran ventall d'emissions, que estan regulades per les lleis i tenen nombroses fonts tals com la calefacció domèstica (o refrigeració), activitats industrials i emissions de vehicles. La qualitat de l'aire pot ser millorada fent disminuir les emissions i creant passos de ventilació.(...) Les recomanacions pels propòsits de planificació estan donats per cada unitat homogènia o grups d'unitats d'acord amb l'escala de treball: és sabut que els planificadors necessiten unes guies molt clares sobre les àrees que són dibuixades de forma molt precisa en un mapa detallat. Les

accions descriptives consisteixen en taules on es recomanen mesures per mitigar la illa de calor, incrementar la ventilació i davallar la pol·lució de l'aire en cada grup d'unitats”.

Hi ha diversos arquitectes que han estudiat els efectes de la vegetació en el clima urbà. Givoni, per exemple, (GIVONI, 1991) fa un llistat exhaustius dels beneficis climàtics que comporten la zones verdes urbanes:

- Milloren la qualitat del clima urbà, ja que fan que disminueixi la pol·lució de l'aire i el soroll.
- Augmenten la ventilació urbana (la qual cosa és una bona notícia per a les persones afectades per problemes respiratoris).
- Donen ombra al llarg dels carrers en regions càlides (es pot aplicar també al cas de les estacions càlides de l'any).
- Els parcs urbans tenen un microclima més fresc que la resta d'àrea urbana, la qual cosa afavoreix les relacions socials en el sí d'aquestes zones.
- Les zones amb una elevada densitat arbòria proporcionen una protecció dels vents freds durant l'hivern i en les regions de climes freds.

A més Givoni considera que la vegetació al voltant dels edificis provoca una disminució de la demanda energètica d'aquests. Així durant l'estiu hi ha un descens de les necessitats de refrigeració ja que la vegetació (sobretot les herbes) fa que la temperatura de les façanes disminueixi ja que no hi arriba radiació solar directa. En canvi a l'hivern si tenim arbres de fulla caduca al voltant d'edificis aquests no eviten que hi arribi la radiació solar. També els arbres provoquen una disminució de la velocitat del vent durant l'hivern, la qual cosa fa que no baixi tant la temperatura en l'interior dels edificis, i per tant baixen les necessitats de calefacció.

La implantació de vegetació a la ciutat (parcs, arbres de fulla caduca) és una de les mesures més freqüents que utilitza l'administració per tal de pal·liar l'illa de calor urbana. La vegetació incrementa l'evapotranspiració a la ciutat, aquesta és la clau per entendre la reducció de l'illa de calor. Quan s'incrementa la superfície verda d'una ciutat no s'escalfa l'aire proper al sòl d'una manera tan clara que en l'aire proper als altres tipus de materials urbans. La calor sensible disminueix en aquestes àrees verdes (parcs urbans, carrers amb força arbrat) mentre que s'incrementa l'emissió de calor latent, la qual cosa significa que la temperatura de l'aire disminueix i hi ha un augment de la humitat relativa. Però la reducció de la temperatura no és l'únic efecte positiu que comporta la vegetació a les urbs, les àrees verdes tenen altres impactes en el clima urbà:

- Reducció dels compostos orgànics volàtils.
- Millora de l'erosió del sòl urbà (disminueix dels processos erosius en les àrees verdes pel paper de protecció de la vegetació respecte al sòl).
- Protecció i augment de la biodiversitat urbana.
- Estalvi energètic.
- Millora de la regulació hídrica.
- Disminució de la contaminació atmosfèrica.

La contaminació disminueix en les àrees amb vegetació, ja que les fulles capturen les partícules contaminants”.

El disseny urbà sovint no obeeix a criteris bioclimàtics, sinó a la moda en les tendències arquitectòniques del moment. Les places anomenades “dures” són l'exemple més clar d'un disseny que és perjudicial per a la salut humana. En aquestes àrees el rescalfament de la superfície dels materials és molt important, això comporta una temperatura de l'aire molt elevada, que dona llocs a ambients incòmodes tèrmicament durant l'estiu.

Els materials que s'utilitzen per cobrir les terrasses i els sostres són teles asfàltiques, teules recobertes de margues. Aquests materials tenen un albedo baix i absorbeixen molt bé la radiació solar i per tant s'escalfen molt. Durant la nit l'escalfor d'aquestes superfícies contribueix a elevar encara més la temperatura de l'aire urbà. Per això en bastants països han sorgit iniciatives públiques i privades per tal de construir sostres i cobertes fredes, teulades amb vegetació (*green roofs*). Aquests sostres freds són recoberts de materials més reflectants, amb colors més freds, més clars, amb la qual cosa no s'escalfen tant com els convencionals. Cal remarcar que no només s'aconsegueix una disminució de la illa de calor urbana, sinó també altres efectes com la reducció de la contaminació. Segons Taha (1997) en ciutats com Los Angeles s'ha observat una relació entre l'albedo més alt amb aquest tipus de teulades i la formació d'*smog* fotoquímic, les teulades clares provoquen una disminució del 10 % de l'*smog*. Les teulades fredes també tenen un efectes en una disminució de les necessitats de climatització dels habitatges.

Les teulades verdes són un tipus de teulades amb vegetació. Els beneficis d'aquest sistema de teulades són varis:

- Reducció de la temperatura de l'aire.
- Disminueix la contaminació atmosfèrica.
- Regulen l'escolament superficial de les ciutats.
- Disminució de les necessitats de refrigeració dels edificis amb teulades verdes.
- Reducció de la contaminació acústica.

Els efectes de les teulades verdes en la temperatura són similars als que produeixen els parcs urbans, una disminució local de la temperatura. En aquestes teulades l'evapotranspiració augmenta per la presència de vegetació, amb la qual cosa es produeix la reducció de la temperatura. Aquestes cobertes també contribueixen a millorar la qualitat de l'aire urbà, disminueixen la contaminació atmosfèrica. Així aquestes teulades són un filtre important per a les partícules. S'estima que un metre quadrat de teulada amb herba pot captar fins a 200 grams de partícules d'aire a l'any. Aquests sistemes de cobertes verdes regulen l'escolament de l'aigua de pluja. Així poden retenir aquesta, evitant que hi hagi una excessiva escolament cap als carrers i clavegueres, per tant la possibilitat de inundacions disminueix. En algunes ciutats nord-americanes, per exemple Ottawa, s'ha observat com en els edificis amb teulades verdes les necessitats de refrigeració són molt menors, fins a un 75 %, respecte els habitatges sense aquest tipus de teulada. També cal fer esment de l'atenuació del soroll present a les ciutats per aquest tipus de teulades. En les teulades verdes la vegetació esmorteix les ones sonores. L'atenuació de les ones amb freqüències més altes es produeix per les plantes i les freqüències més baixes són reflectides pel substrat d'aquestes teulades verdes.

La mitigació de l'illa de calor també té una relació important amb el tipus de ciutat, sobretot té molt a veure amb la densitat urbana, les ciutats compactes europees tenen unes necessitats de recursos menors que les ciutats nord-americanes, urbs que es caracteritzen per ser disperses, la qual cosa influeix en una menor illa de calor en les ciutats del vell món. Aquest menor consum de recursos es relaciona sobretot perquè els viatges en transport privat són menors a les ciutats europees ja que els serveis i els diferents llocs on viu la població (llar, treball) són més propers a Europa que a Amèrica del Nord. Givoni analitza la influència de la densitat del sòl urbà en les necessitats de climatització de les ciutats. Així Givoni (1998) afirma: "Els efectes de la densitat urbana en la demanda total d'energia d'una ciutat és complexa i conflictiva. Per una banda, l'alta densitat urbana promou el transport públic i redueix les necessitats dels viatges del transport privat, reduint les emissions dels automòbils que incrementen la pol·lució de la capa límit urbana. També redueix la llargada dels carrers per encabir un determinat nombre d'habitants Això al seu torn disminueix la llargada de les infraestructures, així com la demanda d'aigua i les línies d'aigües residuals, reduint l'energia necessària per bombar l'aigua, que s'afegeix a una major reducció de l'energia per al transport "horitzontal".

L'alta densitat d'urbanització redueix la pèrdua de calor de l'embolcall de la superfície de l'edifici, la qual cosa redueix les necessitats de calefacció. No obstant, els edificis alts que necessiten ascensors, incrementen la necessitat d'electricitat per al transport vertical.

Tot i aquest efecte positiu en la demanda energètica en les ciutats compactes, aquestes també impliquen unes necessitats de refrigeració més elevades que les urbs disperses, com a conseqüència de la menor ventilació en aquelles. En relació amb la ventilació de les ciutats Givoni (1998) afirma: "D'altra banda, la densitat urbana elevada, i els edificis alts i grans, poden impedir les condicions de ventilació urbana i incrementar les necessitats d'aire condicionat a l'estiu, i incrementar les condicions de desconfort dels habitants de la ciutat".

- Els principals arguments a favor de la densificació urbana són els següents (Andrade, 2006):
- Reducció del consum d'energia dels transports;
- Menor emissió de contaminants dels transports;
- Disminució de les pèrdues de calor dels edificis, reduint per tant les exigències d'energia per l'escalfament;
- Menor consum d'energia per la urbanització

Alcoforado i Andrade (2006) esmenten els factors negatius que provoca un increment de la densitat dels edificis:

- reducció de la velocitat mitjana del vent i, en conseqüència, degradació de les condicions de ventilació;
- augment de la intensitat de l'illa de calor urbana, degut a la modificació del balanç de radiació d'ona llarga, reducció de la ventilació, increment de la concentració de producció de calor d'origen antròpic i disminució de la cobertura vegetal.

Segons Taha (1997): "Les àrees urbanes amb superfícies impermeables extenses, tenen generalment més escolament que les seves rodalia rurals. L'escolament porta

l'aigua ràpidament i, en el seu llarg camí, tenim menys aigua superficial disponible per l'evapotranspiració, la qual cosa afecta el balanç d'energia de la superfície urbana. La taxa més baixa d'evapotranspiració de les àrees urbanes és un factor decisiu en incrementar les temperatures diàries. A Tòquio, per exemple, les zones amb vegetació a l'estiu són en mitjana 1,6°C més fresques que les àrees sense vegetació. Si utilitzem materials amb albedo alt reduïm la quantitat de radiació solar absorbida per les façanes i les estructures dels edificis i aquestes mantenen les seves superfícies més fresques. La reducció en les temperatures de superfície també redueix la intensitat de la radiació d'ona llarga. Les temperatures locals i de sotavent haurien de ser més baixes degut als fluxos convectius de calor més dèbils de les superfícies més fredes. Aquestes reduccions de temperatura poden tenir impactes significatius en el consum d'energia en les àrees urbanes, i amb una importància decisiva en ciutats de climes càlids. La sensibilitat de la temperatura de l'aire a canvis de l'albedo ha estat d'interès en la recerca dels impactes de les illes de calor urbana. Els descensos de temperatura poden reduir la necessitat d'electricitat per l'aire condicionat en un 10 % i les concentracions d'ozó que afavoreixen l'*smog* fotoquímic en un 20 % durant un dia calorós d'estiu. Les àrees urbanes amb superfícies impermeables extenses, tenen generalment que les seves rodalia rurals. L'escolament porta l'aigua ràpidament i, en el seu llarg camí, tenim menys aigua superficial disponible per l'evapotranspiració, la qual cosa afecta el balanç d'energia de la superfície urbana. La taxa més baixa d'evapotranspiració de les àrees urbanes és un factor decisiu en incrementar les temperatures diàries. A Tòquio per exemple, les zones en vegetació a l'estiu són en mitjana 1,6°C més fresques que les àrees sense vegetació”.

Segons Sánchez de la Flor i Álvarez Domínguez (2004): “El consum d'energia dels edificis està relacionat amb la càrrega solar, els fluxos de patró de vents i temperatura externa d'aire. Per tant, les millores en el microclima urbà tenen conseqüències directes i indirectes en l'estalvi d'energia”.

Dhakal *et al.* (2001) afirmen: “Els aparells d'aire condicionat acompanyats de torres de refrigeració eviten la descàrrega de calor sensible als carrers produint per tant un descens tèrmic en la temperatura d'aquells. Els efectes de la reducció de la calor sensible també han estat simulats en aquest estudi i són una possible proposta per a la millora de l'ambient urbà igualment com altres mesures com l'augment de l'albedo i l'increment de la quantitat de espai verd al voltant d'edificis. La disminució de la calor antropogènica (disminució de calor sensible emesa pels aparells d'aire condicionat) provoca una disminució de la temperatura durant la nit, però en canvi els seus efectes durant el dia són mínims. En canvi si incrementem l'albedo i incrementem el sòl verd la temperatura baixa durant el dia mentre que els efectes durant la nit són mínims. Una combinació d'aquestes mesures (energia i sòl verd i augmentar l'albedo) és la millor per a combatre el clima urbà de Tòquio”.

Rosenfeld *et al.* (1998) expliquen la funció de les comunitats per a l'estalvi energètic, la disminució de la temperatura urbana i la millora de la qualitat d'aire en vèries ciutats nord-americanes: “L'estratègia de les comunitats fresques presentada aquí és solament assumeix els estalvis de cost dels particulars i dels consumidors comercials, però redueix el consum d'energia de la ciutat. Serveix per reduir l'*smog*, important en aquelles regions com una nostra demostració en la ciutat de los Angeles on la pol·lució de l'aire és un problema significatiu de salut. (..) Els components essencials de les comunitats fresques és la promoció de plantar arbres a gran escala i un simultani canvi

de teulades fosques i paviments obscurs a colors clars". El cost dels *green roofs* (teulades verdes) o paviments a la ciutat de Los Angeles és barat, 22 \$/100 m², i aquestes teulades verdes poden tenir un període de manteniment força llarg (20 anys per a cases unifamiliars residencials, 5-10 anys per una teulada d'un edifici, 5-10 anys per un aparcament o una carretera".

Podem concloure que hi hauria una contribució idèntica de l'increment d'albedo i l'augment d'arbres a l'hora de disminuir la temperatura de la ciutat de Los Angeles.

Segons Shashua-Bar i Hoffman (2000): "L'efecte de la vegetació és més important amb temperatures elevades, per tant a l'estiu, que a l'hivern, així amb temperatures altes pot baixar fins a 6°C la temperatura en llocs arbrats, mentre que en carrers en dies menys càlids la temperatura baixa 3°C".

Makamura i Oke (1988) en el seu estudi en la taxa d'una hipotètica ciutat de latituds mitjanes suggereixen "que l'interval $0,4 < H/W < 0,6$ representa un compromís acceptable en trobar criteris tèrmics (afavorits per una taxa gran) i criteris de pol·lució (requereixen una petita taxa)".

Yashamoto (2006) fa un resum de les estratègies necessàries per a la mitigació de l'illa de calor urbana:

"La mitigació de l'illa de calor conté les següents estratègies:

- Incorporar mesures d'estalvi dins iniciatives de renovació urbana.
- Concentració de mesures d'estalvi d'energia i mesures ambientals per a la mitigació del canvi climàtic i de l'illa d calor.
- Mesures concentrades per ministeris, governs locals i sector privat que contribueixin a la mitigació de l'illa de calor i del canvi climàtic.
- Àrees model per mitigar l'illa de calor i el canvi climàtic.
- Els governs locals jugaran un paper líder en facilitar mesures de mitigació i incorporar nous projectes de renovació urbana.
- Recerca i implementació polítiques, per exemple amb la construcció de passos de vent.
- Els desenvolupaments de noves tècniques per assessorar mesures de mitigació de l'illa de calor urbana.

Les mesures urbanes per mitigar l'illa de calor urbana es poden dividir en 3 categories:

- a) Reducció en l'alliberament de calor antropogènic.
- b) Millora de les cobertes artificials (reducció de la transferència de calor sensible i expansió de calor latent).
- c) Millora de l'estructura urbana (millora i integració dels corrents d'advecció).

Dins les mesures a) tenim les següents accions:

- Augmentar el verd dels edificis i adaptació de materials retenidors d'aigua.
- Millora en l'aïllament tèrmic dels edificis
- Millora en la reflectivitat de les teulades i en els materials d'aquestes.
- Millora en l'eficiència de sistemes d'aire condicionat.
- Millora de l'eficiència de l'energia.
- Operativitat òptima dels sistemes d'aire condicionat.
 - Torres de refrigeració.

- Restriccions en l'operativitat nocturna.
- Millora de la localització de les unitats externes.

Dins les mesures b) tenim les següents accions:

- Adaptació de materials permeables (paviment) i amb color.
- Millora en la reflectivitat i retenció d'aigua dels materials de paviment.
- Carrers verds i teulades verdes
- Espais oberts d'aigua. Conversió de petits rius en canals oberts.

Dins les mesures c) tenim les següents accions:

- Millora de l'orientació dels edificis.
- Millora de l'ús del sòl.
- Creació de ciutats ecoenergètiques.
- Creació de societats de reciclatge”.

Stuttgart 21 i l'Atlas medioambiental digital de Berlin (Baümüller, 2005) són altres dos projectes grans de recerca on trobem mesures de planificació urbana, juntament amb mapes climàtics de la zona. A Espanya la tesi doctoral de Sangines Coral (2013) inclou una cartografia que és un material de suport ideal per al planificador urbà. Aquesta cartografia és adequada per implementar mesures de planificació i mitigació de l'illa de calor urbana de la ciutat de Saragossa. Aquest és un estudi pioner a Espanya, on trobem el mapa analític del clima urbà i el mapa de recomanació del clima. També es proposen unes mesures de mitigació del clima urbà, com per exemple l'elecció de materials adequats en l'entorn urbà, mesures per a la reducció de la calor antropogènica i unes actuacions de planificació urbana.

Taula 3.5 Estratègies de mitigació de l'illa de calor.

Objectius	Aspectes	Plans d'acció i estratègies	Operativitat a escala espacial	Plans d'acció i estratègies
Bioclima + illa de calor urbana + Ventilació d'aire urbà + situació de qualitat de l'aire	Albedo	Refredament dels materials dels edificis i del paviment	Intervenció de material i nivell de superfície	Mesoescala i microescala
		Refredament de les teulades i les façanes Paviment que retengui aigua		Mesoescala i microescala
	Vegetació	Plantar espais verds	Intervenció de material i de nivell de superfície	Microescala
		Parcs i espais oberts	Paisatge/ Planificació ús del sòl –intervenció de carrer	Microescala
		Corredors de verd	Paisatge/ Planificació ús del sòl –intervenció de carrer	Mesoescala i microescala
	Ombra	Disseny geomètric d'edificis	Disseny d' edificis-nivell d'intervenció	Microescala
		Disseny de protecció	Disseny d' edificis-nivell d'intervenció	Microescala
		Orientació de carrers	Planificació urbana/Zonificació-nivell d'intervenció	Mesoescala i microescala
		Altura dels edificis/ Taxa amplada dels carrers	Disseny d' edificis-nivell d'intervenció	Microescala

		Arbres al llarg dels dos costats del carrer	Paisatge/ Planificació ús del sòl –intervenció de carrer	Microescala
	Ventilació	Pas d'aire	Planificació urbana/Zonificació	Mesoescala i micro-escala
		Coberta de sòl de l'edifici i volum dels edificis	Planificació urbana/Zonificació	Mesoescala i micro-escala
		Altura edifici/ Taxa amplada del carrer	Disseny d' edificis-nivell d'intervenció	Microescala
		Orientació del carrer	Planificació urbana/Zonificació	Meso- i micro-escala
		Disseny de la disposició dels edificis	Planificació urbana/Zonificació	Mesoescala i microescala
		Llocs oberts i àrees verdes	Planificació urbana/Zonificació	Mesoescala i microescala

Font: REN et al., 2010.

Segons REN et al. (2010) les estratègies de mitigació de l'illa de calor de la taula 3.5 es poden resumir en 4 aspectes, reduir l'albedo, augmentar la vegetació, incrementar l'ombra i augmentar la ventilació. Les directrius de mitigació es poden observar en la següent taula:

SCHERER et al. (1999) ofereix una definició de guies de planificació de la ciutat, agrupades en tres seccions climàtiques:

La secció climàtica A és ventilació, B és qualitat de l'aire i C és la situació tèrmica.

Taula 3.6 Guies de planificació de la ciutat

Secció climàtica	Guia de planificació
A Ventilació	1. Mantenir el pas de ventilació
	2. Millorar el pas de ventilació
	3. Restaurar la connexió al pas de ventilació
	4. Reduir els riscos climàtics associats amb el vent
B Qualitat de l'aire	1. Mantenir el transport d'aire fresc.
	2. Reduir la pol·lució de l'aire en àrees sensibles
C Situació tèrmica	1. Reduir la càrrega de calor
	2. Reduir els efectes negatius de l'stress per calor i per fred.

Font: Scherer (1999)

Scherer (1999) defineix les zones topo-climàtiques o “climatopes”, aquest és un topoclima o microclima segons la posició geogràfica i topogràfica, en relació amb l'ús del sòl, per tant on s'observen els efectes de la urbanització en el topoclima. Scherer (1999) afirma: “Els canvis en els usos del sòl no causen directament canvis en els elements climàtics, però eventualment inicien nous factors climàtics. Exemples de canvis són la mida i distribució espacial d'elements de rugositat, materials de construcció amb diferents propietats radiatives o termofísiques, o canvis en la composició i taxes d'emissions de pol·lució de l'aire. És necessari determinar la distribució espacial actual dels factors climàtics rellevants. Un camí per fer aquestes funcions distribució aplicable als planificadors és subdividir una regió urbana extensa dins àrees petites de combinacions factorialis similars. Nosaltres donem la següent definició: “Les zones climàtiques o climatopes són àrees de combinacions característiques de factors climàtics i de similar significat relatiu per les seva rodalia, operant en una escala espacial de varies desenes o centenars de metres””.

Des dels anys 70 del segle XX s'ha investigat la mitigació de l'illa de calor a partir dels mapes de clima urbà. REN *et al.* (2009) dona les claus per explicar el concepte de mapa de clima urbà: "El concepte de Mapa urbà del Clima (MCU) ha estat generat pels investigadors alemanys des dels 1970 (Matzarakis, 2005)". REN *et al.* (2009) expliquen que "El MCU és una eina d'informació i avaluació per integrar els factors climàtics urbans i les consideracions de planificació urbana presentant els fenòmens climàtics i els problemes dins mapes espacials 2-D. La seva escala varia de 1:100000 a 1:5000, i pot ser usada en la planificació espacial des del nivell regional fins al districte. Aquests mapes són manipulats i creats en els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG). Els mapes de clima urbà conflueixen en 2 mapes individuals, anomenats Mapes d'anàlisi de Clima Urbà (MACU) i Mapa climàtic de recomanacions (MCUC). El MACU recull variables meteorològiques (distribució de la temperatura de l'aire, direcció del vent i velocitat, humitat, etc.), planificació, usos del sòl, informació topogràfica i de vegetació. Les seves interrelacions i efectes en el vent i el medi tèrmic són analitzats i avaluats espacialment. Basats en aquestes investigacions, les zones climàtiques del MACU estan basades en la informació dels usos del sòl i poden ser definides per les condicions climàtiques locals actuals i característiques. Els fenòmens climàtics urbans i les àrees problemàtiques poden trobar-se fàcilment en el MACU. D'acord amb el coneixement climàtic avaluació adquirida del MACU, les zones climàtiques similars poden ser agrupades dins zones bioclimàtiques. Llavors, el MCUC pot ser desenvolupat per donar les recomanacions estratègiques de planificació urbana per cada zona per millorar el medi urbà des del punt de vista climàtic, que pot ajudar als planificadors urbans a fer accions més apropiades en el procés de disseny.

La unitat de cada zona climàtica és al voltant de 250 a 500 m, per tant els investigadors no necessiten dades meteorològiques molt precises. No obstant, la comunicació, entre els planificadors i els climatòlegs és molt important en el procés de generar mapes de clima urbà.

Per la metodologia alemanya de mapa de clima urbà, totes les variables climàtiques i planificació urbana estan sintetitzades en els aspectes dinàmics potencial i la càrrega tèrmica. En la capa d'informació tèrmica, les direccions predominants dels vents, els vents de muntanya i vall, especialment vents catabàtics es tenen en compte. En canvi per a la metodologia japonesa de clima urbà totes les variables climàtiques i la informació de planejament estan calculats i avaluats basant-se el model de balanç de calor".

Una altra definició de "*climatope*" la trobem a la plana "*Urban Climate*" de la ciutat d'Stuttgart. Aquesta plana la trobem al següent enllaç: https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?climate_climate_atlas_1992_9_climatopes

Les zones topoclimàtiques (*climatopes*) són zones amb característiques microclimàtiques similar. Aquestes es diferencien especialment en la corba tèrmica diària, la rugositat vertical (pertorbacions del camp de vents), la posició topogràfica i l'exposició i per sobre de tot en el tipus d'ús del sòl actual. Un altre criteri per les particulars zones topoclimàtiques és la quantitat d'emissions. Com les característiques microclimàtiques en zones urbanitzades estan determinades principalment pel tipus de sòl i especialment pel tipus de desenvolupament, les zones topoclimàtiques es denominen després del predominant tipus ús del sòl. En aquesta plana web del clima urbà d'Stuttgart es diferencien les següents 11 zones topoclimàtiques:

- Superfícies aquàtiques.
- Zona oberta
- Bosc
- Zona verda
- Jardins
- Zones suburbanes
- Zones urbanes
- Zones urbanes centrals
- Zones urbanes de negocis
- Indústries
- Zones al voltant de vies de tren

No podem confondre les zones topoclimàtiques amb les zones climàtiques urbanes que es defineixen d'acord amb el tipus de sòl i no tenen en compte els factors geogràfics. En la següent taula podem veure la classificació de zones climàtiques urbanes (*urban climate zones*), aquesta classificació la trobem a OKE *et al.* (2004):

Taula 3.7 Classificació de les zones climàtiques urbanes.

Zona climàtica urbana ¹	Rugositat ²	Taxa d'aspecte ³	% superfície construïda (sòl impermeable) ⁴
1	8	>2	>90
2	7	1,2-2,5	>85
3	7	0,5-1,5	70
4	5	0,05-0,2	75-95
5	6	0,2-0,5 (Superior a 1 amb arbres alts)	35-65
6	5	0,1-0,5 (depèn dels arbres)	<40
7	4	>0,05 depèn dels arbres	<10

Font: OKE *et al.*, 2004

Les zones climàtiques urbanes són diferents formes urbanes ordenades en l'ordre aproximat de la seva capacitat per impactar el clima pel que fa al vent local, temperatura i humitat

¹ Conjunt simplificat de classes que inclou aspectes del règim d'Ellefsen (1990/91), així com mesures físiques relatives al vent, temperatura i humitat

² Rugositat del terreny terra d'acord amb la classificació de Davenport (Davenport *et al.*, 2000).

³ Relació d'aspecte=ZH/W. ZH és l'altura dels edificis i W és l'amplada dels carrers. Està relacionada amb el tipus de règim de flux i controls tèrmics (ombra solar i radiació d'ona llarga). Els arbres alts incrementen aquesta mesura significativament.

⁴ Fracció de sòl cobert per formes urbanitzades (edificis, carreteres, àrees pavimentades i altres àrees impermeables) la resta d'àrea és ocupada per una coberta permeable. La fracció de sòl permeable afecta la capacitat per emmagatzemar humitat i alliberar la humitat del sòl.

La descripció de cada zona climàtica urbana és la següent:

- 1) Molt elevat desenvolupament urbà, amb edificis alts i molt propers, per exemple (CBD) *Central Business District*, Districte Central de Negocis.

- 2) Intensament desenvolupament urbà amb alta densitat urbana, amb habitatges d'altura de 2 a 5 pisos, enganxats i amb edificis més alts propers. Abunden les construccions de totxana i concret, per exemple en la part vella de la ciutat.
- 3) Elevat desenvolupament urbà amb densitat mitjana urbana, presència de cases enganxades d'un pis i apartaments petits.
- 4) Desenvolupament urbà alt, baixa o mitjana densitat urbana amb edificis extensos baixos i aparcament pavimentats, per exemple centres comercials, magatzems.
- 5) Desenvolupament mitjà, baixa densitat suburbana amb cases d'1 o 2 pisos, per exemple allotjament suburbà.
- 6) Utilització mixta del territori, amb grans edificis en ús del sòl lliure. Per exemple, institucions com l'hospital, la universitat i l'aeroport.
- 7) Desenvolupament semi-rural amb cases aïllades en zona natural o agrícola, per exemple explotacions agrícoles.

La figura següent mostra la cartografia necessària per tal de realitzar un mapa climàtic urbà.

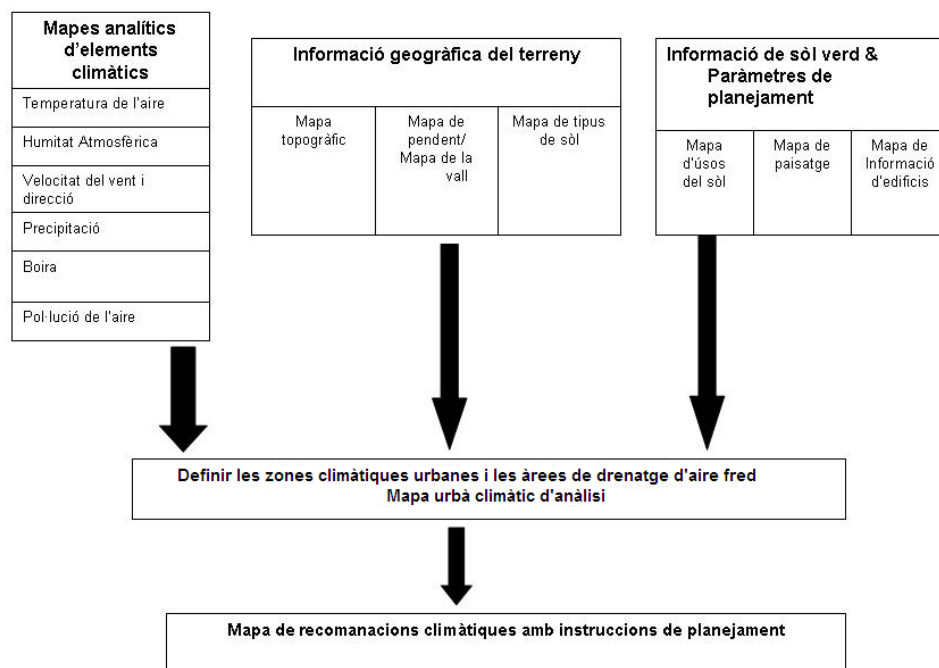


Figura 3.5 Diagrama de fluxos. Estructura d'un Mapa Climàtic Urbà.
Font: CHAO et al. 2010.

Segons Yuan *et al.* (2011): “Les estratègies de planificació urbana poden millorar el clima urbà a Hong Kong, per exemple en els carrers amb edificis amb altures dels edificis de 18 metres es pot mitigar l'illa de calor urbana amb la disminució de l'ús del sòl urbà. En canvi en les vies urbanes amb edificis poc alts (0-18 metres) i baixa urbanització del sòl no és factible la mitigació de l'illa de calor urbana”.

OLCINA CANTOS *et al.* (1998) afirmen que hi hagut una desvinculació entre la planificació urbanística i les condicions climatològiques de les ciutats, i que és necessària la inserció dels estudis climàtics dins del procés de la planificació urbana, com per exemple la cartografia de zones inundables d'un municipi amb l'objectiu de disminuir el risc de les inundacions dins la ciutat. OLCINA *et al.* (1998) proposen que

dins la planificació urbana hi hagi una part climàtica que estigui realitzada des d'una perspectiva holística del clima de la ciutat, no només de la temperatura, sinó també de la precipitació, radiació solar de la contaminació atmosfèrica, nuvolositat i humitat. La investigació climàtica també pot ser aplicada per promocionar el turisme en una ciutat determinada a partir de les estadístiques climàtiques, especialment el nombre d'hores de sol i la temperatura.

3.11 Modificació urbana de la precipitació

La majoria de climatòlegs urbans (MORENO, 1999; OKE, 1987; LANDSBERG, 1981, SHEPHERD *et al.*, 2002) afirmen que a les ciutats la precipitació augmenta respecte els seus voltants. La influència de la ciutat en les precipitacions és d'una índole complexa. Tot i que la majoria de investigacions recolzen la hipòtesi que la ciutat incrementa la precipitació, especialment a sotavent de la urbs, hi ha investigadors que afirmen el contrari, que a les ciutats plou menys que a la rodalia. És el cas de Rosenfeld (2000), que afirma que la precipitació pot disminuir a les ciutats com a conseqüència de la major quantitat d'aerosols que actuen com a nuclis de condensació, com a conseqüència de la major competitivitat del vapor d'aigua per als nuclis de condensació això implica que hi ha una menor eficiència en el procés de coalescència de les gotes de pluja, la qual cosa implica una menor precipitació en les àrees urbanes. Altres climatòlegs urbans que recolzen aquesta hipòtesi (RAMANATHAN *et al.* 2001; ROSENFELD, 1999, 2000; GIVATI I ROSENFELD, 2004, JIRAK I COTTON, 2006) expliquen que la principal causa de l'anomalia pluviomètrica negativa de la ciutat és l'aire contaminat produït a les regions industrials i urbanes.

Segons Moreno (1999): "La mesura de les pluges a la ciutat és complicada perquè requereix pluviòmetres urbans fixos i s'observa una gran variabilitat entre llocs propers. En conjunt, sembla segur que en grans ciutats i algunes mesures, plou un 5-10 % més que en el camp. Hi han moltes causes que expliquen la poca precisió de la mesura de la precipitació a la ciutat, com són la presència d'obstacles propers i les turbulències del vent que es donen prop dels pluviòmetres a causa dels edificis (LANDSBERG, 1981)".

Escourrou (1981) parla de les complicades interaccions que hi ha dins la ciutat per tal de determinar unes precipitacions més elevades que al camp, així afirma "La complexitat de l'acció de la urbanització dins les ciutats s'explica pel gran nombre de factors que intervenen els uns amb els altres, exercint influències complementàries o contradictòries: rugositat del sòl variable en funció de la situació dins la ciutat, estabilitat de la massa d'aire, desviació dels vents, humitat relativa més feble, temperatures més elevades, desenvolupament dels núvols convectius, augment del diàmetre, augment del diàmetre de les gotes a sotavent. (...) Les condicions són encara modificades pel lloc de la ciutat (altiplà, vall) per la morfologia urbana (espai compacte, nombrosos nuclis de verdor) per la forma, el color dels edificis i, ben entès, pel nivell de la pol·lució atmosfèrica".

El projecte METROMEX (CHANGNON *et al.*, 1971; CHANGNON *et al.*, 1975; ACKERMAN *et al.*, 1978) és el primer estudi seriós de l'efecte urbà en la precipitació, que es va fer a la ciutat de St. Louis, al centre-est d'Estats Units. Aquest projecte d'investigació no només analitza la distribució de la precipitació utilitzant les imatges de radar, sinó també estudia la distribució del vent, amb l'objectiu de detectar zones de

convergència on hi hagi més probabilitats de que s'iniciï la precipitació. És important en aquest treball l'anàlisi de l'illa de calor urbana, ja que és un factor que afavoreix la convecció i la precipitació urbana. També s'analitza la distribució vertical del contingut del vapor d'aigua a través dels cicles diürns de la proporció de mescla, i en aquest sentit s'estudia la temperatura del punt de rosada en funció de la direcció del vent i la nuvolositat. Altres factors analitzats són la distribució espacial de la temperatura potencial equivalent i la distribució dels aerosols.

L'increment pluviomètric de les ciutats es detecta tant al centre urbà com especialment a la zona de sotavent de la ciutat (BURIAN *et al.*, 2005). Segons Bornstein i Lin (2000) el màxim de precipitació que s'observa en les tempestes a sotavent de la ciutat d'Atlanta s'ha de relacionar amb l'illa de calor urbana i el vent que genera, amb una màxima convergència del vent a sotavent de la ciutat. Segons Pagenkopf (2006): "Hi ha una tendència a l'increment de la precipitació de Berlín a sotavent de la ciutat a l'est de la ciutat en zones on hi hagut un increment de la zona urbanitzada, mentre que al centre de la ciutat s'ha observat un descens de la precipitació en les últimes dècades".

La situació del màxim pluviomètric depèn de les condicions meteorològiques del moment. En aquest sentit Bornstein (2011) afirma que amb vents encalmats, el màxim pluviomètric de les tempestes es produeix al centre de la ciutat, amb vents fluixos el màxim pluviomètric es produeix a l'eix de sotavent del centre urbà, mentre que amb vents moderats el màxim pluviomètric es produeix tant a sotavent de la ciutat com a les àrees laterals de la ciutat.

Shepherd (2005) descriu els mecanismes que originen l'increment de la precipitació urbana el següent: "Els mecanismes possibles dels medis urbans per impactar en la precipitació o convecció inclouen un d'aquests o la combinació dels següents:

- 1) Increment de la convergència degut a l'augment de la rugositat de la superfície en el medi urbà.
- 2) Desestabilització degut a la pertorbació tèrmica de l'illa de calor de la capa límit i una translació a sotavent de la circulació de l'illa de calor o generació de núvols convectius degut a l'illa de calor.
- 3) Augment d'aerosols en el medi urbà per nuclis de condensació de núvols.
- 4) Bifurcació o divergència dels sistemes de precipitació pel pal·li urbà o processos relacionats.

Huff i Changnon (1972) donen altres causes per justificar l'increment pluviomètric de les ciutats:

- 1) Inestabilització atmosfèrica a través de l'existència de l'illa de calor.
- 2) Modificació dels processos dinàmics i microfísics en els núvols a través de la introducció de nuclis de condensació i nuclis de gel a través de la contaminació atmosfèrica procedent de indústries.
- 3) Increment en la turbulència degut a l'obstrucció del flux d'aire per la rugositat de la superfície urbana.
- 4) Modificació del contingut de vapor d'aigua dels baixos nivells atmosfèrics per addició d'aquell procedent de les indústries que generen plomalls procedents de torres de refredament, i també a través de canvis en l'evapotranspiració natural dins de la ciutat resultant d'un més gran percentatge de superfície impermeable en àrees centrals urbanes.

Van den Heever i Cotton (2007) posen de relleu la influència contradictòria de la ciutat en la precipitació: “Els diferents fenòmens que produeixen els aerosols en la precipitació urbana impliquen una contradicció, poden augmentar o disminuir la precipitació. Està observat que l’aire contaminat en regions urbanes i industrials pot actuar per reduir la precipitació de diferents sistemes nuvolosos en diferents regions del món. (Ramanathan *et al.*, 2001, Rosenfeld 1999, 2000, Borys *et al.* 2000, 2003; Givati i Rosenfeld, 2004, Jirak i Cotton, 2006). L’aire contaminat emanat per una àrea urbana és ric en nuclis de condensació de núvol. Una concentració elevada de nuclis de condensació presents en àrees urbanes inhibeix la precipitació ja que produeixen un espectre més estret de gotes de núvol que inhibeix els processos d’acreció (Warner i Towney 1967, Warner 1968, Rosenfeld 1969). Els nuclis gegants de condensació presents en àrees urbanes com St. Louis afavoreixen la precipitació. Sembla que el retard en el desenvolupament dels moviments descendents degut a un augment del nombre de gotetes de núvol pot augmentar la convecció profunda. Això incrementa el potencial per l’activitat elèctrica i la forta precipitació. Així, l’augment dels aerosols urbans pot suprimir la precipitació inicialment, però eventualment pot incrementar la precipitació acumulada a sotavent.

Guo *et al.* (2006) afirma que les seves investigacions han demostrat que la turbulència mecànica resultant d’un increment de la rugositat de la superfície en àrees urbanes pot incrementar la convergència de baixos nivells, i finalment disparar la producció de precipitació sobre la regió urbana i a sotavent d’aquesta. La zona urbanitzada pot crear una zona d’obstrucció que evita l’aproximació de cèl·lules convectives que entren a la regió, i tendeixen a bifurcar-se al voltant de la regió urbanitzada.

La circulació urbana és alliberada per l’augment dels fluxos de calor sensible, per la rugositat de la superfície de la regió urbana (HUFF I VOGEL, 1978), el calor sensible té un efecte més important que la humitat en la determinació de la localització de les activitats dels cúmuls inicials i els primers núvols convectius.

Givati i Rosenfeld (2004) van observar tant a Califòrnia com a Israel una disminució de la precipitació a la part occidental de les serralades situades a sotavent de les ciutats costaneres, especialment en núvols càlids i orogràfics. Aquesta reducció de la precipitació a sotavent és d’un 15-25 % respecte les àrees situades a sobrevent i és conseqüència de la pol·lució que transporten aquests núvols estrets. Segons Givati i Rosenfeld (2004): “En aquest estudi, hem evitat adreçar-nos als efectes de confusió de la inseminació glaciogènica dels núvols orogràfics que ha tingut lloc tant a Israel com a Califòrnia. Si la inseminació hauria d’incrementar la precipitació, els efectes en l’absència de la inseminació podrien haver estat més grans que els indicats en aquest estudi”.

Rosenfeld *et al.* (2008) han realitzat un estudi similar a Givati i Rosenfeld (2004) en què analitzen les precipitacions orogràfiques a les Rocalloses. Segons Rosenfeld *et al.* (2008): “La contaminació atmosfèrica pot inhibir la precipitació, especialment les partícules més petites, els aerosols. Els aerosols atmosfèrics provoquen una disminució de la precipitació, ja que disminueixen el procés d’acreció de les gotetes dels núvols. Les precipitacions orogràfiques són les més afectades per la disminució de precipitació”. Rosenfeld *et al.* (2008) expliquen les causes que recolzen aquesta hipòtesi: “Les observacions recents de les trajectòries de pol·lució que disminueixen la precipitació en núvols d’àrees urbanes o industrials a sotavent dona la primera

.....

evidència d'un paper dels aerosols de pol·lució en la supressió de precipitació. Les anàlisis de les sèries temporals pluviomètriques quantifiquen aquests efectes en precipitació orogràfica a sotavent de les àrees urbanes i mostren descensos del 10 al 25 % respecte a la base anual. Els efectes són més complicats per a precipitació de núvols convectius. La supressió inicial de la precipitació retarda l'arribada de la precipitació i permet que els núvols creixin més grans i vigorosos abans de l'inici de la precipitació. Això porta a precipitacions més intenses i tempestes". Rosenfeld *et al.* (2008) afirmen: "Aquests mesuraments mostren alts nivells de nuclis glaciògens a sotavent de la ciutat que suprimeixen la acreció i la precipitació en núvols que es formen en el piemont de la Serra Nevada. Això recolza la hipòtesi que la tendència descendent de la precipitació orogràfica és causada per la tendència creixent dels nuclis glaciògens antropogènics. Així es demostra que l'addició d'una quantitat tan petita com $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de sulfat en un aire net pot reduir la taxa orogràfica de neu caiguda en la Serralada de les Rocalloses de Colorado en un 50 %, degut a la supressió de les unions dels cristalls de gel amb les gotetes de núvols més petites".

Els efectes de la contaminació en la precipitació varien en funció de la mida dels aerosols. Així els aerosols grans (més de 1 micra) incrementen la precipitació. Aquestes partícules contaminants són emeses per les indústries papereres (HOBBS *et al.*, 1970). En relació amb aquest tipus de contaminació es pot emetre una hipòtesi, tenint en compte que la fàbrica Hinojosa Sarrià de Ter (indústria paperera) ha disminuït en les dues darreres dècades l'emissió de partícules contaminants, la precipitació ha disminuït a Girona. Els petits aerosols (menys de 1 micra) inhibeixen la precipitació (GIVATI I ROSENFELD, 2004). Entre aquests trobem les partícules de fum de biomassa, partícules de fum dels vehicles

Rosenfeld (2008) sosté que la influència dels aerosols en la precipitació és contradictòria. Així segons Rosenfeld (2008): "Els aerosols serveixen com a nuclis de condensació de núvols (CCN) i, per tant, tenen un efecte substancial sobre les propietats dels núvols i l'inici de la precipitació. S'ha informat que les grans concentracions d'aerosols fetes per l'home augmenten i disminueixen les precipitacions com a resultat de les seves propietats relatives i de CCN. En un extrem els núvols tropicals prístins amb baixes concentracions de CCN hi plou massa ràpid per madurar i convertir-se en núvols de llarga vida. D'altra banda, els núvols molt contaminats evaporen gran part de la seva aigua abans de que pugui ocórrer la precipitació, si es poden formar, com a conseqüència del reduït escalfament de la superfície que resulta de la capa de boirina d'aerosol".

Han *et al.* (2014) sostenen que l'increment de la quantitat dels aerosols atmosfèrics té una influència diferent en la quantitat d'aigua caiguda al sòl que varia segons el tipus de condició atmosfèrica, en pluges càlides hi ha una supressió de la precipitació, mentre que en precipitacions convectives hi ha un increment de la precipitació caiguda a sotavent de la ciutat. Han *et al.* (2014) afirmen que "Per exemple, un estudi de modelització mesoescalar tridimensional de Ntekkelos *et al.* (2009) del nord-est d'Estats Units incloent la ciutat de Nova York mostra que l'increment de la concentració d'aerosols pot portar tant a un increment o supressió de la precipitació de les tempestes convectives intenses, que depèn de l'energia disponible convectiva potencial (CAPE), la humitat relativa i la cisallament del vent. Un CAPE elevat, elevada humitat relativa, i forta cisallament del vent va ser trobat que resulta en un increment de la precipitació amb un increment de la concentració dels aerosols".

També hi ha altres factors meteorològics diferents de la contaminació que expliquen la disminució de la precipitació dins les ciutats. Així Fernandez García *et al.* (1993) afirmen que els fronts perden activitat a mesura que entren dins d'una ciutat. Aquest fenomen s'ha observat a París, on els observatoris urbans enregistren menys precipitació en situacions frontals respecte la perifèria de la ciutat. Changnon (1991) analitza la precipitació estacional a Sant Louis i dona les explicacions de les diferències trobades: "Hi ha una petita evidència d'increments que són trobats en precipitació hivernal estratiforme i decreixements de sotavent en hivern de precipitació postfrontal. Els resultats en general indiquen que quan la dinàmica de l'atmosfera és més forta, com a últims de tardor, hivern i primers de primavera, les influències urbanes que són suficients per alterar la precipitació són negligibles. L'absència d'increment de precipitació a l'hivern quan l'àrea urbana és relativament més càlida i humida que a la primavera i a l'estiu suggereix que els factors urbans no són els crítics per alterar la formació de la precipitació. Els resultats de l'hivern suggereixen que l'escalfament urbà i els canvis d'humitat no són factors crítics, l'estació de transició suggereix que els aerosols urbans (nuclis de condensació de gel o l'estretament de la convergència de la capa límit urbana (i els moviments resultats cap amunt) són els factors atmosfèrics més crítics que porten a increments en la precipitació. La modificació de núvol pot succeir per iniciar més processos de pluja en núvols convectius, com en núvols d'estiu. La convergència urbana porta a núvols més primerencs i amb més quantitat i més núvols productors de pluja i més unions de núvols convectius, i sembla donar-se a tardor i primavera, i també a l'estiu. Les troballes de Sant Louis a l'estiu estableixen que les influències urbanes són més prevalents en moderades a fortes activitats convectives".

Guo *et al.* (2006) afirmen que la ciutat pot incrementar o disminuir la precipitació en funció de diferents aspectes de la microfísica del núvol i de la dinàmica atmosfèrica: "Els mecanismes dels efectes urbans en la precipitació són complexos. D'una banda, la microfísica del núvol en resposta a l'increment dels aerosols urbans pot reduir la precipitació, com suggereixen Rosenfeld (2000) i Ramanathan *et al.* (2001). D'altra banda, la dinàmica i local i la termodinàmica associades amb l'illa de calor indueixen una zona de convergència i la capa límit desestabilitzada pot disparar la precipitació urbana". Guo *et al.* (2006) afirmen que molts estudis suggereixen que el forçament dinàmic urbà és més important per a la modificació de la precipitació urbana que la microfísica o l'alliberament d'humitat

L'increment de la precipitació a les ciutats en algunes ocasions es dona al centre, quan l'illa de calor urbana és important, però molt sovint la màxima precipitació es produeix a sotavent de l'àrea urbana. Segons Hand i Shepherd. (2009): "Els increments en la precipitació degut als efectes urbans són típicament observats a distàncies entre 30 i 75 km de la centre de la ciutat". La figura 3.6 permet observar la influència de la ciutat en la precipitació en les tempestes. Aquest és un diagrama idealitzat basat en Shepherd *et al.* (2002) mostra la regió de més creixement de precipitació degut als efectes urbans. Les àrees situades a 25-75 km a sotavent del centre urbà i al voltant d'un sector de 125° són les que experimenten típicament el més gran increment en la precipitació degut a la regió urbana. El vent mitjà advectat es considera a 700 hPa segons Hand i Shepherd (2009). A la part de l'esquerra de la figura 3.6, en la zona en què el vent encara no ha arribat a la ciutat, es considera la zona de sobrevent, mentre que a la part de la dreta, és la zona a sotavent de la ciutat. L'efecte urbà en la

precipitació convectiva és major en la zona de sotavent i menor a les àrees laterals del vent perpendicular a la ciutat.

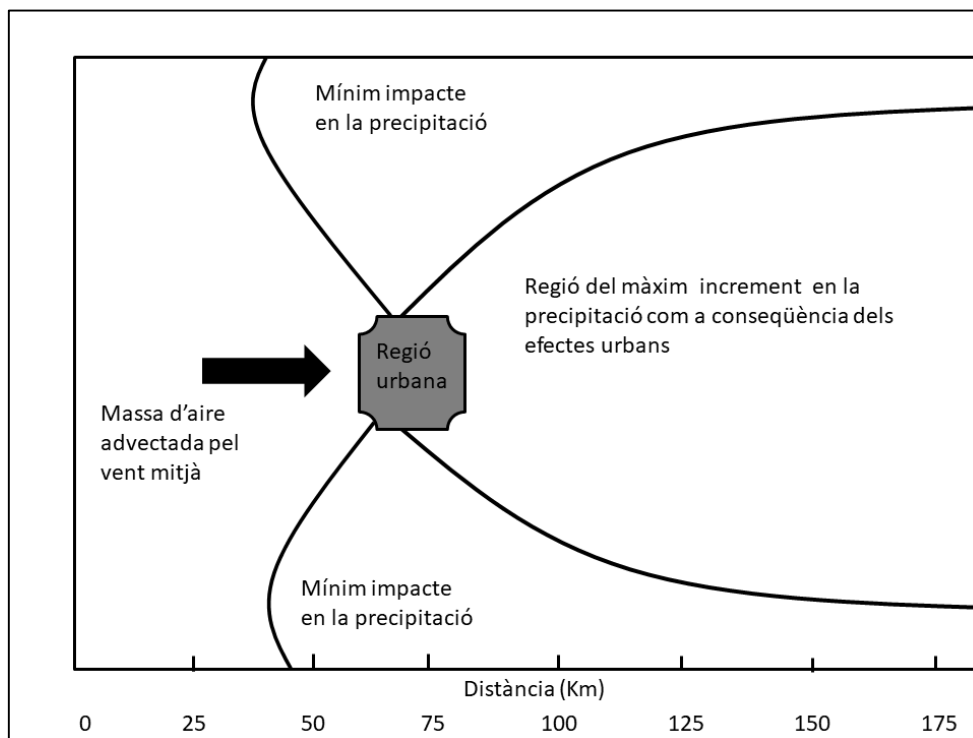


Figura 3.6 Influència de la ciutat en la precipitació convectiva. Elaboració pròpia a partir del diagrama basat en Shepherd *et al.* (2002) i reelaborat per Hand i Shepherd (2009).

Després de resultats recents (Sheperd, 2005, Mote *et al.* 2007, Stallins i Rose 2008, Rose *et al.*, 2008) hi ha una evidència clara que la convecció i la precipitació poden ser incrementades o iniciades per regions urbanes. El debat sobre el paper dels medis urbans en la precipitació està sobre la taula. Kaufmann *et al.* (2007) suggereixen que la urbanització en el Pearl River Delta de China ha reduït la seva precipitació local degut a canvis en la hidrologia superficial. Guo *et al.* (2006) van trobar que la pluja acumulativa era descendent al voltant de Pequín.

Mote *et al.* (2007) observen un increment de la precipitació en les tempestes d'Atlanta: "Els descobriments més interessants són l'increment en la precipitació mitjana diària en un 30 % a l'est de la Atlanta metropolitana, comparada amb l'oest de la ciutat, més clarament entre 0 i 5 UTC". L'est d'Atlanta està a sotavent de la ciutat, per tant l'increment de la precipitació en aquesta zona té una índole urbana clara. Segons Bornstein i Lin (2000) el màxim de precipitació que s'observa en les tempestes a sotavent de la ciutat d'Atlanta s'ha de relacionar amb l'illa de calor urbana i el vent que genera, amb una màxima convergència del vent a sotavent de la ciutat.

3.11.1 Mètodes d'estudi de precipitació urbana

La precipitació és una variable meteorològica que no és contínua en l'espai i el temps com succeeix pel cas de la temperatura, sinó que és discontinua. Per tant els mètodes per analitzar els efectes urbans en la precipitació seran diferents que per la temperatura, com afirma Lowry (1998). Lowry afirma que la comparació de les dades mensuals d'un observatori rural i un altre urbà és insuficient si no es fa una

classificació de les diferències urbano-rurals segons categories sinòptiques, tipus de precipitació, etc. També discuteix sobre varis problemes potencials amb mètodes usats en estudis històrics de precipitacions urbanes. Afirmar que “és complicat de separar els efectes urbans de influències topogràfiques en la precipitació en les ciutats”. A Espanya s’han realitzat poques investigacions dins el camp de la climatologia urbana sobre la influència urbana en les precipitacions. Així tenim l’aplicació de mètodes relativament senzills, com comparar les precipitacions mensuals d’observatoris urbans i rurals, aquest és el cas de la ciutat de Madrid (FERNÁNDEZ GARCÍA, 1993). Una altra metodologia emprada és analitzar la freqüència de la precipitació segons el dia de la setmana (MORENO GARCÍA, 1988) per tal de detectar un increment de la freqüència de la precipitació en dies laborables respecte els dies festius.

El radar és una bona eina per a l’anàlisi de l’efecte urbà en la precipitació ja que permet tenir un seguiment temporal de la precipitació i a més no s’aprecien les discontinuïtats espacials que s’observen amb altres mètodes com és la comparació de diferents observatoris meteorològics. Aquesta eina s’utilitza en el treball de Sheperd *et al.* (2002).

La utilització de models de mesoscala (MM5 i WRF) per analitzar el biaix urbà en la precipitació és força comuna en les últimes dècades. Així es comparen els resultats simulats pel model mesoescalar amb la precipitació real dels pluviòmetres dels observatoris meteorològics, com en el treball de Trusilova *et al.* (2009).

3.11.2 Aspectes temporals de la precipitació

La ciutat no només comporta un increment de la quantitat de la precipitació respecte les seves rodalia rurals, sinó també un augment de la freqüència de la precipitació, especialment de precipitacions intenses (MORENO, 1999; HUFF i CHANGNON, 1972).

Cal remarcar que l’increment del nombre de dies de precipitació es concentra especialment en els dies laborables ja que l’activitat antròpica és més elevada i la contaminació és més intensa en aquests dies. A les ciutats molt grans la freqüència de la precipitació és més elevada en els dies feiners que als dies festius. Diferents ciutats d’Estats Units tenen un 13 % més de dies de precipitació entre setmana que al cap de setmana (MORENO, 1999). En el cas de la ciutat de Barcelona no sembla que es produeixi un increment pluviomètric respecte la seva perifèria (MORENO, 1999). En canvi a Madrid la precipitació és més elevada en els observatoris urbans que als pobles dels voltants (FERNÁNDEZ GARCÍA, 1993). Schultz *et al.* (2007) no han trobat cap periodicitat en la precipitació, no han trobat cicles setmanals amb màxim de la precipitació en els dies feiners i mínim als dies festius. Schultz *et al.* (2007) afirmen que el cicle de precipitació està causat per la més elevada contaminació que es dona a les ciutats en els dies laborables, així assenyalen: “Un test estadístic indica que les variacions de la precipitació al llarg de la setmana no són degudes a l’atzar. El pic de mitjans de setmana de la pluja sobre terra coincideix amb un ben documentat pic de pol·lució a mitjans setmana sobre gran part dels EUA, i probablement es deu a altres variacions setmanals de la influència humana. El creixement de mitjans de setmana és també probablement una conseqüència de l’escalfament radiatiu o refredament de l’atmosfera pels aerosols”.

L'època de l'any en què s'observa una major precipitació a les ciutats és l'estiu com a conseqüència de la gran freqüència de tempestes. Així a les ciutats les precipitacions convectives són afavorides per l'illa de calor urbana, les partícules contaminants i la turbulència mecànica (MORENO GARCÍA, 1999). Així varis climatòlegs urbans (CHAGNON, 1968, LANDSBERG, 1970 i 1972) han trobat una evidència clara d'un augment de la precipitació en l'estació càlida d'un 9 al 17 % sobre i a sotavent de ciutats grans. Trusilova *et al.* (2009) afirmen com en algunes ciutats mediterrànies la urbanització no produeix un increment de la precipitació sinó una disminució: "Una forta reducció de la precipitació d'estiu va ser produïda per la disminució de l'evaporació superficial. L'àrea en què la precipitació va ser afectada va créixer en una proporció lineal respecte l'increment de terra urbana. Aquest petit efecte esdevé important quan agafem en compte el creixement de proporció de terra en què succeeix. La màxima reducció de la precipitació d'estiu prové pel creixement de ciutats, en uns valors que eren superiors a 0,2 mm/dia (6 mm/mes) en una àrea al nord d'Itàlia. Aquestes investigacions suggereixen que modificacions locals de la coberta del sòl que tenen un canvi de terra amb vegetació a terra urbana poden alterar significativament la temperatura i precipitació d'àrees més grans que les ciutats. Així, la urbanització pot causar efectes significatius en el clima en una escala regional i que no haurien d'estar negligits en prediccions de clima regional per científics del clima i gestors quan les ciutats en la regió d'interès s'espera que creixin. Per a Fernández García (1993) els efectes de la ciutat de Madrid sobre la precipitació varien en funció de l'any, així a l'estiu té més importància l'illa de calor urbana i a l'hivern els efectes de retardament dels fronts per la rugositat de la ciutat i la contaminació atmosfèrica.

Segons Huff i Changnon (1973) els estudis de la precipitació diària i de la pluja forta (>50 mm) indiquen que els mecanismes urbans associats són més actius en augmentar la pluja en l'àrea de sotavent quan era moderada o forta. Les anàlisis diürnes indiquen que la intensificació urbana era més gran en el pic de la tarda d'escalfament diürn. Les anàlisis de relacions de cap de setmana i entre setmana en l'estació càlida revelen una diferència estadísticament significativa, amb una més gran freqüència de pluja entre setmana que el cap de setmana amb un major efecte a l'est de la ciutat (zona sotavent).

La influència de la ciutat en l'increment de precipitació respecte els camps que l'envolten és més forta a la tarda i a la nit que a primeres hores del dia. Així Chen *et al.* (2007) han trobat un increment de la precipitació de la tarda i nit a la ciutat de Taipei (Taiwan) com a conseqüència de la urbanització: "L'impacte de l'illa de calor de Taipei en la precipitació és d'un increment en la precipitació degut a l'augment de la temperatura en les capes baixes troposfèriques, en la superfície, la qual cosa incrementa el gradient vertical tèrmic. Les tempestes de tarda i nit de Taipei s'han incrementat en les darreres dècades, així com la quantitat de precipitació".

YANG *et al.* (2013) analitzen la distribució temporal i la quantitat de la precipitació estiuenca en funció de la precipitació acumulada en intervals de 1-3-hores, 4-6 hores, 7-12 hores i més de 12 hores. Les pluges en aquesta estació astronòmica són fonamentalment de curta durada (1-3 hores), igual com a la primavera i a la tardor. Les pluges de duració inferior a 6 hores representen més del 50 % de la freqüència total de la precipitació, 59,1 % respecte el còmput global diari de precipitació i 66,7 % del total de duració.

Yang *et al.* (2013) es refereixen a la distribució de la precipitació de Pequín citant el treball de Li *et al.* (2008): "Li *et al.* fan una anàlisi detallada de les característiques climàtiques i tendències seculars de les variacions diürnes de la precipitació estiuenca a Beijing. Ells mostren els relativament alts valors de la quantitat de pluja i freqüència de pluja de finals de tarda i inicis del matí. Ells troben també que la pluja de finals de la tarda fins a mitjanit principalment està associada amb esdeveniments de pluja de curta duració (1-6 hores), mentre que la pluja des de la mitjanit fins als inicis del matí ocorre més sovint en forma de pluja d'episodis de llarga duració". Yang *et al.* (2003) explica que el màxim del nord-est de la zona urbanitzada de Pequín pot ser resultat parcialment dels efectes de la urbanització que incrementa la inestabilitat convectiva de la baixa troposfera.

Wang *et al.* (2012) han focalitzat la seva investigació en analitzar la quantitat i intensitat de la precipitació de la pluja estiuenca en diferents trams trihoraris a la ciutat de Pequín. Segons Wang *et al.* (2012) "la distribució espacial de la precipitació de Pequín al llarg del dia no està controlada únicament per l'efecte urbà, sinó per l'escalfament diürn produït per la radiació solar, les brises de vall i de muntanya i així afirmen: Les diferències en la distribució espacial de la precipitació les atribueixen entre el migdia i el matí a la brisa de vall que és generada per l'escalfament causat per la radiació solar i als camps de divergència de vent que s'estableixen entre les zones urbanes i les àrees urbanes de creixement lent. Després de les 14 hores LST les precipitacions són atribuïdes a l'efecte urbà (l'illa de calor urbana), ja que indueix una zona de convergència i inicia una convecció profunda i humida donant lloc a un increment de la precipitació. A mitjanit, encara que els vents de muntanya haurien d'incrementar la convergència en les zones urbanes principals i de creixement lent, el refredament de la superfície degut a la radiació d'ona llarga és desfavorable pel moviment d'ascens, que contraresta l'increment en la precipitació. Durant les primeres hores del matí, encara que la circulació de vents de muntanya és forta i la temperatura és més alta a la ciutat que a la perifèria, la velocitat del vent és reduïda al centre urbà, possiblement degut a la rugositat de superfície i els processos forts de barreja vertical (PIELKE *et al.*, 2007, MIAO *et al.*, 2009). Tant els pics nocturns com els màxims de tarda de la freqüència de la precipitació estan atribuïts a la divergència associada amb vents muntanya-vall i a la urbanització a través de l'efecte de l'illa de calor per YIN *et al.* (2011). WANG *et al.* (2012) correlacionen la precipitació horària i diària amb la temperatura i la humitat relativa; els valors de correlació entre la precipitació i la temperatura són molt alts, superiors a 0,9".

MARTÍN VIDE *et al.* (1998) analitza la distribució de la precipitació en funció del dia de la setmana en diferents ciutats espanyoles (Madrid, Barcelona, València, Màlaga i La Corunya) i no troba diferències significatives de la seva freqüència. Els dies festius no presenten una freqüència inferior de la precipitació respecte els dies feiners. S'ha de remarcar que en la seva investigació no només s'estudia la distribució diària de la precipitació apreciable, sinó el nombre de dies amb precipitació igual o superior a 10 mm i la quantitat de la precipitació total. Segons MARTÍN VIDE *et al.* (1998) l'efecte urbà és poc conegut a les ciutats espanyoles i més dèbil del que es suposa. No obstant s'observa un lleuger increment del nombre de dies de precipitació a les ciutats espanyoles respecte als afores. MARTÍN VIDE *et al.* (1998) ho atribueix a una major rugositat i continuïtat dels observadors meteorològics urbans respecte els rurals, no pas a un efecte urbà positiu en la precipitació.

3.12 Modificació urbana de la humitat relativa

La ciutat té una humitat relativa més baixa que el camp especialment durant les hores nocturnes (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987; MORENO, 1999). Això es deu a l'efecte de l'illa de calor que implica que, amb una idèntica quantitat de vapor d'aigua en zones urbanes i rurals, la major temperatura de la ciutat hi provoca una humitat relativa menor que al camp. Aquest efecte es nota especialment a la nit. Això és conseqüència de la illa de calor urbana. Així, si la humitat absoluta és la mateixa en la ciutat i als voltants, com que tenim una temperatura més elevada dins la ciutat, llavors la humitat relativa hi és inferior. Així es parla de l'illa de sequedat urbana, i, igualment com es fan els mapes de temperatura urbans, també es fan mapes d'humitat relativa de les àrees urbanes. En els transectes tèrmics fets amb cotxe es porta un termohigròmetre que assenyala la temperatura però també la humitat relativa. En canvi hi ha una major presència de vapor d'aigua a la ciutat, fonamentalment en hores nocturnes, mentre que al migdia la ciutat té una humitat absoluta menor que al camp (LANDSBERG, 1981, MORENO GARCÍA, 1999; YANG *et al.*, 2017).

També cal tenir en compte, que la humitat relativa davalla en les àrees urbanes respecte el camp. Això es deu a la menor presència d'aigua al sòl gràcies al ràpid escorrentia que es produeix a les àrees urbanitzades, perquè el sòl és impermeable, mentre que al camp hi ha una certa acumulació d'aigua al sòl. Tot i això la humitat absoluta pot ser més elevada a les ciutats que al camp, especialment de nit, mentre que durant el dia s'observa una menor presència de vapor d'aigua a la ciutat respecte el camp, com a conseqüència a la menor evapotranspiració que hi ha a la ciutat, degut a la poca vegetació, en comparació al camp o boscos circumdants, on la vegetació allibera humitat a l'aire. L'illa de calor urbana és un fenomen que provoca una humitat relativa més baixa als centres urbans. Així, si tenim en compte que la quantitat de vapor d'aigua és el mateix a la ciutat que els afores, les temperatures nocturnes més altes a les urbs impliquen unes humitats relatives més baixes.

Yang *et al.* (2017) assenyalen que l'illa de sequedat urbana de Pequín és més elevada a la nit i és més dèbil al migdia. L'illa de sequedat urbana és més forta a la tardor i és més dèbil a la primavera i a l'hivern. S'observen fortes oscil·lacions de l'illa de sequedat a les hores properes a la posta de sol, amb un increment important de l'illa de sequedat cap a les hores nocturnes. Els valors més elevats d'humitat relativa es donen a les zones suburbanes i rurals durant la nit, mentre que els valors més baixos de la humitat relativa es produeixen a les zones urbanes al migdia.

Oke (1987) explica l'efecte de la ciutat en la humitat relativa: "Les diferències de humitat urbano-rurals són bastant petites, i els patrons espacials són sovint complexos. El consens dels estudis de latituds mitjanes suggereixen que el pal·li urbà és més sec durant el dia, però lleugerament més humit durant la nit. Aquest patró és més evident durant el bon temps estival. Les dades rurals mostren la característica d'un cicle doble de la humitat. Durant el dia les humitats rurals són més elevades i això pot atribuir-se a la més gran evapotranspiració. A l'inici del vespre l'aire rural es refreda més ràpidament i esdevé més estable que l'aire del pal·li urbà. La humitat llavors convergeix en les capes més baixes de la atmosfera rural perquè l'evapotranspiració de la superfície excedeix la pèrdua de nivells alts per la caiguda de la turbulència. Llavors la humitat rural descendeix durant la nit, es forma una inversió de vapor, i el contingut d'humitat de les capes baixes és eliminat per la rosada. D'altra banda, a la

ciutat la combinació de la baixa evaporació, la reduïda rosada, i el vapor antropogènic, i l'estancament del flux d'aire manté una elevada humitat a l'atmosfera del volum d'aire del canyó. Després de la sortida del sol l'evaporació de la rosada i la destil·lació de l'aigua de superfície ràpidament emplena d'humitat l'atmosfera rural perquè el transport convectiu és desenvolupa lentament. Més tard i durant el dia la inestabilitat promou la barreja de vapor des de la capa de superfície amb la superior i les concentracions de vapor en ambdues àrees són diluïdes”.

L'excés d'humitat en la nit exhibeix una illa de vapor similar a la de temperatura. El centre de la ciutat és $1,8 \cdot 10^2$ Pa més humit que les àrees rurals properes quan la intensitat de l'illa de calor era de $4,4^\circ\text{C}$. En aquest cas l'illa d'humitat també té un esglaó que correspon amb la frontera urbano-rural. Durant el dia, quan la ciutat és més seca, el patró d'humitat és més amorfa.

Escourrou (1980) dona les seves causes de l'inferior humitat relativa a la ciutat respecte el camp: “La humitat relativa davalla en les àrees urbanes respecte el camp. Això es deu a la menor presència d'aigua al sòl gràcies a la ràpida escolament que es produeix a les àrees urbanitzades perquè el sòl és impermeable, mentre que al camp hi ha una certa acumulació d'aigua al sòl. Tot i això la humitat absoluta pot ser més elevada a les ciutats que al camp, especialment de nit, mentre que durant el dia s'observa una menor presència de vapor d'aigua a la ciutat respecte el camp, com a conseqüència a la menor evapotranspiració que hi ha a la ciutat, degut a la poca vegetació, en comparació al camp o boscos circumdants, on la vegetació allibera humitat a l'aire. L'illa de calor urbana és el 3r factor que dona com a resultat una humitat relativa més baixa als centres urbans. Així si tenim en compte que la quantitat de vapor d'aigua és el mateix a la ciutat que els afores, les temperatures nocturnes més altes a les urbs impliquen unes humitats relatives més baixes”.

Brunet India (1993) compara la humitat relativa de l'aeroport de Reus i de la ciutat de Tarragona en diferents períodes temporals. Així Brunet afirma: “En la comparació entre ambdós quinquennis es desprèn el diferent comportament de la ciutat respecte l'aeroport. Ara bé, l'impacte més destacat de la comparació entre ambdós períodes ho constitueix la notable reducció dels mitjanes urbans en relació als obtinguts per l'aeroport entre el quinquenni inicial i el final. la qual cosa evidencia l'impacte del creixement urbà i industrial sobre aquesta variable. Efectivament, mentre que en el primer tots els mitjanes indicaven valors més alts en la ciutat, en el final. a excepció de la mitjana de l'estiu i dels corresponent als mesos que l'integren, tots els restants obtinguin a l'aeroport. (...) El notable impacte higromètric del creixement urbanístic i industrial de Tarragona, al produir-se entre els anys inicials de la sèrie i els finals una reducció important del contingut mitjà d'humitat en la ciutat que es manifesta tant en el règim anual com en l'evolució mensual de la mateixa. (...) La ciutat de Tarragona és menys humida a les 7 i 18 hores, mentre que a les 13 hores és més humida que l'aeroport. (...) El diferent significant anual de la humitat relativa entre un i altre medi, al constatar-se un cicle en la magnitud de les diferències obtingudes entre ambdós observatoris, ja que el semestre càlid presenta valors clarament superiors en la ciutat i en el fred aquests són semblants o inferiors”. Per tant, a l'estiu fa més humitat a Tarragona respecte l'aeroport que a l'hivern, però no perquè és influència urbana, sinó per la proximitat del mar, més gran en el cas de Tarragona, la qual cosa afavoreix una humitat relativa més elevada.

Jáuregui i Tejeda (1997) investiguen a Mèxic els valors d'humitat específica en estacions urbanes-suburbanes i urbanes-rurals i troben una marcada variació estacional de la humitat específica de 7,9 g/kg durant els mesos secs i 10 g/kg en l'estació humida (maig-octubre). Una comparació de la humitat específica urbana i rural en base horària mostra que l'aire urbà és més humit durant la nit, el contrari ocorre de dia, segons Jáuregui i Tejeda (1997). Les ciutats esdevenen més seques durant les hores centrals del dia com a conseqüència de l'ascens de la capa límit, el descens de l'evapotranspiració i un increment de la turbulència.

Holmer i Eliasson (1999) estudien el paper del vapor d'aigua en el desenvolupament d'illes de calor a Goteborg, on s'observa com l'illa de vapor humida implica un descens de la intensitat de l'illa de calor urbana. Holmer i Eliasson (1999) afirmen: "que la convecció causada per l'illa de calor porta al desenvolupament de sistemes de vent cap al centre de la ciutat, que al seu torn porta canvis en la pressió de vapor d'aigua urbana. L'excés d'humitat urbana té una considerable retroalimentació negativa en el desenvolupament de l'illa de calor urbana".

Çicek (2009) analitza la influència urbana en la humitat a Ankara: "L'observatori urbà té més humitat que l'observatori rural a l'estiu. La diferència esdevé remarcable en l'estació càlida. El fet que la ciutat sigui més humida és causat per l'augment de l'evapotranspiració en àrees urbanes, mentre la collita de gra en les àrees rurals redueix l'evapotranspiració. El descens de l'evapotranspiració en àrees rurals es deguda a la sequera estival mentre un increment de les àrees urbanes és causat per un vapor d'aigua addicional en l'atmosfera degut a les activitats industrials i la irrigació de les àrees verdes. S'ha d'afegir que la convecció ascendent a la tarda en àrees rurals transporta vapor d'aigua a nivells alts de l'atmosfera que fa disminuir el vapor d'aigua en les capes de superfície. L'evapotranspiració en àrees urbanes s'incrementen força amb la irrigació dels parcs durant la tarda. Això incrementa la transferència de calor latent i fa davallar l'amplitud de l'illa de calor".

Balling i Brazel (1986) afirmen: "Phoenix, Arizona, esdevé un cas d'estudi per múltiples canvis en el clima associats amb la urbanització. Les anàlisis de les dades del temps de llarg termini al voltant de la dècada dels 80 del segle XX mostra un descens en la temperatura del punt de rosada i de la humitat relativa; un increment de la demanda evaporítica com a resultat d'un medi urbà més càlid sec i ventós. Aquests canvis estan relacionats aparentment a la ràpida urbanització del camp dels voltants irrigats. En contrast, Tucson, al sud-est de Phoenix, està voltat per camp sec o desert natural i no mostra canvis del clima com Phoenix".

3.13 Modificació urbana del vent

Les zones urbanes són ombres eòliques com a conseqüència de l'elevada rugositat de la superfície urbana, amb la presència d'edificis que provoquen un frenat del vent. Així a la ciutat la velocitat del vent disminueix respecte els camps dels voltants d'aquesta, la freqüència de vents encalmats augmenta i els vents intensos sovintegen menys que als afores (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987). No obstant cal fer una excepció d'aquesta norma, a la nit sovint tenim una velocitat del vent més elevada a la ciutat, això es deu a la brisa urbana que convergeix al centre urbà atreta per l'aire més càlid del nucli urbà. Segons Bornstein i Scott Johnson (1977) a la ciutat de Nova York s'observa un increment de la velocitat uns 16 km a sotavent de la ciutat durant la nit.

Bornstein i (1977) afirmen que el màxim eòlic es produeix a la zona de sotavent de l'eix urbà. També s'observa un increment de la velocitat del vent en alguns carrers de la ciutat, especialment en la confluència de carrers i en els xamfrans, però són fenòmens locals, i a gran part de la ciutat la velocitat del vent és menor respecte la perifèria, això s'observa comparant la velocitat del vent dels observatoris urbans i rurals.

La rugositat urbana és molt elevada com a conseqüència de la presència dels edificis, aquesta té un efecte de disminució de la velocitat del vent a la superfície de la urbs. No obstant, la canalització que sofreix el vent en alguns carrers pot provocar en alguns xamfrans un increment de la velocitat, amb ràfegues molt intenses que poden perjudicar als vianants.

Les ciutats provoquen una alteració dels vents, tant en direcció com en velocitat. Així dins les urbs el vent experimenta quatre modificacions, són les següents:

- Descens de la velocitat
- Increment de la turbulència
- Augment del nombre de calmes
- Canvi en la direcció del vent

A les ciutats s'observa una velocitat del vent inferior a les rodalia, la velocitat del vent és més baixa a les ciutats que al camp circumdant. Això es deu a la morfologia urbana, les ciutats estan formades per petites unitats, com són els edificis i els carrers, aquestes formes urbanes provoquen un frenat en la velocitat del vent, ja que el flux d'aire ha de remuntar o rodejar els edificis, o els carrers no tenen prou secció perquè el vent hi pugui bufar. Tot i això hi ha excepcions a aquesta norma, així en alguns carrers i places es produeix una acceleració del vent que és canalitzat per les vies urbanes. Aquest és el cas del Portal de l'Àngel de la ciutat de Barcelona (MORENO, 1999), on el vent del nord-oest canalitzat pels carrers Pelai i Passeig de Gràcia sofreix una acceleració quan arriba a aquest indret, l'efecte de Venturi n'és la causa.

També convé destacar una altra excepció. Així durant la nit l'illa de calor produeix un increment de la velocitat del vent a les urbs respecte la seva perifèria, com a conseqüència de la convergència del vent al centre urbà induït pel gradient tèrmic típic de l'illa de calor, amb valors tèrmics més elevats al centre de les ciutats.

Lopez Martín (1998) va realitzar 6 transsectes eòlics a Saragossa durant els matins del desembre de 1996 i va obtenir els següents resultats: "En els carrers alineats amb la direcció del vent, aquest les recorre longitudinalment. En els carrers transversals, les zones de confluència amb les alineades presenten remolins induïts i els trams entre carrers estan en calma. Les confluències, places, discontinuïtats en general en la trama, presenten les majors turbulències i les majors velocitats,; és fàcilment observable com una forta corrent alineada amb un carrer ampli indueix a la perpendicularitat, per succió, fortes velocitats en la desembocadura. (...) Les fortes velocitats en el nucli de la ciutat estan associades a convergències obligades, dels corrents d'aire per les obstruccions dels edificis; són típics els forts corrents al peu dels alts edificis. Aquest efecte, combinat amb el de succió i desviament per inclinació amb respecte a la direcció principal. és la causa de forts corrents en els xamfrans(...). La velocitat mitjana del vent dels transsectes de Saragossa (LOPEZ MARTÍN, 1998) és de 2/3 respecte el mitjana de la velocitat del vent de l'estació meteorològica a les 12

hores solars, tot i que en ocasions la velocitat en alguns carrers és superior. En general la velocitat del vent observada a peu del carrer és inferior a la velocitat del vent de l'observatori meteorològic

Segons Bessemoulin (1983): "Quan el vent és fluix (cosa que acostuma a associar-se a una atmosfera estable) l'aire convergeix vers el centre de la ciutat a causa del gradient de pressió induït pel gradient horitzontal de temperatura. S'ha observat especialment a Londres, que els vents febles s'acceleren al centre de la ciutats, i es creu que això es relaciona amb el transport de dalt a baix de la quantitat de moviment, induït mecànicament pels remolins. En el cas del vent fort l'augment de fricció a causa d'una gran rugositat és preponderant davant del transport vertical de la quantitat de moviment, la qual cosa porta a un descens de la velocitat mitjana a les zones edificades (efecte Venturi, efecte de buits atmosfèrics dessoria els immobles, etc.).

Segons Oliver (2005) "Hi ha estudis que demostren que apareix una velocitat crítica regional que separa l'acceleració i desacceleració del vent per la influència de la ciutat. Aquesta velocitat és variable, i oscil·la entre 0,8 i 5,6 m/s. Les diferències en direcció del vent en les ciutats i les àrees rurals estan relacionades amb els efectes de retard friccional. Els vents desaccelerats promouien un gir ciclònic del vent al voltant de la baixa pressió (al centre de la ciutat), els vents accelerats a la ciutat produeixen un gir anticiclònic, en aquest últim cas Oliver (2005) cita a Ackerman (1974). Els canvis en la direcció induïts per una ciutat també varien durant el dia en relació a la profunditat de la capa de barreja. Durant el dia l'efecte de gir disminueix, en canvi de nit assoleix el valor màxim.

L'increment de la turbulència del vent és típica de les ciutats, on predomina el flux turbulent de l'aire. La turbulència del vent es pot definir com la relació o la taxa entre la velocitat màxima i la velocitat mitjana del flux d'aire. Així els edificis provoquen un frenat del vent, però també la interacció del flux d'aire amb les diferents façanes dels edificis provoca acceleracions sobtades del vent, s'observa, per tant, un increment de la turbulència. Per aquest motiu els anemòmetres de les estacions meteorològiques urbanes han d'estar situats uns 10 metres per damunt dels sostres dels edificis, ja que en aquests nivells disminueix la turbulència. Així la turbulència és més elevada dins del pal·li urbà respecte a la part inferior de capa límit urbana, que està delimitada en la seva part inferior pels sostres dels edificis.

El canvi en la direcció del vent a les ciutats respecte la seva perifèria és notable, especialment durant les nits, com a conseqüència de l'efecte de convergència de vent induït per l'illa de calor urbana. Però també durant el dia s'observa un canvi en el mòdul del vent en els carrers respecte la part inferior de la capa límit urbana o el sostre del pal·li urbà. Així en alguns carrers perpendiculars al vent dominant el flux d'aire s'adapta a la direcció de les vies urbanes i segueix aquesta direcció, essent diferent a la direcció del vent a les zones rurals. Així al Passeig dels Països Catalans de Salt quan bufa tramuntana al nord de la ciutat el vent bufa de l'est, ja que aquesta via urbana té una direcció est-oest.

Ysumov i Davenport (1978) descriuen els diferents canvis que sofreix el vent al nivell pedestre, considerant un carrer envoltat d'edificis elevats:

- Vents accelerats prop dels xamfrans dels edificis
- Flux revers enfront de l'edifici

- Flux turbulent d'aire darrera l'estela d'un edifici alt i en els costats d'un edifici alt.
- Flux accelerat al voltant de les àrees construïdes, tals com passatges, arcades, i espais sota dels edificis en pastilla.
- Canalització de l'aire en espais al voltant d'edificis.

Segons Escourrou (1991) a la ciutat el vent experimenta unes variacions respecte camp oberta: "La vila modifica la velocitat dels vents i la seva direcció per la rugositat, per la canalització dels vents pels carrers, però també per la influència de l'illa de calor que dona lloc als vents tèrmics, les brises. L'augment de la rugositat és important en la proximitat del sòl, l'energia cinètica disminueix a causa de les forces de fregament que depenen de la rugositat i del substrat. La velocitat mitjana del vent a nivell del sòl és més dèbil quan el paràmetre de la rugositat Z_o és important. Els valors de rugositat oscil·len segons una classificació realitzada per Escourrou (1991) de la següent forma:

$0,01 < Z_o < 0,10$ Aeroport o camp sense obstacles

$0,10 < Z_o < 0,50$ Suburbis

$0,50 < Z_o < 2,50$ Zones urbanes

$1,50 < Z_o < 2,50$ Grans ciutats

Per un vent de gradient (que es independent de la superfície del terra) de 160 Km/h, la velocitat, a nivell del sòl, és de:

115 Km/h per a una rugositat de 0,14,

83 Km/h per a una rugositat de 0,25,

58 Km/h per a una rugositat de 0,36.

El frenat dels vents es tradueix en un ascens de la massa d'aire: la capa límit s'eleva. Això produeix una espècie de cúpula càlida sobre la aglomeració.

Aquest fenomen varia en funció de la mida de la ciutat: a Fribourg, a Suïssa (D. Ruffieux, 1986), ciutat situada dins una vall relativament encaixada del riu la Sarine, els fenòmens topogràfics influeixen de qualsevol manera en la influència urbana: escolament descendent nocturn, generació d'una capa d'inversió, i brisa diürna, afavorint l'aparició d'un illot de calor urbana. La velocitat del vent disminueix per aquesta raó dins les aglomeracions. Dins les viles indíanes, per exemple, la proporció de vents febles inferiors a 4m/s augmenta el 20 %.

Els carrers canalitzen les masses d'aire. Els edificis aïllats obliguen les masses d'aire a rodejar-los, es formen turbulències per aquesta raó. Quan les construccions són pròximes, l'efecte Venturi apareix: la velocitat de l'aire creix de manera més local. L'escolament de l'aire es modifica constantment en funció de la forma dels fonaments, la seva alçada, la seva disposició els uns en relació amb els altres, en funció de la configuració de la vila que afavoreix el desplaçament dels vents, com el pla urbà en escacs (ortogonal), que encara que frena la penetració de l'aire a l'interior, com a les medines àrabs o la vila de l'Edat Mitjana. A Alger, per exemple, l'edificació de grans immobles al llarg del mar limita la penetració de la brisa a l'interior del barri vell i frena l'airejament, i el refrescament d'aquests districtes. Aquest escolament local de les

masses d'aire té conseqüències importants dins la vida de tots els dies. A diferència del cas precedent, els vents tèrmics no apareixen de forma contínua i estan associats amb un gradient tèrmic horitzontal. Hi ha pocs estudis sistemàtics que han estat realitzats d'aquests fenòmens. Tres aspectes s'han de remarcar: la desviació de la direcció dels vents, la brisa tèrmica que bufa dins de l'aglomeració i la brisa parcial limitada a un districte.

Escourrou (1991) cita a D.O. Lee a Londres (1977), Lee ha demostrat que "A la nit es produeix una desviació anticiclònica dels vents: "En efecte, dins el camp, la capa límit és menys espessa, la influència de les forces de fregament és més intensa en superfície. A la vila, l'aire és més càlid, la capa límit és més desenvolupada i les forces de fregament són de qualsevol manera diluïdes en tot el seu espessor. Al nivell del substrat, el vent és menys desviat. La comparació de les direccions fa aparèixer una desviació anticiclònica de les masses d'aire. Aquest mateix fenomen també és observat a París, ja que les masses d'aire es mantenen relativament estables".

Segons Escourrou (1991): "L'illa de calor correspon a una zona càlida, per tant, de pressions baixes relatives; així existeix un moviment de convergència vers el centre amb la qual cosa els vents no són pas més ràpids. Però l'element més interessant és l'existència d'una brisa bufant de la perifèria freda vers el centre càlid, coneguda pels autors anglosaxons amb el nom de *country-breeze*, en francès *brise de champagne*. Hi ha convergència de masses d'aire vers el centre més càlid de l'aglomeració. El sistema es produeix en qualsevol estació, quan la velocitat del vent és feble. Sovint aquest fenomen correspon amb temps anticiclònic amb baixos gradients de pressió. Els estudis realitzats a la a la regió de París mostren que la correlació més vàlida existeix amb la velocitat del vent a la part superior de la Torre Eiffel: el cas de la brisa es produeix quan els vents en altitud són inferiors o iguals a 2 m/s. Això es tradueix en una diferència de temperatura entre el centre i la perifèria una mica superior a la d'altres dies, un nucli de calor superficial més petit, com es pot veure a les imatges de satèl·lit. (...) Els fenòmens de brisa menys espessa (menys de 50 m), afavorits per la canalització dels carrers, existeix igualment. Es produeixen de forma irregular fins i tot si el vent del gradient és menys fort perquè es debilita per les canonades del carrer i la rugositat té un paper menys important que la diferència tèrmica existent entre dos tipus de barris.

Aquestes es produeixen freqüentment si el vent de gradient és més fort, ja que no s'afebleixen per les canalitzacions del carrer i la rugositat juga un paper menys important que la diferència tèrmica existent entre dos tipus de barris. Aquestes brises van des de barris freds, per exemple a París a la vora del Sena, fins a les parts centrals més càlides, amb carrers estrets, sense espai verd, presenten una aparença semblant a una estructura clàssica però miniaturitzada d'un front fred. L'aire més fresc (generalment està en contacte amb les dues masses on trobem les temperatures més baixes) rellisca per sota de la massa calenta. La diferència de temperatura pot arribar als 1 a 2°C, de vegades més. Hi hauria una mena d'encavalcament de masses d'aire damunt les ciutats:

- Una part propera al sòl, fortament reescalfada, tancada pels carrers o canyons urbans, inferior al nivell dels teulats (correspon amb les brises locals),

- Per sobre l'anterior capa trobem un aire més fresc, més estable, però encara influenciat per la vila, que, com el vent és feble, té un espessor més gran que la capa inferior; i pot assolir excepcionalment el nivell del cim de les altes xemeneies de les centrals tèrmiques, com mostra l'estudi de la direcció dels plomalls de fum
- una massa d'aire no alterada per la urbanització.
- Els moviments de brisa local poden existir entre tipus de diferents districtes, entre espais verds i barris urbanitzats. La seva extensió és limitada: alguns centenars de metres.

L'illa de calor incrementa les brises marines dins les ciutats costaners: la ciutat més càlida accentua el gradient tèrmic terra-mar. A Roma o a Tokyo, la velocitat de la brisa augmenta dins la ciutat, la seva desviació dins el sentit ciclònic (sentit invers de les agulles d'un rellotge dins l'hemisferi Nord) s'accentua, la seva penetració a l'interior del continent és més gran”.

Bessemoulin *et al.* (1983) descriuen molt bé els efectes de la ciutat envers el vent: "Quan el vent és fluix (cosa que acostuma a associar-se a una atmosfera estable) l'aire convergeix cap al centre de la ciutat a causa del gradient de pressió induït pel gradient horitzontal de temperatura. Aquest corrent presenta, en general un caràcter intermitent: l'aire fred s'acumula al camp i es desplaça vers la ciutat quan el gradient horitzontal de temperatura arriba a un límit crític. S'ha observat, especialment a Londres, que els vents febles s'acceleren al centre de les ciutats, i es creu que això es relaciona amb el transport de dalt a baix de la quantitat de moviment, induït mecànicament pels remolins. A Londres, la velocitat crítica (velocitat a partir de la qual s'observa, al contrari, una davallada de la velocitat del vent en la ciutat) varia, segons l'estació de l'any, entre 3,5 i 5,5 m per segon, essent aquests valors molt relacionats amb les condicions mitjanes d'estabilitat atmosfèrica de l'estació. (...) En el cas del vent fort, l'augment de fricció a causa d'una gran rugositat és preponderant davant del transport vertical de moviment, la qual cosa porta a un decreixement de la velocitat mitjana a les zones edificades, a part de les acceleracions localitzades (efecte Venturi, efecte de buits atmosfèrics dessota els immobles, etc.). (...). En el cas de París, Detwiller (1970) creu que la velocitat mitjana seria del 40 al 50 % més dèbil en els primers metres, i del 15 al 20 % més petita cap als 50 o 60 metres. (...) Deixant a part els efectes locals produïts pels edificis, en les zones urbanes s'observa que la direcció del vent al centre de la ciutat fa un angle amb el vent que bufa a les capes superiors, efectuant-se la desviació en direcció a les baixes pressions dins la ciutat, i cap a les altes pressions fora de la ciutat. A ciutat, en una capa que va dels 0 als 100 m d'altura, Ariel (1960) ha observat angles de 15° (forta inestabilitat) a 40° (havent-hi inversió de temperatures). A uns 30-50 km de la ciutat poden fer-se sentir canvis de direcció de 10 a 20° ”.

El vent a la ciutat no només presenta disminucions respecte el camp obert, sinó que, quan els vents són molt fluixos a la nit, s'observa sovint un increment de la velocitat del vent per l'efecte de l'illa de calor urbana produït pels gradients tèrmics urbano-rurals. Balling (1987) ha detectat un increment de la velocitat del vent a Phoenix (Estats Units) que l'atribueix a l'augment de l'efecte de l'illa de calor urbana: "Les anàlisis presentades en aquesta investigació revelen l'existència d'un increment estadísticament significatiu en la velocitat mitjana del vent a Phoenix en el període

d'estudi 1948-85. L'augment de la velocitat del vent va ser particularment gran durant les primeres hores matinals. Alguns mesos indiquen més d'un 60 % d'increment en les velocitats del vent a través del període de 38 anys. Els canvis observats en els vents de Phoenix estan relacionats directament amb la gènesi d'una particularment gran i ben definida illa de calor. L'increment dels gradients tèrmics al voltant de l'àrea metropolitana i un descens en l'estabilitat atmosfèrica són els responsables dels increments observats en la velocitat del vent local“.

Chandler (1962) analitza la influència de la ciutat en el vent a la ciutat de Londres: “El vent és inferior a Londres respecte els afores (velocitat del vent mitjana inferior) però hi ha un augment de la turbulència. El flux d'aire localment pot ser canalitzat a través dels carrers i els canyons paral·lels al vent. On els carrers i vents estan orientats perpendicularment es produiran forts remolins, però aquetes formes són d'experiència comuna, és molt difícil d'obtenir dades significatives que investiguin la supremacia de les condicions locals”.

3.14 Modificació urbana de la nuvolositat i de la radiació solar

Hi ha una modificació climàtica urbana que és inqüestionable, s'observa una disminució de la radiació solar directa a la ciutat com a conseqüència de la reflexió d'aquesta radiació per les partícules que integren la contaminació de l'atmosfera urbana (LANDSBERG, 1981). En canvi hi ha un increment de la radiació difusa degut a la difusió de la radiació solar pels aerosols contaminants (MORENO, 1999). El descens de la radiació solar és més intens a l'hivern i quan el sol es troba baix, tant en les primeres hores del matí com a les últimes hores de la tarda, s'estima en un 30 % la disminució de la radiació (LANDSBERG, 1981). En canvi a l'estiu el descens experimentat de la radiació solar a les ciutats és menys important, al voltant del 5 % (LANDSBERG, 1981). Hi ha una disminució de la radiació solar que s'estima en un 5-15 % (LANDSBERG, 1981).

La nuvolositat és més abundant a la ciutat que a les zones rurals de la seva perifèria. S'estima que la nuvolositat és entre un 5 i un 10 % més elevada a les àrees urbanes respecte als voltants rurals (MORENO GARCÍA, 1999). Moreno García (1999) afirma que “Aquest increment és palès en varies escales, espacials i temporals. Així s'observa un cicle setmanal de la nuvolositat, amb un increment de les diferències urbano-rurals en la nuvolositat de la ciutat durant els dies feiners respecte el cap de setmana (LANDSBERG, 1981)”. Moreno García (1999) explica les causes que expliquen aquesta major nuvolositat urbana: “En primer lloc tenim la convergència urbana de vents cosa que afavoreix l'ascens de l'aire al centre de la ciutat. En segon lloc la contaminació urbana amb una concentració més elevada d'aerosols afavoreix la formació de gotes de núvols i un augment de la nuvolositat, especialment, la de tipus baix. En tercer lloc la pròpia turbulència urbana com a conseqüència de la interacció dels vents amb l'entramat urbà, amb la geometria urbana en canyons i edificis, afavoreix els moviments d'ascens d'aire”.

Landsberg (1981) posa l'exemple de l'efecte urbà en la nuvolositat de la ciutat de Nova York: “La major nuvolositat urbana es deu a dues causes, la contaminació i la convecció. Aquesta, deguda a la calor, actua sobretot a l'estiu, així, a mig dia i fins finals de la tarda hi ha major nuvolositat mitjana en l'aeroport novaiorquès de La Guardia, que en el més exterior de Kennedy. La contaminació, més important durant

l'hivern, sobretot amb inversió tèrmica, augmenta els nuclis de condensació al transformar-se el diòxid de sofre (SO₂) en àcid sulfúric i sulfats higroscòpics, també l'òxid de nitrogen (NO) es pot convertir en àcid nítric, etc. Però s'atribueix més importància als nuclis de gel, essencials en el començament de la precipitació; tals nuclis són produïts pel plom de la benzina dels cotxes, que es combina amb iode, procedent del mar o de les combustions de matèries orgàniques, per originar iodur de plom, molt efectiu. La nuvolositat és més abundant en les àrees urbanes que en les rurals circumdants. Això és conseqüència de diferents factors, la mateixa illa de calor afavoreix la convecció i per tant la nuvolositat, i també la presència de partícules contaminants en l'atmosfera urbana afavoreix la nuvolositat. També cal remarcar que hi ha un augment del nombre dies de boira en la ciutat com conseqüència de la contaminació. En tot cas, les boires urbanes són menys espesses que les rurals“.

Escourrou (1980) analitza la influència de la ciutat en la nuvolositat: “La nuvolositat és més elevada a les ciutats que a les àrees perifèriques. Hi ha varies causes que expliquen aquest fenomen. En primer lloc la convergència de les brises cap a l'interior de la ciutat com a conseqüència de l'illa de calor urbana implica un increment dels ascensos d'aire en el centre urbà, la qual cosa porta associat un augment de la nuvolositat. També s'observa un major nombre de nuclis de condensació a la ciutat, degut a la contaminació causada per l'home, aquest és un factor antròpic que afavoreix l'increment de la nuvolositat. A les ciutats s'observa un increment de la nuvolositat baixa, mentre que no hi ha una influència manifesta en la quantitat de núvols mitjans i alts. Així cal remarcar l'augment de nombre de dies de boira a la ciutat afavorit per la contaminació atmosfèrica, tot i que aquestes són menys espesses que al camp circumdant, ja que la humitat relativa és menor a la ciutat”.

Landsberg (1981) explica l'existència d'un augment en el nombre total de nuvolositat en un rang del 10-15 %, que pot ser del 100 % pels núvols baixos estratiformes (boira). Sánchez Lorenzo *et al.* (2006) ha analitzat la nuvolositat, però des d'un punt de vista global, no només els efectes urbans de la ciutat en la nuvolositat. Sánchez Lorenzo afirma: “En principi, la influència urbana en la capa límit hauria de portar varies modificacions en els núvols baixos i estratiformes (Sc, St, Ns), o convectius (Cu, Cb). En 5 de les 10 sèries analitzades s'ha confirmat que hi ha una variació significativa en la cobertura de núvols baixos (octes). El cicle mostra un màxim de nuvolositat baixa durant dies entre setmana i mínims al cap de setmana. Tot i això, el cicle no és estadísticament significatiu, amb l'excepció de València ciutat. Els cicles més evidents són a València i Madrid, les ciutats més grans. Els aeroports presenten una evolució similar al centre urbà. Hi ha un augment dels núvols estratiformes a mitjans de setmana. Aquest comportament es deu al més gran nombre de nuclis higroscòpics de condensació. Hi ha un clar augment de núvols alts al cap de setmana. Aquesta evolució pot ser resultat d'una menor freqüència de núvols baixos, de la millora de la visibilitat relacionada amb la millora de la qualitat de l'aire, o variacions del trànsit aeri (i indueix deixants de condensació)”.

Chandler (1962) ha detectat un increment de la nuvolositat a la ciutat respecte els afores. Chandler afirma: “La ciutat de Londres és més ennuvolada que els afores. De 1949 a 1957 la diferència anual mitjana es de 0,1 octes a les 9 hores, 0,2 a les 15 i 0,1 a les 21 hores. Les diferències eren més grans a l'estiu i menors a l'hivern. En aquest període, Kew té 6,2 % menys dies clars i 5 % més dies tapats que el aeroport de Londres a les 14 hores. L'explicació està lligada a les més freqüents boires als

suburbis centrals, incrementant la turbulència mecànica i tèrmica sobre la ciutat, i, possiblement les partícules de pol·lució actuen com nuclis de condensació”.

La radiació solar incident és inferior en la ciutat respecte el camp (MORENO, 1999). Això està motivat per l'atmosfera urbana que està contaminada. Les partícules de contaminació reflecteixen la radiació solar directa, i augmenten la radiació difusa. Aquesta disminució de la radiació solar incident fa que les temperatures màximes siguin inferiors a la ciutat que el camp o iguals. Aquest efecte de disminució de la radiació solar sobretot es nota durant l'hivern, quan el sol es troba més baix sobre l'horitzó.

Segons Chandler (1962) a Londres s'observa una reducció del nombre d'hores de sol, en comparació amb el camp. En aquest sentit Chandler (1962) afirma que: "La davallada de la visibilitat és solament un aspecte de la reducció general de la transparència de l'aire i tant de la radiació solar i difusa i de la radiació terrestre, que de l'atmosfera contaminada de la ciutat, les boires de ciutat de Londres són les responsables del lent increment de les quantitats de núvols sobre Londres. Una altra forma d'aquesta modificació és una molt important reducció en sol brillant (insolació). Les mitjanes de sol brillant enregistrades en el heliògraf davallen marcadament cap als districtes centrals. La insolació mitjana als afores de Londres és de 4,33 hores, mentre en àrees suburbanes exteriors és de 4,07 hores, en estacions interiors suburbanes és de 3,95 hores, i en estacions centrals 3,60 hores. La reducció en hores de sol brillant és de 17 minuts per dia en els suburbis exteriors, 23 en els interiors i 44 en el centre. La reducció mensual més important es dona al mes de març, 68 minuts, i la reducció menor al mes de juny, 25 minuts. En general a l'estiu hi ha una disminució menys important de la insolació en comparació a l'hivern, podríem dir que amb angles solars més baixos la reducció és més elevada. (...) La concentració d'aerosols determina la visibilitat menor i més fàcil formació de boires; així aquestes eren el doble a Londres que en el camp abans de la "Llei d'aire net", *Clean Air Act*, de 1956, però les més denses no succeeixen en el centre mateix, més càlid, sinó al seu voltant. "

Cervený (1989) mostra les conclusions del seu article:

"Aquest estudi proveeix una estimació inicial de les reduccions de radiació solar associades amb l'atenuació de la radiació per partícules urbanes. Les simulacions engloben dos sistemes de dues autopistes sobre un pla, i mostren:

- 1) Unes reduccions més importants (en relació tant a l'àrea coberta i de la magnitud de les reduccions) en la radiació solar ocorreguda durant angles solars baixos (exemple, períodes del principi del matí).
- 2) Reduccions més grans d'un 10 % eren trobades tant lluny com 5-9 km a sotavent de la ciutat durant períodes de baixa elevació solar.
- 3) Encara que les reduccions en la radiació global són força pronunciades en el matí, aquestes no són gaire importants en el total diari per la relativament petita quantitat de radiació solar associada amb baixos angles d'elevació.
- 4) L'ombra de pol·lució és vista com augmenta amb l'increment de latitud”.

Cal remarcar que la influència més important de la ciutat en la nuvolositat es dona en els núvols baixos i els núvols de desenvolupament vertical (LANDSBERG, 1981). Així Changnon (1980) afirma: "La nuvolositat convectiva té les seves bases més altes a la ciutat que al camp segons la investigació del projecte Metromex d'Estats Units. Els

estudis suggereixen un increment urbà dels núvols convectius sobre Chicago i el sud del llac Michigan durant el final de la tarda, i els estudis de casos d'ecos de radar mostren intensificació de màxims d'eco que succeeixen repetidament damunt la ciutat i en elevacions més altes que en cèl·lules no urbanes". Escourrou (1991) explica que: "La base dels núvols és més elevada a la ciutat a causa de les elevades temperatures i de la humitat relativa més baixa: a St. Louis (EUA), la base dels núvols es troba a uns 1900 m sobre l'aglomeració, 1300 m sobre el camp. Però les partícules precipitables es troben a 400 m de la base dels núvols dins el primer cas, a 1600 m dins el segon".

Landsberg (1981) explica l'existència d'un augment en el quantitat total de nuvolositat en un rang del 10-15 %, que pot ser del 100 % pels núvols baixos estratiformes (boira).

3.15 Modificació urbana dels fenòmens meteorològics

Dins de les ciutats els fenòmens meteorològics tenen freqüència força diferent respecte els camps i boscos dels voltants. Així els hidrometeors de deposició (rosada, gebrada) són més escassos a les zones urbanes en comparació amb les àrees rurals (Landsberg, 1981). Això està causat per la humitat relativa més baixa de les zones urbanes, cosa que disminueix la probabilitat que el vapor d'aigua urbà es condensi damunt de les superfícies. Pel que fa les boires no hi ha un consens científic respecte la influència urbana en aquest fenomen, així, fins a la dècada dels 80 del segle XX es considerava que a les urbs hi ha un increment del nombre de boires respecte a les zones rurals (LANDSBERG, 1981). Així, segons Landsberg (1981) s'observa un augment del 100 % de les boires a la ciutat en comparació amb el camp a l'hivern i del 20-30 % a l'estiu. Les darreres investigacions afirmen una hipòtesi contrària, a les ciutats la humitat relativa més baixa implica un menor nombre de boires respecte els voltants (SACWEH i KOEPKE, 1995; MORENO GARCÍA, 1999). Aquesta disminució del nombre de boires a la ciutat ha estat observada en les imatges de satèl·lit per Gautam i Sing (2018).

L'elevada contaminació atmosfèrica de les ciutats implica que hi hagi un major nombre de partícules en suspensió a l'atmosfera urbana, cosa que repercuteix en un empitjorament de la visibilitat a les ciutats. D'altra banda, la menor humitat relativa urbana implica que el vapor d'aigua atmosfèric no es condensa i forma la boira damunt de la ciutat. Així les boires denses apareixen menys sovint a la ciutat, com a conseqüència de la humitat relativa inferior en comparació amb les zones rurals. La comparació entre la distribució i nombre de boires al camp i la ciutat és un tema complicat d'analitzar. No obstant Landsberg (1981) afirma que, tot i que a la ciutat la visibilitat general empitjora i que hi ha un increment de les boires, en canvi les boires denses, amb una visibilitat inferior a 200 metres, són més escasses als centres urbans que als camps de la perifèria. Això es deu probablement a la menor humitat del centre urbà, que disminueix la probabilitat de boires intenses als nuclis urbans. Segons Oke (1987): "L'efecte de la ciutat en la boira no és simple com s'assumeix de manera comuna. La ciutat no té sempre més dies de boira que el camp. Això es deu al fet que en la definició de boira es considera solament una reducció en la visibilitat i no es fa una distinció entre tipus de boira o si aquesta està composada de contaminants o gotes d'aigua. Les visibilitats totals en el centre de les grans ciutats són relativament baixes, i les condicions tendeixen a millorar amb la distància des del centre. La freqüència d'ocurrència de boira densa (visibilitat inferior a 200 m) és sovint menor a la

ciutat que els suburbis o voltants rurals. La millora de la visibilitat pot ser deguda tant a l'efecte de l'illa de calor urbana com a l'abundància de nuclis de condensació en la ciutat. Un augment de la demanda de nuclis resulta en una més gran competició pel vapor i un més gran nombre de petites gotes de núvol no produeix el molt dens tipus de boira”.

L'acoblament de la circulació atmosfèrica local generada per l'illa de calor, la brisa urbana i el flux extern de la boira provoca un increment de la freqüència de boires en les zones rurals perifèriques de les ciutats, segons l'estudi realitzat a Munic per SACWEH i KOEPKE (1987). En canvi al centre de les ciutats s'observa una tendència descendent del nombre de boires, que es pot explicar per l'illa de calor i el dèficit d'aigua (SACHWEH i KOEPKE, 1995; OKE, 1993). El fenomen s'anomena *urban clear island*, i es pot definir com la disminució de la freqüència de boires a les ciutats.

Podem resumir la influència urbana en les boires afirmant que les boires a la ciutat estan afavorides per la major quantitat de vapor d'aigua alliberada a l'atmosfera per les indústries i els automòbils i la major quantitat d'aerosols, que afavoreix una major quantitat de nuclis de condensació que provoquen la boira, mentre que en canvi l'illa de calor urbana implica una disminució de les probabilitats de boira a la ciutat, ja que les elevades temperatures de la ciutat afavoreixen una davallada de la humitat relativa a la ciutat en comparació amb les rodalia.

Djen (1992) ha detectat en varies ciutats de la Xina una tendència descendent del nombre de boires que es pot estimar en un 20 % entre 1961 i 1980, mentre el nombre de dies de boira ha augmentat lleugerament en zones rurals. Chen *et al.* (2006) han analitzat el nombre de dies de boira en 679 observatoris urbans i rurals i han detectat una tendència descendent de les boires especialment en ciutats molt grans de la Xina, tals com Pequín, Nanking, Shangai i Chengdu. Aquesta disminució es correlaciona molt bé amb el descens de la humitat relativa.

Els aerosols són un dels causants de la formació de les boires (Sachweh i Koepke, 1995) i on s'aprecia un descens de la seva concentració també s'observa una desaparició de les boires intenses (STEVE 2005).

Sachweh i Koepke (1995) afirmen que “els factors que influeixen en la desaparició de la boira tals, com l'augment de temperatura i disminució d'humitat relativa, superen en les zones urbanes als factors que l'afavoreixen, tals com el descens de la velocitat del vent i l'increment del nombre d'aerosols. També troben que els fenòmens de boira davallen al voltant del 50 % entre 1949 i 1990 en l'àrea metropolitana de Munic. Sachweh i Koepke (1995) justifiquen aquest canvi per un creixement de la ciutat i un descens resultant de les superfícies naturals: “El corresponent creixement en l'illa de calor i el dèficit d'humitat es correlaciona amb la diferència canviant en el nombre de dies de boira observada entre el centre urbà i les àrees suburbanes”.

L'efecte de la supressió de les boires a la ciutat de Nova Delhi ha estat estudiat per Gautam i Singh (2018). Les causes per les quals hi ha una menor freqüència de dies de boira a Nova Delhi són l'illa de calor urbana superficial. En aquesta investigació Gautam i Singh analitzen les imatges de satèl·lit i observen una disminució de l'espessor de la boira on la temperatura superficial és més elevada com a conseqüència de la urbanització.

Steve (2005) afirma que a los Angeles les dades climàtiques també mostren que les boires s'han reduït per un factor de 2 a dos aeroports costaners congestionats durant els darrers 50 anys.

Shi *et al.* (2008) en el seu estudi de l'efecte de la urbanització en les boires de la regió xinesa d'Anhui explica que: "Les dades de freqüència de boira suggereixen que els aerosols associats amb la urbanització i les activitats industrials poden tenir una important influència en la formació de boira (...). La combustió de carbó es correlaciona negativament en la província de Anhui amb la visibilitat mitjana amb boira i mitjana anual de boires i positivament a les ciutats noves. La relació entre freqüència de boira i nombre d'aerosols és diferent en ciutats noves i velles. (...) L'impacte de la urbanització en la boira és obvi i diferent en les diverses fases del desenvolupament urbà. En la fase inicial de urbanització, la formació de boira és afavorida per l'abundància d'aerosols higroscòpics que actuen com a nuclis de condensació. La relativament dèbil illa de calor en aquesta fase no hauria de desfer la boira com mostren les ciutats noves en aquest estudi. En una fase molt més madura de desenvolupament, les dades de les ciutats velles apunten que l'efecte de l'illa de calor és suficient per inhibir el desenvolupament de boira (...) El nostre estudi recolza la investigació prèvia que el descens de boires associat amb la urbanització és el resultat complex tant d'un augment d'efecte d'illa de calor, que dona com a resultat les més altes temperatures nocturnes i un augment de la quantitat d'aerosol a l'atmosfera urbana". En aquesta regió xinesa la tendència del nombre de boires és diferent en les fases de desenvolupament, fins a 1960 hi ha un augment del nombre de dies de boira a la majoria de les ciutats, però va disminuir a partir de 1980 en ciutats grans i antigues. A partir de 1980 la tendència del nombre de dies de boira torna a canviar. Segons Shi *et al.* (2008): "Durant els últims 30 anys el temps de dissipació de la boira es produïa més tard, la duració mitjana de la boira va augmentar i la visibilitat va disminuir en la majoria d'estacions urbanes".

La visibilitat és inferior en les àrees urbanes que en les rurals. La presència d'aerosols produïts per la contaminació urbana disminueix la transparència de l'atmosfera urbana. Un efecte clar de la ciutat en la visibilitat és analitzant el nombre de dies de boira. La ciutat té més dies de boira que el camp tenint en compte les diferents investigacions en aquest camp, però l'efecte de la ciutat en la boira no és tan clar. Landsberg (1981) afirma que la ciutat no sempre té més dies de boira que el camp: "L'efecte de la ciutat en la boira no és simple com s'assumeix de manera comuna. La ciutat no sempre té més dies de boira que el camp. La situació és corresposta amb la definició de boira que considera solament reducció en la visibilitat i no fa distinció entre tipus de boira o si aquesta està composta de contaminants o gotes d'aigua. Les visibilitats totals en el centre de les grans ciutats són relativament baixes, i les condicions tendeixen a millorar amb la distància des del centre. La freqüència d'ocurrència de boira densa (visibilitat inferior a 200 m) és sovint menor a la ciutat que els suburbis o voltants rurals. La millora pot ser deguda tant a l'efecte de l'illa de calor urbana i a l'abundància de nuclis de condensació en la ciutat. Un augment de la demanda de nuclis resulta en una més gran competició pel vapor i un més gran nombre de petites gotes de núvol no produeix el tipus molt dens de boira".

Chandler (1962) analitza les boires a la ciutat de Londres: "Les boires (visibilitat inferior a 1100 iardes) són més freqüents a Londres que als afores, però en canvi les boires espesses (visibilitat inferior a 44 iardes) són menys comunes en el centre de Londres

que a l'aeroport, Kew o les àrees rurals del SE d'Anglaterra. La visibilitat en general és més dolenta al centre de la ciutat per la pol·lució, però la baixa humitat impedeix que les boires siguin tant denses al centre de Londres com als afores.(...) Anant cap als afores des del centre de Londres, la pol·lució i les temperatures generalment baixen i les humitats pugen. Així l'alta freqüència de visibilitats per dessota de 1100 iardes és principalment degut a la pol·lució, però les boires urbanes no poden començar com a boires denses igualment com en àrees rurals per efecte de les temperatures més elevades de la nit i les més baixes humitats dins de Londres. En aquestes poques ocasions de cada any en què les condicions meteorològiques són útils per a la formació de l'*smog* varis dies, llavors la intensa pol·lució de les àrees centrals dóna visibilitats baixes així com boires espesses, però boires netes fora de les ciutats. Normalment les boires nocturnes es formen primer en l'aire humit i fresc sobre els camps del voltant de Londres, i rodegen una àrea urbanitzada relativament clara. Més tard a la nit, les temperatures cauen i baixen, i l'aire boirós dels camps entra dins les àrees suburbanes i centrals i la regió entera pot ser uniformement emboirada. Però en canvi l'increment de la velocitat del vent i de les temperatures desfan la boira més ràpidament als camps que a la ciutat, on la boira es manté més temps al matí, ja que la temperatura puja més lentament. Les petites quantitats d'àcid sulfúric barrejat amb la boira de la ciutat pot també impedir l'evaporació de les seves gotes. (...) Unes hores més tard dins el dia la boira s'aclareix, inclús en els carrers estrets de la ciutat”.

A les ciutats s'observa un increment de les tempestes respecte les àrees rurals (LANDSBERG, 1981, MORENO, 1999) com a conseqüència de l'efecte de l'illa de calor urbana superficial diürna, juntament amb la major turbulència tèrmica i mecànica de la ciutat degut a les elevades temperatures superficials i a la interacció del vent i els edificis de les urbs.

Stallins *et al.* (2006) indica els investigadors que han trobat les causes per les quals hi ha més llamps a les àrees urbanes: “Aquestes dinàmiques s'han formulat en la hipòtesi de Rosenfeld i Lensky (1998) (Rosenfeld i Lensky, 1998). Quan les gotetes són massa petites per caure del núvol, aquestes estan transportades a més alts nivells en l'atmosfera. Això suprimeix la precipitació i augmenta la quantitat d'aigua superrefredada a alçades més grans, resultant en la formació de més graupel, més col·lisions entre partícules de gel, i un increment de la polarització de càrrega i de producció de llamps. D'acord amb la hipòtesi de Rosenfeld-Lensky, la supressió inicial de precipitació a causa dels aerosols en última instància constitueix un mecanisme addicional de l'illa de calor per a l'increment de llamps (Shepherd, en premsa)”. En aquest mateix article, Stallins *et al.* (2006) analitzen la distribució de llamps a la ciutat d'Atlanta: “L'àrea metropolitana d'Atlanta experimenta un increment de la producció de llamps núvol-terra. La màxima en la densitat mitjana anual (6-8 flaixos/km²/any) es va desenvolupar en el comtat de Gwinnet, al NE d'Atlanta en una zona fortament suburbana”. Stallins *et al.* (2006) afirmen “Els canvis en els usos del sòl no semblen iniciar els llamps, com a molt poden incrementar el nombre de condicions favorables per la producció de llamps. El nombre i patró de flaixos produïts en intervals (1-10, 11-110), (serien 1-10 flaixos/Km²/any, per exemple), pot ser un *proxy* per mesurar el grau de l'augment urbà en diferents localitats. Per exemple, en llocs amb més gran efecte de l'illa de calor i concentracions d'aerosol, l'augment de flaixos pot desenvolupar-se en intervals més baixos de llamps. Amb majors concentracions d'escalfament local i aerosols, es redueix el llindar en què es poden transportar les gotes d'aigua més

petites, influenciades pels aerosols, fins a nivells de congelació. En comparacions entre ciutats, un determinat nivell d'instabilitat donaria lloc a una major producció de flaix a intervals de flaixos més baixos per a una ciutat amb efectes d'illa de calor més elevats i concentracions d'aerosol. Un estudi estandarditzat de la variabilitat de ciutat a ciutat en les relacions entre l'escalfament urbà local, les concentracions d'aerosols i les mesures d'instabilitat i producció de llamps definits per intervals pot ser una via pràctica per dilucidar els processos subjacents a la modificació del llamp urbà”.

Les tempestes són fenòmens convectius que es troben afavorits pel fenomen de l'illa de calor, no obstant no és fàcil la comparació entre el nombre de tempestes entre les ciutats i les seves zones rurals properes, és molt complicat d'analitzar l'efecte urbà en les sèries de nombre de tempestes anuals d'una estació meteorològica. Així Moreno García i Martín Vide (2012) comparen els mitjanes anuals de dies de tempesta dels períodes 1931-60 i 1971-2000 d'observatoris de primer ordre d'AEMET i afirmen “S'aprecia un molt acusat i quasi general increment entre el primer i el segon que no pot atribuir-se a un canvi climàtic. Una sèrie de qualitat i homogènia del nombre total de dies de tempestes de quasi un segle (1917-2000) de l'observatori Fabra (Barcelona) no ha mostrat cap tendència, tot i l'escalfament recent”. Moreno García i Martín Vide (2012) afirmen que l'increment observat es deu a una falta d'homogeneïtat en el nombre de tempestes en els observatoris meteorològics a Espanya i atribueixen això a la subjectivitat del fenomen per part de l'observador meteorològic. La investigació dels efectes urbans en els dies de tempesta ha donat resultats més robustos a Estats Units que a Espanya, ja que al país d'Amèrica del Nord l'efecte de les tempestes ha estat estudiat sovint a partir d'imatges dels llamps caiguts proporcionades pels detectors de llamps.

A les ciutats s'observa un increment de les tempestes respecte les zones rurals dels voltants com a conseqüència de la convergència de vent i el forçament tèrmic induït per l'illa de calor. Steiger *et al.* (2002) analitzen la distribució de llamps a Houston: “Un significatiu increment de l'activitat elèctrica va ser descoberta sobre Houston comparada amb els valors rurals de fons. L'anàlisi per estació i hora del dia (finals del matí/tarda, finals de la nit/principi del matí) indica que un increment significatiu ocorre a través de l'any, amb els períodes d'estiu i tardor i finals matí/tardor en períodes en què hi ha els majors increments de Houston (60 i 74 % respectivament). (...) La ciutat de Houston també té l'efecte de disminuir el percentatge de llamps positius”.

Segons Changnon (1980) hi ha un increment molt clar del nombre de dies de tempesta a la ciutat de Chicago respecte el seu entorn rural en les últimes dècades. Changnon (1980) afirma: “S'observa un augment d'un 16 % del nombre de dies de tempesta a Chicago respecte l'àrea rural, que és més elevat (50 %) a la primavera i a l'estiu. Els temps d'ocurrència de les tempestes que són solament urbanes i únicament rurals són comparades. La freqüència urbana era relativament gran en moltes hores, però la diferència urbano-rural més gran era en el període 12-18 hores. La mitjana de pluja amb tempestes en una estació sola (urbano-rural) indicaven que l'efecte urbà era aparent en la pluja de tempesta, igual que en la freqüència de tempesta. Les tempestes únicament urbanes en primavera produeixen un 10 % més precipitació que les tempestes únicament rurals. Els resultats a l'estiu mostraven que les tempestes únicament urbanes produeixen un 20 % més de precipitació a Chicago, de mitjana, que les tempestes únicament rurals d'estiu”. Segons Stallins *et al.* (2006) l'àrea metropolitana d'Atlanta experimenta un increment de la producció de llamps núvol-

terra respecte les seves rodalia. Stallins (2006) afirma que “La distribució de llamps fluctua en varies latituds, des dels tròpics fins al Mig Oest d’Estats Units. Les distribucions de llamps en ciutats idèntiques del nord del Golf de Mèxic, la península Ibèrica i Brasil estan suficientment documentades per concloure que les propietats atmosfèriques d’àrees urbanes tendeixen a ser propícies a alterar les densitats dels llamps. No obstant, cal tenir en compte que els mètodes i l’extensió temporal i espacial d’observacions de llamps varien en densitats de llamps entre les àrees urbanes i rurals i poden assolir el 136 % a St. Louis, Missouri. (Wescott 1995) al 150-200 % (Naccarato *et al.* 2003). En algunes ciutats, l’augment de llamps es desenvolupa sobre el cor de la ciutat, fins a 100 km o més a sotavent (Naccarato *et al.* 2003). Les àrees urbanes tenen un percentatge més baix de llamps de polaritat positiva i per algunes localitats decreix el total (positiu i negatiu) de producció de llamps.

Segons Sheperd (2005) “L’increment urbà de l’activitat elèctrica ha estat demostrat en varies ciutats. La convecció és incrementada en l’àrea urbana de Tokyo, degut a un increment local a l’estiu, quan el fenomen de la convecció succeeix sovint. A partir de 1970 el nombre de dies amb precipitació intensa esdevé més gran a l’àrea urbana que als suburbis. En aquesta època l’illa de calor s’incrementa. Aquesta coincidència en el període dona suport a la conclusió que l’illa de calor és un factor predominantment causal en l’increment urbà de l’activitat convectiva”.

Les diferents cèl·lules que integren les tempestes poden trencar-se quan passen sobre la ciutat. En aquest sentit Miao *et al.* (2011) afirmen: “S’observa el trencament de les tempestes quan s’acosten a la ciutat de Pequín: “Les simulacions amb el model WRF analitzen la sensibilitat de la simulació d’aquesta tempesta a diferents processos urbans i escenaris urbans d’ús del sòl. Els resultats confirmen que la ciutat juga un paper important en el moviment de la tempesta i en la quantitat de precipitació. La comparació de casos amb i sense la presència de la ciutat de Pequín respecte la tempesta que s’aproxima mostra que l’efecte urbà porta a un trencament de la línia de torbonada en cèl·lules de precipitació damunt l’àrea urbana. El canvi en la quantitat de precipitació depèn del grau de urbanització (per exemple l’expansió urbana de la ciutat de Pequín amb el pas dels anys). Els resultats del model mostren que una urbanització primerenca abans de 1980 davalla el màxim de precipitació, mentre la urbanització més tardana porta a bifurcar el pas de la precipitació. El transport tèrmic induït per la presència d’una àrea urbana ve a ser més important que l’associat amb transport de moment, amb la calor latent i sensible que sembla tenir uns papers iguals en la modificació de la precipitació simulada. Les superfícies urbanes tendeixen a causar que la precipitació sigui més localment concentrada. Els cors urbans d’alt creixement poden modificar el pas de la precipitació, així com incrementar el percentatge d’àrea de forta precipitació”.

Braham i Wilson (1978) troben evidència que el medi urbà incrementa el desenvolupament d’ecos més alts a la ciutat i a sotavent d’aquestes.

Bornstein i Lin (2000) suggereixen que l’illa de calor d’Atlanta pot causar més tempestes nocturnes. Segons Bornstein i Lin (2000): “D’altra banda, s’ha de notar que els possibles esdeveniments que succeeixen durant la convecció general queden fora d’aquest estudi per la poca capacitat de distingir entre precipitació induïda per l’illa de calor i la precipitació general induïda per la convecció. La humitat de baixos nivells juga un paper major en determinar el lloc d’Atlanta on s’inicia la precipitació. La

precipitació iniciada per l'illa de calor succeeix quan l'atmosfera és més inestable del normal, però no és suficientment inestable per la convecció general. Això es produeix només quan els efectes de la illa de calor són capaços de generar convecció primàriament al voltant de la ciutat. Molts esdeveniments de tempestes induïdes per illa de calor es donen no amb illes de calor fortes, sinó amb masses d'aire molt humides. Les masses d'aire humit tendeixen a portar temperatures més baixes i illes de calor més dèbils. Probablement els esdeveniments de precipitació induïda per l'illa de calor succeeixen quan l'atmosfera era solament marginalment inestable. Si l'atmosfera és massa estable, no succeeix convecció. Si la atmosfera és molt inestable, la convecció general succeeix encara que no hi hagi influència urbana”.

Segons Givati i Rosenfeld (2004): “Unes concentracions més elevades de nuclis de condensació de núvol redueixen la mida mitjana de les gotes de núvol, i això pot davallar l'eficiència de la col·lisió de gotes de núvol i pot afeblir els processos d'acreció que porten a la pluja. El retard en la pluja retarda la formació de descensos d'aire, el que porta ascensos d'aire més vigorosos i producció de llamps més forta i profunda”. L'increment de densitats de llamps al voltant de São Paulo i a les ciutats properes està correlacionat positivament amb les partícules de menys de 10 micres de diàmetre (Naccarato *et al.* 2003).

Altes densitats de llamps al voltant de Lake Charles, Louisiana, van ser atribuïts a la producció d'aerosols a benzineres locals i indústries químiques i refineries (Steiger i Orville, 2003).

Aquestes dinàmiques han estat formulades en la hipòtesi de Rosenfeld i Lensky (Rosenfeld i Lensky, 1998): “Quan les gotes de núvols són massa petites per caure del núvol, aquestes són transportades a més alts nivells en l'atmosfera. Això suprimeix la precipitació i incrementa la quantitat d'aigua superrefredada a altures més elevades, resultant en la formació de més grans de gel, més col·lisions entre partícules de gel, i un increment de la polarització de càrrega i de producció de llamps. D'acord amb la hipòtesi de Rosenfeld i Lensky (1998), la supressió inicial de precipitació degut als aerosols els constitueix finalment en un mecanisme addicional per a l'increment de llamps degut a l'illa de calor”.

Capítol 4

Índex de continguts

4	Metodologia	141
4.1	Incertesa en les dades climàtiques observades amb els diferents mètodes	141
4.2	Mètode dels transectes tèrmics.....	148
4.2.1	Metodologia de correcció temperatura dels transectes tèrmics.....	151
4.3	Descripció dels transectes tèrmics	152
4.4	Descripció dels observatoris meteorològics	183
4.5	Els índexs de confort tèrmic.....	194
4.6	Mètode de les sèries tèrmiques urbana i rural	196
4.7	Mètode de comparació d'observatoris	200
4.8	Comparació de les sèries meteorològiques horàries i subhoràries dels observatoris.....	202
4.9	Mètode de càlcul del factor de visió del cel.....	203
4.10	Càlcul de la superfície ocupada pels diferents usos del sòl	203
4.11	Anàlisi de les imatges de reflectivitat del radar del Servei Meteorològic de Catalunya per detectar l'efecte urbà en la precipitació	204
4.12	Metodologia de càlcul del paràmetre Beta per estimar el caràcter convectiu de les precipitacions.....	205
4.13	Metodologia de càlcul de l'hietograma de les tempestes	205
4.14	Mètodes d'anàlisi de l'efecte urbà del vent en la ciutat. Mètode de comparació dels observatoris. Mètode dels transectes eòlics. Mètode de la sèrie eòlica.....	208
4.15	Mètodes d'anàlisi de la influència urbana en la humitat relativa. Mètode de comparació dels observatoris. Mètode dels transectes termohigromètrics.	211
4.16	Mètode de comparació de la nuvolositat a partir d'observatoris meteorològics	212
4.17	Mètode de comparació de la radiació solar a partir d'observatoris meteorològics.....	213
4.18	Mètode de comparació dels fenòmens meteorològics	214
4.19	Mètode d'anàlisi de components principals aplicat a la classificació de les situacions sinòptiques amb intensa illa de calor	215
4.20	Mètode de l'illa de calor superficial urbana	221

Índex de figures

FIGURA 4.1 POLÍGON DE FREQUÈNCIES SEGONS EL NOMBRE D'ANYS DE LES SÈRIES DELS OBSERVATORIS ANALITZATS.	148
FIGURA 4.2 TRANSSECTE 1.....	153
FIGURA 4.3 TRANSSECTE 2.....	155
FIGURA 4.4 TRANSSECTE 3.....	157
FIGURA 4.5 TRANSSECTE 4.....	159
FIGURA 4.6 TRANSSECTE 4B.....	159
FIGURA 4.7 TRANSSECTE 5. SALT-DEVESES DE SALT-LA MAÇANA-SALT.....	161
FIGURA 4.8 TRANSSECTE 5. SALT-DEVESES DE SALT-SALT.....	161
FIGURA 4.9 TRANSSECTE 6.....	162
FIGURA 4.10 TRANSSECTE 7.....	164
FIGURA 4.11 TRANSSECTE 7B.....	165
FIGURA 4.12. TRANSSECTE 8.....	166
FIGURA 4.13 TRANSSECTE 8B.....	168
FIGURA 4.14 TRANSSECTE 7B 8B.....	169
FIGURA 4.15 TRANSSECTE 9.....	171
FIGURA 4.16 TRANSSECTE 10.....	172
FIGURA 4.17 TRANSSECTE 11.....	176
FIGURA 4.18 TRANSSECTE 12. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH ©.....	177
FIGURA 4.19 TRANSSECTE 1 MATÍ. SARRIÀ DE TER-GIRONA PER PONT MAJOR.....	177
FIGURA 4.20 TRANSSECTE 2 MATÍ. SARRIÀ DE TER-GIRONA PER SARRIÀ DE DALT.....	179
FIGURA 4.21 TRANSSECTE 3 MATÍ. SALT-GIRONA-LA VALL DE SANT DANIEL.....	180
FIGURA 4.22 TRANSSECTE 1 MIGDIA GIRONA-SALT.....	181
FIGURA 4.23 TRANSSECTE 2 MIGDIA GIRONA-SALT.....	182
FIGURA 4.24 MAPA DE LA LOCALITZACIÓ DE LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.....	193
FIGURA 4.25 MAPA DE LA LOCALITZACIÓ DE LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES DEL CENTRE DE LA CIUTAT DE GIRONA I ZONES PROPERES.....	194
FIGURA 4.26 EXEMPLE D'HIETOGRAMA DE DISSENY D'INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ.....	207
FIGURA 4.27 CORBA IDF (INTENSITAT-DURACIÓ-FREQÜÈNCIA).....	208

Índex de taules

TAULA 4.1. VARIABLES METEOROLÒGIQUES ANALITZADES DELS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS	190
TAULA 4.2 CARACTERÍSTIQUES DELS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE D'OBSERVACIONS, ALTITUD I TIPUS D'OBSERVATORI.....	191
TAULA 4.3 CLASSIFICACIÓ DE L'ÍNDEX DE MALESTAR DE THOM (THOM DISCOMFORT INDEX, DI)	195
TAULA 4.4 CATEGORIA D'ESTRÈS TÈRMIC SEGONS L'ÍNDEX DE CONFORT PET	195
TAULA 4.5 TAULA PER CALCULAR L'HISTOGRAMA DE INTENSITAT PRECIPITACIÓ SEGONS ELS BLOCS ALTERNATS.....	206
TAULA 4.6 OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA AMB DADES EÒLIQUES (I)	210
TAULA 4.7 PERÍODE D'OBSERVACIONS I ALTURA DAMUNT DEL SÒL DE L'EDIFICI I DEL CARRER DELS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA AMB DADES EÒLIQUES (II).....	210
TAULA 4.8 PERÍODE D'OBSERVACIONS DE LA NUVOLOSITAT DE DIVERSOS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.....	213
TAULA 4.9 PERÍODE D'OBSERVACIONS DE LA RADIACIÓ SOLAR DE DIVERSOS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.....	214
TAULA 4.10 PERÍODE D'OBSERVACIONS DELS FENÒMENS METEOROLÒGICS DE DIVERSOS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.....	214

4 Metodologia

4.1 Incertesa en les dades climàtiques observades amb els diferents mètodes

Les observacions climàtiques dins la ciutat estan influïdes pel grau d'incertesa que impliquen 9 variables:

- 1) Altura de l'aparell meteorològic (manual o automàtic), altura del sensor damunt del sòl i altura respecte de la part superior dels edificis.
- 2) Distància i angle dels obstacles propers respecte l'aparell meteorològic.
- 3) Tipus d'estacions meteorològiques
- 4) Hora de l'observació. Aquesta varia entre les 0-23,59 hores T.U. (Temps Universal) hora solar, o 0-23,59 hores reals, en el cas d'aparells automàtics, 8-8 hores pel que fa a pluviòmetres manuals.
- 5) Llacunes per manca de fluid elèctric en el cas de les estacions automàtiques
- 6) Tipus de zona climàtica urbana on està l'observatori (en funció del grau de rugositat).
- 7) Manca de manteniment de l'observatori meteorològic
- 8) Grau d'error dels aparells.
- 9) Subjectivitat de l'observador meteorològic a l'hora d'interpretar correctament el valor d'una variable meteorològica.

1) **Altura.** L'Organització Meteorològica Mundial (OKE, 2006) recomana que els anemòmetres estiguin situats a la part superior dels edificis, han d'estar situats a una altura de 10 metres sobre la Terrassa o la teulada més elevada de l'edifici en qüestió. Això es fa per evitar les turbulències i mesurament incorrecte (per defecte) de la velocitat del vent, mentre que les turbulències provoquen canvis en la direcció del vent molt sobtats. En aquest sentit el consell personal és que els molins d'energia minieòlica haurien d'estar situats a la part superior dels edificis en zones urbanes denses per tal d'obtenir un aprofitament eòlic amb molta eficiència (*guide meteorological*, llibre)

2) **Distància i angle dels obstacles propers respecte l'aparell meteorològic.** Segons Antonio Gázquez (tècnic d'observacions meteorològiques de l'SMC) la distància a obstacles propers hauria de ser inferior a 26° pel que fa a les observacions de temperatura i precipitació. Igualment hauríem de tenir obstacles força allunyats (parets, arbres, edificis) de l'anemòmetre per evitar efectes indesitjables en el mesurament de la direcció i força del vent-

3) **Tipus d'estacions meteorològiques.** Les millors estacions meteorològiques corresponen a estacions meteorològiques professionals (Vaisala, p.ex.), com les del Servei Meteorològic de Catalunya mentre que les estacions automàtiques d'aficionats (Davis, Oregon, Nematmo, etc.) tot i fer un bon mesurament de les variables meteorològiques a vegades les seves mesures són errònies en comparació amb les professionals, especialment pel que fa a la precipitació. També les estacions meteorològiques manuals poden mesurar bé o malament les variables meteorològiques en funció del grau de manteniment, igual que les automàtiques, i sobretot dels indrets on estan instal·lades, damunt de teulades o terrasses poden

sobreestimar la temperatura màxima per la reverberació del sòl artificial, o mesurar menys precipitació que la precipitació observada a 1,5 metres damunt del sòl. Això ho hem observat en moltes estacions del centre de Girona (Girona-Plaça Poeta Marquina, Girona-Sèquia, Girona-Barri Vell, Girona-Bonastruc, etc.) i també a Salt (Plaça Sant Cugat), al centre.

4) **Hora d'observació.** L'hora d'observació implica que les comparacions entre les diferents variables dels diferents observatoris meteorològics puguin subestimar o sobreestimar les diferències entre les variables (sobretot temperatura i precipitació). Les estacions de l'*Agència Estatal de Meteorologia* mesuren els paràmetres meteorològics entre les 0 i les 23,59 hores, de la mateixa manera que fan les estacions automàtiques no professionals, com és el cas de les Davis. En canvi els observatoris del Servei Meteorològic de Catalunya realitzen les observacions entre les 0 i 23,59 UTC, on UTC és l'hora solar, per tant entre les 1 i les 0,59 hores respectivament del dia civil D i D+1 en horari d'hivern, i entre les 2 i les 1,59 hores respectivament del dia civil D i D+1. D es considera el mateix dia i D+1 el dia següent. Les estacions meteorològiques manuals fan l'observació entre les 7 i les 7 hores dels dies D i D+1. (JANSÀ GUARDIOLA, 2004).

5) **Llacunes** per manca de fluid elèctric en el cas de les estacions automàtiques. Les llacunes són els buits temporals d'un o varis tipus d'observació meteorològica (temperatura, precipitació, vent, etc.) provocats per la manca de fluid elèctric. Sovint es produeixen a l'estiu en observatoris de col·legis, o durant temporals de vent o de pluja que poden provocar talls d'energia elèctrica. Els buits de dades són un dels pitjors enemics de l'observació meteorològica i a l'hora d'establir conclusions científiques correctes sobre el clima d'un lloc determinat. En general els buits horaris o diaris d'una determinada climàtica es poden omplir amb varies tècniques, com per exemple el mètode de les diferències (temperatures) o quocients (precipitacions). També es pot omplir amb altres mètodes més sofisticats (test d'homogeneïtat de ratxes, test de Von Neumann i Mann Kendall), però aquests tests d'homogeneïtat s'apliquen quan disposem d'observacions simultànies d'un parell d'observatoris amb un grau de correlació estadística elevada, almenys $\pm 0,7$. Hi ha un mètode assignat específicament al vent, però podríem aplicar el mètode dels quocients, utilitzat per la precipitació. Així si un dia tenim 2,4 m/s de velocitat mitjana a l'observatori "x", i desconeixem la velocitat mitjana de l'estació "y", podem calcular la velocitat y a partir de l'equació x/y , del període comú del qual disposem de dades simultànies d'ambdós observatoris. També es pot aplicar un altre mètode que consisteix en assignar els mateixos valors que un observatori proper i amb un grau de correlació superior a 0,85. S'ha de dir però que aquest mètode té un grau d'incertesa molt gran quan tenim vents locals ja que quan el temps és estable la variabilitat de les condicions meteorològiques és molt gran en un territori determinat, ja que els diferents microclimes indueixen vents locals. També es pot aplicar la tècnica dels anàlegs, utilitzada per a les previsions meteorològiques (GUTIÉRREZ *et al.*, 2004). Així si en una situació meteorològica idèntica a la del dia del qual no disposem d'observacions (per exemple, anticicló de les Açores que ens envia una falca fins a Catalunya) hem tingut vent de mestral (315°) i una velocitat del vent mitjana de 1,6 m/s, doncs podem assignar-li aquest valor a l'observatori del qual no disposem d'observacions en el dia concret.

6) **Tipus de zona climàtica urbana** on està l'observatori (en funció del grau de rugositat)

Quan fem una anàlisi climàtica hem de tenir en compte si l'observatori està al centre de la ciutat on la rugositat (z) és més elevada per la presència d'edificis, o en canvi es troba a la perifèria urbana on la rugositat és més baixa. Per rugositat s'entén la variabilitat que té la geometria espacial, o sigui la presència d'obstacles verticals que alteren la lliure circulació del vent. En llocs molt oberts la rugositat s'acosta a 0, mentre que als centres urbans la rugositat pot acostar-se a 0,4. Depenent del grau de rugositat tindrem un valor de z més o menys elevat. En llocs amb elevat grau de rugositat la velocitat del vent serà més baixa que en camp obert ja que el vent sofrirà un frenat per causa dels obstacles. A més a més la rugositat implica una elevada alteració de la velocitat del vent, implica un augment de turbulències. Així a la ciutat el flux d'aire és més turbulent que a camp obert. S'aconsella la instal·lació a nivell de carrer de molins de vent en llocs més oberts i en zones climàtiques amb baixa densitat urbanística (suburbanes), mentre que es la ubicació de generadors eòlics en centres urbans té una sèrie de problemes que hem d'evitar, i per tant es recomana de no instal·lar aquests aparells a peu de carrer en centres urbans, sinó al damunt de torres o d'edificis on el règim de vent és més laminar o no tant turbulent com a la superfície dels canyons urbans (a peu de carrer).

7) **Manca de manteniment** de l'observatori meteorològic. Les estacions meteorològiques necessiten d'un manteniment per al seu correcte funcionament. Així els instruments meteorològiques es troben a l'aire lliure, a la intempèrie, sotmesos a el calor i a la fred, a les nevades i a les pluges. Totes aquestes inclemències meteorològiques repercuteixen en la sensibilitat dels aparells, fent que aquests tinguin una caducitat, a partir de la qual els aparells tot i que encara donaran valors prou fiables, ja estaran distorsionats pel desgast pel pas del temps. Cal per tant renovar els aparells cada 15-20 anys, ja que sinó tindrem unes dades meteorològiques que donaran un cert grau d'error. També si no es fa una comprovació trimestral i/o anual de l'estat dels aparells aquests poden donar valors molt erronis. Així si un anemòmetre i un penell tenen brutícia com a conseqüència de la contaminació atmosfèrica i defecacions dels ocells en les seves pales i no es netegen periòdicament probablement donaran valors subestimats de la velocitat del vent i també poden enregistrar direccions del vent que estiguin distorsionats respecte la realitat.

8) **Grau d'error dels aparells.** Les estacions meteorològiques tenen un cert grau d'error que ja està donat en les instruccions per muntar-los. Així en les estacions Davis tenim $\pm 0,2^\circ\text{C}$ d'error en la temperatura i $\pm 0,2$ mm en la precipitació, mentre que en la velocitat del vent hi ha i $\pm 0,2$ m/s en la velocitat del vent. El grau d'error serà més gran si l'estació es troba prop d'arbres i altres obstacles com edificis, i accidents topogràfics (turons, fons de vall, etc.), i donaran valors que no són representatius de la regió climàtica on ens trobem. Les estacions automàtiques professionals (per exemple les Vaisala o les del Servei Meteorològic de Catalunya) a vegades sobreestimen o subestimen els valors o donen valors erronis, en aquest cas marquen 9999 o -9999. Per tal de saber si un valor d'una variable climàtica està sobreestimat o subestimant procedirem a la comparació de la determinada variable amb una estació propera amb un elevat grau de correlació.

9) **Subjectivitat de l'observador meteorològic** a l'hora d'interpretar correctament el valor d'una variable meteorològica. Això succeeix molt en les estacions meteorològiques manual son la velocitat i direcció del vent poden estar establertes en funció de l'ull de l'observador. En els observatoris automàtics aquest tipus d'error no

.....

existeix, ja que l'observador anota en el quadern el valor de la variable que dona l'estació meteorològica automàtica, i per tant només es pot equivocar si l'anota malament, tot i això les estacions automàtiques tenen dataloggers on s'emmagatzemen les dades, i si ho ha anotat de forma incorrecta es pot corregir.

Hem d'afegir en aquest subcapítol les dificultats a l'hora de fer un estudi de climatologia urbana de l'àrea urbana de Girona.

1) Comparar observatoris amb diferent resolució tèrmica (estació meteorològica de les Deveses de Salt amb un thermochron amb resolució de 0,5°C) i altres estacions meteorològiques amb resolució de 0,1°C.

2) Comparació d'estacions meteorològiques amb una diferent resolució temporal. Mentre que hi ha estacions meteorològiques com les de la DGQA o XVPCA on les temperatures extremes i la precipitació d'un dia determinat corresponen a l'interval de les hores 0-23,30 hores civils, les estacions amb thermochron i datalogger l'interval temporal correspon a les 0-23,59 hores, de la mateixa manera que els observatoris de l'AEMET, de Meteoclimatic i altres estacions automàtiques com la de Girona-Vicens Vives i Girona-Montjuïc. D'altra banda les estacions pertanyents a la xarxa de Meteocat, i també la universitat de Girona, la resolució temporal és entre les 0 i les 23,59 hores solars. Això significa que les temperatures mínimes poden ser més baixes que altres estacions amb una altra resolució temporal, especialment després de dies ennuvolats, plujosos, ventosos o amb canvis de massa d'aire, ja que la temperatura pot baixar més durant la nit en aquestes últimes estacions meteorològiques.

3) D'altra banda la superfície damunt del qual es troba l'estació meteorològica i l'indret en què estan situats influeix en les dades de temperatura, precipitació, velocitat i direcció del vent. Els observatoris que es troben damunt de teulades o de terrasses tenen temperatures mitjanes de les màximes superiors respecte estacions suspeses a l'aire lliure, enganxades amb màstils a les parets, això s'observa comparant les dades de Salt-Plaça Sant Cugat, Girona-Sèquia, situades en terrasses, o Girona-Barri Vell, damunt d'una teulada, té unes temperatures màximes més elevades respecte Girona-Bonastruc. La reverberació de calor de les superfícies urbanes afavoreix unes temperatures més elevades en observatoris situats damunt de teulades o de terrasses. Un altre cas paradigmàtic és Girona-Montjuïc, en el període 1999-2009 l'estació meteorològica es trobava damunt d'una teulada i enregistrava màximes força elevades. En canvi en el període 2012-2021 la gàbia meteorològica està a 1,5 metres damunt del terra i dona unes mesures de temperatura 1,1°C inferiors a les de la teulada. També hem de tenir en compte que en els primers anys de la sèrie de Girona-Barri Vell i Girona-Bonastruc les temperatures eren molt similars, per això les mitjanes tèrmiques del període 1998-2013 d'ambdós observatoris són idèntiques, però això no amaga el fet de les importants diferències en els últims anys de les dues sèries (2014-2019). Dissortadament, tenim moltes llacunes a l'estació de Girona-Barri Vell per comparar les dades, però en dies aïllats i en el període 2014-2019 s'observa una important diferència en les màximes respecte Girona-Bonastruc. Una altra temàtica important és el tipus de gàbia i la protecció dels observatoris. Els observatoris de Girona-Sant Daniel i Salt-Plaça Sant Cugat han sofert una reducció tèrmica en els valors de les màximes per efecte del canvi de la persiana de les gàbies meteorològiques, que ha passat de ser simple a ser doble. En el cas de Salt-Plaça Sant Cugat la variació tèrmica s'ha incrementat per una modificació molt poc important

en la localització de l'observatori, uns 3 metres al sud-oest de l'indret on es trobava anteriorment. En aquesta posició més perifèrica de la terrassa i més propera al jardí les temperatures màximes són molt més similars a partir de l'any 2010 si comparem les màximes d'aquest observatori amb l'estació de referència que té les condicions que recomana l'OMM (Salt-AEMET, en el període 1998-2008, i Salt-XOM en el període 2010-2021). L'estació de Girona-Bonastruc també ha sofert un lleuger canvi en la seva localització, ara es troba 1 metre més elevada que anteriorment al març de 2013 i es troba més afectada pel vent, ja que es troba suspesa a l'aire, enganxada al màstil, abans l'efecte de la teulada de l'edifici on es troba influïa en aquest observatori.

La precipitació és una variable meteorològica que està molt influenciada per les condicions locals on es troba el pluviòmetre. Hem observat com Girona-Universitat enregistra una precipitació mitjana anual al voltant dels 600 mm clarament inferior respecte Girona-Palau, prop dels 680 mm, malgrat que la distància en línia recta no supera 1,5 quilòmetres, i la topografia és similar, ambdós observatoris es troben en les vessants dels turons que es troben al sud de la ciutat. La diferència observada en la precipitació s'explica perquè l'observatori de la universitat es troba en la part enlairada d'un edifici, i la boca del pluviòmetre sobresurt molt poc de la superfície on està ubicada, no es troba a 1,5 metres damunt del sòl, en aquest cas de la terrassa on es troba. També s'ha d'afegir que té obstacles propers que poden alterar la mesura correcta de la precipitació. Això implica que les turbulències observades al voltant d'aquest aparell provoquen una clara subestimació de la precipitació. Hi ha altres observatoris que tenen unes condicions similars, es troben enlairats, enregistren precipitacions clarament inferiors respecte estacions que estan a 1,5 metres d'altura, precipitacions mitjanes inferiors als 600 mm o àdhuc els 550 mm en el cas de Girona-Maristes, quan la mitjana de la precipitació és de 771 mm a la ciutat de Girona en el període 1906-2021. És el cas de les estacions de Girona-Maristes, Girona-Plaça Poeta Marquina o Girona-Vicens Vives en el període 2004-2017. També hem de remarcar, que de la mateixa forma que amb les altres variables meteorològiques (temperatura i vent) les llacunes en la precipitació fan que sigui molt difícil de comparar les precipitacions observades entre els diferents observatoris. Finalment la resolució temporal afecta tant la temperatura com la precipitació. En el cas de la precipitació les estacions manuals prenen com a dia de precipitació d'un dia concret el període comprès entre les 8 hores del mateix dia i les 8 hores del dia següent (estacions d'AEMET i altres observatoris particulars, com Salt-Plaça Sant Cugat o Girona-Sèquia), d'altra banda la precipitació de les estacions pertanyents a la XOM s'observa entre les 7 hores solars d'un dia determinat i el dia següent. Altres observatoris prenen la precipitació del dia civil, és el cas de la majoria d'observatoris automàtics d'afeccionats (Davis i Oregon), també és el cas dels observatoris automàtics pertanyents a la xarxa d'AEMET (aeroport i Girona-Parc del Migdia). L'últim tipus d'estacions són les que consideren la precipitació acumulada en l'interval entre les 0 hores solars d'un dia determinat i les 23,59 hores del mateix dia, els observatoris del SMC pertanyen a aquest grup d'estacions, igualment com la universitat de Girona. Per tant, és molt complicat de comparar les precipitacions diàries i mensuals dels observatoris, per tot aquest cúmulo de circumstàncies.

Les estacions més enlairades (Girona-Montjuïc) i properes a rius (Girona-Vicens Vives i Girona-Maristes) tenen velocitats mitjanes del vent clarament superiors a les d'estacions situades al centre urbà de Girona per efecte del frenat del vent que

exerceixen els edificis. No només els observatoris situats a la part superior del pal·li urbà tenen velocitats més baixes (Girona-Bonastruc i Girona-Barri Vell), sinó també les estacions situades prop del sòl, tals com Girona-Escola de la Música tenen velocitats del vent força baixes. Els observatoris suburbans tenen velocitats intermèdies entre els dos tipus d'observatoris oberts com a conseqüència de la seva situació, es troben en espais més oberts i més ventats. D'altra banda també la situació geogràfica influeix en la velocitat del vent, els observatoris situats als extrems de l'àrea urbana enregistren velocitats superiors respecte a les estacions més properes al centre urbà de Girona ja que la situació topogràfica de la ciutat de Girona, protegida dels vents per la seva orografia, enmig de turons, produeix una ombra eòlica en la ciutat.

4) El mètode dels transsectes urbans en el cas de ciutats amb orografia complexa com és el cas de Girona té algunes deficiències ja que les variacions tèrmiques observades per efecte de factors no urbans, com són els geogràfics i topogràfics, fan que la cartografia sigui una feina complexa sinó hi ha almenys tres automòbils que realitzin diferents recorreguts de forma simultània. La velocitat de l'automòbil dins els nuclis urbans és molt baixa, inferior a 10 km/h en molts casos, per efecte dels semàfors i dels embussos de trànsit, la qual cosa impossibilita de que un automòbil pugui realitzar varis transsectes en un temps prudencial. S'ha d'afegir que a més les variacions tèrmiques observades en poc temps cronològic fan més complicat el càlcul de la intensitat de l'illa de calor real. Així en alguns casos extrems les temperatures poden baixar fins a 7°C en una hora en algunes àrees rurals, mentre que en altres zones centrals de la ciutat la variació tèrmica és molt menor, entre 2°C i 3°C. S'ha d'afegir que no s'observen uns ritmes idèntics del descens tèrmic observat durant la nit en les diferents àrees rurals, sinó que aquests depenen de molts factors, alguns meteorològics, com la velocitat i direcció del vent, la situació sinòptica, l'època de l'any, etc. Finalment, de la mateixa manera que hi ha una amalgama de climes urbans dins la ciutat, amb variacions tèrmiques en distàncies relativament curtes, a les àrees rurals també s'observen aquests contrastos tèrmics marcats. Per tant els mapes realitzats són una abstracció de la realitat, com a conseqüència dels problemes plantejats.

4) Actualment la majoria d'estudis envers l'illa de calor urbana tenen com a mètode d'estudi l'illa de calor superficial a través d'imatges infraroges de satèl·lit. Aquesta metodologia és útil a l'hora de detectar les diferències tèrmiques del sòl i de les superfícies urbanes, però pensem que no reproduïx fidelment les diferències tèrmiques en l'aire observades en el pal·li urbà, ja que els carrers amb un SVF més elevat són més càlids respecte la part superior del pal·li urbà durant els dies assolellats, i els carrers amb un SVF més baix són més freds respecte la part elevada dels edificis en dies amb temps estable, forta insolació i vent fluix o en calma. Fins i tot depenent de la part del carreró on recorren els transsectes hem observat diferències, tant en les vies urbanes W-E, on la dissimetria tèrmica és més elevada entre els dos cantons del carrer, i en les vies urbanes N-S.

5) L'hora de prendre la temperatura mínima ha variat en els observatoris en funció de l'any durant la sèrie d'aquesta estació meteorològica. Per exemple en el cas de Salt-Plaça Sant Cugat abans de 2004 la temperatura mínima era la mínima observada fins les 9 del matí, mentre que a partir d'aquest any la mínima és el valor més baix observat fins les 23,59 hores. És el mateix cas de Girona-la Vall de Sant Daniel, on l'any de tall és el 2013, abans del qual les mínimes eren fins les 9 hores. I en el cas de

Girona-Sèquia l'any 2010 és l'any en què canvia la metodologia a l'hora de determinar la temperatura mínima d'un dia determinat, abans les mínimes eren fins les 9 hores.

6) L'última dificultat a la qual s'enfronten els climatòlegs urbans quan fan una anàlisi del clima urbà és que les ciutats ocupen una extensió relativament elevada i que les àrees rurals que les envolten no tenen un clima idèntic. Així la geografia i orografia que tenen les àrees urbanes, on incloem tant les zones urbanitzades com la seva perifèria, varien molt en les diferents urbs repartides pel planeta. La separació dels efectes urbans en les variables meteorològiques respecte els efectes geogràfics i topogràfics és una feina àrdua. En les últimes dècades hi han hagut avenços molt importants en la geoestadística gràcies als Sistemes d'Informació Geogràfica, amb els quals es pot tenir un bon coneixement de com afecten les diferents variables urbanístiques i geogràfiques en l'efecte de l'illa de calor, però encara hi han algunes llacunes. Hi han poques investigacions en aquesta temàtica, quines modificacions produeix el relleu a les tempestes en les ciutats amb una orografia complexa. Només a Israel i Estats Units hi hagut investigacions respecte com els aerosols influeixen en la precipitació orogràfica de les muntanyes i en ciutats properes. Així la majoria d'investigacions estan centrades en com afecten els usos del sòl, l'illa de calor i els aerosols procedents de la contaminació urbana en la distribució de la precipitació, però no hi han estudis holístics on es consideri la influència de la topografia, juntament amb els factors esmentats en la precipitació convectiva.

S'ha de remarcar que hi ha un observatori meteorològic del qual tenim dades fiables de temperatura des de 2011, tot i que es prenen dades de temperatura mínima des de 2003. Es tracta de l'estació més freda de l'àrea urbana de Girona, les Deveses de Salt. Tot i que des de 2005 fins al 2009 l'observatori no és "oficial" ja que el sensor de temperatura màxima i mínima es troba desprotegit, és un termòmetre de màximes i mínimes. A partir de 2009 es prenen les dades en un thermochron i a partir de 2011 es prenen les dades amb un thermochron (datalogger) dins una gàbia Davis. I les diferències de temperatura entre Salt-Plaça Sant Cugat i les Deveses de Salt no mostren un canvi abrupte a partir de la normalització de l'observatori. Per tant s'agafen les temperatures mínimes dels primers anys sense realitzar cap correcció ja que tenen fiabilitat malgrat no registrar-se per la normativa de l'Organització Meteorològica Mundial.

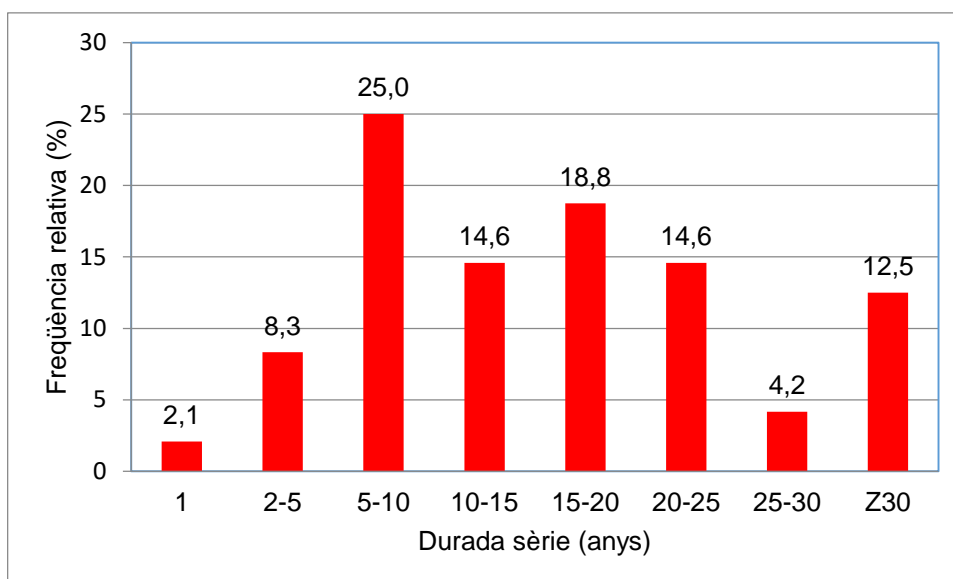


Figura 4.1 Polígon de freqüències segons el nombre d'anys de les sèries dels observatoris analitzats.

La longitud temporal de les sèries dels observatoris oscil·la molt, entre 1 any (Girona-ACA (2) i 83 anys (Girona-Institut Vell), si considerem el període 1884-2021. La freqüència modal és la de 5-10 anys (25 %), per tant la major part dels observatoris tenen una sèrie massa curta per arribar a unes conclusions envers els valors normals del seu clima, ja que segons l'Organització Meteorològica Mundial recomana un mínim de 30 anys per fer un estudi climàtic d'una zona determinada. No obstant hi ha gairebé un terç dels observatoris que tenen 20 anys o més de dades (31,3 %), i en aquestes estacions meteorològiques es pot analitzar el seu clima i determinar les variacions climàtiques per efectes urbans o naturals. No obstant hi ha algunes estacions meteorològiques amb més de 20 anys en les quals les variables meteorològiques no són gaire fiables, com la precipitació, la temperatura i la humitat relativa a l'observatori de Girona-Universitat (1994-2021), del qual disposem de dades fins l'any 2019. Per tant, no és gaire aconsellable comparar aquestes variables meteorològiques amb altres estacions meteorològiques. En tot cas, en aquest observatori es poden fer comparacions climàtiques d'aquestes variables en la seva sèrie, per veure l'evolució climàtica que hi hagut en aquesta estació meteorològica.

4.2 Mètode dels transectes tèrmics

Els principals mètodes que hem utilitzat per analitzar les diferències tèrmiques urbanorurals són els dels transectes tèrmics i la comparació d'un observatori urbà i una estació meteorològica rural. Una de les metodologies més utilitzades dins la climatologia urbana és la realització de transectes tèrmics urbans. En aquest treball hem realitzat fins a 21 tipus de transectes diferents, 3 al migdia, 3 al matí i 15 a la nit. Els transectes realitzats són un recorregut fet amb automòbil o a peu, per diferents parts de la ciutat, per tal de saber la temperatura dels diferents barris de la ciutat i també de la zona perifèrica urbana. Gairebé tots els transectes que hem fet al migdia i al matí els hem fet de la forma pedestre, mentre que la majoria de transectes de la nit són amb automòbil, amb l'excepció dels transectes 5 i 6 que són fets a peu.

Es pren la temperatura de cada punt d'observació escollit prèviament, dins d'un transecte poden haver-hi més de 20 punts d'observació, normalment cada 500 m

observem la temperatura que hi ha en aquell punt, amb l'excepció dels transsectes pedestres en què fem l'observació cada 100 o 150 metres. Si es compara el màxim i mínim tèrmic de cada transsecte podem calcular la intensitat de la illa de calor en una hora determinada. Mentre que la comparació entre observatoris fixos ens permet confeccionar un mapa de temperatures mínimes de l'àrea urbana de Girona, amb els transsectes tèrmics es pot fer un mapa tèrmic del moment en què la illa de calor és més intensa (2 o 3 hores després de la posta de sol). Aquests mapes s'anomenen mapes de l'illa de calor urbana. Abans de realitzar els transsectes s'ha de confeccionar un pla, per tal que els transsectes s'adeqüin a la morfologia urbana i també s'han de prendre correctament les dades de cada transsecte. Els dies en què es feien els itineraris no eren sempre els mateixos, els hem dut a terme durant tots els dies de la setmana, però els transsectes nocturns es feien preferentment els divendres, sobretot els que es realitzaven de les 23 a 23,30 hores.

El pla consta de set parts, segons la metodologia realitzada per Moreno García (1999). Aquestes són les següents:

- 1) Disseny dels transsectes previs a la realització.
 - El disseny consta de tres parts, aquestes són les següents:
 - Analitzar el pla de la ciutat per tal d'estudiar on han de passar els transsectes.
 - Estudiar el nombre de transsectes que cal realitzar per tal de donar una idea versemblant de l'illa de calor urbana.
 - Traçat que segueixen els transsectes.
- 2) Realització dels transsectes.
 - S'ha de mesurar el quilometratge.
 - Hem de realitzar el quadern d'observacions.
- 3) És molt important de posar la data de la realització del transsecte.
- 4) L'hora d'inici i finalització del transsecte.
- 5) Velocitat mitjana del transsecte.
- 6) Equip de persones que realitzen el transsecte.
- 7) S'han d'anotar les condicions meteorològiques.

S'han de tenir les següents consideracions a l'hora de planificar els transsectes segons Moreno García (1999):

- a) Per tal de realitzar els transsectes cal tenir en compte la direcció de la circulació dels carrers.
- b) S'ha de distribuir en els transsectes els punts d'observació, que han de tenir un espaiament no massa gran per tal de representar les diferents zones tèrmiques de la ciutat.
- c) Els transsectes han de travessar els carrers en diferents direccions i cobrir tota l'àrea d'estudi. Els transsectes s'han de tallar entre sí en el centre de la ciutat.

- d) S'ha d'anotar les condicions meteorològiques del moment (vent, nuvolositat) i del dia
- e) Cal tenir ben calibrat l'instrumental amb una estació meteorològica.
- f) La sonda tèrmica o el termohigrògraf ha de portar protecció.
- g) En ciutats de clima continental ha d'haver-hi un recorregut d'anada i tornada i la temperatura d'un punt d'observació serà la mitjana d'aquests dos recorreguts, per tal que les observacions siguin simultànies. En ciutats de climes menys extrems la temperatura del punt de tall de dos transsectes no pot variar més de 0,5°C per tal que els resultats siguin vàlids. També la correcció de les diferències entre dos transsectes es pot fer amb el termògraf.

En la majoria d'investigacions de l'illa de calor urbana es fan diversos transsectes tèrmics simultanis per tal de confeccionar el mapa de isotermes. En el cas de Girona, com que els transsectes només es realitzen amb un vehicle, només podem fer un transsecte en un moment determinat. Per tal d'esmenar aquest problema, el procediment més habitual és el de realitzar dos transsectes consecutius. El primer és més curt, normalment és el transsecte W-N, que comença a Salt i acaba a Sarrià de Ter. I el segon és més llarg. Els punts de tall dels dos transsectes són els punts d'observació de Pont de Pedret, Pedret, Pont Major, Sarrià de Dalt, Pla de L'Horta i Pla de Vinyers de Ter. L'any 2008 hem introduït una variant d'aquests transsectes, així hem realitzat els transsectes 1 i 3 que s'encreuen prop del centre de Girona, a la Plaça dels Països Catalans. Amb aquesta modificació tenim la variació de la temperatura del centre de Girona, nucli de l'illa de calor. Quan la temperatura descendeix 0,5°C en un mateix punt d'observació realitzant dos transsectes consecutius es fa una correcció de temperatura tenint en compte la informació meteorològica que ofereix l'observatori de Girona (font: Servei Meteorològic de Catalunya), són observacions horàries, i també les observacions semihoràries de Girona-Vicens Vives (font: Edumet).

Hem confeccionat 16 transsectes tèrmics repartits per l'àrea urbana de Girona. Els diferents transsectes tenen punts d'observació on es mesura la temperatura cada 500 m, excepte el transsecte 5 (cada 150 m) i el transsecte 6 (cada 300 m fins l'any 2008, i després d'aquest any cada 150 metres). Els transsectes els hem realitzat entre el desembre de 2001 i l'agost de 2021. Els transsectes nocturns els realitzem la majoria de vegades en una mateixa hora, entre les 19,30 i 20,30 hores. A l'època hivernal i a la segona meitat de la tardor l'hora que fèiem aquests itineraris és el millor moment per fer els transsectes, però a la primavera i a l'estiu els transsectes coincidien a vegades amb la posta de sol, o es fan només mitja hora després de l'ocàs. Per tal d'esmenar això a la primavera i a l'estiu els transsectes els comencem més tard, a les 20,30 i els acabem a les 21,30 hores, fins i tot a les 21,40 hores. Alguns transsectes estiuencs també els hem realitzat en unes hores que són més favorables, entre les 23 i 23,30 hores, durant tot l'any. Els recorreguts que es feien abans de la posta de sol i que englobaven tota l'àrea urbana només els hem realitzat a l'hivern, amb una hora d'inici a les 17 i hora final a les 18 hores. Cal remarcar però que s'han realitzat transsectes matinals al municipi de Salt durant tot l'any, excepte l'estiu. Tot i que els transsectes de Salt són molt curts, la intensitat és força elevada, i així es poden comparar els transsectes segons les diferents estacions de l'any.

En la nostra campanya de transsectes no hem efectuat un recorregut d'anada i tornada sinó que hem fet varis transsectes, o un transsecte circular, amb un punt de tall a la Devesa de Girona, que és el més habitual als últims anys de la campanya, concretament en el període 2013-2021. Com les diferències entre els punts de tall són superiors a 0,5°C en la majoria de transsectes hem corregit la temperatura segons les dades tèrmiques de diferents moments del transsecte proporcionades pels observatoris meteorològics de referència (Girona-Bonastruc, Girona-Parc de Bombers, Girona-la Vall de Sant Daniel, Salt, Sarrià de Ter, les Deveses de Salt). Tampoc disposem d'un protector del termòmetre dels transsectes, hem de tenir en compte que la majoria de transsectes nocturns no és necessari aquest accessori ja que la radiació solar no influeix en la temperatura de la sonda tèrmica externa. Tampoc en els transsectes tèrmics diürns hem utilitzat una protecció de la sonda, però hem posat la sonda a l'ombra de les persones que realitzàvem els transsectes perquè la radiació solar no incrementés artificialment la temperatura proporcionada per la sonda tèrmica, i en alguns casos hem fet girar la sonda perquè donés els valors tèrmics més propers a la realitat

L'objectiu dels transsectes tèrmics és multiplicar el nombre de punts d'observació en una àrea tan complexa com és una ciutat i el seu entorn, per tal d'aconseguir un coneixement microclimàtic, difícil d'assolir amb els registres dels observatoris meteorològics fixos .

Un cop tinguem els transsectes tèrmics, podrem dibuixar els mapes tèrmics de l'àrea urbana de Girona d'una hora determinada, són més ben coneguts com a mapes de la illa de calor urbana, ja que s'observen les diferències tèrmiques entre l'àrea urbana i els seus voltants. Per tal de confeccionar els mapes de la illa de calor urbana de Girona utilitzarem el Surfer que és un software per tal de fer mapes d'isolinies amb ordinador. El Surfer no és exactament un sistema d'informació geogràfica, però també és útil per al nostre propòsit, utilitza un mètode de interpolació anomenat *Kriging*, que permet dibuixar les isoterms del mapa de l'illa de calor amb relativa facilitat. Aquest mètode utilitza una tècnica de interpolació preparada per a tenir en compte l'anisotropia i unes altres característiques espacials de la variable objecte d'estudi (temperatura). Segons Hernández (2001) el mètode de Kriging és molt vàlid per a variables meteorològiques segons el núvol del semivariograma i a més no ignora els patrons de dependència espacial que normalment es troben en les variables meteorològiques.

Cal remarcar que amb els transsectes no només podem dibuixar un mapa de la illa de calor, sinó també un perfil tèrmic. Un perfil tèrmic és una gràfica de l'evolució de la temperatura amb l'espai. Els perfils tèrmics són la plasmació més directa dels transsectes tèrmics, en són una fotografia. Així amb el perfil tèrmic es pot observar on la temperatura és més baixa, on és més elevada, també es pot observar la variació del pendent de la temperatura amb l'espai. En les zones en què hi ha canvis bruscos d'usos del sòl normalment hi ha una variació ràpida de la temperatura.

4.2.1 Metodologia de correcció temperatura dels transsectes tèrmics

La temperatura puja o baixa en els diferents transsectes tèrmics realitzats en diferents moments del dia (matinada, nit, tarda, migdia i posta de sol) amb una variació que no és idèntica en tots els dies ni en tots els punts d'observació davalla a Girona entre el

punt inicial i el punt final de cada transsecte, si no es realitza cap correcció es sobreestimen les temperatures dels punts inicials dels transsectes. Es proposen 2 metodologies de correcció de la temperatura dels diferents punts de transsectes tèrmic en diferents moments del dia, nocturn, matinal i del migdia.

1a metodologia:

- a) S'ordenen els punts d'observació del primer a l'últim, i es dóna un valor, 1 al 1r punt i 99 al 99è punt si n'hi han 99. Cada punt té un nombre d'ordre, més elevat en els últims punts del transsecte.
- b) Se suma o es resta la temperatura de tots els punts d'observació tenint en compte la variacions de la temperatura entre el punt d'inici i el final del transsecte, que és el mateix, el carrer Montagut de Sarrià de Ter en els transsectes dels anys 2013-2021. En el primer període d'observacions (2001-12) corregim les dades segons les variacions tèrmiques experimentades als observatoris meteorològics de la Plaça Sant Cugat de Salt, Girona-Parc de Bombers i Girona-Institut Vicens Vives.
- c) Es divideix el descens de la temperatura entre l'inici i el final del transsecte en un punt representatiu de l'àrea urbana de Girona, per exemple Sarrià pel nombre de punts del recorregut i s'obté el valor de variació de temperatura que ha tingut un punt determinat. Això ens donarà la variació de temperatura tenint en compte el temps cronològic per $\Delta T / \Delta t$.

ΔT = Temps transcorregut entre l'inici i el final de cada transsecte

Δt = Variació de la temperatura amb el temps

- d) Es multiplica la variació tèrmica/temperatura pel nombre d'ordre del punt del transsecte i es suma o es resta a cada punt, així obtindrem la temperatura al final del transsecte.

2a metodologia:

Aquesta metodologia s'aplica en funció de si disposem de dades de temperatura simultània de varis observatoris meteorològics (almenys 3, representatius de la zona urbana, suburbana i rural).

Se segueix el mateix procediment que a la mateixa metodologia, però en comptes de sumar o restar la mateixa variació de temperatura a tots els punts d'observació es corregeix la fluctuació tèrmica en funció de la zona on pertanyen els observatoris. Aquesta metodologia és més fiable que la primera, ja que la variació tèrmica experimentada durant el transsecte és diferent en funció de l'ús del sòl.

4.3 Descripció dels transsectes tèrmics

En aquest apartat es descriuen els nou tipus de transsectes tèrmics realitzats segons les característiques del medi físic, els trets urbans i les principals característiques dels usos del sòl.

Transsecte 1. Sarrià de Ter-La Creueta-Deveses de Salt. Recorregut: 22,7 Km. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres, excepte entre l'últim i el penúltim que hi ha 200 metres de separació.

L'inici del transecte és al barri del pla dels Vinyers a Sarrià de Ter. És un barri on hi ha un predomini d'habitatges unifamiliars, tot i que hi ha edificis de nova construcció de mitjana-baixa alçada, al voltant de 4 pisos d'altura. Es continua pel poble de Sarrià de Dalt, que pertany a Sarrià de Ter. Després del poble agafem la carretera sense asfaltar que porta al camí del Molí, és una zona suburbana o rural, que segueix la vall del riu Xuncla. Després es torna pel mateix camí fins una carretera local que porta a la fàbrica Torras Papel (antiga Torras Hostench).

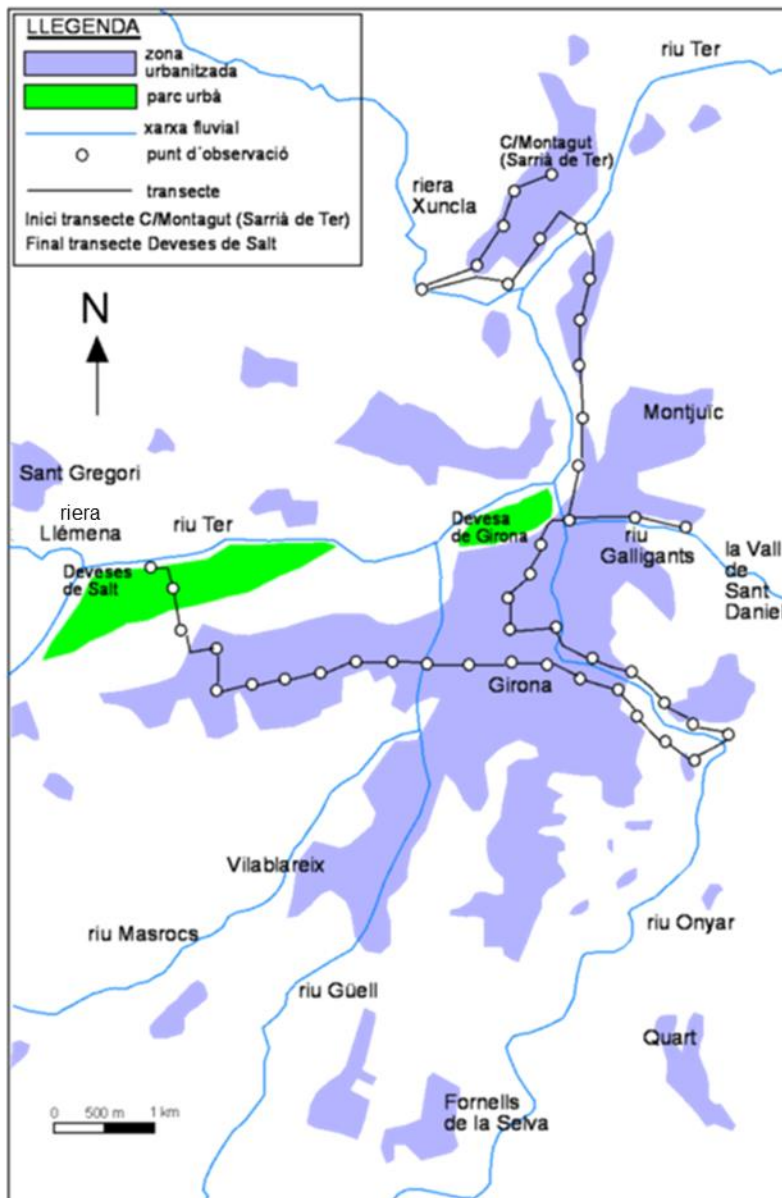


Figura 4.2 Transecte 1.

En aquesta part del transecte hi predominen els usos industrials, encara que hi han alguns habitatges. Després d'aquesta indústria es continua pel pont de l'Aigua que separa Sarrià de Ter del barri del Pont Major de Girona. El barri del Pont Major és un barri perifèric de Girona, situat al nord de la ciutat. Hi predominen els edificis d'altura mitjana. És un barri que limita amb una zona suburbana per l'est i per l'oest. Així a l'est hi trobem la muntanya de can Simon, on hi ha una pedrera i diversos boscos. A l'oest

hi han horts i arbredes que són boscos de ribera del riu Ter, també hi ha una devesa, la devesa del Pont Major.

Després del barri del Pont Major el transsecte continua pel barri de Pedret, en la confluència dels rius Ter i Onyar. Davant del pont de Pedret entrem al barri Vell de Girona i després continuem pel carrer de Sant Daniel de la vall de Sant Daniel. És una zona rural del municipi de Girona de gran interès paisatgístic. Hi predominen habitatges unifamiliars de poca alçada, entre un i tres pisos. Quan arribem al monestir de Sant Daniel l'itinerari continua en sentit contrari i tornem pel carrer de Sant Daniel fins arribar al barri de Pedret. Després del pont de Pedret passem per la Devesa, és un parc urbà, i seguidament arribem a l'Eixample nord de Girona per l'avinguda Jaume I. Aquest és un barri cèntric de Girona d'una elevada densitat d'edificació. Els edificis tenen entre 5 i 8 pisos d'altura. Quan s'arriba a l'altura del carrer Álvarez de Castro es continua per alguns carrers on hi ha el màxim tèrmic de la ciutat, carrer Juli Garreta, carrer de la Creu, etc. Després es segueix per la plaça del Lleó i pel pont sobre l'Onyar arribem al carrer del Carme, en el barri de Vista Alegre. És una zona urbana de densitat mitjana-alta. Aquest carrer ens porta a la carretera de Girona a Sant Feliu de Guíxols.

Aquest sector és una zona suburbana, amb polígons industrials i alguns habitatges. Seguim la carretera fins a la Creueta, que és un poble del municipi de Quart. Aquí agafem la carretera que porta a Girona que és paral·lela a la carretera de Sant Feliu. Ens trobem en una àrea suburbana, amb poques edificacions i vegetació de ribera. Entrem a la zona urbana de Girona pel carrer Emili Grahit. Estem a l'Eixample Sud de Girona. Els edificis són elevats, tenen entre 7 i 9 pisos d'altura.

Continuem per aquest carrer fins al Passeig d'Olot. Estem a l'altura de Sant Narcís, un barri on hi ha un predomini d'edificis de 4 a 6 pisos, però a l'esquerra del Passeig d'Olot hi ha una àrea relativament reduïda on hi ha habitatges unifamiliars. Després del Pont del Dimoni arribem al barri de Santa Eugènia, barri amb una elevada densitat de població, on el tipus d'habitatge és de blocs de pisos de 4 a 6 pisos d'altura. Aquest barri és unit urbanísticament amb el municipi de Salt. Entrem a aquest municipi pel Passeig dels Països Catalans, que és una continuació del Passeig d'Olot. Aquesta és una zona on la densitat de població és elevada, amb habitatges elevats, que tenen entre 5 i 7 pisos d'alçada. Després d'1,2 quilòmetres arribem a una àrea on a l'esquerra tenim el Grup Sant Cugat, on hi ha l'estació meteorològica del centre de Salt. El Grup Sant Cugat és una part de districte de Salt on hi ha el predomini d'habitatges unifamiliars de 2 pisos d'altura i que tenen jardí. Després d'aquest sector entrem en una àrea on a la dreta tenim un sector amb pisos alts, i a l'esquerra tenim la zona esportiva. Quan arribem a l'altura del carrer Joaquim Ruyra seguim per aquest carrer fins al carrer Fleming, i entrem al Barri Vell de Salt. Aquest és el nucli amb elevada densitat de població, però amb habitatges de relativa poca alçada, 2 a 4 pisos. Es passa per la plaça de la Vila i al cantó de la fàbrica Gasol que és el límit de la zona urbanitzada. Uns 300 m després s'entra en les hortes de Salt, estem en una àrea rural de Salt, on hi ha algunes masies disperses. Després de les hortes entrem a les Deveses de Salt, és una arbreda protegida, en una zona no urbanitzable. El transsecte finalitza a l'oest de les Deveses de Salt, en el Pas d'en Prat, una clariana de l'arbreda que es troba situada al cantó del riu Ter, al límit dels municipis de Salt i Sant Gregori.

Transsecte 2. Salt-Sarrià de Ter. Recorregut: 10,4 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres.

El transsecte s'inicia al passeig dels Països Catalans, a l'altura de la plaça Sant Cugat. Es segueix per aquest carrer fins al passeig d'Olot, pertanyent al barri de Santa Eugènia, que forma part del municipi de Girona. Aquest començament de transsecte és urbà, amb una elevada densitat d'edificació, ja que està delimitat pel centre urbà de Salt en el sector meridional, i l'àrea de Girona també és densament poblada. Es segueix fins al Pont del Dimoni i aquí es gira a l'esquerra passant per l'avinguda Josep Tarradellas. Després de 300 m s'entra en una zona de contacte urbana-suburbana per les hortes de Santa Eugènia limitada al N pel riu Ter. Quan arribem a la rotonda del pont de Fontajau sobre el riu Ter seguim cap a la dreta en direcció a l'Eixample N de Girona. Estem en una àrea propera a la Devesa de Girona, parc urbà. La densitat de població és força elevada, amb habitatges d'entre 4 i 6 pisos d'altura.

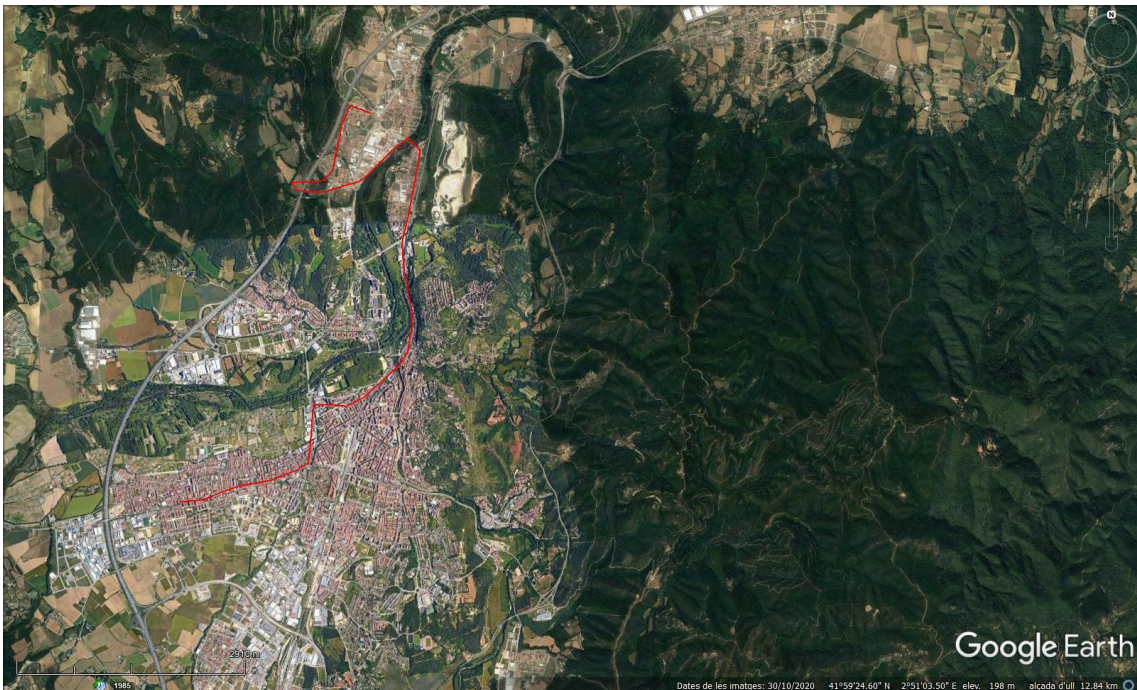


Figura 4.3 Transsecte 2.
 Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©

Es passa primer pel carrer Joan Vayreda, i després pel carrer Güell que discorre al cantó de la Devesa de Girona. Després es segueix pel pont de Pedret sobre el riu Onyar i s'entra al barri de Pedret. És un barri on hi ha una barreja d'usos residencials, lúdics i comercials, amb habitatges d'entre 3 i 6 pisos. Es segueix per la carretera de Palamós que travessa l'esmentat districte i arribem al Pont Major, és un barri situat al nord de Girona, per tant és un districte perifèric del municipi de Girona. Aquest tram de la carretera de Palamós rep el nom d'avinguda Joan Bosco. És una zona on hi ha una barreja d'usos residencials, comercials i industrials. Tenim una barreja d'habitatges, relativament elevats, amb 3 i 6 pisos, i habitatges unifamiliars. Després d'aquest carrer entrem al nucli del Pont Major, és la part cèntrica d'aquest barri, amb una densitat de població elevada, on hi ha una barreja d'habitatges vells i nous, que tenen entre 2 i 5 pisos d'altura. Es segueix el transsecte pel pont de l'Aigua sobre el riu Ter, que separa el Pont Major del municipi de Sarrià de Ter. Es segueix per la carretera que porta a

l'antiga A-W, en una zona on hi ha usos industrials (hi ha la fàbrica Hinojosa Sarrià de Ter), residencials i comercials. La densitat de població és relativament baixa, ja que els edificis són dispersos, i tenen entre 2 i 3 pisos d'alçada. El transecte acaba al barri del pla de Vinyers de Sarrià de Ter, un districte amb predomini d'habitatges unifamiliars.

Transecte 3. Sarrià de Ter-Palau-Deveses de Salt. Recorregut: 22,2 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres, excepte entre l'últim i el penúltim que hi ha 200 metres de separació.

Comencem el transecte al barri del pla dels Vinyers, en el municipi de Sarrià de Ter. És un barri on hi ha una barreja d'habitatges unifamiliars i edificis de mitjana-baixa alçada. Es continua el transecte passant pel poble de Sarrià de Dalt, amb un predomini d'habitatges unifamiliars, construïts als anys 50 del segle passat. Aquest poble pertany a Sarrià de Ter. Després del poble agafem la carretera sense asfaltar que porta al camí del Molí, és una zona suburbana o rural, que segueix la vall del riu Xuncla. Després es torna pel mateix camí fins una carretera local que porta a la fàbrica Torras Hostench.

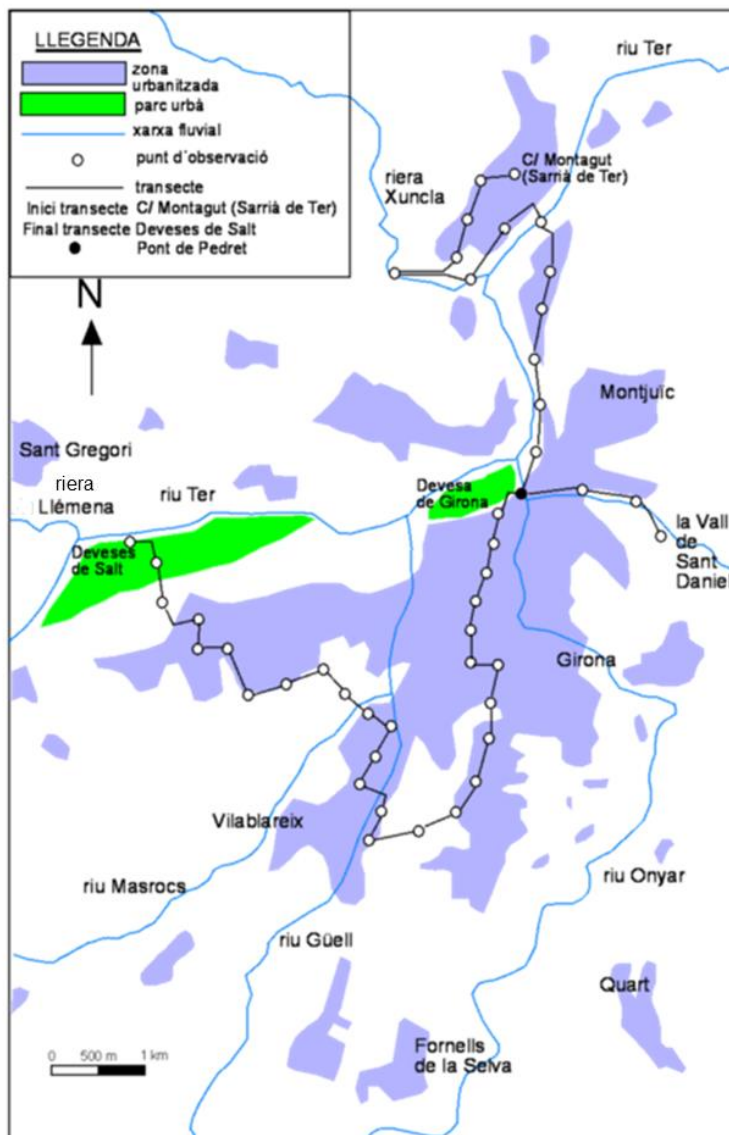


Figura 4.4 Transsecte 3

En aquesta part del transsecte hi predominen els usos industrials, encara que hi han alguns habitatges. Després d'aquesta indústria es continua pel pont de l'Aigua que separa Sarrià de Ter del barri del Pont Major de Girona. El barri del Pont Major és un barri perifèric de Girona, situat al N de la ciutat. Aquest barri té una població de 2600 habitants, amb una barreja d'usos residencials, industrials i comercials. Es continua en direcció al centre de Girona, primer pel carrer Pont Major, i després per l'avinguda Joan Bosco. Després d'uns 2 km arribem al barri de Pedret, situat al cantó de la confluència dels rius Ter i Onyar. Davant del pont de Pedret entrem al barri Vell de Girona i després continuem pel carrer de Sant Daniel de la vall de Sant Daniel. Després del pont de Pedret passem per la Devesa, és un parc urbà, i seguidament arribem a l'Eixample N de Girona per l'avinguda Jaume I, és un barri cèntric de Girona d'una elevada densitat d'edificació. Els edificis tenen entre cinc i set pisos d'altura. Quan s'arriba a l'altura del carrer Álvarez de Castro es continua per alguns carrers on hi ha el màxim tèrmic de la ciutat, carrer Juli Garreta, carrer de la Creu, etc.

Després d'aquest recorregut en ziga-zaga es continua el transsecte pel carrer Migdia. Arribem a l'Eixample S de Girona després de travessar el carrer Emili Grahit. És una zona densament urbanitzada, amb edificis d'entre cinc i set pisos. Continuem el recorregut fins al carrer Caldes de Montbui, continuem per aquest carrer, al cantó de l'àrea dels Químics (antiga indústria de la ciutat). Quan arribem a la cruïlla amb el carrer Rutlla seguim per aquest carrer en direcció S, i en 200 m estem en el carrer Pujada de la Creu de Palau. En aquest carrer seguim pujant per la vessant d'aquest turó on hi ha el barri de Palau-Sacosta. És una àrea residencial amb predomini d'habitatges unifamiliars, intercalats amb alguns edificis de 3 a 4 pisos.

Després del col·legi Montessori baixem pel carrer d'Aragó fins al carrer de Barcelona. Aquí arribem a una zona suburbana on hi ha un polígon de naus industrials i empreses de comerç. Es segueix per aquest carrer fins una rotonda en què circulem per una carretera que uneix Quart i Salt amb l'autopista. Ens desviem uns 200 m després i continuem per la carretera de Santa Coloma, passant pel polígon industrial de Mas Xirgu. És una zona suburbana perifèrica de Girona, que limita al N amb el barri de Sant Narcís. Quan arribem a la plaça de Salt continuem pel carrer de Salt. Així arribem al municipi de Salt per la mateixa carretera, ara és l'avinguda de la Pau, a la dreta i al N hi ha l'hospital Sant Caterina, i a l'esquerra i al S hi ha camps de secà, i també trobem algunes indústries. Després d'una benzineria entrem a la zona urbana de Salt, pel passeig Marquès de Camps. És la part meridional de la zona urbana de Salt, amb una barreja d'edificis de 3 a 5 pisos i habitatges unifamiliars. Quan trobem la cruïlla amb el passeig dels Països Catalans, seguim per aquest carrer fins al carrer Joaquim Ruyra, que continua fins al barri Vell de Salt. Aquest barri és d'elevada densitat, més per la compacitat de l'àrea edificada que per l'altura dels habitatges, entre 2 i 5 pisos.

Transsecte 4. Sarrià de Ter-Sant Gregori-Salt. Recorregut: 17,0 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres.

El transsecte comença El principi és al barri del pla dels Vinyers a Sarrià de Ter. És un barri on hi ha un predomini d'habitatges unifamiliars de 2 pisos d'altura. Es continua pel poble de Sarrià de Dalt, que pertany a Sarrià de Ter. Després del poble agafem la carretera sense asfaltar que porta al camí del Molí. Aquest últim sector és una àrea rural, en la vall del riu Xuncla, on hi predominen els boscos de ribera. La vall del riu

Xuncla situada al nord d'aquest punt té una barreja de boscos i conreus de secà, amb baixa densitat de població, amb algunes masies. Al sud tenim diferents turons, on predominen els boscos de pins i alzines. Després es torna pel mateix camí fins una carretera local que porta a l'antiga carretera nacional A-2. En aquest punt, que es situa al cantó del pont del riu Xuncla, continuem en direcció a Girona. Estem en una àrea on hi ha una barreja d'usos industrials, comercials i residencials, tot i que l'ús residencial és minoritari. Els habitatges són de 2 o 3 pisos. Després del punt d'observació can Salvatella, que és una àrea residencial de baixa densitat, entrem al municipi de Girona pel carrer Josep Tarradellas. Estem en el barri de Fontajau, és un sector situat al NW de la ciutat de Girona que té una densitat de població mitjana, amb una barreja d'edificis mitjans i habitatges unifamiliars. El barri de Germans Sàbat ve a continuació, amb unes característiques idèntiques a l'anterior. Continuem per la carretera de les Planes i entrem en una zona rural, amb algunes indústries disperses, entre elles la fàbrica Nestlé. Acabem al poble de sant Gregori de 1600 habitants. És un poble amb una densitat de població mitjana-baixa, amb una barreja d'edificis de 2 a 4 pisos i habitatges unifamiliars.

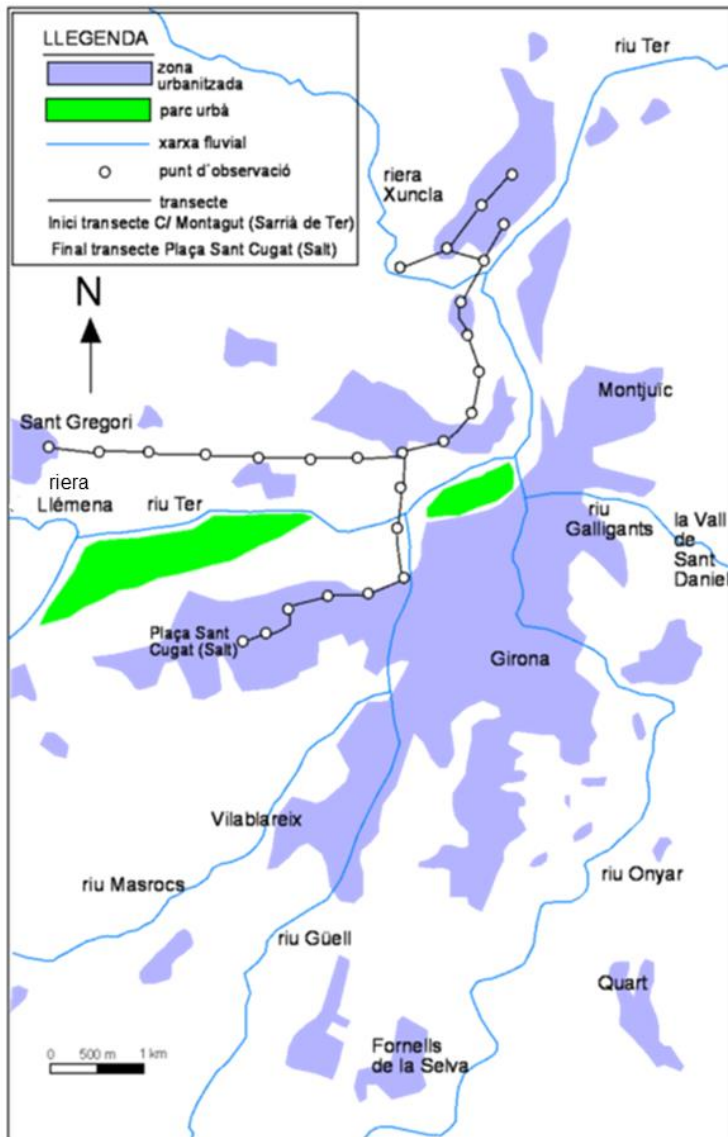


Figura 4.5 Transsecte 4

En aquest punt tornem per la mateixa carretera fins al barri de Fontajau. Quan arribem al pavelló de Fontajau es continua pel carrer Josep Tarradellas en direcció al barri de Santa Eugènia, es passa pel pont de Fontajau i després per les hortes de Santa Eugènia. Uns 300 m després arribem a la zona urbana de Santa Eugènia, amb força densitat d'edificació, els habitatges tenen entre 5 i 7 pisos d'altura. Seguim pel carrer Santa Eugènia fins a la plaça del Vaixell, quan girem a l'esquerra, pel carrer Agudes, fins arribar al Passeig d'Olot. Es continua el transsecte pel passeig d'Olot, i en 300 m arribem al municipi de Salt, que té continu urbà amb Sant Eugènia. Estem en una àrea amb una elevada densitat de població, amb habitatges entre 5 i 7 pisos d'altura. Estem en el passeig Països Catalans, un carrer que travessa Salt d'est a oest, i 1,1 km després arribem al final del transsecte, la plaça Sant Cugat de Salt, situada en una part de districte on hi ha predomini d'habitatges unifamiliars.

Transsecte 4b. Sarrià de Ter-Sant Gregori-Girona (la Vall de Sant Daniel)-Girona-Deveses de Salt. 31,6 Km. Interpolació entre cada punt d'observació que oscil·la entre els 300 i 500 metres.



Figura 4.6 Transsecte 4b.

Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©

Transsecte 5. Salt. NW-W. Deveses de Salt-La Maçana. Recorregut: 5,95 Km. Aquest transsecte està fet a peu, amb un sensor termohigròmetre. Els punts d'observació són interpolats cada 150 m.

L'inici del transsecte és a Salt, a la Plaça Sant Cugat, al centre de la ciutat, en una zona residencial amb habitatges unifamiliars engatxats. Ens dirigim cap a les Deveses de Salt i es passa pel Passeig Països Catalans, l'eix viari que uneix Salt amb la carretera a Olot N-141. Després entrem pel Passeig Marquès de Camps a una àrea urbana densa amb edificis elevats, entre 5 i 7 pisos. Posteriorment entrem al Barri Vell de Salt pel carrer Major i la Plaça Verdaguer, aquesta és una zona urbana menys

densa, amb edificis menys elevats, entre 2 i 3 pisos i carrers més estrets que a l'Eixample. Després de la plaça de la Vila on hi ha l'església de Sant Cugat entrem a una zona suburbana, on hi ha la frontera entre la ciutat i la zona rural. En primer lloc trobem un bloc de pisos, Pisos Gassol, que limiten amb la fàbrica Gasol i l'autopista AP-7 per l'oest. En aquest punt d'observació deixem enrere el nucli urbà i les edificacions ja són més disperses. Després de travessar el pont de l'AP-7 arribem a l'hípica Centaure. Al nord de l'hípica hi ha la sèquia Monar que rega els horts de Salt i Girona. Al nord de la Sèquia hi ha les hortes de Salt de l'oest de l'autopista. Estem en una zona rural amb ús agrícola, ja que apart d'hortes hi ha camps de secà i també tenim algunes masies. Al nord de les hortes hi ha les Deveses de Salt. les Deveses de Salt és una arbreda on predominen els pollancre on també hi ha usos agrícoles i ramaders. El transecte discorre al cantó de l'estació meteorològica del Pas d'en Prats, l'indret més fred de l'àrea urbana. Aquesta estació està ubicada en una clariana de l'oest de les Deveses de Salt al cantó del riu Ter, en el límit entre els municipis de Salt i Sant Gregori. Després continuem per un camí paral·lel al riu Ter, on hi ha canyissars i arbres dispersos fins que el camí es desvia cap a la dreta i entrem de nou a l'arbreda. Al final del camí enllacem amb el carril bici de Girona a Olot, i continuem per dessota d'un pont que hi ha dessota de l'AP-7. Seguint el camí fins a una cruïlla en que hi ha un camí que es desvia de nou cap a les Hortes de Salt. Després d'uns 200 metres travessant les hortes arribem al barri Vell. Ens trobem al barri Vell de Salt, on la densitat de població és mitjana, hi ha una barreja de cases unifamiliars i edificis de 3 a 5 pisos. Passem pel Teatre de Salt i per la plaça Verdaguer arribem al centre de Salt, on la densitat edificativa és molt elevada. Passem pel carrer Àngel Guimerà, i a l'altura del carrer Francesc Macià, seguim aquest carrer, travessem el passeig Països Catalans i arribem al barri de la Maçana de Salt. En aquest sector hi ha una barreja d'edificis de 3 a 5 pisos amb habitatges unifamiliars. El transecte finalitza al primer punt d'observació, situat a la Maçana, o pla de Salt, en un camí situat entre camps de blat. la Maçana, és molt propera a la zona urbana de Salt, de la qual dista uns 200 metres. Així en aquesta zona suburbana hi ha un predomini dels conreus de secà, i també hi ha algunes fàbriques i masies disperses. Després tornem pel mateix barri de la Maçana fins la Plaça Sant Cugat, l'inici del recorregut. Aquest tipus de transecte l'hem fet poques vegades, especialment els primers anys de la campanya, entre 2002 i 2006 i alguna vegada al final de la campanya, al període 2019-21. És el transecte que correspon a la figura 4.6..

La majoria de recorreguts dels transectes realitzats a Salt, transecte número 5, segueixen el recorregut de la figura 4.7., amb inici a la Plaça Sant Cugat i un recorregut idèntic a l'anterior, excepte quan en el recorreguda de tornada i arribem a l'Eixample de Salt que el recorregut finalitza a la Plaça Sant Cugat de Salt. Aquest recorregut és més curt que l'anterior, 4,3 km.



Figura 4.7 Transsecte 5. Salt-Deveses de Salt-La Maçana-Salt.
Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.



Figura 4.8 Transsecte 5. Salt-Deveses de Salt-Salt.
Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

Transsecte 6. La Vall de Sant Daniel-Girona. Recorregut: 2,2 quilòmetres. Transsecte realitzat a peu. Aquest transsecte té punts d'observació on mirem la temperatura cada 200 m.

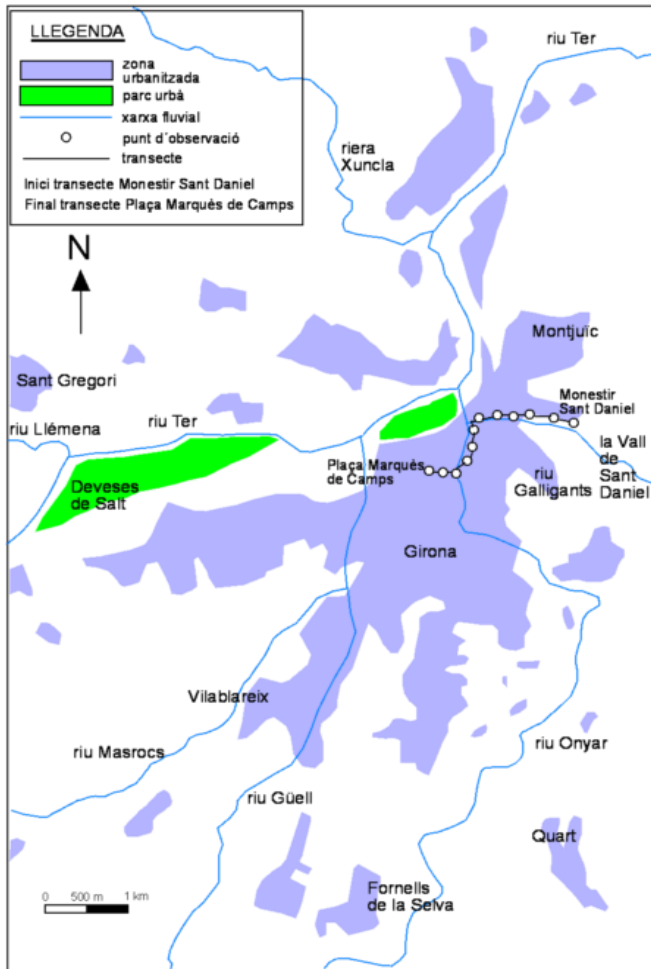


Figura 4.9 Transsecte 6

L'inici es troba darrera del monestir de Sant Daniel, a 200 m de l'estació meteorològica de Sant Daniel. Es continua en 100 m pel carrer Sant Daniel, en una zona suburbana, amb edificis de 2 a 3 pisos. Aquest trajecte és paral·lel al riu Galligants, a l'esquerra d'aquest hi ha la muntanya del Calvari i també hi ha un turó que separa el barri Vell de Girona de Sant Daniel. Aquesta és una zona boscosa, sense cap edificació. Es passa per la pujada de Torrassa, és un carrer que comunica els barris de Sant Daniel i Montjuïc. Montjuïc és un districte situat damunt d'un turó. Cal remarcar que tot i que Montjuïc no es troba dins dels punts d'observació d'un transsecte delimitat, hem introduït modificacions en varis transsectes per tal de recórrer aquest barri, on s'observa la inversió tèrmica respecte a les valls dels rius Ter i Galligants, especialment respecte els barris del Pont Major (al NW) i Sant Daniel (al S i SE). Uns 300 m després de la Torrassa arribem al barri Vell de Girona, estem a la plaça de Sant Pere. És una àrea densament edificada, on els habitatges tenen entre 3 i 5 pisos i els carrers són estrets. És l'àrea amb el factor de visió del cel més baix de la ciutat, al carrer de la Barca el valor de l'SVF és de 0,16. Així continuem pel carrers de la Barca, Ballesteries i Ciutadans fins arribar a la plaça del Vi, on hi ha l'Ajuntament de Girona. El transsecte continua per la plaça de Catalunya, i després entrem a l'Eixample per l'avinguda Sant Francesc. Els carrers són més amples, però els edificis són més elevats, entre 4 i 6 pisos. El transsecte finalitza a la Plaça Marquès de Camps.

Transecte 7. Sarrià de Ter-Sant Narcís-Deveses de Salt. 17,2 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres, excepte l'últim i el penúltim, 200 metres.

L'inici del transecte és al barri del pla dels Vinyers a Sarrià de Ter. És un barri on hi ha una barreja d'habitatges unifamiliars i edificis de mitjana-baixa alçada. Es continua pel poble de Sarrià de Dalt, que pertany a Sarrià de Ter. Després del poble agafem la carretera sense asfaltar que porta al camí del Molí, és una zona suburbana o rural, que segueix la vall del riu Xuncla. Després es torna pel mateix camí fins una carretera local que porta a la fàbrica Torras Hostench. En aquesta part del transecte hi predominen els usos industrials, encara que hi han alguns habitatges. Després d'aquesta indústria es continua pel pont de l'Aigua que separa Sarrià de Ter del barri del Pont Major de Girona. El barri del Pont Major és un barri perifèric de Girona, situat al N de la ciutat. Hi predominen els edificis d'altura mitjana. És un barri que limita amb una zona rural per l'est i per l'oest. Així a l'est hi trobem la muntanya de can Simon, on hi ha una pedrera i diversos boscos. A l'oest hi han horts i arbredes que són boscos de ribera del riu Ter. Després del barri del Pont Major el transecte continua pel barri de Pedret, en la confluència dels rius Ter i Onyar. Davant del pont de Pedret entrem al barri Vell de Girona i després continuem pel carrer de Sant Daniel del barri de Sant Daniel. Ens trobem a la Vall de Sant Daniel, on hi ha una àrea suburbana que limita amb una zona rural, de gran interès paisatgístic. Hi predominen habitatges de poca alçada, 2 a 4 pisos. Aquí fem mitja volta i tornem pel carrer de Sant Daniel fins arribar al Barri Vell. Després del pont de Pedret passem per la Devesa, és un parc urbà, i seguidament arribem a l'Eixample nord de Girona seguint el carrer Güell i després la ronda Ferran Puig. L'Eixample és un barri cèntric de Girona d'una elevada densitat d'edificació. Els edificis tenen entre 5 i 7 pisos d'altura. Així passem per la Plaça Marquès de Camps, i en aquest punt girem a la dreta, seguint el carrer Santa Eugènia. Uns 500 m després arribem a la cruïlla amb l'avinguda Sant Narcís, i continuem per aquest carrer. Ens trobem al barri de Sant Narcís, un sector de la ciutat on coexisteixen habitatges unifamiliars construïts als anys 50 del passat segle, i edificis elevats més recents, que tenen entre 3 i 6 pisos. Quan s'arriba a l'altura de la plaça de Salt es continua pel carrer de Salt. Així 400 m després de la plaça de Salt trobem a la dreta l'observatori de l'AEMET del col·legi del Bell-lloc. Uns 500 m després d'aquest observatori hi ha el límit dels municipis de Salt i de Girona. Continuem per l'avinguda de la Pau. Estem a la zona del Pla de Salt, al sud del barri de la Maçana de Salt, és una àrea rural on hi ha algunes indústries, de tipus agroalimentaris, però hi predomina el conreu de secà. Al barri de la Maçana de Salt la densitat urbanística és mitjana amb un predomini d'edificis de mitjana alçada, 2 a 4 pisos, també hi ha un centre comercial de recent construcció 500 m a l'oest del Passeig Marquès de Camps. En arribar el passeig Països Catalans es continua per aquest carrer fins al carrer Joaquim Ruyra, que pertany a l'Eixample de Salt. Estem en una zona urbana d'elevada densitat, amb pisos de 5-7 pisos. En arribar al carrer Major entrem al barri Vell amb una densitat elevada d'edificació, pisos de 2-4 pisos, però amb carrers força estrets. Es passa per la plaça de la Vila i per un bloc de pisos al cantó de la fàbrica Gasol que és el límit de la zona urbanitzada, estem en l'àrea suburbana de Salt. Poc després s'entra en les hortes de Salt. I uns 200 m després en les Deveses de Salt, una arbreda protegida. El transecte finalitza en l'oest de les Deveses de Salt, en el Pas d'en Prats, una clariana al cantó del riu Ter.

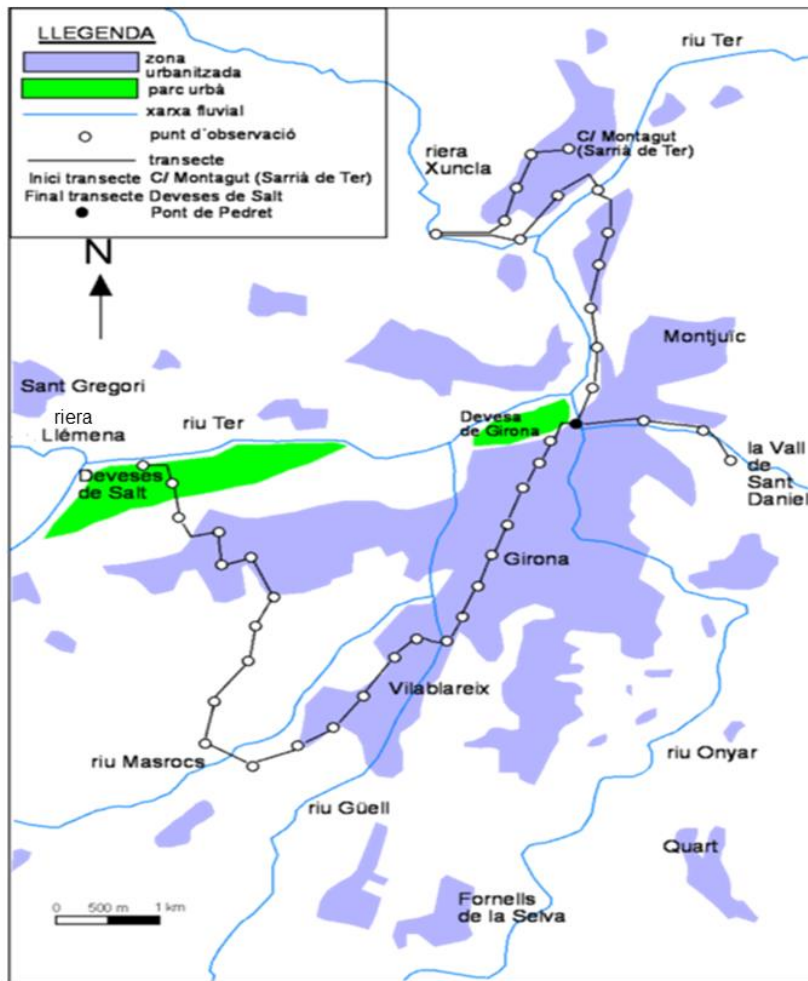


Figura 4.10 Transsecte 7.

Hi ha una variant d'aquest trajecte a partir del polígon Mas Xirgu. Així en l'autovia que enllaça Quart i la sortida de Girona-S de l'autopista, quan arribem al pont sobre la carretera de Santa Coloma a Girona, es baixa per aquest vial fins al nucli d'El Perelló, que pertany al municipi de Vilablareix. Aquest és un tram on tenim dos usos predominants, l'industrial i el residencial. Estem en una zona suburbana amb predomini d'habitatges unifamiliars i alguns pisos que tenen unes alçades de 3 pisos. També tenim moltes naus industrials, algunes de les quals es troben especialitzades en tecnologia. Es surt del nucli urbà i després de travessar el pont que hi ha damunt de l'autopista AP-7 s'arriba al mas Aliu, es tracta d'un polígon industrial. Es segueix per la carretera local que enllaça Vilablareix i Salt. Després del polígon entrem en una zona agrícola de Vilablareix, on hi ha cultius de cereals i de fruiters, especialment pomeres i pereres. Al voltant de 2 Km abans del nucli de Salt el transecte discorre pel polígon industrial de la Mirona que pertany a Salt. Després del polígon travessa un pont sobre l'AP-7 i el recorregut es fa per una zona comercial de nova creació, al cantó de l'Espai Gironès. Al cap d'1 Km arribem a una rotonda que ens porta al Passeig Marquès de Camps i entrem al nucli urbà de Salt, en la seva part nova, amb edificis d'alçada

mitjana. Fins que arribem al passeig Països Catalans, dins de l'Eixample de Salt. El transecte discorre pel mateix recorregut esmentat abans fins les Deveses de Salt.

Transecte 7b. Sarrià de Ter-Girona-Vilablareix-Salt-Deveses de Salt. 22.8 Km.

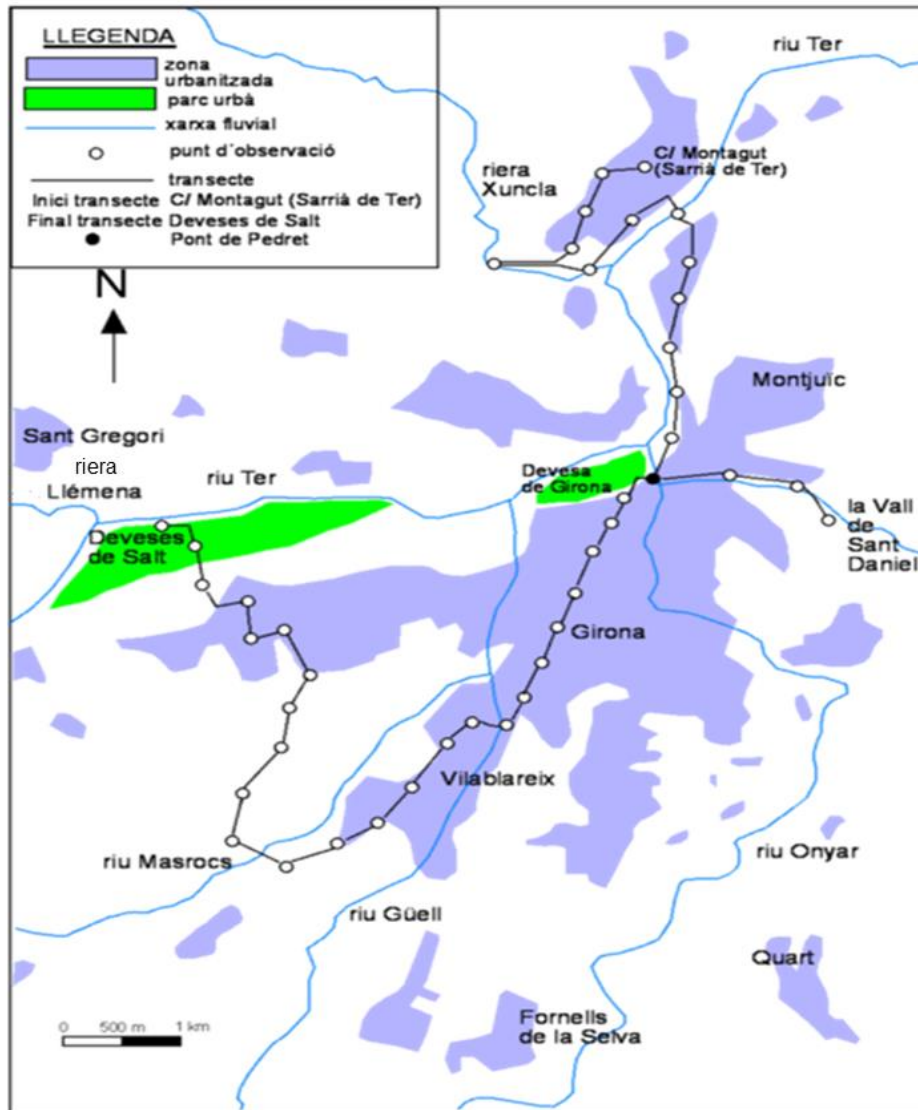


Figura 4.11 Transecte 7b.

Hi ha una variant d'aquest transecte 7 que discorre pel terme municipal de Vilablareix. Així el transecte discorre pels mateixos punts d'observació que el transecte 7 fins la Devesa de Girona, posteriorment es continua pel centre de Girona passant per l'Eixample, primer per la carretera Gran Via Jaume I, després pel carrer Migdia fins al carrer Reggio Emilia. Després es continua per la N-IIa passant pel cantó del polígon comercial Mas Gri, al cantó del centre comercial Bauhaus i s'arriba a l'accés de la carretera C-65 que enllaça Quart i la sortida de Girona-S de l'autopista. Quan arribem al pont sobre la carretera de Santa Coloma a Girona, el transecte continua per aquesta carretera fins el nucli d'El Perelló, que pertany al municipi de Vilablareix.

Aquest és un tram on tenim dos usos predominants, l'industrial i el residencial. Estem en una zona suburbana amb predomini d'habitatges unifamiliars i alguns pisos que tenen unes alçades de 3 plantes. També tenim moltes naus industrials, algunes de les quals es troben especialitzades en tecnologia. Després de travessar el nucli urbà i el pont que hi ha damunt de l'autopista AP-7 s'arriba al mas Aliu, es tracta d'un polígon industrial. El trajecte continua per la carretera local que enllaça Vilablareix i Salt. Després del polígon industrial es passa per una zona agrícola de Vilablareix, on hi ha cultius de cereals i de fruiters, especialment pomeres i pereres. Al voltant d'1 Km al SW del nucli urbà de Salt el transecte discorre pel polígon industrial de la Mirona que pertany a Salt. Després del polígon travessa un pont sobre l'AP-7 i el recorregut es fa per una zona comercial de nova creació, al cantó de l'Espai Gironès. Al cap d'1 Km arribem a una rotonda que ens porta al Passeig Marquès de Camps i entrem al nucli urbà de Salt, en la seva part nova, amb edificis d'alçada mitjana. Fins que arribem al passeig Països Catalans, dins de l'Eixample de Salt. El transecte discorre pel mateix recorregut esmentat abans fins les Deveses de Salt.

Transecte 8. Sarrià de Ter-Fornells de la Selva-La Creueta. 15,2 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres, excepte entre l'últim i el penúltim, 200 metres.



Figura 4.12. Transecte 8.

Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

El començament és al carrer Montagut, a Sarrià de Ter, concretament al barri del pla dels Vinyers a Sarrià de Ter. És un districte on hi ha un predomini de l'ús residencial, amb una barreja d'habitatges unifamiliars i blocs de pisos de 3-4 pisos. Es continua per la carretera local que comunica Sarrià de Ter i Sarrià de Dalt, poble que pertany a Sarrià de Ter. El poble està integrat per habitatges unifamiliars, que es van construir en la dècada dels 50 del segle XX. Després del poble emprenem l'itinerari per una carretera sense asfaltar que porta al camí del Molí, és una zona rural al voltant del riu Xuncla. Després es torna pel mateix camí, i després de travessar l'antiga A-2, reprenem la marxa pel carrer Josep Flores que travessa la fàbrica Torras Hostench.

En aquesta part del transsecte hi predominen els usos industrials, encara que hi han alguns habitatges de 3-4 pisos. Després d'aquesta indústria es continua pel pont de l'Aigua que separa Sarrià de Ter del barri del Pont Major de Girona. El barri del Pont Major és un barri perifèric de Girona, situat al N de la ciutat. Hi predominen els edificis de 3-5 pisos. Després del carrer Pont Major, seguim per la mateixa carretera entrem al passeig Joan Bosco, en una àrea on hi ha una barreja d'usos industrials, comercials i residencials. El transsecte continua pel barri de Pedret, un barri estret delimitat pel riu a l'oest i la muntanya de Montjuïc a l'est, on hi ha diversos centres lúdics, amb habitatges de 3-5 pisos d'alt. Després del carrer de Pedret entrem al carrer Bellaire que separa el Barri Vell de Girona del districte de Pedret. Aquesta és una zona amb carrers estrets i edificis de 3-5 pisos. Es continua pel carrer de Sant Daniel de la vall de Sant Daniel. És una àrea suburbana, que limita amb una zona rural, de gran interès paisatgístic. Hi predominen habitatges de poca alçada, 2 a 4 pisos, la població d'aquest barri no arriba als 800 habitants, es pot considerar una zona rural, especialment la zona propera l'estació meteorològica, propera al riu Galligants i a horts i camps de conreus de secà. Després del pont de Pedret passem per la Devesa, és un parc urbà, i seguidament arribem a l'Eixample nord de Girona seguint el carrer Güell i després la ronda Ferran Puig. L'Eixample és un barri cèntric de Girona d'una elevada densitat d'edificació. Els edificis tenen entre 5 i 7 pisos d'altura. Així passem per la Plaça Marquès de Camps, i continuem el transsecte pel carrer de Barcelona on discorria abans l'antiga A-2. 1,3 Km després del Passeig Marquès de Camps tenim a l'est un parc urbà, el parc del Migdia, mentre que a l'oest tenim el barri de Sant Narcís. Es segueix el carrer de Barcelona i passat el centre comercial Hipercor entrem en una àrea del barri de Palau-Sacosta on coexisteixen els usos industrials i comercials amb els residencials. Després de 2 Km arribem al polígon industrial de l'Avellaneda, al S de la ciutat. Aquest sector industrial es troba a l'extrem S-SW de la ciutat, limita al SW amb el municipi de Vilablareix i al SE amb Fornells de la Selva. El transsecte continua dins del municipi de Fornells de la Selva fins l'estació de mercaderies, en una carretera local que hi ha a la dreta de l'antiga N-IIa. Aquesta és una àrea industrial, amb pocs habitatges residencials. Aquesta és la primera versió d'aquest transsecte, hem fet un altre tipus de recorregut.

Transsecte 8b. Sarrià de Ter-Girona-Quart-Llambilles-Fornells de la Selva-Deveses de Salt. 29,3 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres, excepte entre l'últim i el penúltim, 200 metres.

El recorregut és similar a l'inici del transsecte 8, però en comptes de passar pel carrer de Barcelona (N-IIa) quan arribem a l'Eixample de Girona es passa per la Gran Via Jaume I i després per varis carrers, i el carrer Migdia fins arribar al polígon Mas Gri on s'agafa la rotonda d'accés a la N-IIa. Posteriorment entrem a la carretera C-65 que enllaça l'AP-7 amb Quart. En alguns transsectes hem passat per un itinerari alternatiu passant per Vila-roja i Palol d'Onyar i el centre de Quart. Quan s'arriba al poble de Quart es continua per la carretera que uneix Girona amb Sant Feliu de Guíxols, i anem en direcció a Cassà de la Selva i s'arriba a Llambilles. El poble de Quart té una població que supera lleugerament els 3000 habitants i la major part d'habitatges són unifamiliars o de 3 o 4 pisos. Quan s'arriba a Llambilles deixem la carretera C-65 i agafem una carretera secundària fins a Fornells de la Selva. El recorregut pels termes municipals de Llambilles i Fornells de la Selva es fa per un terreny rural, agrícola, tot i que prop dels rius i rieres tenim bosc de ribera. Es passa pel sud del càmping de Can

Toni Menescal, on hi ha l'observatori de Fornells-XOM, la carretera discorre per boscos d'alzines i pins i camps de cereals. Després de travessar el pont damunt del riu Onyar la carretera puja fins al nucli urbà de Fornells de la Selva que està en un pujol damunt de la vall del riu Onyar. El poble de Fornells de la Selva té una població propera als 4000 habitants i té unes característiques urbanístiques similars al poble de Quart, amb una urbanització de baixa densitat. Es passa pel centre del poble i després de passar pel cementiri s'agafa la carretera que uneix el nucli urbà amb la N-IIa en el punt d'observació de l'hotel Fornells Park. A partir d'aquest punt d'observació es passa pel polígon de l'Avellaneda, que és l'entrada sud de Girona passant per la N-IIa fins a la rotonda amb l'enllaç amb la C-65. En aquest punt ens dirigim cap a Salt fins a prop de la sortida Girona-S de l'AP-7. El recorregut a partir d'ara és el mateix del recorregut 3, es passa pel nucli urbà de Salt i el transecte acaba a les Deveses de Salt.

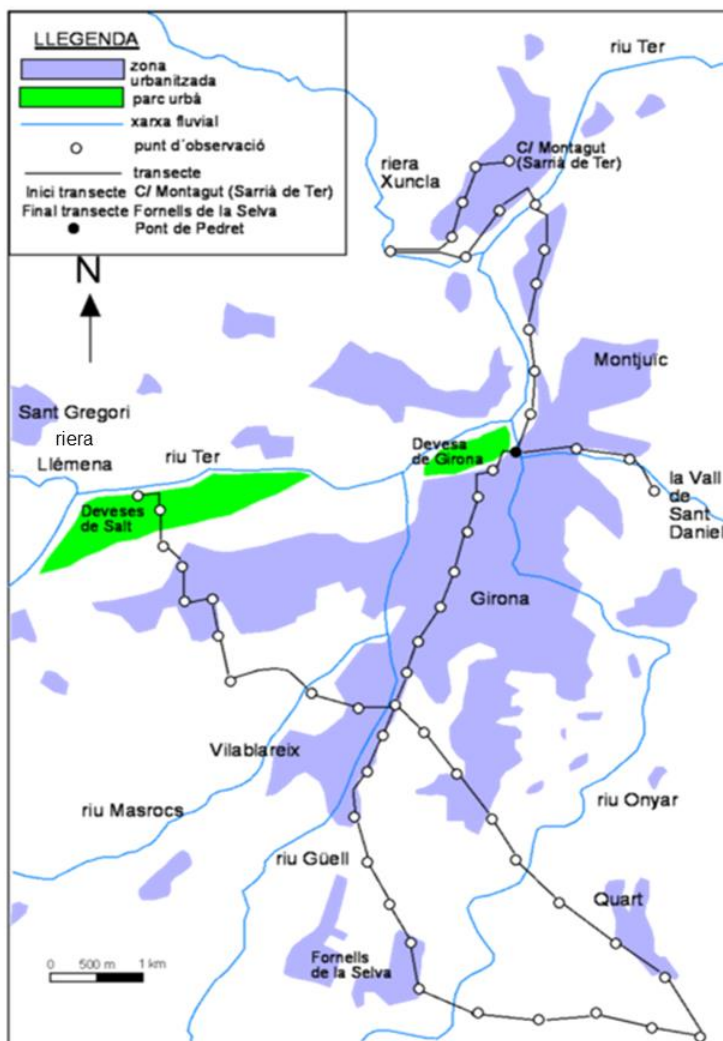


Figura 4.13 Transsecte 8b.

Transsecte 7b 8b. Sarrià de Ter-Girona-Fornells de la Selva-Vilablareix-Deveses de Saltl. Recorregut: 33,9 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres.

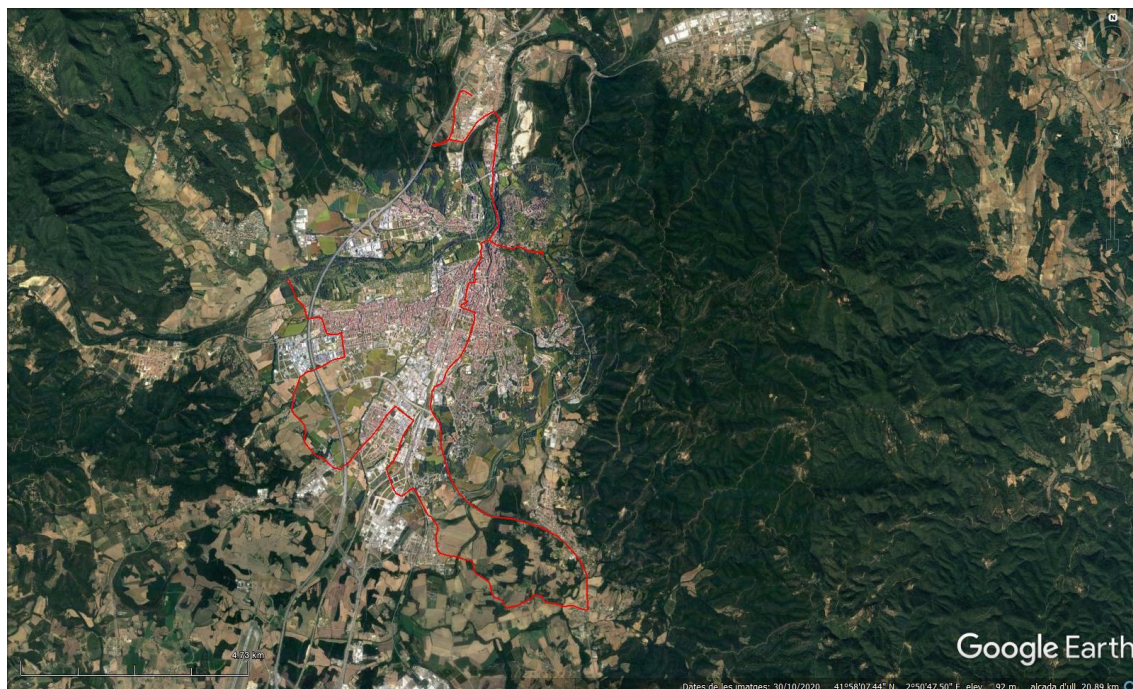


Figura 4.14 Transsecte 7b 8b.

Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

La part inicial del recorregut del transsecte 7b 8b és el mateix que el transsecte 7b, l'inici és a Sarrià de Ter, després el transsecte discorre per Sarrià de Dalt, els barris de Pont Major, Pedret i la Vall de Sant Daniel de Girona, i posteriorment es passa per l'Eixample de Girona, i pel carrer Migdia fins al polígon Mas Gri, on s'agafa la C-65 fins arribar a Llambilles, i en aquest punt es continua per una carretera secundària fins a Fornells de la Selva, després continuem per la carretera que uneix el poble amb la N-lla i quan arribem a Fornells Park en comptes de dirigir-nos a Girona, continuem per una carretera que passa pel pont damunt del Tren d'Alta Velocitat i arribem a El Perelló, el nucli principal del terme municipal de Vilablareix. Vilablareix és un poble amb edificis d'entre 3 i 4 pisos on hi ha nombrosos polígons industrials. Continuem per la carretera de Girona a Santa Coloma de Farners fins arribar al Mas Aliu, un polígon industrial al SW de Vilablareix, molt a prop del terme municipal d'Aiguaviva. Després de travessar el pont damunt el Marroc, al nord del Mas Aliu el transsecte discorre per una carretera local que uneix Vilablareix i Salt, es tracta d'una àrea rural on hi ha cultius de pomeres i pereres i també camps de cereals. Després de passa pel barri d'església de Bescanó passem per un polígon industrial, Torremirona, compartit pels termes municipals de Salt i Bescanó. La carretera passa per un tram anomenat, El

Camí dels Carlins, i després de travessar el pont de l'AP-7 entrem al municipi de Salt. Es passa per una carretera paral·lela a una zona comercial al cantó de l'AP-7 , on hi ha l'Espai Gironès i diferents concessionaris de cotxes, abans d'arribar al pavelló d'esports de Salt, s'agafa una rotonda per anar al Barri Vell de Salt. El recorregut passa pel carrer Fleming i la Plaça de la Vila, a la part antiga de Salt. A partir d'aquí el recorregut és idèntic a molts altres transsectes que acaben al punt d'observació del Pas d'en Prats a les Deveses de Salt.

Transsecte 9. NW-NE. Deveses de Salt-la vall de Sant Daniel. Recorregut: 7,5 quilòmetres. Els punts d'observació tenen una interpolació de 500 metres.

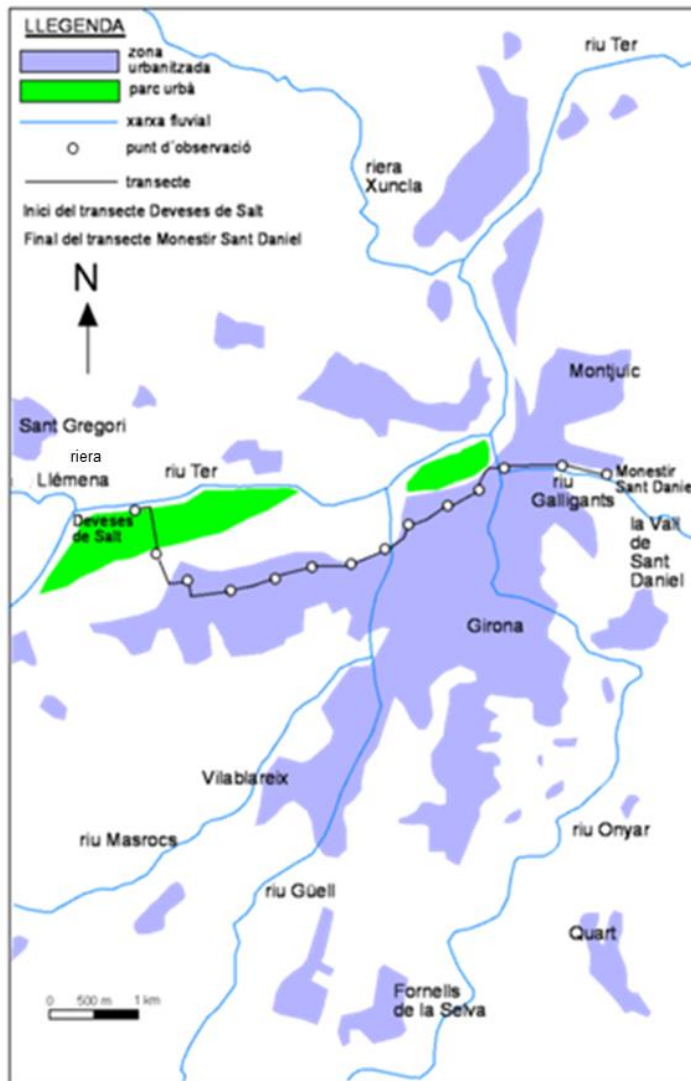


Figura 4.15 Transsecte 9

Aquest transsecte s'inicia a les Deveses de Salt, situada al NW del municipi, al sector de contacte amb el riu Ter. El punt d'inici és el Pas d'en Prats, es continua el recorregut per les Deveses fins arribar a les Hortes de Salt. Després de travessar el pont de l'autopista del Mediterrani, AP-7, arribem a l'inici del nucli de Salt. Estem en el sector del Barri Vell, una àrea densament edificada, però on els habitatges no són de molta altura, entre 3 i 5 pisos. Es continua pel carrer Major de Salt, que es troba situat entre el barri Vell i l'Eixample de Salt, on els habitatges són força elevats, entre 4 i 7 pisos. Després del municipi de Salt hi ha un continu urbà amb el municipi de Girona, en primer lloc trobem el barri de Santa Eugènia. Aquest districte té una elevada densitat de població, amb habitatges d'entre 3 i 6 pisos d'altura. Es segueix per l'Avinguda Josep Tarradellas que és paral·la al curs del riu Güell fins a la seva confluència amb el riu Ter, a l'auditori de la Devesa. Després el transsecte continua pel

pont de Fontajau que travessa el riu Ter i després entrem per la Rambla Xavier Cugat al barri de Fontajau. Els edificis d'aquest barri, on tenim tant usos residencials com comercials i lúdics, tenen entre 4 i 6 pisos d'altura. Després entrem a la Devesa de Girona passant pel pont de la Barca damunt del riu Ter i seguidament passem pel Pont de Pedret i arribem al barri del mateix nom passant pel carrer Bellaire. Després del monestir de Sant Pere de Galligants entrem a la Vall de Sant Daniel. Aquest era un antic poble que estava separat administrativament de Girona fins a l'any 1960, i ara és un barri residencial, amb una barreja d'habitatges unifamiliars i habitatges de pisos de 3 a 4 pisos. Aquest és un districte perifèric de Girona amb un caire força rural. Després del monestir de Sant Daniel ens dirigim cap a l'esquerra per una carretera local i el transsecte continua pel carrer de Tambor Ansó que es troba al marge dret del riu Galligants i arribem a l'estació meteorològica de Sant Daniel, que és l'últim punt d'observació. Estem en una àrea que es pot caracteritzar com a rural, amb alguns habitatges unifamiliars intercalats amb camps de cereals, hortes i boscos de ribera.

Transsecte 10. Sarrià de Ter-La Vall de Sant Daniel-Girona-Fornells de la Selva-Girona-Sarrià de Ter. 31,4 km.



*Figura 4.16 Transsecte 10.
Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.*

Aquest tipus de transsecte l'hem fet entre els anys 2012 i 2016. El transsecte s'inicia al carrer Montagut, al barri del Pla dels Vinyers del municipi de Sarrià de Ter. És una zona residencial de baixa-mitjana densitat. Després s'agafa la carretera N-2a fins a la Devesa de Girona. Aquest tram està caracteritzat pel predomini dels usos industrials, hi ha el polígon industrial Xuncla al sud del municipi de Sarrià de Ter. A l'altura de la rotonda Vila de Perpinyà continuem per la N-2a passant per l'hospital Josep Trueta. Després travessem un barri on coexisteixen usos comercials, lúdics i residencials, el barri de Sant Ponç i després la part oriental del barri de Fontajau. Es travessa el riu Ter pel pont de la Barca per endinsar-nos a la Devesa de Girona, i arribar al centre de Girona. Aquest sector que correspon a la part nord de l'Eixample es caracteritza per l'elevada densitat urbanística, amb usos comercials i residencials. Se segueix per

l'Avinguda Jaume I i després per la Plaça Calbet i Rubalcava es continua pel centre de l'Eixample, a través del carrer Migdia. El transecte discorre per aquest carrer fins a la zona de Girona-2, al sud de la ciutat, on continuem pel carrer de Barcelona, fins a la rotonda de l'accés a la carretera C-65 que és l'eix viari que s'agafa fins a Llambilles. Aquesta zona rural està caracteritzada per la coexistència d'usos forestals i agrícoles. Només es discorre per un tram suburbà a l'altura de Quart, aquest és un poble amb un mida relativament reduït, amb predomini d'habitatges de poca altura. Quan s'arriba al poble de Llambilles es continua per una carretera local fins arribar a Fornells de la Selva. El recorregut inicial transcorre per una zona forestal on hi ha el càmping de Llambilles, però quan travessa Fornells de la Selva és un sector predominantment agrícola. Aquest sector és proper al càmping de Can Toni Menescal on hi havia l'estació meteorològica de Fornells de la Selva-XOM, que actualment (any 2016) no funciona. Abans d'arribar al nucli urbà de Fornells de la Selva es travessa el pont damunt del riu Onyar, en una zona forestal (bosc de ribera), és el punt anomenat "Verneda". El poble de Fornells té un predomini d'habitatges d'escassa altura. El transecte continua per la carretera que enllaça amb la carretera N2a a l'altura de Fornells Park. Al nord de Fornells Park trobem una zona industrial, el polígon industrial de l'Avellaneda, dins del municipi de Girona, mentre que al sud trobem el polígon industrial de Fornells de la Selva, el transecte discorre per la part septentrional fins la rotonda que enllaça amb la carretera C-65. En aquest punt es continua el recorregut cap al centre de Girona, estem a l'altura de la zona comercial del Bauhaus, Decathlon i Media Markt. Un xic al nord també trobem una zona industrial en aquest sector del carrer de Barcelona (antiga N2a) fins a la zona de l'Hipercom que és la zona més septentrional d'aquesta àrea industrial. A partir d'aquí entrem a l'Eixample de Girona, és una zona amb una elevada densitat urbanística. El transecte passa per l'Eixample i a l'altura de la Ronda Ferran Puig (frontera entre la zona centre i Devesa de l'Eixample) se segueix pel carrer Bonastruc. Després el recorregut travessa la Devesa de Girona i pel pont de Pedret entrem al barri de Pedret i poc després a la Vall de Sant Daniel que és una zona rural del nord-est de la ciutat de Girona caracteritzada pel predomini d'habitatges poc elevats i amb coexistència d'usos agrícoles i forestals (bosc de ribera, pinedes i alzinars). Després d'arribar a la Plaça de la Sardana (punt més oriental) es retorna per la mateixa carretera local pel monestir de Sant Daniel. Després el transecte continua pel barri de Pedret, que comprèn una estreta franja de terreny a l'oest del riu Ter i entrem al barri del Pont Major. Es continua el recorregut per la carretera que uneix la carretera N-IIa i la carretera de Girona a Palamós fins al Pont Major. Aquest barri septentrional de Girona està caracteritzat per la coexistència d'usos comercials, industrials i residencials. A l'extrem nord del carrer Pont Major ens dirigim cap a Sarrià de Ter travessant el riu Ter pel pont de l'Aigua i el recorregut acaba al mateix punt inicial, al carrer Montagut.

Transecte 11. Sarrià de Ter-Girona (Santa Eugènia)-Salt-Deveses de Salt-Girona-la Vall de Sant Daniel-Sarrià de Ter. 24,2 km. Interpolació entre dos punts d'observació cada 250 metres.

El transecte 11 té com a punt d'inici i de finalització el carrer Montagut, a Sarrià de Ter, al barri del Pla dels Vinyers. El transecte discorre a continuació per la carretera N-IIa fins a la plaça de la Vila de Perpinyà, que es troba al nord de la ciutat de Girona. Aquest inici de recorregut es fa per una àrea industrial, en primer lloc tenim la fàbrica Hinojosa Sarrià de Ter (antiga fàbrica Torras Hostench) i després el polígon industrial

Pla d'en Xuncla. Després de la rotonda el recorregut continua per l'Avinguda Josep Tarradellas, en una zona suburbana, al cantó del Puig d'en Roca, on trobem diferents usos residencials (hotel Ibis), i equipaments (un camp de futbol) i la part septentrional del barri de Fontajau, amb predomini d'edificis unifamiliars i d'habitatges de 2 o 3 pisos d'altura. Quan arribem a l'altura de l'encreuament amb l'Avinguda Xavier Cugat el recorregut continua pel mateix carrer on trobem el pavelló d'esports de Fontajau. Després d'aquest pavelló el transsecte discorre pel pont de Fontajau damunt del riu Ter. A la banda sud-oest del pont tenim una zona urbanitzada recentment, on hi ha varis equipaments comercials (Aldi, Mc Donalds), més a l'oest tenim les hortes de Santa Eugènia. El transsecte passa pel col·legi Maristes i posteriorment s'arriba a l'encreuament amb el carrer de Santa Eugènia i el recorregut continua per aquest carrer. Entrem en la part septentrional d'un barri amb una elevada densitat de població, el de Santa Eugènia, amb edificis de 6 a 7 pisos d'altura. S'ha de remarcar que uns 200 metres a l'oest del Centre Cívic de Can Ninetes el recorregut continua pel carrer Costabona que en alguns trams limita amb la part meridional de les hortes de Santa Eugènia. El carrer Agudes s'acaba en el límit de Girona amb Salt on arribem al barri del Veïnat. Es tracta d'una àrea densament poblada, però el trajecte continua per un carrer estret (Sant Antoni) però edificis poc elevats (2 o 3 pisos). Després de la Plaça de Can Patrac (antiga denominació de la Plaça U d'octubre a partir del juny de 2018) el recorregut discorre pel carrer Sant Dionís que té unes característiques geomètriques similars al carrer Sant Antoni. Després d'una rotonda a la part occidental del parc de la Sèquia d'en Monar entrem al barri vell de Salt pel carrer Ausiàs Marc. A l'oest d'aquest carrer el transsecte continua pel carrer Llarg. El barri vell de Salt té una densitat urbanística elevada, però amb edificis no gaire alts, amb predomini de carrers estrets. El carrer Llarg finalitza a la Plaça de la Vila, també denominada popularment com Plaça de les Lludrigues on trobem l'observatori meteorològic de Salt-AEMET. El recorregut continua pel carrer Lluís Moreno fins a uns edificis en forma de pastilla (Pisos Gassol), en aquest punt d'observació ens trobem en una zona suburbana que limita amb una zona rural, a l'oest dels Pisos Gassol hi ha les Hortes del Marquès de Camps, i al nord-oest també hi ha unes hortes que les denominem "Hortes de l'oest de l'AP-7", ja que es troben a l'oest de l'autopista. El recorregut discorre al cantó d'una hípica i després per les hortes, i després arribem a una arbreda, les Deveses de Salt. El transsecte arriba en alguns dies 400 metres al sud-oest del Pas d'en Prats, en una gran clariana on tenim terrenys recentment cultivats, amb blat de moro (abans era una arbreda), però normalment després del Pas d'en Prats el recorregut discorre pel mateix camí forestal d'anada, l'arbreda de les Deveses de Salt (denominada Deveses W AP-7). Després dels Pisos Gassol el recorregut continua pel barri vell de Salt (carrer Albéniz), una zona urbanitzada amb una densitat elevada però amb edificis no massa elevats. I després de travessar l'antiga N-141 arribem a l'Eixample de Salt amb edificis força alts, 6 o 7 pisos. El recorregut discorre pel carrer Mercè Rodoreda fins al Passeig Països Catalans. El transsecte continuarà per aquest carrer fent el camí invers del transsecte 1, passant per la part septentrional de l'Eixample de Salt fins arribar al barri de Santa Eugènia, que és el barri més occidental de Girona. En aquest sector el carrer s'anomena Passeig d'Olot, i la densitat urbana és força densa. El transsecte discorre en sentit ENE fins el pont del Dimoni damunt del riu Güell i entrem al barri de Sant Narcís, en un sector on la densitat urbana no és molt alta ja que està delimitat al sud per uns habitatges unifamiliars de 2 pisos d'altura i la part septentrional per edificis més elevats i el col·legi Fedac Pare Coll. Després de travessar l'Avinguda Sant Narcís

arribem a la Plaça d'Europa que delimita en la seva part meridional amb el Parc Central. Abans de 2008 aquesta era una zona verda i en l'any 2018 hi coexisteixen usos verds amb un nus de comunicacions (estació d'autobusos soterrada i estació de ferrocarril). El Passeig d'Olot finalitza en la seva part oriental quan arribem al carrer Barcelona. En aquest tram de carrer anomenat Emili Grahit els edificis són força elevats en la seva part septentrional (8 o 9 pisos d'altura), mentre que en la seva part meridional no són tan alts i a més tenim la nova biblioteca de Girona. A l'altura del carrer Balmes el recorregut continua per aquest carrer passant pel carrer de la Creu, el transsecte discorre per una àrea on coexisteixen usos comercials amb residencials, l'Eixample. Al sud del carrer de la Creu el transsecte discorre el carrer Joan Maragall, que és un dels principals eixos comercials de la ciutat de Girona. Continuem per aquest carrer fins a la Gran Via Jaume I, a l'altura de la Plaça Sibil·la de Fortià, ens dirigim cap al nord a través de la Gran Via. El recorregut passa per la Plaça U d'Octubre (antiga Plaça de la Constitució) i finalitza a l'Avinguda Ramon Folch, és un sector densament urbanitzat amb edificis de 6 a 7 pisos d'altura. Al nord de l'avinguda arribem a la Devesa de Girona, on tenim la rotonda del rellotge. Després d'una altra rotonda ens dirigim cap a l'est travessant el pont damunt del riu Onyar, denominat pont de Pedret. Arribem al barri de Pou Rodó, el sector més septentrional del Barri Vell que delimita el sud amb el barri de Pedret, el transsecte discorre pel carrer Bellaire i després dels Jardins del Doctor Figueras arribem al congost de la Vall de Sant Daniel. Aquest sector rural està caracteritzat per la presència d'habitatges de 2 o 3 pisos en la seva part septentrional i una zona verda al seu marge meridional separat pel riu Galligants. Després del monestir arribem en una part més ampla de la vall. El recorregut discorre posteriorment pel recentment inaugurat restaurant Cul del Món, la Barraqueta i en la seva part més oriental fins a la Plaça de la Sardana. Aquest sector es troba delimitat al sud per la muntanya del Calvari i al nord per un bosc de ribera i una zona agrícola, i més al nord per una zona residencial de baixa densitat del barri de Sant Daniel. El recorregut discorre pel mateix recorregut d'anada i en alguns dies arribem fins al carrer Tambor Ansó i a l'estació meteorològica de Sant Daniel, i després continuem pel monestir de Sant Daniel i fem el mateix recorregut d'anada fins al carrer Bellaire on ens dirigim cap al nord passant per la Plaça de Sant Pere. Al nord d'aquesta plaça tenim la pujada a Montjuïc i al nord-oest un pont del ferrocarril fins a la carretera de Girona a Palamós que passa pel barri de Pedret. Aquest és un barri en filera, molt estret, amb usos residencials i lúdics. Al sud del barri de Pedret trobem el barri del Pont Major on coexisteixen usos residencials, comercials i industrials. En alguns dies el transsecte ha passat pel pla de la part occidental de la muntanya de Can Simon, en un carrer paral·lel a la via del ferrocarril, el carrer Jordi de Sant Jordi. Altres dies el recorregut l'hem fet per la part oriental del barri del Pont Major, passant per la part oriental de la Devesa del pont Major i el camp de futbol del Pontenc, al cantó del riu Ter i fins l'església del barri. La part més septentrional del barri és la part antiga amb edificis dels anys 60 de 4 o 5 pisos d'altura. En alguns transsectes hem continuat el recorregut per la N-66 (carretera que uneix Girona i Palamós), fins al barri de Campdorà, que és el barri més septentrional de la ciutat, és un disseminat, amb habitatges unifamiliars. A l'altura dels Horts de Campdorà continuem per una carretera local que té un recorregut proper a la incineradora de Girona i ens dirigim cap al sud-oest fins a tornar a enllaçar amb la N-66 un xic abans de la fàbrica Rubau, que es troba al vessant nord de la muntanya de Can Simon. Després el recorregut passa per la benzinera al nord del barri (la situada al sud del barri és la dels Salesians), i ens

dirigim cap a l'est passant pel pont de l'Aigua i arribem al municipi de Sarrià de Ter. El recorregut discorre per una carretera que uneix la N-66 i la carretera N-Illa, al sud tenim la fàbrica Hinojosa i al nord una zona residencial, i a l'oest de la rotonda de la N-Illa arribem al barri del Pla dels Vinyers on el transecte finalitza al carrer Montagut. Aquest sector de Sarrià de Ter és una zona residencial de baixa densitat d'edificació (predomini d'habitatges unifamiliars).

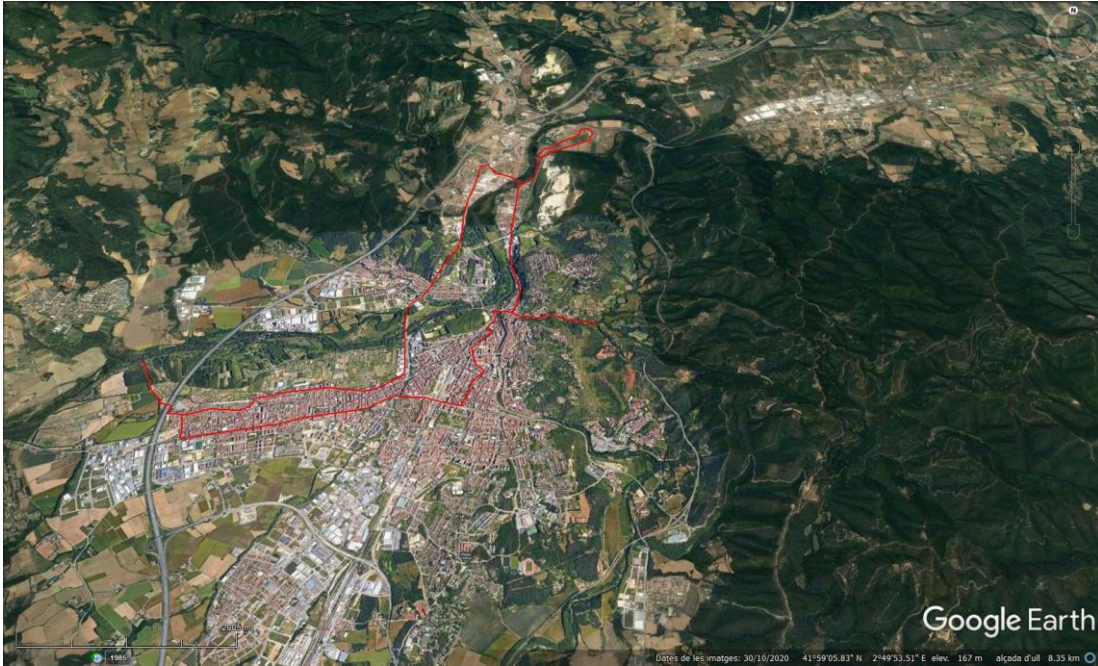


Figura 4.17 Transecte 11.

Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

Transecte 12. Deveses de Salt-Salt-Girona-Vila-roja-Girona-la Vall de Sant Daniel-Sarrià de Ter. 15,7 Km. Interpolació cada 250 metres.

El transecte té com a inici les Deveses de Salt i el final a-Sarrià de Ter. El recorregut és idèntic al transecte 1 amb poques diferències, la principal és que el punts d'inici i de finalització. També hem de remarcar que el transecte no discorre per Sarrià de Dalt i la part baixa de la riera Xuncla, al camí del Molí com en el transecte 1. També una altra diferència és el major nombre de punts d'observació del transecte ja que la interpolació és cada 250 metres.

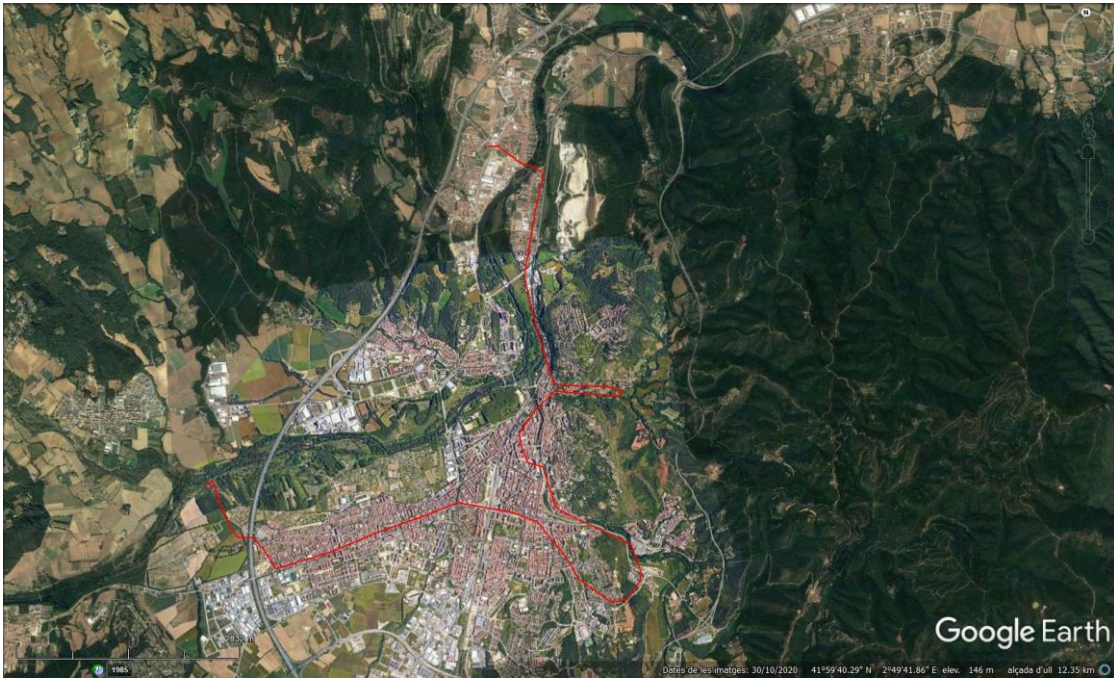


Figura 4.18 Transsecte 12. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

Transsecte 1 matí. Girona-Sarrià de Ter per Pont Major. 7,4 km. Interpolació cada 150 metres.

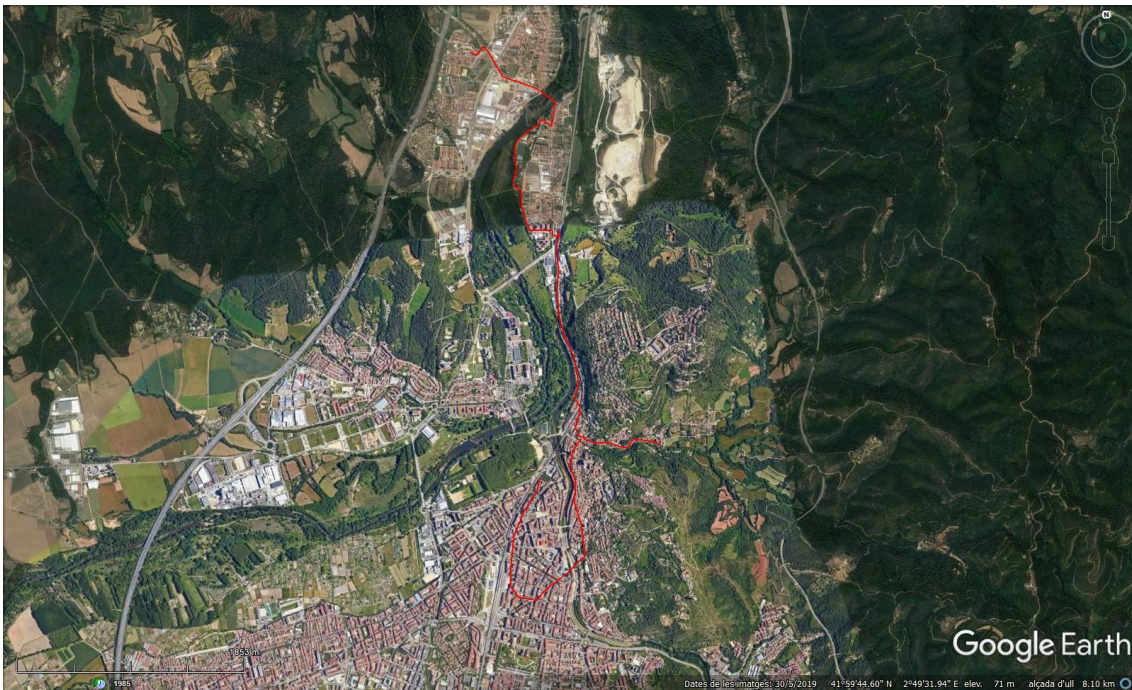


Figura 4.19 Transsecte 1 matí. Sarrià de Ter-Girona per Pont Major.
Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

El transsecte s'inicia en una zona suburbana, el carrer Montagut, al barri del Pla dels Vinyers. Estem al centre del municipi de Sarrià de Ter, però no pas al nucli urbà de Sarrià de Ter que es troba més a l'est. El transsecte discorre per la carretera que uneix la N2a que passa per Sarrià de Ter i Pont Major que després arriba a Palamós. Es passa per un sector no gaire urbanitzat, entre el nucli urbà de Sarrià i la zona industrial del mateix poble. Es travessa el pont de l'Aigua damunt el riu Ter fins arribar al Pont Major, un dels barris més septentrionals de Girona, és una zona suburbana amb

edificis d'entre 2 i 3 pisos, és la part vella d'aquest sector. Abans d'arribar a l'església es tomba cap a la dreta i es continua per una carretera local que discorre paral·lela al riu Ter en una zona amb vegetació de ribera, la via local passa pel camp de futbol del Pontenc i al cantó de la Devesa del Pont Major. Prop del sector del Salesians entrem de nou en una zona suburbana amb edificis de 4 pisos al sud del barri del Pont Major, que és una franja urbanitzada de caire suburbà que és paral·lela al riu Ter. Es passa al cantó d'un supermercat (Caprabo) i s'entra al barri de Pedret en la seva part nord on tenim diversos equipaments (edificis de la Generalitat, tallers de cotxes). Després continuem el transecte per la carretera paral·lela a la resclosa de Pedret del riu Ter on trobem primer una zona lúdica i després una àrea residencial del barri de Pedret. Quan s'arriba a l'altura de la pujada de Montjuïc el recorregut discorre per la Plaça de Sant Pere (que uneix el barri de Pedret i Pou Rodó) i després s'arriba a la vall de Sant Daniel, de Girona, que té un caire rural. El transecte arriba fins al monestir de Sant Daniel i aquí el recorregut continua pel mateix recorregut d'anada fins al carrer de Bellaire al sector de Pou Rodó. En aquest punt el recorregut es dirigeix cap al sud passant per carrers del Barri Vell de la ciutat de Girona propers al riu Onyar, com el carrer Calderers, Ballesteries, Ciutadans, la plaça del Vi, la travessia Auriga, el carrer Albereda i arribem a la Plaça de Catalunya, que és una plataforma del riu Onyar. A partir d'aquest punt d'observació ens dirigim en direcció SW cap al centre de l'Eixample de Girona, fins a la Plaça Miquel Santaló, posteriorment anem cap al carrer de Barcelona passant pel carrer Bisbe de Lorenzana. Arribem al carrer de Barcelona, al cantó de la Plaça d'Espanya, on hi ha l'estació de tren de Girona, i ens desplaçem cap al nord, seguint el recorregut de la N-IIa, que en primer lloc és el carrer de Barcelona i després la Ronda Ferran Puig, passant per les plaça Poeta Marquina i plaça Marquès de Camps. A la cruïlla de Ferran Puig amb el carrer de Bonastruc el recorregut canvia de direcció, cap al NE. El transecte finalitza a l'avinguda Ramon Folch, al cantó de la rotonda del rellotge de la Devesa de Girona. monestir de Sant Daniel.

Transecte 2 matí. Sarrià de Ter-Girona per Sarrià de Dalt. 7.4 Km. Interpolació de 150 metres entre els diferents punts d'observació.



Figura 4.20 Transsecte 2 matí. Sarrià de Ter-Girona per Sarrià de Dalt.
 Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

El recorregut comença al barri de Pla de Vinyers, és una zona residencial amb habitatges unifamiliars i alguns edificis residencials d'1 a 4 pisos. Després continuem pel Pla de l'Horta on tenim al nord unes construccions en pastilla dels anys 70 i al sud una zona residencial moderna amb habitatges unifamiliars de 2 pisos. Estem per tant en una zona suburbana. El recorregut continua després per Sarrià de Dalt, és la part sud del terme amb habitatges unifamiliars dels anys 50. Després de travessar el nucli de Sarrià de Dalt es passa pel pont de la riera d'en Xuncla on trobem vegetació de ribera i en 200 metres arribem al polígon industrial del Pla d'en Xuncla. A l'altura del restaurant de la Pastora s'arriba a la N-IIa, i es continua per una zona amb diversos hospitals a la part oriental (Mutuam i Hospital Josep Trueta), i hotels a la part occidental de la NIIa. En aquest sector arribem al barri de Sant Ponç on coexisteixen els usos residencials, esportius (GEIEG), lúdics (OCINE, en la zona en contacte amb Fontajau) i comercials (Carrefour). Així en aquest recorregut hi hagut variacions dels usos del sòl però amb un caràcter suburbà i rural, no pas urbà. Es travessa el pont de Françaerca damunt del riu Ter i s'arriba a la Devesa de Girona. Al sud-est es travessa el Pont del riu Onyar i s'arriba a la zona del Pou Rodó i després a la Vall de Sant Daniel. A partir del monestir de Sant Daniel fem el mateix recorregut que el transsecte 1 del matí.

Transsecte 3 matí. Salt-Girona-la Vall de Sant Daniel. 7,3 km. Interpolació cada 250 metres entre els diferents punts d'observació.



Figura 4.21 Transsecte 3 matí. Salt-Girona-la Vall de Sant Daniel.
 Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.

És el mateix recorregut del transsecte 2 del migdia però més llarg i comença a Salt i acaba a Girona. Quan arribem al punt d'observació Quatre Cantons, al cantó del carrer Ballesteries, del Barri Vell de Girona, ens dirigim a la Vall de Sant Daniel i acabem el recorregut al monestir de Sant Daniel.

El transsecte de Girona-Salt té varies variants. La 1^a passa pel carrer principal que uneix Girona i Salt, el Passeig Països Catalans, amb inici a la Plaça Sant Cugat, i a partir del límit de Salt amb Girona aquesta mateixa via és el Passeig d'Olot. Es tracta d'un carrer força ample amb edificis d'altures variades (amb un edifici amb l'altura màxima de 13 pisos al carrer Francesc Macià, 3 pisos a l'inici del recorregut i 5-6 pisos en la resta de transsecte). Aquest recorregut discorre per una àrea urbana, ja que és la continuació de la ciutat de Girona. El transsecte pel Passeig d'Olot es caracteritza per la presència d'edificis de 4-6 pisos amb algun parc com el que hi ha entre els carrers Pedraforca i Montnegre a la part sud del carrer. Es travessa el riu Güell pel pont del Dimoni i entrem al barri de Sant Narcís, a la part meridional tenim cases unifamiliars de 2 pisos d'altura i a la part nord edificis de 4-6 pisos i un col·legi (Pare Coll) on trobem una estació meteorològica. S'arriba a la Plaça d'Europa que es troba propera a l'estació de tren i al Parc Central i en aquest punt del transsecte el recorregut canvia de carrer i discorre primer per l'Escola de la Música i després pel carrer Francesc Ciurana, via de l'Eixample de Girona. Aquest sector es caracteritza per una alta densitat d'urbanització amb pocs espais verds i edificis elevats (4 a 7 pisos) amb un factor de visió del cel de 0,3 a 0,5. Després el recorregut continua pel carrer Joan Maragall fins a la Plaça de Catalunya. Aquesta és una plataforma que hi ha damunt del riu Onyar. El transsecte discorre a continuació pel Barri Vell, amb edificis de 4-5 pisos però amb una amplada molt menor que la de l'Eixample, entre 3 i 7 metres, són carrers amb SVF comprès entre 0,1 i 0,3. Els transsectes del migdia comencen o acaben al Barri Vell i també tenen l'inici o finalització a Salt. però en alguns transsectes matinals hem continuat el recorregut pel sector de Pou Rodó a

l'extrem nord del Barri Vell. Després el recorregut discorre per la vall del riu Galligants, la Vall de Sant Daniel, fins al monestir de Sant Daniel. Es tracta d'una zona rural amb edificis de 2-3 pisos a la part solell de la vall i vegetació de ribera a la part obaga.

Transsecte migdia 1. Girona-Salt pels carrers Bonastruc, Santa Eugènia, Maçana de Girona i el Passeig Països Catalans de Salt. Recorregut: 3,56 Km. Interpolació entre 50 i 150 metres entre cada punt d'observació.

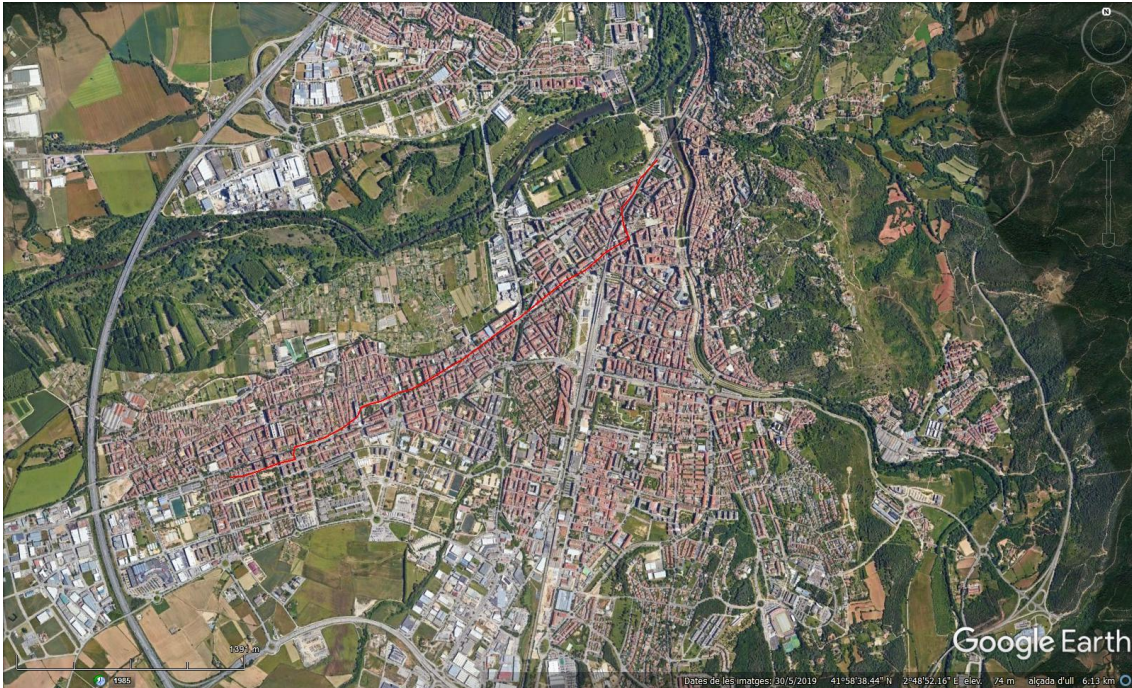


Figura 4.22 Transsecte 1 migdia Girona-Salt.

Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©

El transsectes del migdia que uneixen les ciutats de Girona-Salt tenen dos itineraris diferents. El primer passa pel carrer principal que uneix ambdues ciutats, el carrer de Santa Eugènia. L'inici del recorregut és a la cruïlla del carrer Bonastruc amb el col·legi Bruguera. Es continua el recorregut pel carrer Bonastruc fins a la Ronda Ferran Puig. Aquest tram pertany al sector de la Devesa que és la part septentrional de l'Eixample de Girona, la densitat urbana és elevada, amb edificis de 5-6 pisos d'altura. A partir de la ronda Ferran Puig continuem per aquest carrer fins a la Plaça Marquès de Camps que pertany al nord de l'Eixample. Aquesta plaça té usos comercials i residencials. Ens dirigim cap a l'oest pel carrer Santa Eugènia, passant per l'edifici de la Farinera que limita al sud amb el parc Central, i posteriorment passem per la Plaça de la Rodona que separa el barri de Sant Narcís i el sector de la Devesa. La densitat urbanística és elevada, tenim la coexistència d'usos comercials, lúdics i residencials. L'avinguda Josep Tarradellas és el carrer que fa de límit per separar el sector de la Devesa i el barri de Santa Eugènia, que es troba a l'oest de l'avinguda, en el punt d'observació anomenat "Autoescola FPC". Continuem pel carrer Santa Eugènia en una àrea densament urbana, amb edificis de 6 a 7 pisos d'altura. Després del centre cívic de Santa Eugènia, anomenat "Can Ninetes" el recorregut continua pel carrer Guilleries i posteriorment pel carrer Maçana. Aquest carrer passa per la plaça de Santa Eugènia i arriba fins a la Rambla de Santa Eugènia, nexa d'unió entre les ciutats de Salt i Girona. Després d'un carrer paral·lel a la Rambla, la Travessera de Santa Eugènia arribem a la Plaça de Catalunya de Salt. Aquesta plaça està situada a l'est de Salt i té un predomini

d'edificis elevats, 6 a 7 pisos, però també hi trobem una masia amb una àrea cultivada en la seva part més occidental. Després de la plaça passem pel carrer Mossèn Sebastià Puig i s'arriba al Passeig Països Catalans. Aquesta és la carretera N-141 nova que enllaça Girona amb Anglès a través de Salt. És un passeig amb edificis elevats als seus dos marges però amb una gran diversitat d'altures dels edificis, que oscil·len entre 2 pisos a la zona del Grup Sant Cugat i 13 pisos en el cas del gratacels de la cruïlla d'aquesta avinguda amb el carrer Francesc Macià. El recorregut finalitza a la Plaça Sant Cugat, que es troba al centre d'aquesta àrea urbana relativament vella, ja que es va construir a mitjans de la dècada dels 50 del segle XX.

Transsecte migdia 2. Girona-Salt pel Barri Vell de Girona, el Passeig d'Olot de Girona i el Passeig dels Països Catalans de Salt. Recorregut: 4,23 Km. Interpolació entre 50 i 150 metres entre cada punt d'observació.



*Figura 4.23 Transsecte 2 migdia Girona-Salt.
Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth ©.*

El recorregut s'inicia a l'avinguda Ramon Folch, al nord-est del sector de la Devesa, i que està a uns 100 metres al nord del parc urbà de la Devesa de Girona. Ens dirigim cap al sud-est, primer passem per la Plaça de la Independència que pertany al barri del Mercadal. Després el transsecte continua pel pont de Sant Agustí fins al Barri Vell. Aquest barri té una densitat urbana elevada, on coexisteixen usos residencials, comercials i lúdics. Hi predominen carrers estrets però amb edificis no massa elevats. L'estretor dels carrers fa que tinguem poc arbrat en aquest barri, molts carrers no tenen arbres ja que són massa estrets perquè tinguem una normal activitat ciutadana. Així tot i que està restringit el trànsit hi coexisteix el trànsit automobilístic amb les zones de vianants. Hem de destacar que en els últims 15 anys és una zona molt turística, la qual cosa implica importants embussos de gent en aquesta zona. El transsecte discorre per Cort Reial, el carrer Ciutadans i la Plaça del Vi, i en la zona sud-oriental es passa per alguns dels carrers amb menys factor visió del cel de la ciutat de Girona, el Nou del Teatre, i l'Auriga, aquest últim amb un SVF de 0,10. Després continuem pel carrers Albereda i Croades i arribem a la Plaça de Catalunya,

és una plataforma damunt del riu Onyar. El trajecte es dirigeix cap al SW i discorre per l'Eixample de Girona, pel carrer Joan Maragall, que és un eix comercial i també tenim usos residencials. L'Eixample té carrers més amples que el Barri Vell però els edificis són més elevats que el Barri Vell, on predominen edificis d'entre 4 i 5 pisos. Així el factor de visió del cel dels carrers de l'Eixample és entre baix i moderat, entre 0,3 i 0,5, valors més alts que a la part antiga de Girona. Aquest barri es caracteritza per una alta densitat d'urbanització amb pocs espais verds i edificis elevats (5 a 8 pisos). Després d'arribar a la Plaça Joaquim Pla que es troba al sud del carrer Joan Maragall continuem pel carrer Francesc Ciurana i posteriorment es travessa el carrer de Barcelona. Estem en una àrea urbana del centre de l'Eixample que limita amb el Parc Central que separa aquest barri del de Sant Narcís. Continuem pel Passeig d'Olot, que discorre en la seva part més oriental per Sant Narcís. A la part meridional del carrer tenim cases unifamiliars de 2 pisos d'altura i a la part nord edificis de 4-6 pisos i un col·legi (Pare Coll). Després de la rotonda del tren d'Olot, a l'extrem occidental del barri de Santa Eugènia entrem al nucli urbà de Salt pel Passeig Països Catalans i acabem el recorregut la Plaça Sant Cugat, al cantó d'aquest passeig. El Passeig Països Catalans és un carrer força ample amb dos carrils de circulació per cada sentí i amb edificis d'altures variades (3-13 pisos). Hi ha un gratacels amb l'altura màxima de 13 pisos al carrer Francesc Macià. Aquest recorregut fins a Salt és el mateix que una de les parts finals del transsecte 1 nocturn, però el transsecte no finalitza a les Deveses de Salt, sinó a la Plaça Sant Cugat.

4.4 Descripció dels observatoris meteorològics

- 1) Girona-Francesc Roges està situat a l'Eixample nord, en un jardí a 1,5 m d'alçada (dins d'una gàbia meteorològica) . Es troba a 200 m de la Devesa de Girona. Els edificis d'aquesta zona tenen entre tres i cinc pisos d'alçada. L'observador és Moisès Ramiro. Des de l'any 2002 no funciona aquest observatori.
- 2) Girona (IES Vicens Vives) es troba a Carme i Vista Alegre, en la teulada de l'institut, a deu metres sobre el terra. Està prop del riu Onyar, els edificis tenen entre dos i quatre pisos d'alçada. La persona responsable de l'observatori fou la professora Maria Lluïsa González. Actualment l'observatori no està en funcionament.
- 3) Girona (Sèquia) es troba a l'Eixample nord, en una terrassa d'un àtic a quinze metres sobre el carrer. Els edificis d'aquesta àrea tenen entre cinc i set pisos. L'observador meteorològic és Moisès Ramiro. Des de l'any 2012 disposa de dades semihoràries de temperatura, tot i que amb llacuna, preses amb datalogger.
- 4) Girona (la Vall de Sant Daniel) és un observatori rural situat uns 170 metres al nord del riu Galligants, en una zona on coexisteixen els usos agrícoles i forestals amb els residencials. Es troba dins d'uns camps amb un cert pendent cap al curs fluvial tot i que prop del fons de la vall de Sant Daniel. Uns 20 metres a l'est hi ha un edifici per usos agrícoles. Està situada uns 100 metres al sud d'una zona urbanitzada, amb predomini d'edificis unifamiliars. Uns 350 metres a l'est hi ha el monestir de Sant Daniel. Des de l'any 2009 disposa de thermochron i datalogger per fer un registre continu de les dades de temperatures. L'observador meteorològic és Moisès Ramiro. El datalogger i

- thermochron estan proporcionats per Gerard Taulé, de la mateixa manera que Salt-centre, les Deveses de Salt, Girona-Sèquia i Girona-Montjuïc.
- 5) Girona (Barri Vell) es troba a la plaça de la Independència, a l'extrem nord-est del barri del Mercadal i molt a prop del Barri Vell de Girona. Es troba en una teulada a 20 metres sobre el carrer. Els edificis tenen entre tres i cinc pisos d'altura. Està molt a prop del riu Onyar, uns 10 metres a l'oest de la llera del curs fluvial. L'observador és Carles Ginès.
 - 6) Girona (Bonastruc) es troba al carrer Bonastruc de Porta, a l'Eixample nord, a una altura d'uns 20 metres sobre el carrer. Els edificis tenen entre cinc i sis pisos d'altura. Es troba prop de la Devesa. a 150 metres al sud d'aquesta zona verda. L'observador és Joan Figueras.
 - 7) Bescanó és un observatori suburbà, ja que està al sud del poble de Bescanó. Es tracta d'una àrea urbana poc densa, on predominen els habitatges unifamiliars. L'estació es troba situada a 12 metres d'altura, dalt d'una teulada. Així el sensor està a uns 2 metres sobre el sòl de la teulada. L'observador és Xavier Duran.
 - 8) L'observatori de Celrà està situat al nord del poble, prop del polígon industrial, però dins d'una àrea residencial on predominen les cases unifamiliars. El sensors de temperatura i precipitació es troben al jardí i a 1,5 metres del terra. L'observador és Pere Farrarons.
 - 9) El Perelló és un observatori situat al nord del nucli d'El Perelló, que pertany al municipi de Vilablareix. És una àrea suburbana, on coexisteixen usos industrials (polígons i naus industrials) i usos residencials (habitatges unifamiliars o de 2 pisos). L'observatori és una estació meteorològica Oregon. Aquesta estació té els sensors de temperatura i humitat a 1,2 metres damunt de la gespa d'un jardí i els de precipitació i vent a uns 3 metres d'altura. L'observador és Pedro Zamora.
 - 10) Les Deveses de Salt és una estació meteorològica que és particular, l'observador és Gerard Taulé. Així es disposa d'un thermochron que està en l'interior d'una estació meteorològica Davis, un protector Davis de mida gran de la radiació solar i de la radiació infraroja emesa per la superfície terrestre i els objectes. Aquest observatori es troba situat en una clariana de les Deveses de Salt, està molt a prop del Pas d'en Prats. És un observatori rural molt proper al riu Ter, ja que només està a uns 120 metres en línia recta d'aquest corrent fluvial.
 - 11) Salt (centre) es troba a la Plaça Sant Cugat, en una terrassa a quatre metres sobre el terra. Està situada en una àrea urbana heterogènia, ja que mentre l'estació es troba en una zona d'habitatges unifamiliars de dos pisos d'alçada, uns cent metres al sud i al nord tenim una zona urbana densa, amb edificis d'entre quatre i sis pisos d'altura. Gerard Taulé és el seu observador.
 - 12) Cassà de la Selva-centre és un observatori meteorològic, l'observador del qual és Narcís Dalmau, que va heretar l'estació i les dades meteorològiques del seu pare. L'estació és al centre de Cassà de la Selva, en una àrea que es pot qualificar com a urbana densa, amb edificis no gaire alts (2-4 pisos), però la urbanització és molt compacte.
 - 13) Girona (Universitat) està situada al barri de Montilivi, en una àrea residencial poc densa, dins del campus de Ciències de la Universitat de Girona. Els edificis de la universitat són de dos a quatre pisos i els habitatges unifamiliars mesuren

- entre set i nou metres d'altura, aproximadament. El sensor es troba en una terrassa d'un edifici de la universitat a dotze metres sobre el sòl. Els responsables de l'estació són professors de Física, són els doctors Josep Calbó i Josep-Abel González.
- 14) Girona (Montjuïc) es troba damunt d'un turó a 184 metres d'altura. L'entorn de l'estació és una àrea residencial poc densa, amb habitatges unifamiliars d'un o dos pisos d'altura. El sensor es troba en la teulada, a nou metres d'alçada. L'observatori a partir de 2012 també disposa de dades meteorològiques d'una gàbia preses amb datalogger i thermochron, però amb llacunes. Des de l'any 2001 l'estació meteorològica també disposa d'un pluviòmetre Hellmann, que pertany a la xarxa de l'*Agència Estatal de Meteorologia*. Al nord de l'estació tenim un matollar amb pins dispersos. L'observador és Lluís Regincós.
 - 15) Girona (col·legi Bell-lloc) es troba a l'extrem sud del col·legi, i molt proper al camp de futbol que es troba a la part meridional de l'observatori. Al sud hi ha una carretera que uneix els municipis de Salt i Girona, és l'Avinguda de la Pau. La zona meridional de l'estació correspon al polígon industrial de Mas Xirgu. A l'est i sud-est de l'observatori hi ha el barri de Sant Narcís. A l'oest de l'observatori hi ha una zona urbanitzada amb diferents usos del sòl, hi ha una central elèctrica, és el polígon Mas Massó.. Els observadors són en Jesús Domingo i en Joaquim Viñolas. Des de l'any 2009 no és una estació operativa.
 - 16) Girona (Parc de Bombers) és una estació del Servei Meteorològic de Catalunya que es troba en el polígon industrial Mas Xirgu. L'estació està en un solar del parc de Bombers, envoltada d'edificis d'entre quatre i cinc pisos d'alt. El sensors de temperatura i precipitació es troben a 1,5 metres d'alçada. Actualment no es troba en funcionament.
 - 17) Girona (Hortes de Santa Eugènia), observatori recent del Servei Meteorològic de Catalunya, està dins d'una zona agrícola, les Hortes de Santa Eugènia. Està al nord i a una distància d'uns 400 metres de l'àrea urbanitzada de la ciutat de Girona, el barri de Santa Eugènia, i uns 500 metres a l'est de la part sud-oriental de l'Eixample, del sector de la Devesa. L'observatori dista 500 metres en direcció oest del riu Güell i es troba a uns 200 metres al sud del riu Ter.
 - 18) Girona-Ciudadans (Aigües) és una estació situada al centre del Barri Vell de Girona. Està a la teulada de l'edifici on hi ha la seu de l'empresa Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, al carrer Ciudadans. Es troba a una distància de 150 metres de l'ajuntament de Girona, que està al nord de l'observatori. La responsable del funcionament de la xarxa dels pluviòmetres d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter és Clàudia Dragoste.
 - 19) Girona-Montjuïc (Aigües), observatori d'Aigües Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, es troba al barri de Montjuïc, dins el sector nord-est de la urbanització, a 217 metres, per tant al cim del turó de Montjuïc, al NE de Girona. Es tracta d'una àrea suburbana poc densa, amb predomini dels edificis unifamiliars.
 - 20) Sarrià de Ter (Aigües) és una estació d'Aigües Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. Es troba molt propera a Sarrià de Ter, nucli de població situat al SW del municipi de Sarrià de Ter, en un vessant d'un turó del sud del municipi.
 - 21) Girona-Palau (Aigües) pertany a la xarxa d'Aigües Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. Està situada en el barri de Palau, al sud de la ciutat de Girona dins d'una urbanització, a 127 metres, a prop del carrer Pujada de Palau. Té

- una tipologia de sòl idèntica a Girona-Montjuïc-Aigües. Es tracta d'una àrea suburbana poc densa, amb predomini dels edificis unifamiliars.
- 22) Girona (IES N.Xifra) està dins d'un col·legi, a 1,5 m d'alçada, en un solar envoltat d'edificis d'entre un i Quatre pisos, excepte a la banda sud i oest on hi ha una paret de tres metres d'alt. A l'oest tenim una zona d'hortes i més enllà hi ha la Devesa del Pont Major, una arbreda propera al riu Ter. Al sud i al nord tenim una àrea residencial amb edificis d'entre tres i cinc pisos d'alçada. Els observadors han estat Joan Solà, conserge de l'institut, i Gerard Taulé. Des de l'abril de l'any 2000 que l'observatori ha quedat en dessús.
- 23) Girona (IES Maristes) es troba entre una àrea residencial densa (al nord), amb pisos d'entre quatre i set pisos corresponent al barri de Santa Eugènia, i les hortes de Santa Eugènia (al sud i oest). A l'est tenim el riu Güell, i més enllà hi ha el barri de l'Eixample amb diferents centres educatius. El sensor es troba a nou metres del sòl, a la teulada del col·legi. L'observador és un professor del col·legi, Albert Cufí. Des de l'abril de l'any 2005 no disposem de dades de l'observatori, tot i que l'estació va estar en funcionament uns anys després d'aquest mes, però es van perdre les dades, i actualment no es troba operativa.
- 24) Girona (Parc del Migdia) és una estació urbana, ja que està envoltada per edificis de diferents altures (entre 4 i 8 pisos), i per carrers asfaltats. S'ubica al sud de l'Eixample. Aquest és un parc urbà de 10 hectàrees, on predomina la superfície herbàcia, mentre que tenim una cobertura arbòria no massa densa. També hi ha un estany artificial al nord del parc. L'observatori es troba a la perifèria oest del parc, a l'oest del carrer Migdia.
- 25) Salt (AEMET) ha tingut dues ubicacions. Així en primer lloc, fins l'any 2008, es trobava dins d'un pati del Museu d'Aigua de Salt, la segona ubicació i actual es troba dins d'una residència geriàtrica, i està uns 120 metres al sud-est de l'anterior localització, només està separada per la Plaça de la Vila. En la primera ubicació tenim al nord la fàbrica Gassol, a l'oest hi ha una masia, a l'est tenim el Museu de l'Aigua i l'església de Sant Cugat i al sud hi han edificis d'entre tres i cinc pisos d'alçada. Les dues estacions es troben dins el Barri Vell de Salt, però l'actual ubicació és més cèntrica, està més influenciada per l'illa de calor urbana saltenca, amb temperatures mínimes més altes que l'anterior ubicació.
- 26) Sant Gregori està al centre d'aquest poble, a la teulada de l'edifici de l'ajuntament, a uns quinze metres d'alt. Els edificis tenen entre dos i tres pisos d'alçada, és una zona residencial moderadament densa.
- 27) Fornells de la Selva (centre) es troba en un jardí d'un col·legi envoltat d'edificis d'entre dos i tres pisos d'alçada, en una àrea residencial moderadament densa. L'observador és Josep Batallé.
- 28) Fornells de la Selva (XVPCA) es trobava dins d'un parc urbà del centre del poble. Està molt a prop de la via del tren que uneix Girona i Barcelona. Es tracta d'una àrea suburbana on coexisteixen usos industrials i residencials. Els habitatges són unifamiliars o edificis de 2-4 pisos d'altura. Actualment no funciona. L'últim any de la sèrie fou 2001.
- 29) Sarrià de Ter (XVPCA) es trobava dins d'una zona residencial, a la part meridional tenim una zona enjardinada i uns tres-cents metres al sud hi ha una àrea industrial, amb la fàbrica Torras Hostench com a principal empresa, que en l'actualitat s'anomena Torras Papel. A l'oest, nord i est tenim una àrea

- residencial amb habitatges d'entre dos i tres pisos d'altura. El sensor està a quatre metres d'alçada. No es troba en funcionament en l'actualitat. L'últim any de la sèrie va ser 2003.
- 30) Sarrià de Ter (Montagut). L'observador és Gerard Taulé. L'observatori consta d'un pluviòmetre Hellmann i una estació meteorològica Davis Vantage Vue. És un observatori situat en una terrassa dins un barri amb una densitat urbanística baixa, el Pla dels Vinyers, de Sarrià de Ter. És una àrea residencial amb predomini d'habitatges unifamiliars i edificis de 2-3 pisos. No obstant també tenim algunes empreses industrials.
 - 31) Vilablareix-SMC és un observatori que pertanyia al Servei Meteorològic de Catalunya, amb un caire clarament rural. Es troba rodejat de camps de cultiu de blat de moro i blat. Tenim dos habitatges d'un pis d'alçada al cantó de l'estació meteorològica. El sensor es troba a dos metres d'alçada. Des de l'abril de 2015 no és operativa.
 - 32) Fornells de la Selva.-SMC està situat en una zona agrícola, on hi ha camps de blat. El sensor es troba a dos metres d'altura. L'estació es troba proper a la masia de Raset, que es troba al sud del municipi de Fornells de la Selva. També està prop de la riera de Bugantó.
 - 33) L'estació de l'aeroport de Girona es troba en un rectangle d'herba al sud de l'edifici de l'aeroport a 1,5 m d'alçada. L'edifici esmentat té dos pisos d'alçada. L'aeroport està envoltat de camps de cultiu i boscos de pins i alzines.
 - 34) Girona (la vall de Sant Daniel) es troba situat en una zona agrícola, envoltat de camps de blat i ordi per l'est, i hortes a l'oest. Al sud tenim el riu Galligants amb vegetació de ribera. Al nord hi ha una àrea residencial poc densa amb habitatges de dos pisos d'alçada. El sensor es troba en una estació meteorològica a 1,5 m d'alçada.
 - 35) Girona-Institut Vell és la primera estació meteorològica oficial de la ciutat de Girona. Es trobava en una terrassa en l'edifici d'un institut situat al Barri Vell de Girona. Actualment pertany a l'Arxiu Municipal i Museu d'Història de Girona, al cantó occidental del carrer de la Força, i està uns 70 metres a l'est del riu Onyar. El pluviòmetre estava en una terrassa inferior, mentre el termòmetre estava en una gàbia amb gespa el sòl en una terrassa superior on també hi havia l'anemòmetre i el penell.
 - 36) Girona-Ferrocarril era una estació únicament pluviomètrica que va funcionar a finals del segle XIX i a inicis del segle XX. Es trobava molt a prop de l'actual estació de ferrocarril, al cantó nord-oriental de la Plaça Poeta Marquina.
 - 37) Salt-XOM és un observatori que pertany a la Xarxa d'Observadors Meteorològics. Consta d'una gàbia meteorològica i un pluviòmetre que es troben situats a 1,5 m del sòl dins de la perifèria d'un parc, el parc de la sèquia Monar. Es troba a una distància de 50 metres del Barri Vell que està al sud de l'observatori. L'observador és Gerard Taulé.
 - 38) Fornells de la Selva-XOM és una estació que pertany a la Xarxa d'Observadors Meteorològics. L'observador és Joan Parera-Nieto. L'observatori es troba envoltat de camps, tot i que està en un jardí que està al cantó d'una masia. Està en un nucli dispers de Fornells de la Selva, anomenat can Toni Menescal. L'observatori funciona des de 1996, però només disposem de pocs anys de dades, entre 1996 i 2000 i entre 2009 i 2012. A partir de l'any 2015 no és operativa.

- 39) Girona-Devesa és un observatori que pertany a la Direcció General de Qualitat Ambiental (antiga XVPCA) i va deixar de funcionar el maig de 2011. Està situat a l'extrem oest de la Devesa de Girona, molt a prop de la confluència dels rius Güell i Ter. Es troba al marge nord-occidental de l'edifici de la Fira de Girona i de l'Auditori de Girona.
- 40) Girona-Santa Clara està al barri de Mercadal. Aquest és un barri cèntric que es troba entre el Barri Vell a l'est del qual està separat pel riu Onyar i l'Eixample i el barri del centre, al sud i l'est. L'estació està situada a uns 70 metres a l'oest del riu Onyar. És una zona amb alta densitat urbanística, amb edificis d'entre 5 i 6 pisos d'altura. L'inici de la sèrie d'aquest observatori meteorològic és el 31 d'octubre de 2014. L'estació es troba en un 4t pis damunt d'una teulada, i està dalt d'un màstil de 2 metres.
- 41) Girona-Fedac Pare Coll és un observatori meteorològic que pertany a aquest col·legi de primària, que està ubicat entre el Passeig d'Olot i el carrer Ramon Muntaner. Està situat en la part meridional del barri de Sant Narcís, a l'oest del centre de Girona. Està situat en la part alta d'un edifici del pati del col·legi, dalt d'un màstil de 3 metres, al voltant de 15 metres damunt del sòl. El responsable de l'estació és el director del centre educatiu.
- 42) Girona-Plaça Poeta Marquina està al sud de la plaça, al centre de la ciutat. A l'oest tenim el Parc Central, del qual està separada pel terraplè on discorre la via del ferrocarril. L'observatori està damunt d'un màstil, entre dos edificis més elevats, a uns 24 metres d'altura. L'observador és Jean-Paul Marc Prohias.
- 43) Girona-ACA (1) és un pluviòmetre que es troba al cantó del riu Ter, en el sector septentrional de la Devesa de Girona que és proper al Pont de la Barca i al punt d'aforament del cabal de l'esmentat curs fluvial. Va deixar de funcionar l'any 2010.
- 44) Girona-ACA (2) és un pluviòmetre d'una estació d'aforament de l'ACA que es troba al cantó del riu Onyar. Està en un indret proper al pont de la Font del Rei, al sud-est de la ciutat, entre el barri de Vista Alegre, amb el Carme a l'est, i el barri de l'Eixample, amb la Plaça dels Països Catalans a l'oest. S'ha de remarcar que no analitzarem les seves dades ja que només tenim 5 mesos amb dades disponibles.
- 45) Quart és un observatori pluviomètric. Desconeixem la seva situació dins d'aquest poble situat al sud-est de la ciutat de Girona. En aquest poble hi predominen els habitatges unifamiliars amb habitatges d'entre 3 i 4 pisos d'altura.
- 46) Montfullà és un observatori pluviomètric que es troba al terme municipal de Bescanó. Està en la vessant septentrional d'un turó que es troba al nord-est del municipi. És una zona rural on hi ha una barreja de paisatges agraris i forestals amb alguns habitatges unifamiliars.
- 47) Girona-Escola Doctor Masmitjà és una estació meteorològica urbana que està situada al centre de l'Eixample de Girona, al carrer de la Creu. L'indret on es troba l'observatori té una densitat urbanística molt elevada.
- 48) Girona-Plaça Poeta Marquina és una estació meteorològica ubicada a la part més elevada d'un edifici de 7 pisos i damunt d'un màstil. Està situada en una zona urbana densa del centre de l'Eixample però prop del parc Central, al sud-est d'aquest parc urbà que té poca superfície verda.

S'ha d'afegir al llistat de 48 estacions meteorològiques un thermochron que ha mesurat les temperatures de forma contínua (en el període 2012-2014, amb una resolució semihorària). Està ubicat al cantó de la riera Xuncla i de la resclosa del molí d'en Tomàs, al terme municipal de Sarrià de Ter. Aquest indret es troba en el límit municipal amb Sarrià de Ter amb Sant Gregori. Aquesta zona del municipi és rural, amb una barreja de camps i boscos d'alzines, roures i pins, tot i que on es troba el thermochron hi ha un bosc de ribera. Aquest indret pertany al barri de Sarrià de Dalt. Tot i que el thermochron no està protegit per cap gàbia meteorològica en l'estudi comparatiu dels thermochrons dins i fora de la gàbia a les Deveses de Salt (TAULÉ, 2018), vam comprovar que no s'observen diferències importants entre un thermochron protegit amb gàbia o sense gàbia meteorològica.

En aquest estudi s'ha analitzat amb més minuciositat la influència urbana en les sèries de la precipitació en quatre observatoris meteorològics de la ciutat de Girona, Girona-Institut Vell, Girona-Vicens Vives, l'aeroport de Girona i Girona-Bell-lloc.

L'entorn de Girona-Ferrocarril no va canviar mentre l'observatori estava en funcionament, a finals del segle XIX i inicis del segle XX es trobava a la perifèria sud-oest de la ciutat, en la part nova. No es va construir el barri de Sant Narcís que es troba a l'oest fins la dècada dels 50 del segle XX.

Els voltants de l'observatori de Girona-Vicens Vives no han canviat gaire entre l'inici de l'antiga sèrie, de l'estació que depenia de l'*Instituto Nacional de Meteorología* *Instituto Nacional de Meteorología*, de l'actual estació que pertany a Edumet. Així es tracta d'una zona amb una densitat urbanística mitjana, amb una menor altura dels habitatges cap a l'est, cap al turó de les Pedreres on predominen els habitatges unifamiliars, mentre que cap a l'oest tenim edificis força més elevats, de 4 o 5 pisos, que el separen del riu Onyar que està a uns 150 metres de l'observatori. El barri de Vista Alegre on està ubicat va créixer sobretot unes dècades abans de la instal·lació de l'observatori, i era una zona poc densament urbanitzada, amb àrees verdes, fins i tot amb un estadi de futbol, el del Girona FC.

L'estació de Girona-Institut Vell que es troba molt a prop del centre urbà de la ciutat, comença a funcionar en 1884, no obstant no tenim dades contínues fins a 1911, i la sèrie s'allarga fins a 1966. Aquest observatori es troba al Barri Vell de Girona. El seu entorn immediat no ha sofert canvis en tot el període citat.

L'aeroport de Girona és una estació rural, tot i que hi ha la instal·lació aeroportuària que ha crescut amb l'increment de passatgers des de l'inici de funcionament de l'observatori, l'any 1970, tot i que només disposem de dades meteorològiques des de 1971. A més s'han creat varis edificis contigus i varies zones d'estacionament de vehicles.

El observatori del col·legi Bell-lloc de Girona és una estació que està ubicada al sud del barri de Sant Narcís, 2 km al SW del centre urbà de Girona. Aquesta estació té el període 1970-2008 d'observacions meteorològiques, amb algunes llacunes en els anys 1971 i 1972. Aquest observatori ha presentat canvis més importants en el seu entorn que Girona-Institut Vell. Tot i que el observatori de Girona-Bell-lloc s'ha mantingut en el mateix lloc durant 4 dècades, ha canviat el seu entorn de forma dràstica en aquest període. Així en els inicis de la dècada dels 90 del segle XX s'urbanitzen els voltants de Girona-Bell-lloc, amb la construcció del polígon industrial de Mas Xirgu al sud de

l'observatori. Això implica que l'illa de calor urbana que no afectava a l'observatori abans dels 90 si que ho fa posteriorment i avui en dia aquesta engloba l'observatori, que actualment ja no funciona. També podem plantejar una hipòtesi en relació a la ubicació relativa dintre de Girona de les dues estacions, les diferències tèrmiques urbano-rurals tendiran a disminuir en Girona-Bell-lloc per la seva situació més perifèrica.

Hem analitzat les diferències entre els observatoris de Girona-Institut Vell, Girona-Bell-lloc i els observatoris rurals por separat, per detectar una variació temporal en la tendència del efecte urbà.

Les dades geogràfiques dels observatoris meteorològics, juntament amb l'ús del sòl s'observen en la següent taula:

Taula 4.1. Variables meteorològiques analitzades dels observatoris meteorològics

	Temperatura	Precipitació	Vent	Nuvolositat	Humitat relativa	Radiació solar	Fenòmens meteorològics
Aeroport de Girona							
Bescanó							
Cassà de la Selva-centre							
Cassà de la Selva-SMC							
Celrà							
El Perelló							
Fornells de la Selva-centre							
Fornells de la Selva-SMC							
Fornells de la Selva-XOM							
Fornells de la Selva-XVPCA							
Girona-ACA(1)							
Girona-ACA(2)							
Girona-Bell-lloc							
Girona-Bonastruc							
Girona-Ciutadans							
Girona-Escola de Música							
Girona-Devesa-DGQA							
Girona-Fedac Pare Coll							
Girona-Ferrocarril							
Girona-F.Roges							
Girona-Institut Vell							
Girona-Maristes							
Girona-Montjuïc							
Girona-Montjuïc (Aigües)							
Girona-Narcís Xifra							
Girona-Palau							
Girona-Parc de Bombers							

Girona-Parc del Migdia							
Girona-Plaça Poeta Marquina							
Girona-Sant Daniel							
Girona-Santa Clara							
Girona-Escola Doctor Masmitjà							
Girona-Santa Eugènia							
Girona-Sèquia							
Girona-Universitat							
Girona-Vicens Vives							
Montfullà							
Quart							
Salt-Barri Vell							
Salt-centre							
Deveses de Salt							
Salt-Aemet							
Salt-XOM							
Sant Gregori							
Sarrià de Ter-XVPCA							
Sarrià de Ter-Montagut							
Sarrià de Ter-Aigües							
Vilablareix-SMC							

Taula 4.2 Característiques dels observatoris meteorològics. Període d'observacions, altitud i tipus d'observatori.

Nom observatori	Període d'observació	Altitud (m)	Tipus d'observatori
Girona (Francesc Roges)	1998-2002	71	Urbà
Girona (Santa Clara)	2014-2021	76	Urbà
Girona (IES Vicens Vives)	1967-1977 i 2004-2021	84/110	Urbà
Girona-Institut Vell	1912-1967	95	Urbà
Girona-Ferrocarril	1906-33	75	Urbà
Girona (Fedac Pare Coll)	2014-2021	78	Urbà
Girona-Onyar (ACA-1)	1999-2010	82	Urbà
Girona-Onyar (ACA-2)	2015-2021	84	Urbà
Girona (Sèquia)	2002-2018	86	Urbà
Girona (Plaça Poeta Marquina)	2014-2021	75	Urbà
Girona (Barri Vell)	2006-2021	72	Urbà
Girona (Bonastruc)	2006-2020	86	Urbà
Girona (Universitat Politècnica)	1995-2021	130	Suburbà
Salt (Plaça Sant Cugat)	1999-2021	87	Urbà
Salt (XOM)	2010-2021	75	Suburbà
Deveses de Salt	2005-2017	81	Rural
Salt (AEMET)	1997-2008	86	Suburbà
Salt (Barri Vell)	2006-2015	88	Urbà
Girona (Montjuïc)	1998-2017	184	Suburbà
Girona (col·legi Bell-Iloc)	1973-2008	91	Suburbà
Girona (Parc de Bombers)	2001-2010	100	Suburbà
Girona (IES N.Xifra)	1994-2000	68	Suburbà
Girona (IES Maristes)	2003-2005	80	Suburbà

Girona-Palau	2003-2021	108	Suburbà
Sant Gregori	2006-2021	112	Suburbà
Bescanó	1998-2021	100	Suburbà
Celrà	1998-2016	55	Suburbà
Fornells de la Selva (centre)	1998-2021	102	Suburbà
Fornells de la Selva (SMC)	1999-2021	99	Rural
Fornells de la Selva (XVPCA)	1994-2001	123	Suburbà
Fornells de la Selva (XOM)	1995-2009	112	Rural
Montfullà	1986-2017	180	Rural
Quart	1991-2014	98	Suburbà
Sant Gregori	2006-2021	112	Suburbà
Sarrià de Ter (XVPCA)	1992-2003	69	Suburbà
Sarrià de Ter (Montagut)	2011-2021	69	Suburbà
Sarrià de Ter (Aigües)	2011-2021	112	Suburbà
Vilablareix (SMC)	2001-2015	115	Rural
El Perelló	2004-2009	101	Suburbà
Aeroport de Girona	1971-2021	143	Rural
Vilablareix (ajuntament)	2016-2021	110	Suburbà
Girona (la vall de Sant Daniel)	2002-2021	91	Rural

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per les xarxes d'AEMET, SMC, Meteoclimatic, EDUMET, Weathercloud, Wunderground i estacions particulars

Les figures 4.23 i 4.24 són dos mapes a diferent escala de les 48 estacions meteorològiques de l'àrea urbana de Girona que permeten observar que hi ha una densitat d'observatoris molt més elevada a la conurbació de Girona i Salt respecte la resta d'àrea d'estudi, cosa que s'ha de relacionar amb la diferent densitat de població de les diferents àrees rurals, urbans i suburbana. On tenim una densitat de població més elevada, a les ciutats de Girona i Salt, hi ha més observatoris que en àrees rurals, lògicament.

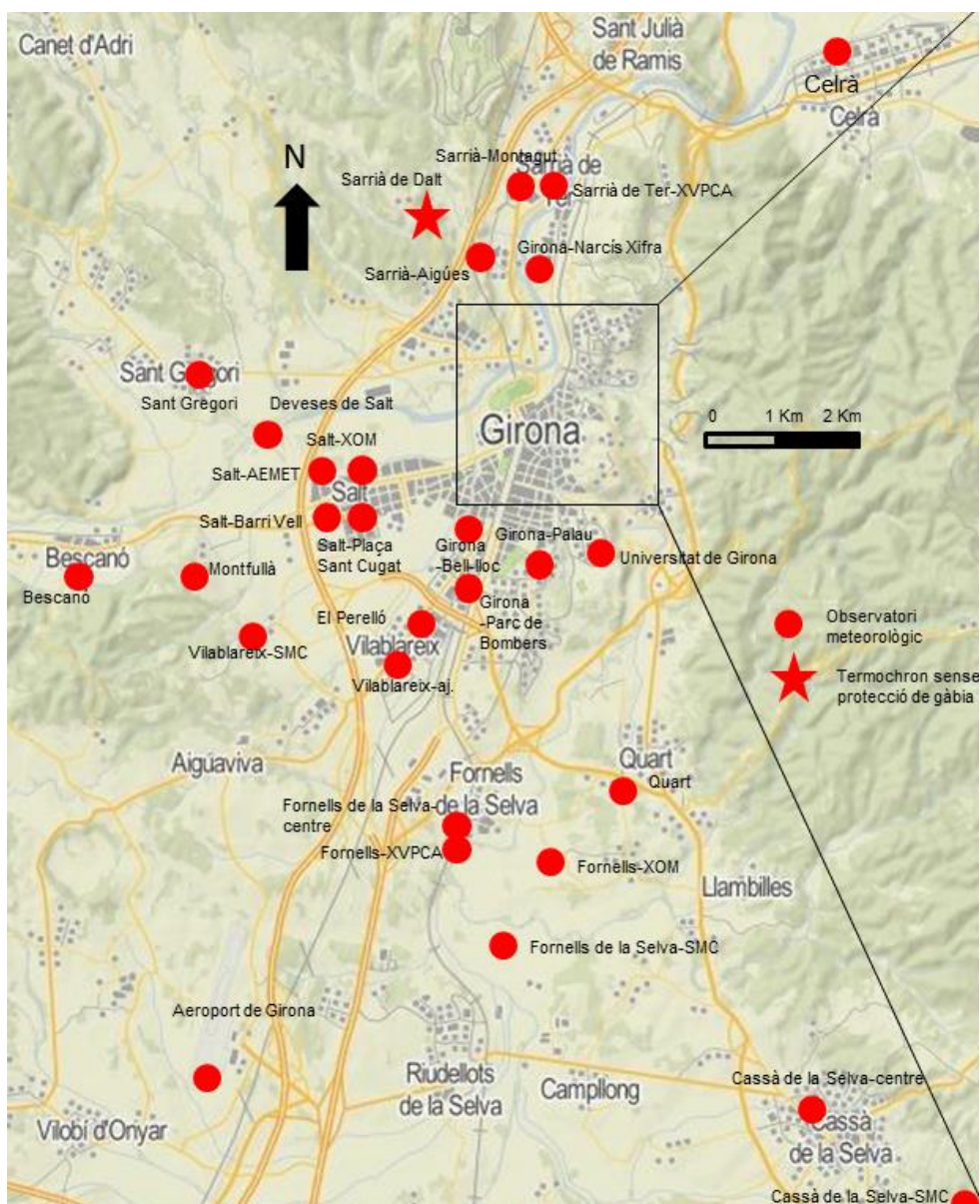


Figura 4.24 Mapa de la localització de les estacions meteorològiques de l'àrea urbana de Girona.
 Font: Elaboració pròpia a partir de l'eina Instamaps de l'ICGC ©.

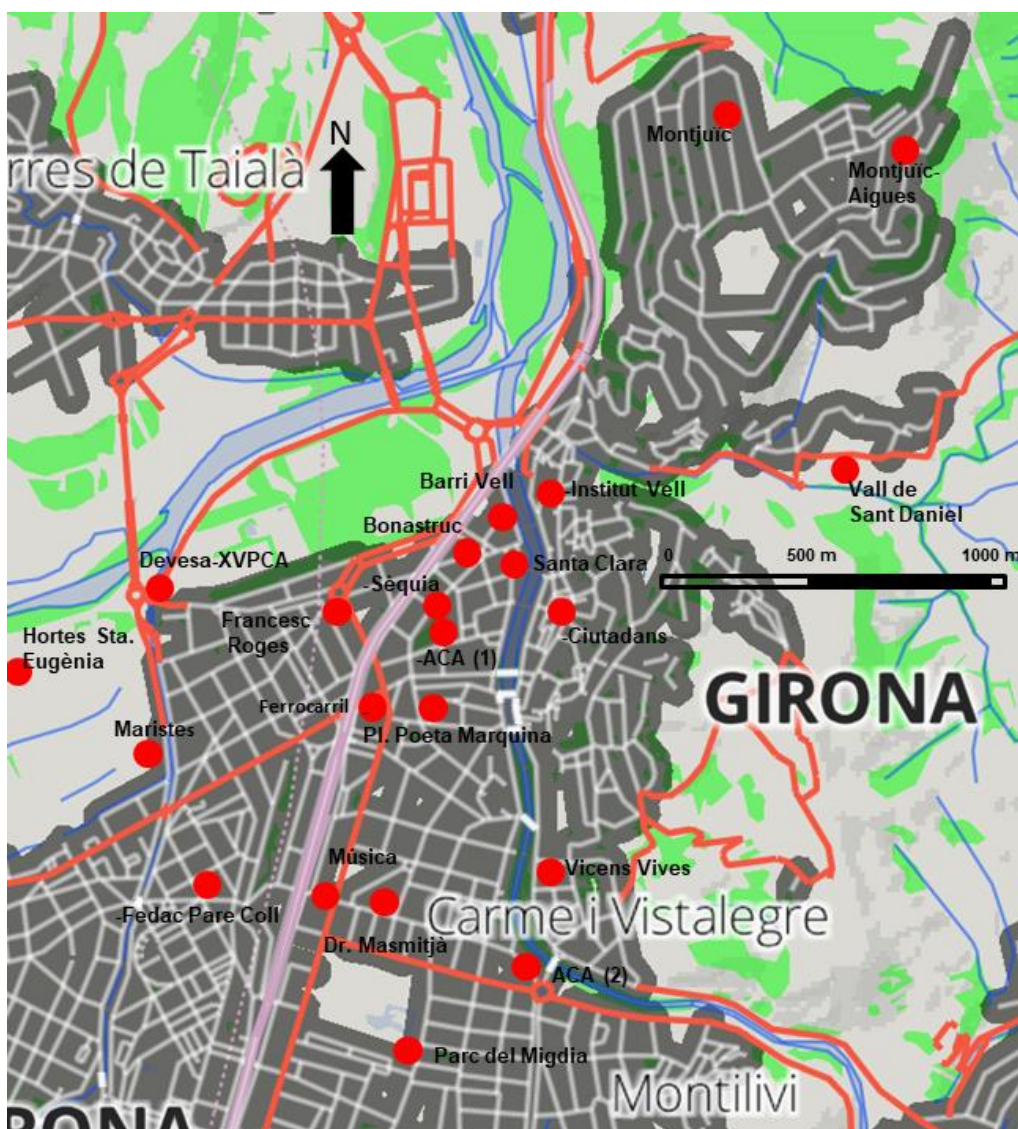


Figura 4.25 Mapa de la localització de les estacions meteorològiques del centre de la ciutat de Girona i zones properes.

Font: Elaboració pròpia a partir de l'eina Instamaps de l'ICGC ©.

4.5 Els índexs de confort tèrmic

Els estudis de la influència de l'illa de calor urbana en el confort tèrmic han sigut abundants en les últimes tres dècades. En aquest treball hem analitzat el confort tèrmic de diferents estacions de l'àrea urbana de Girona. També s'ha calculat el confort tèrmic d'alguns transectes tèrmics del migdia.

Hem aplicat dos índexs de confort per tal d'analitzar la influència de l'illa de calor en el confort tèrmic de la ciutat de Girona. Aquests són l'índex de malestar de Thom (o Thom discomfort index), i el PET (Temperatura Fisiològica Efectiva o *Physiological Equivalent Temperature*).

1) Índex de malestar de Thom

Aquest índex de confort ha estat utilitzat per Tzenkova *et al.* (2005) amb l'objectiu de calcular la sensació de calor a la ciutat de Sofia.

L'índex de malestar tèrmic de Thom reflecteix la sensació tèrmica produïda per la combinació proporcional de la temperatura i de la humitat relativa. La fórmula d'aquest índex és la següent:

$$DI = T - (0,55 - 0,0055HR) * (T - 14,5)$$

ON DI= és el valor de l'índex de malestar tèrmic, expressat en °C

T és la temperatura de l'aire en °C

HR és la humitat relativa, expressada en %

Hem aplicat l'índex de malestar tèrmic de Thom a les dades meteorològiques horàries i semihoràries de varis observatoris de l'àrea urbana de Girona, perquè altres índexs de confort necessiten de la velocitat del vent i la radiació solar, i no disposem d'aquestes dades.

Taula 4.3 Classificació de l'índex de malestar de Thom (Thom discomfort index, DI).

N	Índex de malestar tèrmic (termo-higromètric)	DI (°C)	N	Classe de malestar tèrmic t (d'acord amb Besancenot)	DI (°C)
			6	Molt fred	DI < -1,7
1	No hi ha estrès tèrmic per calor	DI < 21	5	Fred	-1,7 a -12,9
2	Més del 50 % població sent estrès tèrmic per calor	21-24	4	Fresc	13,0-14,9
3	Menys del 50 % població sent estrès tèrmic per calor	24-27	3	Confortable	15,0-19,9
4	Gran part de la població sent estrès tèrmic per calor	27-29	2	Càlid	20,0-26,4
5	Part de la població sent estrès tèrmic per calor	29-32	1	Molt càlid	26,5-29,9
6	Estat d'emergència mèdica	DI > 32	0	Tòrrid	DI ≥ 30

2) Índex de confort PET (Physiological Equivalent Temperature).

Hem calculat l'índex de confort PET d'alguns dies aïllats amb temperatures extremes, amb onades de calor i onades de fred, amb l'ajut del software Rayman 1.2. (MATZARAKIS i MAYER, 1996).. En aquest índex la sensació tèrmica està calculada amb la combinació de la temperatura, humitat relativa, velocitat del vent, radiació solar i temperatura mitjana radiant. Hem utilitzat tots els paràmetres excepte la temperatura mitjana radiant per calcular aquest índex de confort.

Taula 4.4 Categoria d'estrès tèrmic segons l'índex de confort PET

Intervals PET (°C)	Categoria d'estrès tèrmic
>41	Estrès de calor extrema
35-41	Estrès de calor molt elevada
29-35	Estrès de calor elevada
23-29	Estrès de calor moderada
18-23	No hi ha estrès tèrmic
13-18	Estrès de fred dèbil
8-13	Estrès de fred moderada
4-8	Estrès de fred elevada
<4	Estrès de fred molt elevada

Font: Matzarakis i Mayer (1996).

4.6 Mètode de les sèries tèrmiques urbana i rural

Un altre mètode per detectar la influència urbana en el clima d'una ciutat és la de comparar dos observatoris, una estació urbana i un observatori rural, encara que aquest mètode no es considera típic de climatologia urbana, els més freqüents són el dels transectes tèrmics, la comparació de dos observatoris fixos i la teledetecció per detectar l'illa de calor superficial. En aquest cas calcularem l'efecte de l'illa de calor en les sèries de temperatures mínimes i màximes de Girona (Bell-lloc) en el període 1973-2008 a partir de la recta de regressió que fa servir el mètode dels mínims quadrats. La modificació urbana serà igual a la diferència entre els pendents de les equacions de tendència de Girona-Bell-lloc i de l'aeroport de Girona.

Segons Spiegel i Stephens (2001) "la recta de mínims quadrats que s'aproxima al conjunt de punts $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)$ té per equació

$$Y = a_0 + a_1 X$$

on les constants a_0 i a_1 es determinen resolent les equacions

$$\sum Y = a_0 N + \sum a_1 X$$

$$\sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$$

Denominades equacions normals per a la recta de mínims quadrats. Les constants

a_0 i a_1 de les equacions poden calcular-se a partir de les fórmules:

$$a_0 = ((\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)) / (N \sum X^2 - (\sum X)^2)$$

$$a_1 = (N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)) / (N \sum X^2 - (\sum X)^2)$$

Així en primer lloc calcularem la tendència de la sèrie de l'aeroport de Girona aplicant el mètode dels mínims quadrats mitjançant una equació de regressió del tipus:

$$Y_A = a_A + b_A * T$$

on:

Y_A = Modificació de la temperatura de l'aeroport de Girona

a_A = valor de temperatura al principi de la sèrie, 1973

b_A = Pendent de la recta, tendència de la sèrie de l'aeroport de Girona

T = Període analitzat, 1973-2008, nombre d'anys, 36

Aquesta equació s'aplica tant a les temperatures mitjanes, com a les màximes i mínimes de l'observatori de l'aeroport de Girona en el període 1973-2008. Es considera la sèrie de l'aeroport de Girona com a referència per tal d'estudiar la modificació natural del clima, ja que l'aeroport es troba suficientment lluny de qualsevol nucli habitat perquè aquest modifiqui artificialment el seu clima. L'escalfament o refredament tèrmic en aquest observatori es pot considerar per causes naturals.

En següent lloc calcularem la tendència de Girona (Bell-lloc) a partir del mateix mètode dels mínims quadrats. L'equació de regressió d'aquest observatori és $Y_G = b_G * T + a_G$. La diferència entre els pendents de les tendències de Girona i l'aeroport (el valor de $b_A - b_G$) és igual a la resta de les tendències de temperatura de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona. Aquesta diferència entre els dos observatoris ens permetrà

observar un escalfament o refredament urbà en les temperatures mínimes. Això es pot resumir en una equació:

$$Y_{A-G}=(b_G-b_A)*T$$

on Y_{A-G} és la modificació artificial o antropogènica del clima de Girona

b_G-b_A és la diferència entre la tendències de la sèries de Girona i l'aeroport de Girona en °C/any

L'observatori de Girona (Bell-lloc) no és l'únic del municipi de Girona que es pot comparar en una anàlisi temporal amb l'aeroport de Girona. Així tenim un altre observatori urbà, el de Girona (IES Vicens Vives), aquest de fet es troba en el centre urbà, i el del Bell-lloc en l'àrea suburbana. Disposem d'un període de set anys consecutius (1971-7) en què tenim dades meteorològiques simultànies de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport, i també tenim dades simultànies dels dos observatoris en un segon període febrer 2004-novembre 2015. Calculem les diferències tèrmiques urbano-rurals entre l'aeroport i l'IES Vicens Vives del període inicial i del final per tal de veure l'escalfament antropogènic. Així les equacions serien les següents:

$$(1) DT_{UR1971-77}=T_{GV1971-77}-T_{A1971-77}$$

on $DT_{UR1971-77}$ =Diferència tèrmica urbano-rural Girona-aeroport en el període 1971-77

$T_{GV1971-77}$ =Temperatura mitjana de Girona (Vicens Vives) del període 1971-77

$T_{A1971-77}$ =Temperatura mitjana de l'aeroport de Girona del període 1971-77

$$(2) DT_{UR2004-17}=T_{GV}-T_A$$

on $DT_{UR2004-17}$ =Diferència tèrmica urbano-rural entre l'aeroport de Girona i Girona-Vicens Vives en el període 2004-15

$T_{GV2004-17}$ =Temperatura mitjana de Girona (Vicens Vives) del període 2004-17

$T_{A2004-17}$ =Temperatura mitjana de l'aeroport de Girona del període 2004-17

$$(3) M_u1971-2017=DT_{UR2004-17}-DT_{UR1971-77}$$

On $M_u1971-2017$ =Modificació tèrmica urbana del clima de Girona del període 1971-2017.

La modificació tèrmica urbana que s'ha produït en l'observatori de Girona-Vicens Vives entre els dos períodes esmentats serà igual al canvi tèrmic que ha experimentat el centre de Girona en aquest període i serà més aproximada a la modificació real del clima de Girona que el canvi tèrmic experimentat a l'observatori de Girona-Bell-lloc ja que aquesta última estació és més perifèrica i en els últims anys ha canviat el seu caràcter d'estació rural, en l'inici de la sèrie a observatori suburbà. Però mentre en el cas de Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona tenim gairebé 36 anys consecutius (gener 1973-setembre 2008) en què es poden comparar les dades de l'observatori de la ciutat i l'estació rural, en el cas de Girona-Vicens Vives només tenim 25 anys interromputs de dades simultànies (1967-77 i 2004-17), i hem de remarcar que el període 2015-2017 hi ha moltes més llacunes que dades correctes. Per tant es pot dibuixar una gràfica de modificació climàtica urbana només en l'observatori de Girona (Bell-lloc), no en el cas de Girona (Vicens Vives). Cal remarcar, però, que l'observatori

de Girona (Vicens Vives) té moltes llacunes en el segon període, 2004-17, sobretot durant l'estiu, la qual cosa encara complica més analitzar la modificació tèrmica urbana.

Quan tenim la tendència de les diferències en les mínimes hem de determinar si les sèries de Girona i l'aeroport són sèries homogènies, o s'han de corregir. Hi ha varis tests d'homogeneïtat per tal de determinar l'homogeneïtat d'una sèrie. Un test d'homogeneïtat permet de determinar si la sèrie climàtica d'un observatori ha estat influïda pel canvi d'instrumental, de localització o per la modificació de l'entorn de l'estació meteorològica. Si hi hagut canvis en aquestes variables, llavors la sèrie s'anomena no homogènia i s'ha de fer alguna correcció en les dades per tal de considerar-les vàlides. Així en aquest treball s'apliquen 4 tests d'homogeneïtat, el test de Von Neumann, el test de Mann Kendall, el test d'Alexandersson i el test de Roberts.

El primer test d'homogeneïtat és el test de Von Neumann que exigeix que la sèrie analitzada pugui ser considerada una mostra d'una població normal o gaussiana. La seva aplicació és mitjançant el càlcul de la mitjana del quadrat de les diferències de cada valor de la sèrie menys l'anterior. Després es divideix aquest valor entre la variància de la sèrie. Si el quocient resulta pròxim a 2, la sèrie pot considerar-se aleatòria, i per tant homogènia.

El test de Mann Kendall permet verificar si existeix una tendència a l'increment o a la disminució d'un conjunt de valors determinats. La validesa d'aquest test no depèn de la condició de distribució normal en les dades. Bàsicament el test consisteix en calcular l'estadístic S del test de Mann Kendall i la seva variància Var (S) per a cadascun dels 12 mesos de l'any, les diferents estacions o la mitjana anual. Les estadístiques estacionals es sumen i es calcula l'estadístic Z. Si el nombre d'estacions i el nombre d'anys és suficientment gran el valor de Z pot ser referit a les taules per a distribució normal estàndard, per a provar una tendència estadísticament significativa.

Sigui x_{il} la dada per la i -enèsima estació del l -enèsim any de monitoreig, k el nombre d'estacions i L el nombre d'anys. Per a cada estació o període s'utilitzen les dades de tot el període per a calcular l'estadístic S de Mann Kendall. El procés per a trobar l'estadístic és el següent:

1) Calcular Si i Var (Si)

$$S_i = \sum_{l=k+1}^{n_i} \sum_{i=1}^{k-1} \text{sgn}(x_{il} - x_{ik})$$

On:

$l > k$, n_i és el nombre de dades per a l'estació i ,

la primera sumatòria va de $l=k+1$ fins a n_i i la segona de $k=1$ fins a n_i-1 i:

$$\text{sgn}(x_{il} - x_{ik}) = (1, \text{ si } x_{il} - x_{ik} > 0); (0, \text{ si } x_{il} - x_{ik} = 0); (-1, \text{ si } x_{il} - x_{ik} < 0)$$

$$\text{Var}(S_i) = \frac{1}{18} (n_i(n_i-1)(2n_i+5) - \sum_{t=1}^{n_i} t(t-1)(2t+5) - \sum_{u=1}^{n_i} u(u-1)(2u+5)) + \sum_{t=1}^{n_i} t(t-1)(t-2) \sum_{u=1}^{n_i} u(u-1)(u-2) / 9n_i(n_i-1)n_i-2 + \sum_{t=1}^{n_i} t(t-1) \sum_{u=1}^{n_i} u(u-1) / 2n_i(n_i-1)$$

On g_i és el nombre de grups amb valors iguals en l'estació i , t_{ip} és el nombre de valors iguals en el

p-enéssim grup per a l'estació i, hi és el nombre de vegades de mostreig (o períodes de temps) en l'estació i que conté dades múltiples i u_{iq} és el nombre de dades múltiples en el q-enéssim període de temps de l'estació i.

2) Calcular S' , $\text{Var}(S')$ i Z :

$S' = \sum_{i=1}^k S_i$, la sumatòria va de $i=1$ fins a k

$\text{Var}(S) = \sum_{i=1}^k \text{Var}(S_i)$, la sumatòria va de $i=1$ fins a k

$Z = S' - 1 / (\text{Var}(S')^{1/2})$ si $S' > 0$; 0 si $S' = 0$; $S' + 1 / (\text{Var}(S')^{1/2})$ si $S' < 0$

3) Per a provar la hipòtesi nul·la (H_0) de no tendència versus la hipòtesi alternativa (H_a) d'una tendència ascendent o descendent, rebutjarem H_0 si el valor absolut Z és més gran que $Z_{1-\alpha/2}$ on $Z_{1-\alpha/2}$ s'obté de la taula de distribució normal estàndard. Si la hipòtesi alternativa és per a una tendència ascendent al nivell α es rebutja H_0 si Z és més gran que $Z_{1-\alpha}$.

El test d'Alexandersson és un test d'homogeneïtat relativa. Segons Rodríguez *et al.* (1999) això significa que el test "analitza el senyal dintre d'un context de senyals climàtiques espacialment coherents. Considera que la variable meteorològica estudiada pot regionalitzar-se i que existeixen senyals de referència o senyals mare amb la que poder establir l'anàlisi comparativa. En aquest test s'ha de comptar amb l'existència de sèries de referència amb una homogeneïtat demostrada i un acceptable coeficient de correlació amb la senyal de prova, sobre les que es recolza aquest anàlisi comparatiu".

Segons Rodríguez Barrera *et al.* (1999):

"Els valors estandarditzats de la sèrie $q(t)$ i $z(t)$ poden expressar-se com:

$$Z(t) = \frac{q(t) - u_q}{\sigma(q)}$$

D'aquesta manera la sèrie tindrà una mitjana nul·la i una desviació estàndard unitat.

Poden llavors formular-se les següents hipòtesis:

H_0 : la sèrie $z(t)$ té una distribució normal de mitjana nul·la i desviació estàndard unitat per a tot t , o bé,

H_1 : encara que la mitjana sigui nul·la i desviació estàndard la unitat, existeix algun punt de ruptura que divideix la sèrie en dos subsèries de mitjanes μ_1 μ_2 .

Definim la sèrie $T(t)$ a partir de:

$$T(t) = t\mu_1^2 + (n-t)\mu_2^2.$$

Utilitzant la tècnica estàndard de les raons de probabilitat, es demostra que la sèrie $T(t)$ està acotada superiorment. El màxim de $T(t)$ determina el punt de ruptura. No obstant, s'ha d'avaluar l'amplitud de $T(t)$ per a determinar l'heterogeneïtat d'ambdues subsèries. Per això s'han de tenir en compte els valors crítics a partir dels quals $T(t)$ és significatiu per a 2 nivells de confiança diferents, el 90 % i el 95 %."

Un altre test d'homogeneïtat és el de Roberts. Rodríguez *et al.* (1999) el defineix com "un test d'homogeneïtat funcional absoluta. Té com a objectiu d'estudi el senyal en sí mateix, obtenint els punts de ruptura que delimiten els intervals heterogenis entre sí. A la vegada, s'analitza la naturalesa de dits punts, després de la seva determinació temporal. El mètode o test de Roberts consisteix en una aplicació de la desviació

acumulada a les senyals climàtiques. Tal i com va quedar justificat en el capítol 2, la funció temporal que expressa el senyal climàtic pot suposar-se format per dos components, un determinista i un aleatori. Recordem que el senyal determinista està, a la vegada, integrat per dos components: un periòdic i un transitori, incloent aquest últim la mitjana de la sèrie”.

L'equació per calcular el valor del test de Roberts és fàcil, és la desviació acumulada dels valors d'una variable de cada any respecte la mitjana. Segons Rodríguez Barrera és la següent equació:

$$S^*(t) = \sum((\tau) - \mu)$$

“Si els components transitoris són deguts a errors sistemàtics, o el que és el mateix, a funcions esglaó, es traduiran en una evolució lineal de pendent no nul. Els límits, o discontinuïtats, de cada evolució lineal, determinaran els punts de ruptura, que a la vegada poden obeir a dues possibles causes:

- l'existència d'un interval la mitjana del qual apareix desplaçada respecte a la mitjana de la sèrie, en aquest cas l'evolució lineal tindrà pendent no nul, o bé,
- un interval la mitjana del que coincideixi amb la de la sèrie, però sigui diferent a la mitjana de l'interval anterior a aquest. En tal cas, el pendent de l'evolució lineal seria nul·la.

Qüestió 4.5. Si els canvis d'instrumental o emplaçament afecten als registres, com podrien representar-se en un senyal climàtic?

Com ja s'ha mencionat anteriorment, l'efecte d'un error sistemàtic es tradueix en una funció esglaó en un determinat interval de temps, o, el que és el mateix, en un increment $\varepsilon(t)$ respecte a la mitjana. Com que aquesta està inclosa en el terme transitori, i considerant l'amplitud B_j la unitat, s'obté l'expressió que permet quantificar el desplaçament per a cada *break point*:

$$\varepsilon(t) = \Delta S^*(t) / \Delta t$$

Les funcions transitòries degudes a altres causes com efecte urbà, canvi climàtic, etc., no es tradueixen en desplaçaments bruscos de la mitjana, sinó que presenten un comportament més suau, que, en el cas més simple seria lineal. Per això, davant aquest tipus de funcions, la desviació acumulada respon a una morfologia polinòmica de segon grau o superior, però sense experimentar discontinuïtats: d'aquesta forma, $S^*(t)$ discrimina la naturalesa dels canvis experimentats en la mitjana de la sèrie en els diferents intervals”.

També s'han utilitzat l'aplicació de Makesens (Salmi *et al.*, 2002) que aplica el test de Mann Kendall per calcular la significació estadística d'una sèrie d'un observatori meteorològic.

4.7 Mètode de comparació d'observatoris

Un mètode per calcular l'efecte de l'illa de calor urbana alternatiu al dels transectes tèrmics consisteix en la comparació de les temperatures mínimes diàries de dues estacions meteorològiques, una situada en la zona urbana de la ciutat, preferentment en el nucli de l'illa de calor urbana, l'altre observatori es troba a la zona rural que rodeja la ciutat, sovint aquest darrer observatori es localitza a l'aeroport. Així analitzant

les diferències entre les temperatures mínimes de l'observatori urbà i de l'estació rural es pot arribar a saber quina és la influència urbana en les temperatures. La modificació del clima urbà es calcula mitjançant una senzilla equació:

$$M=CU-CR$$

On M=Modificació tèrmica produïda per la ciutat

CU=Valor tèrmic de l'observatori urbà

CR=Valor tèrmic de l'observatori rural

Hem calculat les diferències mensuals i diàries entre el 2n observatori urbà més càlid de la ciutat de Girona pel que fa a les temperatures mínimes, Girona (carrer Sèquia) i el segon observatori rural més fred, Fornells de la Selva (SMC) en el període maig 2002-desembre 2017. L'explicació que no comparem Girona-Sèquia amb l'estació meteorològica rural més freda (Deveses de Salt) és que hem trobat que no són homogènies les diferències urbano-rurals amb el test de Mann Kendall. Tenim una mostra de 5690 de parells de temperatures diàries mínimes, a partir de la qual calculem la freqüència absoluta i relativa mensual de les diferències urbano-rurals amb el mètode dels quantils i també calculem la freqüència de cada interval de 0,5°C d'amplitud. També hem comparat les dades semihoràries de l'estació meteorològica més càlida pel que fa a la temperatura mitjana de les mínimes, Girona-Escola de Música i l'observatori més fred, les Deveses de Salt, en el període 2011-2014.

Com que Girona i els seus voltants tenen una xarxa densa d'observatoris meteorològics pensem que aquest mètode no només s'ha d'aplicar a 2 estacions meteorològiques, sinó totes de les que disposem, un total de 47 estacions meteorològiques (que esmentarem en el capítol de les fonts). Així en el període 1998-2015 disposem de dades mensuals i diàries de 45 observatoris meteorològics, tot i que algunes estacions presenten un nombre elevat de llacunes. En aquest treball calcularem les mitjanes mensuals de cada observatori i emplenarem els buits de dades amb el mètode de les diferències. El mètode de les diferències està recollit a Carballeira (1983): "Disposem d'una estació base B, amb un valor mitjà per a un element determinat B_N , i una altra estació A, amb un subperíode de mesures de sols n anys, la mitjana de la qual és A_n . La mitjana normalitzada A_N de l'estació problema està donada pel mètode de les diferències":

$$A_N=A_n \pm X$$

on $X=B_N-B_n$

L'estació base que hem utilitzat és la de l'aeroport de Girona, de la qual disposem els 15 anys d'observació (1998-2012) amb algunes llacunes l'any 2009. Amb el mètode de les diferències i amb les dades de l'aeroport calcularem les mitjanes del període 1998-2012 dels 33 observatoris restants.

Així calcularem la influència urbana no només amb els dos observatoris esmentats sinó calculant la diferència de les mitjanes dels observatoris segons l'àrea on estiguin (rural o urbana). Així l'equació que proposem és la següent:

$$MOD_U=M_{OU}-M_{OR}$$

on

MOD_U =Modificació tèrmica urbana

M_{OU} =Mitjana tèrmica Observatoris Urbans

M_{OR} =Mitjana tèrmica Observatoris Rurals

Quan hem comparat les temperatures mínimes diàries entre Girona (Sèquia) i Fornells de la Selva (SMC) hem trobat diferències molt importants, de fins a 11,2°C. Després s'ha realitzat la comparació dels valors mínims de l'estació rural de Fornells de la Selva (SMC) amb Girona (la vall de Sant Daniel) i s'ha observat com en dies tapats les diferències són més importants. Seguidament s'ha analitzat l'hora en què es produïa la mínima, i aquesta es donava a mitjanit. Llavors per homogeneïtzar les diferències entre Girona (Sèquia), on l'observador pren les dades de temperatura mínima a les 7,30 hores, i Fornells de la Selva (SMC) que té les mínimes en el període 0-23,59 hores, hem aplicat una fórmula per calcular la mínima abans de les 7,30 hores. Tot i això després de fer aquest càlcul hem trobat dies en què la mínima és inferior a Girona respecte Fornells de la Selva, de totes maneres el percentatge de dies amb diferències negatives urbano-rurals és molt petit.

Un cop realitzat el càlcul de les diferències de les mínimes diàries ens hem proposat d'analitzar la situació sinòptica diària per tal de relacionar-la amb la diferència diària urbano-rural. Hem calculat la mitjana diària de les intensitats de l'illa de calor segons cada tipus de morfologia sinòptica (advecció de l'est, per exemple). Els mapes del temps analitzats són les cartes sinòptiques de reanàlisi de la plana web de *wetterzentrale*. La metodologia de classificació dels mapes sinòptics és subjectiva (MARTIN VIDE, 1984)

4.8 Comparació de les sèries meteorològiques horàries i subhoràries dels observatoris

Un altre mètode utilitzat dins la climatologia urbana comprèn l'estudi de les sèries horàries de diferències tèrmiques entre un observatori urbà i un observatori rural. Així San Pedro Mendoza (1994) ha analitzat l'illa de calor urbana de Bilbao amb aquesta metodologia. En aquesta ciutat ha observat que les diferències tèrmiques urbano-rurals són més importants en els dies laborables que en els dies festius, aquesta variació del comportament diari San Pedro l'atribueix a la diferent activitat antròpica que genera més calor antropogènica en els dies d'entre setmana respecte als dies festius. En aquest sentit hem estudiat les diferències tèrmiques horàries urbano-rurals entre els observatoris del Servei Meteorològic de Catalunya de Girona i Fornells de la Selva en el període Juny 2001-Desembre 2007. També hem analitzat moltes altres sèries tèrmiques. Així hem comparat les dades proporcionades pels thermochrons de diverses estacions meteorològiques, dataloggers enregistradors de la temperatura que tenen una funció idèntica als termògrafs, fer l'enregistrament continu de la temperatura. Així hem comparat les temperatures semihoràries de les Deveses de Salt, Salt-Plaça Sant Cugat, Girona-Sèquia, Girona-la Vall de Sant Daniel, Sarrià de Dalt i Girona-Montjuïc. També hem utilitzat dataloggers PCE HT71 per fer la comparació de les dades dels diferents observatoris meteorològics. En tots els casos, amb l'excepció del thermochron de Sarrià de Dalt, els altres aparells tenien una gàbia com a protecció per garantir la fiabilitat de les dades. També s'han comparat les dades meteorològiques d'altres variables com la precipitació a una resolució subdiària, en

franges horàries de 3 i 6 o 7 hores, per analitzar l'efecte urbà en la pluviometria. Amb el mètode de comparació de les dades tèrmiques d'observatoris meteorològics a resolució horària o subhorària podem disposar de dades de la intensitat tèrmica de l'illa de calor nocturna durant l'estiu i finals de primavera. En aquesta època de l'any tenim pocs transsectes realitzats en l'hora en què s'assoleix la màxima intensitat de l'illa de calor segons la bibliografia, entre dues i tres hores després de la posta de sol. Així la majoria dels transsectes que hem fet durant l'estiu i finals de la primavera acaben mitja hora després de la posta del sol, quan encara l'illa de calor urbana gironina no ha assolit la màxima intensitat de l'illa de calor. Les dades horàries ens permeten interpretar de manera més correcta la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona en aquesta època de l'any.

4.9 Mètode de càlcul del factor de visió del cel

El càlcul del factor de visió del cel "*sky view factor*", s'ha realitzat a partir de les dades d'amplada dels carrers i l'altura dels edificis d'aquestes vies urbanes que es poden consultar en els Plans d'Ordenació Urbana dels municipis de Girona i Salt i les Normes Subsidiàries de Sarrià de Ter, i que eren disponibles a les planes webs dels respectius ajuntaments fins l'any 2012. En l'actualitat només es pot calcular l'amplada dels carrers, no hi ha dades de l'altura dels edificis.

Així s'ha calculat el Factor de visió del cel (més conegut com *Sky View Factor* o SVF) dels punts d'observació dels 9 transsectes per tal de correlacionar el Factor de visió del cel amb la temperatura dels punts d'observació dels diferents transsectes. El valor del Factor de Visió dels punts d'observació l'hem fet trobat a partir del valor de β en funció de l'equació que proposa Li (Li *et al.*, 2004). L'equació del SVF és la següent:

$$SVF=1- \beta$$

on $\beta = \text{Arc tangent de l'altura dels edificis} / 0,5 * \text{Amplada del carrer}$

4.10 Càlcul de la superfície ocupada pels diferents usos del sòl

L'illa de calor urbana és conseqüència de la diferent balanç energètic com a conseqüència de la variabilitat dels usos del sòl entre les ciutats i les zones rurals pròximes. És per tant necessari investigar com varia l'ocupació del sòl a les urbs i a la seva rodalia per tal d'entendre millor la morfologia de l'illa de calor urbana. Hi ha varis estudis a Espanya que han relacionat usos del sòl i intensitat de l'illa de calor (BELLO, 1993; 1995).

En aquest apartat hem calculat el percentatge ocupat pels diferents usos del sòl dels punts d'observació del transsecte 3, i de les estacions meteorològiques de l'àrea urbana de Girona mitjançant l'estudi de l'ortoimatge d'escala 1:5000 del Gironès de l'any 2007 (Atles del Gironès, 2007). Aquesta ortoimatge és una imatge corregida de la fotografia aèria feta l'agost del 2004 i és propietat de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Amb l'ús de l'eina "Àrea", eina inclosa en el visor de l'ortoimatge, s'ha dividit aquesta imatge en diversos polígons amb els mateixos usos del sòl (per exemple edifici). Després s'ha calculat l'extensió de cada polígon, amb la condició prèvia que l'addició de la superfície de tots els polígons havia de ser igual a l'extensió total de l'ortofotomapa, 15,60 ha. La imatge de l'ortofotomapa tenia una longitud de 508,5 m i

una amplada de 306,8 m. Les coordenades de les estacions meteorològiques estaven expressades en valors geogràfics (longitud i latitud) i les hem transformat a coordenades UTM per tal de localitzar els observatoris en l'ortofotomapa .

Els polígons industrials i les naus industrials aïllades pertanyen a l'ús del sòl "Indústria". Es consideren com a zones verdes els jardins de les àrees residencials, els parcs urbans i les àrees cultivades. Dins la tipologia d'usos del sòl "asfalt o formigó" incloem tant les vies de comunicació, com les places, i els solars urbans. Les àrees edificades preferentment d'ús residencial, però també comercial, es classifiquen com a ús del sòl "edifici". L'"aigua" inclou tant els cursos fluvials com els estanys, el mar i les piscines públiques i privades.

En el període 2014-2021 hem utilitzat una altra eina per calcular el percentatge ocupat pels diferents usos del sòl. Hem utilitzat l'eina Instamaps eina d'ús obert creada per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.. Amb l'ús de l'eina "Àrea", eina inclosa en el visor s'ha dividit la imatge en diversos polígons amb els mateixos usos del sòl. Aquests són cinc, edifici, asfalt, aigua, verd i indústria. Després s'ha sumat l'extensió total de cada ús del sòl i s'ha calculat el percentatge ocupat per cada ús del sòl.

4.11 Anàlisi de les imatges de reflectivitat del radar del Servei Meteorològic de Catalunya per detectar l'efecte urbà en la precipitació

El Servei Meteorològic de Catalunya ens ha subministrat algunes imatges de radar de les tempestes i de dies de precipitació estratiforme del període 2002-2009. La majoria d'aquestes imatges estan realitzades a partir de la composició dels 4 radars del Servei Meteorològic de Catalunya, però estan centrades en el quadrant nord-est, la part que cobreix el radar de Puig d'Arques, que es troba a les Gavarres. El tipus d'imatge subministrada és de tipus .GIF. Apart de les imatges .GIF l'SMC ens ha proporcionat les imatges en moviment de les estructures de precipitació. Amb aquest material subministrat podem estimar el moviment de les estructures de precipitació, i a més estimar el caràcter de la precipitació, si és convectiva o estratiforme. Així en aquestes imatges CAPPI tenim en la llegenda els nivells de reflectivitat, que ens donen una mesura aproximada de la precipitació, encara que no és directa.

L'observació del moviment de les tempestes es fa tenint en compte les estructures de precipitació amb píxels que tenen una reflectivitat superior a 40 dBZ o més de 35 dBZ i amb un gradient espacial de reflectivitat que sigui elevat segons Trapero *et al.* (2006).

Dins del capítol de la precipitació convectiva també s'ha calculat la precipitació convectiva tenint en compte les precipitacions acumulades en intervals d'1, 5, 10, 30 i 60 minuts i també la precipitació parcial dels mateixos intervals temporals. A partir d'aquestes dades s'ha calculat la intensitat mitjana i màxima de la precipitació per intervals de 5, 10, 30 i 60 minuts. També s'ha considerat l'interval d'1 minut, però sense realitzar mitjanes segons la zona, ja que només 5 observatoris disposen de dades d'aquesta resolució temporal (els del Servei Meteorològic de Catalunya i Girona-Bonastruc).

S'ha calculat l'hietograma de les tempestes per comparar el tipus de intensitat de les tempestes de les diferents àrees tenint en compte la direcció predominant del vent en dia de tempesta, vent de migjorn a l'aeroport de Girona (zona de sotavent al nord de la ciutat de Girona, àrea indiferent en una latitud similar, i sobrevent al sud de la ciutat).

4.12 Metodologia de càlcul del paràmetre Beta per estimar el caràcter convectiu de les precipitacions

La influència urbana en la precipitació pot ser estimada a partir de la intensitat de la precipitació convectiva, ja que les diferències urbano-rurals en la precipitació de les tempestes no són l'únic paràmetre per calcular la modificació urbana en la precipitació. Les diferències observades en el paràmetre Beta ens permeten d'observar en quins observatoris l'efecte urbà en la precipitació és més important. Una estimació de la intensitat de la precipitació la tenim a partir del paràmetre Beta (CEPERUELO i LLASAT, 2004). Així quan la intensitat de la precipitació iguala o supera els 35 mm/h en intervals de 5 minuts la precipitació es pot qualificar de convectiva i podem calcular el paràmetre Beta. En aquesta obra hem calculat Beta quan la precipitació 5 minutal màxima d'un dia concret iguala o supera els 60 mm/h, ja que AEMET considera que la precipitació igual o superior a 60 mm/h és torrencial. Per calcular Beta hem tingut en compte les precipitacions acumulades en una hora i desglossades en intervals d'1, 5, 10, 30 i 60 minuts i també la precipitació parcial dels mateixos intervals temporals. A partir d'aquestes dades hem calculat la intensitat mitjana i màxima de la precipitació per intervals de 5, 10, 30 i 60 minuts. També hem considerat l'interval d'1 minut, però sense realitzar mitjanes segons la zona, ja que només 5 observatoris disposen de dades d'aquesta resolució temporal. La fórmula per calcular el paràmetre Beta és senzilla:

$$\beta = \frac{\sum \text{precipitació (intensitat} > 35 \text{ mm/hora)}}{\sum \text{precipitació de tot l'interval (1 hora)}}$$

Hem calculat la mitjana del paràmetre Beta dels diferents observatoris que disposen de dades de precipitació 5 minutal (observatoris de la xarxa d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter), de l'estació meteorològica de Girona-Bonastruc i dels observatoris meteorològics del Servei Meteorològic de Catalunya que disposen de dades de precipitació 1-minutal o 10-minutal. En el cas de les estacions de l'SMC de les quals només disposem de dades de precipitació 10-minutal (Girona-Parc de Bombers) hem considerat que la intensitat de la precipitació 5-minutal era la mateixa que la 10-minutal.

4.13 Metodologia de càlcul de l'hietograma de les tempestes

Hem calculat l'hietograma de les tempestes per comparar com varia la intensitat de les tempestes de les diferents àrees amb el pas del temps tenint en compte la direcció predominant del vent en superfície en els dies de tempesta l'aeroport de Girona, vent de migjorn. La zona de sotavent està situada al nord de la ciutat de Girona, l'àrea indiferent en una latitud similar al centre de Girona, i sobrevent al sud de la ciutat.

L'hietograma es calcula pel mètode dels blocs alternats.

1. Es calcula la intensitat màxima per cada precipitació acumulada en intervals de 5 minuts, que ens dona la xifra a la 2a columna (intensitat en mm /h), només cal substituir t pels minuts que dura l'interval (a l'esquerra, 1a columna a l'esquerra). La precipitació de l'interval és igual a la intensitat multiplicada pel nombre de minuts (5) i dividida per 60, ja que busquem la intensitat minutal.

2. La precipitació de l'interval és igual a la intensitat de l'interval multiplicada pel nombre de minuts de l'interval (5) i dividit per 60, que és el nombre de minuts d'una hora.
3. Per calcular la precipitació acumulada es suma la precipitació de l'interval en qüestió i la precipitació de l'interval anterior.
4. Posteriorment calcularem la intensitat de precipitació de cada interval de temps de 5 minuts. La intensitat del primer interval és igual a la mitjana de la intensitat de l'interval en el cas del primer interval, la del 2n interval és igual a la mitjana del 2n interval (10 minuts) i el primer interval (5 minuts), la del 3r és igual a la mitjana del 3r i del 2n menys la mitjana del 1r interval i així successivament, es fa de manera iterativa.
5. Finalment per calcular la intensitat de precipitació segons el bloc alternat (columna més a la dreta) hem d'assignar el valor de la intensitat de precipitació que hem calculat prèviament del primer interval de 5 minuts (186,3 mm/h) a l'interval central 30-35 minuts, la intensitat del segon interval es col·loca al primer interval de la dreta (interval 35-40 minuts), el tercer interval es posa a l'esquerra de l'interval central (interval 25-30 minuts), i això es fa iterativament fins a completar les intensitats dels 12 períodes de 5 minuts.

Taula 4.5 Taula per calcular l'hietograma de intensitat precipitació segons els blocs alternats

Temps (minuts)	Intensitat (mm/h)	Prec. Ac. (mm)	Precip. (mm)	Intensitat (interval)	Intensitat (bloc alternat)
5	186,3	15,5	15,5	186,3	16,7
10	154,2	25,7	10,2	122,1	22,5
15	131,6	32,9	7,2	86,2	32,2
20	114,7	38,2	5,3	64,2	49,6
25	101,7	42,4	4,1	49,6	86,2
30	91,3	45,7	3,3	39,5	186,3
35	82,9	48,3	2,7	32,2	122,1
40	75,8	50,6	2,2	26,7	64,2
45	69,9	52,4	1,9	22,5	39,5
50	64,9	54,1	1,6	19,3	26,7
55	60,5	55,4	1,4	16,7	19,3
60	56,7	56,7	1,2	14,6	14,6

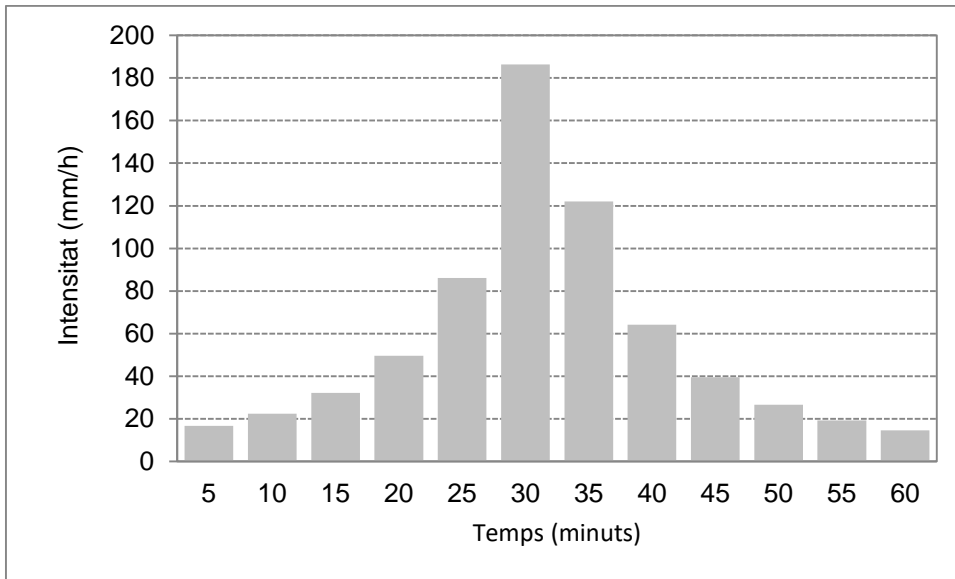


Figura 4.26 Exemple d'hietograma de disseny d'intensitat de precipitació.

Per dibuixar l'hietograma, es té en compte la intensitat de precipitació de cada interval. Com és pel mètode dels blocs alternats es situa la intensitat màxima en 5 minuts ($P1'$) en l'interval posterior a la meitat del temps (60 minuts) en aquest cas és l'interval 30-35 minuts. La intensitat màxima en 10 minuts ($P2'$) es situa al primer interval a l'esquerra del primer interval, en aquest cas, a l'interval 25-30 minuts. La intensitat màxima en 15 minuts ($P3'$) es col·loca al primer interval a la dreta del primer interval (35-40 minuts). La intensitat màxima en 20 minuts es situa al segon interval a l'esquerra del primer interval (20-25 minuts). Es fa així iterativament fins a col·locar tots els intervals de precipitació. Com es pot veure la precipitació té una forma que s'assembla a la clàssica gaussiana, amb un increment ràpid de la intensitat de la precipitació fins assolir el màxim a l'interval 30-35 minuts i davallar ràpidament a partir d'aquest interval fins al mínim. Les tempestes tenen una intensitat de precipitació que segueix aquest ritme ascendent durant la fase de maduresa, i a partir de la fase de dissipació hi ha una tendència a la davallada de la intensitat de la precipitació.

També hem calculat la corba IDF (Intensitat-Duració-Freqüència) de la mitjana de precipitació de les diferents zones en funció de la direcció del vent. Així la intensitat de precipitació de cada interval de temps s'ha calculat tenint en compte la intensitat de la precipitació tenint en compte el temps considerat, en minuts. Així la corba reflexa una clara tendència descendent de la intensitat de la precipitació. Així s'observen unes intensitats de la precipitació molt elevades en intervals de temps molt curts (186,3 mm en 5 minuts) que descendeixen clarament fins a una intensitat de 56,7 mm/h en 1 hora.

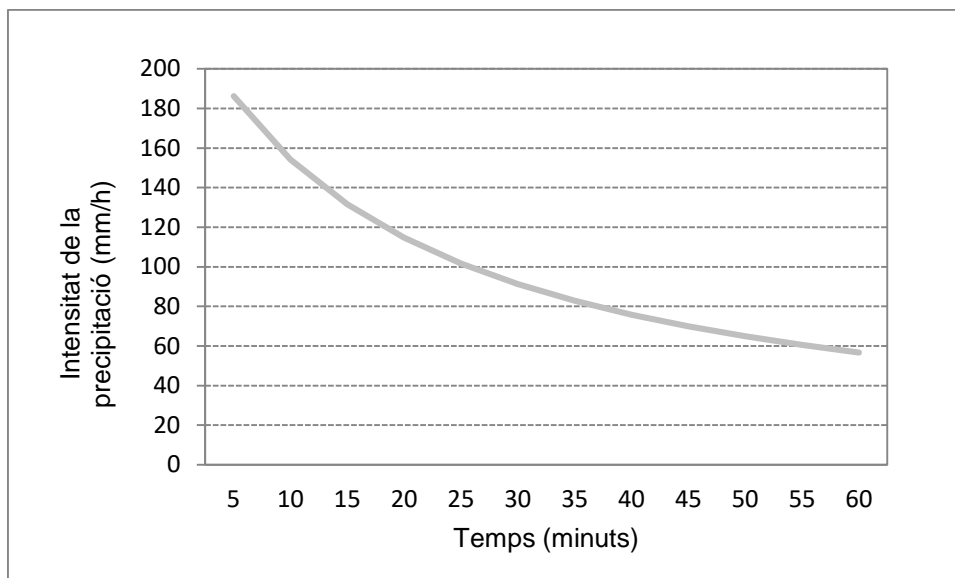


Figura 4.27 Corba IDF (Intensitat-Duració-Freqüència)

La corba IDF per a un període de retorn de 10 anys s'ha calculat a partir de l'equació de la l'equació de la corba IDF de la precipitació a Barcelona que ens proporciona l'exercici $I=4477,44/(19,031+t)$. Així la intensitat de precipitació de cada interval de temps s'ha calculat substituint t pel temps considerat, en minuts. Així la corba reflexa una clara tendència descendent de la intensitat de la precipitació. Així s'observen unes intensitats de la precipitació molt elevades en intervals de temps molt curts (186,3 mm en 5 minuts) que descendeixen clarament fins a una intensitat de 56,7 mm/h en 1 hora.

4.14 Mètodes d'anàlisi de l'efecte urbà del vent en la ciutat. Mètode de comparació dels observatoris. Mètode dels transsectes eòlics. Mètode de la sèrie eòlica.

Hem comparat la velocitat i la direcció del vent de diferents observatoris meteorològics amb l'objectiu d'analitzar la influència urbana en el vent.

El procés d'anàlisi del vent amb el mètode dels observatoris consta de 5 fases:

- 1) Recollida de dades
- 2) Tractament de qualitat de les dades .Eliminació de les dades de velocitat i direcció poc coherents
- 3) Estimació de la velocitat del vent a 10 metres damunt del sòl
- 4) Càlcul estadístic
- 5) Cartografia dels resultats

En primer lloc cal fer la recollida de les dades de vent dels diferents observatoris. Així gran percentatge de les dades és consultable a la xarxa d'internet, però hi ha alguns observatoris dels quals no disposem les seves dades *on-line*. Per exemple l'observador de Girona-Bonastruc de Porta, Joan Figueras, ens va proporcionar diferents arxius .xls amb les dades 5 minutals i a menor resolució de la seva estació meteorològica, així a partir de 2009 la resolució passa d'1 minut a 5 minuts. Un exemple similar és l'observador de Girona-Montjuïc, Lluís Regincós, que ens ha proporcionat les dades en format .xls de la seva estació meteorològica Davis. També l'observador de Girona-Maristes, Albert Cufí, ens va cedir les dades meteorològiques

de l'estació meteorològica Davis d'aquest col·legi. El professor Josep Calbó de la Universitat de Girona ens va proporcionar un arxiu .txt amb les dades horàries de velocitat i direcció del vent.

El procés d'importació de les dades de format .txt a format Excel es fa amb l'eina importar dades, que permet separar les dades d'hora, dia, velocitat i direcció del vent en diferents columnes. En segon lloc cal fer un control de qualitat de les dades de velocitat i direcció del vent. Així cal esborrar les dades de velocitat errònies, per exemple valors *outliers* que sobrepassen en 4 desviacions típiques la velocitat mitjana del vent. També és important que la direcció del vent estigui compresa entre 0 i 360° (si està en aquest format), o entre N i NNW (si està escrita en lletres). En el cas que no compleixi aquestes condicions no es considera com a vàlida ni la dada de la direcció del vent ni tampoc la seva velocitat. Tampoc es consideren com a vàlides les dades de velocitat o direcció del vent amb el valor -9999. Els diferents observatoris eòlics de l'àrea urbana de Girona tenen els anemòmetres a diferents altures sobre el sòl. Per aquest motiu cal fer la conversió de les dades de velocitat de vent dels diferents observatoris a una velocitat estàndard, 10 metres sobre el sòl, s'estima la velocitat del vent a 10 metres damunt del sòl. Per tal de realitzar això s'ha aplicat una equació logarítmica que relaciona la velocitat del vent a diferents altures i la velocitat del vent a 10 metres sobre el sòl. Aquesta equació és la següent:

$$V/V_0 = \text{Log}(H/z_0)/\text{Log}(H/z)$$

On V és la velocitat a una altura determinada on tenim l'anemòmetre

On V_0 és la velocitat a 10 m sobre el sòl

On z és l'altura on tenim on tenim l'anemòmetre

On z_0 és l'altura estàndard on es calcula la velocitat del vent, 10 m.

Després es realitza el tractament estadístic de les dades depurades. Així s'ha de calcular la velocitat mitjana dels valors horaris del vent. Seguidament es realitzen les gràfiques amb el full de càlcul Microsoft Excel 2007. També calculem la freqüència relativa de les 8 direccions per tal de dibuixar la rosa dels vents en les diferents estacions meteorològiques analitzades.

També fem les gràfiques d'isopletes, que ens donen una imatge de la velocitat mitjana del vent de les diferents hores del dia en els diferents mesos de l'any. Com les gràfiques produïdes donen la velocitat a intervals de 5 km/h podrem analitzar les hores en què hi haurà producció d'energia eòlica.

Finalment s'han de cartografiar les mitjanes de la direcció i la velocitat del vent. Aquest procés de cartografia consta de dos passos. En primer lloc es fa la georeferenciació dels observatoris amb el suport del programa Didger i els mapes de la zona analitzada d'escala 1:40000 que són proporcionats per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Finalment es cartografien els resultats obtinguts amb el programa Surfer 6.0, que permet realitzar tant mapes d'isolínies com mapes de coropletes. El Surfer utilitza un mètode per a interpolar les isolínies, *kriging*, que és molt útil per a representar variables climàtiques. Hi ha una àrea força extensa de la qual no disposem de dades meteorològiques, per a omplir els buits hem considerat que el vent té una progressió des dels valors més elevats fins als valors més baixos, però també hem tingut en compte els accidents orogràfics. Així els turons presenten velocitats més

elevades que el pla de Girona. També les valls estretes, tals com la Vall d'Onyar abans d'arribar a Girona (entre el barri del Carme i Quart) pensem que tindrà una velocitat mitjana del vent clarament inferior a Girona-Vicens Vives, tot i la proximitat amb aquest observatori. És el mateix cas de la vall de Sant Daniel, que a més té una orientació est-oest que és perpendicular als vents dominants (migjorn i tramuntana) , per la qual cosa el vent predominant serà molt fluix en aquesta àrea.

En les dues següents taules fem una descripció geogràfica dels observatoris, també esmentem les característiques tècniques de cada estació meteorològica, també fem referència al període del qual disposem dades meteorològiques de velocitat i direcció del vent.

En les dues següents taules fem una descripció geogràfica dels observatoris i de l'altitud dels anemòmetres sobre els sòl, apart del període del qual disposem dades meteorològiques de velocitat i direcció del vent.

Taula 4.6 Observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona amb dades eòliques (I)

Observatori	Situació Geogràfica	Altitud (m)
Girona-Parc de Bombers	S ciutat. Polígon Mas Xirgu.	100
Girona-Montjuïc	NE ciutat. Montjuïc.	184
Girona-Vicens Vives	Centre Ciutat (Carme)	95
Girona-Bonastruc	N ciutat (sector Devesa)	71
Girona-Barri Vell	N ciutat (Mercadal)	71
Girona-Santa Clara	N ciutat (Mercadal)	72
Girona-Plaça Poeta Marquna	Centre Ciutat (Eixample N)	72
Girona-Escola de la Música	Centre Ciutat (Eixample N)	75
Girona-Maristes	W ciutat (Santa Eugènia)	80
Girona-Universitat	SE ciutat (Montilivi)	115
Girona-Hortes de Santa Eugènia	W ciutat(Santa Eugènia)	72
Girona-Devesa	NW ciutat (Devesa)	71
Salt-Barri Vell	W ciutat	90
Sant Gregori	NW ciutat	112
Sarrià de Ter-XVPCA	N ciutat	69
Fornells de la Selva-XVPCA	S ciutat.	100
Bescanó	W ciutat	102
Celrà	NE ciutat	65

Font: Elaboració pròpia a partir de les metadades dels observatoris meteorològics

Taula 4.7 Període d'observacions i altura damunt del sòl de l'edifici i del carrer dels observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona amb dades eòliques (II)

Observatori	Tipus sensor	Període	(I)	(II)
Girona-Parc de Bombers	Automàtica	2002-2007	10	10
Girona-Montjuïc	Davis V P	1999-2006	2	8
Girona-Vicens Vives	Davis V P	2004-2007	2	23
Girona-Bonastruc	Davis V P	2006-9	2	23
Girona-Barri Vell	Davis V P	2006-14	3	17
Girona-Santa Clara	Davis V P	2014-17	3	13
Girona-Plaça Poeta Marquna	Davis V P	2014-17	3	27
Girona-Maristes	Davis V P	2003-5	2	18
Girona-Universitat	Vaisala	2002-7	2	14
Girona-Hortes de Santa Eugènia	Automàtica	2011-17	10	10

Girona-Devesa	Automàtica	2004-11	5	5
Salt-Barri Vell	Oregon	2006-9	2	10
Sant Gregori	Davis V P	2006-9	3	12
Sarrià de Ter	Automàtica	1992-2003	5	5
Fornells de la Selva	Automàtica	1994-2001	5	5
Bescanó	Davis V P	2002-2007	3	8
Celrà	Davis V P	2002-2007	3	8

Font: Elaboració pròpia a partir de les metadates dels observatoris meteorològics

Aclaració: V P: Vantage Pro

(I) Altura sobre el sòl de la terrassa i la teulada de l'edifici

(II) Altura sobre el carrer o sòl natural

El mètode dels transsectes eòlics no és fiable segons FERNÁNDEZ GARCÍA (1993) ja que la velocitat del vent té unes fluctuacions importants amb el temps, la seva velocitat varia en intervals de temps curts. Aquests transsectes eòlics els hem efectuat de forma pedestre, amb un anemòmetre de mà. Hem de tenir en compte que les diferències observades en la velocitat dels diferents punts d'observació es produeixen no només per la diferent morfologia urbana dels punts d'observació sinó per les variacions que experimenta la velocitat del vent en el temps. S'ha d'afegir també que els transsectes els hem realitzat durant dies en què bufava vent de tramuntana o gregal, vents terrals que bufen en forma de ratxes, per tant sovint les velocitats màximes assolides als transsectes i les velocitats mínimes no s'expliquen només per les diferències reals en la velocitat del vent sinó en funció de les fluctuacions de la velocitat del vent amb el temps. No obstant hem de tenir en compte que les velocitats dels vents dels transsectes segueixen certes pautes. Així les velocitat màxima dels transsectes es produeix en carrers amples o amb elevat factor visió del cel (SVF), i també en indrets propers a rius (ponts damunt del riu Onyar) que actuen com a canals de vent. En canvi els indrets menys ventosos són els carrers perpendiculars al vent predominant i sobretot en vies urbanes estretes i amb baix SVF com són la majoria de carrers del Barri Vell de Girona.

També hem analitzat la sèrie eòlica de Girona del període 1912-77 per tal d'observar com el creixement de la ciutat modifica la velocitat del vent al centre d'aquesta. En aquest període els dos observatoris analitzats tenen unes clares similituds, es troben damunt de terrasses i prop del riu Onyar, al centre de la ciutat de Girona. Aquests observatoris són Girona-Institut Vell (període 1912-66) i Girona-Vicens Vives (període 1967-77).

4.15 Mètodes d'anàlisi de la influència urbana en la humitat relativa. Mètode de comparació dels observatoris. Mètode dels transsectes termohigromètrics.

La humitat relativa és un dels paràmetres meteorològics menys estudiats dins de la climatologia urbana. En el cas de la ciutat de Girona s'ha analitzat la distribució de la humitat relativa a partir de tres mètodes, transsectes higrotèrmics, dades horàries i semihoràries de humitat relativa de diferents observatoris meteorològics i anàlisi de les sèries higromètriques en 3 hores del dia (7, 13 i 18 hores) dels observatoris oficials de Girona en el període 1939-77. Els transsectes higromètrics els hem realitzat tant de

forma pedestre, a peu, com amb automòbil amb un sensor de temperatura i de humitat relativa. Els observatoris meteorològics analitzats Hem detectat al centre urbà de Girona una disminució de la humitat relativa especialment durant les hores nocturnes de la primavera i la tardor, quan les diferències poden ser de fins al 18 % respecte àrees rurals. Durant el dia les humitats relatives són lleugerament més baixes (2-4 %), especialment a l'estiu. El nucli urbà de Salt presenta humitats relatives lleugerament més elevades, probablement associades a una menor temperatura. S'ha calculat el valor de diferents paràmetres meteorològics relacionats amb la humitat relativa (humitat absoluta i pressió relativa). Hem obtingut uns resultats força clars sobre l'evolució horària del contingut del vapor a les àrees rurals i urbanes. Així la ciutat presenta una humitat absoluta més elevada durant les hores nocturnes respecte la perifèria rural i en canvi al migdia i a la tarda té menys humitat absoluta.

4.16 Mètode de comparació de la nuvolositat a partir d'observatoris meteorològics

Els estudis de clima urbà que analitzen la modificació urbana de la nuvolositat són escassos.

Hem analitzat la influència urbana en la nuvolositat a partir de les dades de 5 observatoris meteorològics, Girona-Francesc Roges (període 1998-2002), Girona-Sèquia (període 2002-2004), aeroport de Girona (període 1999-2004), Salt-Plaça Sant Cugat (període 1999-2004) i Girona-Narcís Xifra (període 1994-2000).

La metodologia de la nuvolositat solar consta de quatre fases:

- 1) Recerca de les dades
- 2) Digitalització de les dades
- 3) Importació a Excel
- 4) Homogeneïtzació de les dades
- 5) Tractament estadístic de les dades.

Hem obtingut les dades de nuvolositat diària de l'aeroport de Girona gràcies la universitat de Girona a través del professor Josep Calbó, físic especialista en nuvolositat. El doctor Calbó ens va proporcionar un fitxer amb les dades diàries de nuvolositat del període 1990-2004, en concret les observacions de les 7,13 i 18 hores solars. Aquestes observacions estan desglossades segons el tipus i quantitat d'octes dels diferents pisos de nuvolositat, núvols baixos, núvols mitjans i núvols alts.

Aquestes dades s'han d'homogeneïtzar a un període comú, 1999-2004, perquè les comparacions siguin fiables estadísticament. L'homogeneïtzació es fa a partir del mètode de les diferències (Carballeira, 1983).

La recerca de les dades es fa només en el cas de l'observatori de l'aeroport de Girona ja que els altres dos observatoris són dades pròpies (Girona-Narcís Xifra i Salt-Plaça Sant Cugat), l'observador és Gerard Taulé o han estat cedides per l'observador de Girona-Sèquia, Moisès Ramiro Sousa. S'ha digitalitzat diàriament les sèries de nuvolositat de Girona-Francesc Roges i Girona-Sèquia, període 1998-2004, ja que les dades trihoràries (7, 15 i 21 hores) de l'observatori estaven en format paper, també s'ha digitalitzat la sèrie de Girona-Narcís Xifra (8 i 18 hores) del període 1994-2000.

Després d'haver digitalitzat les dades de Girona-Sèquia s'han d'importar totes les dades a un full Excel per poder fer el tractament estadístic.

Les dades s'han d'homogeneïtzar a un període comú, 1999-2009, amb el mètode de les diferències (Carballeira, 1983).

Finalment es fa el tractament estadístic de les dades, es calcula la mitjana horària, mensual i diària de la nuvolositat. També es calcula la mitjana de la nuvolositat en funció del dia de la setmana.

Els observatoris analitzats es poden consultar a la taula 4.8:

Taula 4.8 Període d'observacions de la nuvolositat de diversos observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona

Observatori meteorològic	Període
Girona-Francesc Roges	1998-2002
Girona-Sèquia	2002-2004
Girona-Narcís Xifra	1994-2000
Aeroport de Girona	1999-2004
Salt-Plaça Sant Cugat	1999-2004

4.17 Mètode de comparació de la radiació solar a partir d'observatoris meteorològics

L'efecte de la ciutat en la radiació solar no ha sigut objecte d'estudi de gaires investigacions dins de la climatologia urbana.

Les dades de radiació solar es van descarregar de la web del Servei Meteorològic de Catalunya en el cas de l'observatori de Girona-Parc de Bombers (SMC), però també van ser proporcionades per la universitat de Girona. El professor Josep Calbó ens van proporcionar un arxiu .txt amb les dades 10-minutals de radiació solar del període 1995-2011. També tenim dades semihoràries de radiació solar d'observatoris dels observatoris de Sarrià de Ter i Fornells de la Selva que pertanyien a l'antiga XVPCA (Xarxa de Vigilància i Prevenció de la Contaminació Atmosfèrica), i que van ser subministrades per la Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya. Els observatoris de Girona-Parc de Bombers, Sarrià de Ter-XVPCA i Fornells de la Selva-XVPCA no són operatives actualment. La unitat de mesura de la radiació solar o radiació global en totes les estacions és el W/m², d'aquesta manera no vam haver de fer cap correcció en les dades inicials.

La metodologia de la radiació solar consta de 4 fases:

- 1) Recerca de les dades
- 2) Importació a Excel
- 3) Homogeneïtzació de les dades
- 4) Tractament estadístic de les dades

La recerca de les dades dels diferents observatoris es fa en diferents ens, com ho hem explicat anteriorment.

Després d'haver trobat les dades les hem d'importar a un full de càlcul Excel.

Aquestes dades s'han d'homogeneïtzar a un període comú, 1998-2009, perquè les comparacions siguin fidedignes des del punt de vista estadístic. L'homogeneïtzació es fa a partir del mètode de les diferències (Carballeira, 1983).

L'última fase del procés és el tractament estadístic de les dades. Hem calculat la mitjana de la radiació solar global en diferents hores del dia (10,14 i 17 hores) i en diferents estacions de l'any per analitzar com influeix la situació geogràfica en la radiació solar, i els diferents usos del sòl. Així l'observatori de Sarrià de Ter situat al nord de la ciutat es considera com a zona de sotavent ja que el vent predominant és del sud, en canvi Girona-Parc de Bombers, la Universitat de Girona i Cassà de la Selva són estacions de sobrevent. També hem comparat la radiació solar en diferents hores del de dues estacions meteorològiques en el període 2011-2021, una rural, Girona-Hortes, i l'altra urbana, Girona-Música.

Els observatoris analitzats es poden consultar a la següent taula:

Taula 4.9 Període d'observacions de la radiació solar de diversos observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona

Observatori meteorològic	Període
Girona-Parc de Bombers (SMC)	2001-2010
Girona-Universitat	2001-2009
Cassà de la Selva (SMC)	1995-2003
Sarrià de Ter (XVPCA)	1995-2003
Girona-Hortes de Sta. Eugènia (SMC)	2011-2021
Girona-Escola de Música	2011-2021

4.18 Mètode de comparació dels fenòmens meteorològics

La comparació de les sèries dels fenòmens meteorològics ens permet fer la cartografia de diferents fenòmens meteorològics en el període 1998-2012, tot i que disposem de dades de fenòmens meteorològics fins l'any 2017. El nombre de dies de boira mensual dels observatoris de l'aeroport de Girona i Girona-Bell-lloc (període 1973-2000) ens l'ha proporcionat l'antic *Instituto Nacional de Meteorología*, l'actual *Agencia Estatal de Meteorología*. La gràfica de les diferències de dies de boira entre els observatoris de Girona i l'aeroport dels dies de boira anuals ens permet reconstruir la tendència lineal de les diferències urbano-rurals i la mitjana mòbil anual de 5 anys ens permet observar l'efecte urbà en la sèrie en períodes curts de temps. També hem comparat les sèries mensuals de dies de tempesta i calamarsa dels observatoris de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona en el període 1973-2000. Aquestes dades també han estat proporcionades per l'AEMET. També hem fet la comparació de les sèries de dies de tempesta de Girona i l'aeroport de Girona. No només s'han analitzat les dades d'aquests dos observatoris sinó s'ha calculat la mitjana de dies de boira, rosada, tempesta, neu i calamarsa de 10 observatoris meteorològics en el període 1998-2012. Els observatoris esmentats no tenen la mateixa longitud de les sèries dels fenòmens meteorològics. Així d'alguns observatoris, com és el cas de Girona-Bell-lloc o Girona-IES Narcís Xifra o Girona-Francesc Roges disposem de poques dades de gran part del període 1998-2017. Amb l'objectiu de què les dades anuals siguin comparables hem hagut d'homogeneïtzar les dades dels fenòmens amb el mètode de Carballeira (1983). Aquestes estacions meteorològiques les trobem en la propera taula. Com podem observar en la taula no tots els observatoris tenen observacions de tots els fenòmens meteorològics, en alguns observatoris hi manquen alguns fenòmens.

Taula 4.10 Període d'observacions dels fenòmens meteorològics de diversos observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona

	Període	Boira	Rosada	Gebrada	Tempesta	Neu	Calamarsa
Girona-	2001-17	Si	Si (poc	Si (poc	Si	Si	Si

Montjuïc			fiabes)	fiabes)			
Girona-Francesc Roges	1998-2002	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Girona-Sèquia	2002-2017	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Aeroport de Girona	1973-2000	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Girona-Bell-lloc	1973-2000	Si	Si (poc fiabes)	Si (poc fiabes)	Si	Si	Si
Deveses de Salt	2003-2017	Si	Si	Si	No	Si	No
Salt-Plaça Sant Cugat	1999-2017	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Sarrià de Ter-Montagut	1991-1992 i 2011-17	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Girona-Narcís Xifra	1994-2000	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Fornells de la Selva-XOM	1996-2000 i 2006-2009	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Cassà de la Selva-centre	1998-2005	Si	Si (poc fiabes)	Si (poc fiabes)	Si	Si	Si

4.19 Mètode d'anàlisi de components principals aplicat a la classificació de les situacions sinòptiques amb intensa illa de calor

Hem aplicat el mètode d'anàlisi de components principals a una mostra de 187 dies amb intensa illa de calor (intensitat igual o superior a 6°C) segons el mètode dels observatoris meteorològics (diferència en les temperatures mínimes) i el mètode dels transectes tèrmics nocturns.

Hi han varies classificacions de les situacions sinòptiques, que es poden classificar com a objectives, subjectives i mixtes. En aquest treball, hem utilitzat les classificacions objectives (anàlisi de components principals) i subjectives (MARTIN VIDE, 1984 i 2005). Així l'última metodologia l'hem emprat per classificar sinòpticament els dies amb diferències tèrmiques entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC i també per classificar els dies de tempesta. En canvi l'anàlisi de components principals l'hem utilitzat per obtenir els patrons sinòptics d'una mostra de 187 dies de dies amb intensa illa de calor, amb diferències tèrmiques iguals o superiors a 6°C entre els observatoris de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC. També hem utilitzat els mètodes multivariants, com l'anàlisi de components principals, per fer una regionalització de zones climàtiques homogènies, per exemple amb l'objectiu de trobar àrees amb un patró similar de les temperatures dels transectes del migdia.

- 1) Mètodes manuals.
- 2) Mètodes de les correlacions. Format numèric. Es treballa amb matrius.
- 3) Mètodes de vectors propis. Aquest és el mètode emprat en l'anàlisi per components principals.
- 4) Mètodes de vectors propis i agrupacions.

Anàlisi de components principals i *clustering*. Amb aquest mètode obtenim una cartografia d'on es dedueix un mapa isobàric molt utilitzat per analitzar la variabilitat dels fenòmens climàtics en l'espai.

Anàlisi multivariant. Té un nombre infinit de dimensions. Així una malla de punts es transforma en una matriu. Cadascun d'aquests punts serà una dimensió.

L'anàlisi de components principals condensa les variables originals en un nombre reduït de variables. S'han d'extreure aquelles estructures numèriques que millor expliquen la informació. En aquest mètode s'han de convertir aquelles variables originals en nous valors per tal d'optimitzar la representació de la informació.

Les noves construccions fonamentals tenen uns components més importants que altres. Així s'originen els mapes del temps de partida.

2n mètode és el de *clustering* o de conglomerats. Aquest mètode agrupa i classifica.

El grup obtingut és un patró de circulació i marca una sèrie de punts equidistants.

La classificació òptima és la que tria el menor nombre de grups seleccionats. Aquests són molt estables i homogènis però els grups són molt separats entre ells.

Així tenim una màxima homogeneïtat interna i màxima heterogeneïtat externa.

Aquest mètode de conglomerats també serveix per classificar tipus de temps a partir de variables meteorològiques d'una estació meteorològica. Per exemple s'utilitza per fer una regionalització climàtica.

L'anàlisi de components principals és el mètode emprat per tal de delimitar els patrons de situacions sinòptiques amb intensa illa de calor de la ciutat de Girona. Classificació automàtica dels mapes del temps

Exemples d'aplicació de l'anàlisi de components principals dins de la climatologia sinòptica.

- 1) Patrons de circulació de la circulació atmosfèrica.
- 2) Tipus de temps.
- 3) Regionalitzacions climàtiques.

Per obtenir els patrons de circulació i els tipus de temps hem d'aplicar el mètode de components principals amb rotació.

Segons VARELA MALLOU *et al.* (2003):

"L'anàlisi en components principals és una tècnica de reducció de la dimensionalitat. El seu objectiu és explicar la major part de la variabilitat total d'un conjunt d'unes variables quantitatives amb el menor nombre de components o factors comuns possible. L'anàlisi factorial té com objectiu simplificar les nombroses i complexos relacions que es poden trobar en un conjunt de variables quantitatives observades. Per això tracta de trobar dimensions o factors que posen en relació a les variables aparentment no relacionades. (...). L'anàlisi en components principals és un mètode geomètric de caràcter descriptiu. L'objectiu és descobrir l'estructura subjacent en un conjunt de n individus estudiats sota una sèrie de p variables quantitatives. (...)

L'anàlisi en components principals és un mètode que permet transformar un conjunt de variables originals en un altre conjunt de variables anomenada conjunt de components

principals. Aquestes components principals són combinació lineal de les variables originals i es caracteritzen per estar incorrelades entre si. En principi es generaran p components principals, és a dir, tantes com variables originals.

L'anàlisi en components principals planteja uns problemes inherents, s'ha de saber interpretar els resultats de forma correcta si no aquesta anàlisi ens pot portar a conclusions incorrectes. (...) La primera qüestió és la de quantes components hem d'agafar. Sembla lògic prendre aquelles components els valor de les quals associat sigui major a 1, és a dir aquells components que aportin més informació que qualsevol de les variables originals tipificades. (...) En general, la interpretació dels eixos factorials (dels components principals) s'ha de fer a través de l'estudi de les correlacions entre els components principals i les variables originals. (...) S'ha d'observar per tant, el cercle de correlacions. Aquelles variables originals la correlació de les quals amb un component principal donat estigui molt proper a 1 en valor absolut, seran les que més contribueixin a l'explicació de dita component principal.

Pot ser també d'interès en algunes ocasions representar el conjunt d'individus sobre el pla factorial i estudiar els individus que més contribueixin a l'explicació d'un determinat factor. Això últim no té sentit més que quan els individus tenen un interès en si mateixos. A més un cop calculats els coeficients, es poden obtenir les "puntuacions factorials", és a dir, els valors de les components corresponents a cada observació.

L'anàlisi de components principals l'hem fet amb el software estadístic SPSS 18.

Els passos del procediment d'anàlisi de components principals i clustering són els següents.

- a) Selecció de la matriu de dades
- b) Reducció de la dimensionalitat
- c) Selecció dels components principals i a partir d'aquí dels patrons principals
- e) Estructura espacial, rotació i interpretació física

1) Selecció de les dades. Aquesta selecció s'efectua a partir d'un seguit de variables objectives. Aquestes són:

- a) Escala sinòptica
- b) Mida de la mostra
- c) Metodologia per estandarditzar la mostra

S'ha de seleccionar un nombre mínim dels casos perquè els grups siguin estables. La mostra ha de ser representativa, amb una certa grandària.

Resolució espacial. S'ha de fer una interpolació amb molt precisa.

Resolució temporal. Pot ser qualsevol, anual, mensual, diària o horària.

Les dades han de ser contínues i homogènies. Les dades espacials poden ser tant una malla de dades d'una variable determinada, o els valors d'una variable en diferents estacions meteorològiques.

S'ha de treballar amb una xarxa no amb estacions meteorològiques concretes.

2) Reducció de la dimensionalitat

Hi ha dues formats de les matrius a partir de les dades meteorològiques originals, S (espacial) i T (temporal).

El format tipus S també anomenat espacial que és il·lògic, però que dona bons resultats. En aquest format els punts de malla són les observacions, les dates. Es realitza una correlació entre els punts. I el tipus T on les observacions són els punts de malla. Aquest mètode correlaciona els mapes del temps espacialment.

A partir del SPSS es calcula la matriu de dispersió.

Es realitzen unes correlacions que originen noves variables. Per exemple es dona la situació dels centres d'acció. S'ha de remarcar que amb les covariàncies no s'acaba de localitzar correctament els centres d'acció (anticicló, borrasca).

Aquesta matriu quan s'aplica l'anàlisi de components principals té un nombre d'elements igual que la matriu de partida. S'ha de redistribuir de com se'ns presenta la informació. És necessari de realitzar una conversió de la informació de partida. S'originen noves variables que acostumen a acostar-se a les noves agrupacions.

3) Selecció dels components retinguts.

És important de seleccionar només la part explicativa de les variables, per tal d'eliminar el soroll del senyal.

Així en SPSS s'utilitza el mode de descomposició per seleccionar els components.

S'utilitza la matriu de dispersió que utilitza dos matrius, la matriu de correlacions i la matriu de covariàncies. La matriu de correlacions facilita que els centres d'acció estiguin ben col·locats. És més utilitzada quan volem analitzar els patrons de circulació atmosfèrica.

S'han d'estandarditzar les dades, ja que es dona el mateix pes a totes les variables.

Les covariàncies funcionen millor quan es vol fer una regionalització climàtica.

Aplicació de l'anàlisi de components principals no rotat amb el programa SPSS.

A partir d'aquí el software ens dona els *loadings* (càrregues factorials) i els coeficients (correlacions entre cada variable i cada component).

Es realitza una cartografia dels coeficients, amb una representació estadística que no tenen cap significat. S'han de rotar els coeficients per obtenir els mapes del temps que seran els patrons de circulació atmosfèrica.

4) Selecció de tipus de rotació.

Per tal d'interpretar aquestes dades des del punt de vista climàtic s'ha de fer una rotació per tal d'aproximar-nos als patrons reals de circulació atmosfèrica.

Hi ha 2 mètodes de rotació l'ortogonal i obliqua.

Així l'aplicació de l'anàlisi de components principals amb rotació s'obtenen uns productes que són els coeficients, les amplituds. i la variància explicada. Així els coeficients ens permeten d'obtenir la cartografia que ens dona estructures interpretables climàticament. Les amplituds ens marquen la proximitat entre les noves variables i les observacions. És una certa manera de classificar. S'han de combinar amb el mètode dels conglomerats.

Ens hem de quedar amb els grups de la distribució que expliquin el 90 % de la variància

Després sorgiran dos variables, amplituds i variància explicada o autovalors.

La primera variable és l'amplitud, l'anàlisi de components principals fa l'agrupació de les observacions amb el mètode dels conglomerats. A partir d'aquí hem d'escollir el mètode jeràrquic o no jeràrquic. Així es permet realitzar la cartografia dels patrons, que s'anomena composició.

En el mètode jeràrquic cada cas és un grup, així tots els mapes originals són un grup inicial. Es van agrupant els grups més propers. Hi ha dos mètodes molt utilitzats en climatologia, són el Ward i el mètode del centroide.

Amb el mètode de centroide es fa un dendrograma. Així el problema que té aquest mètode és la seva subjectivitat, ens quedem amb els grups triats per nosaltres. Pot ser un mètode orientatiu pel nombre de grups finals seleccionats.

El mètode no jeràrquic o iteratiu compara entre diferents elements possibles. Tenim tota la mostra inicialment. En aquest mètode tenim els centres de gravetat, centroides, així tens agrupats els mapes més propers a un punt.

Com trio els centroides primitius. A partir del mètode jeràrquic, tenim una aproximació del nombre de grups i esbrinem els seus centroides. Aquesta metodologia té una subjectivitat que és perjudicial per perquè és aleatòria.

També tenim la cartografia dels patrons. Així es calcula la mitjana dels mapes reals agrupats. I al final s'obté un patró. S'ha de fer per cada grup trobat.

Scores (puntuacions) o amplituds

En l'amplitud es relacionen cadascun dels dies amb els components.

Variància explicada, autovalors. Ens hem de quedar amb el 90 % de la variància, o informació de partida. Amb la variància explicada tenim una manera de reduir la informació però perdent el mínim de informació possible, ja que hi ha menys variables.

L'anàlisi de components principals crea uns nous eixos ortogonals per simplificar els valors. Es passa a dependre la informació només d'un eix, es redueix la bidimensionalitat de la mostra. Eliminem els eixos originals.

De fet el procés de rotar implica canviar l'angle dels eixos. Els eixos explicaran l'optimització de la mostra. Així amb la rotació es canvia el pendent d'aquesta informació. L'objectiu de la rotació és reajustar els eixos, es van girant els eixos per explicar millor la informació. La rotació obliqua consisteix en fer girar els eixos.

La rotació ortogonal és la que s'acaba emprant.

Dins la rotació ortogonal el mètode més utilitzat és el Varimax. En canvi el mètode OBLINIM és el més usat dins la rotació obliqua.

Hi ha diferents mètodes per fer la selecció òptima dels components a retenir:

- a) L'*Scree* test. Consisteix en ordenar els components per importància, pel pes que tenen. Després podem fer un gràfic del pes dels components, anomenat gràfic de sedimentació. S'han de seleccionar els components allà on el pendent dibuixa una línia més o menys plana.

- b) El LEV *diagram*. Mostra el pendent de la corba, i pren més variables. Quan el pendent té el canvi d'una tendència exponencial es seleccionen els valors amb més pendent.
- c) Variància explicada o criteri *Kaiser*. Agafa més variables. El mínim d'autovalor que necessito per quedar-me'l és 1. Quan el valor equival a 1, significa que com a mínim és explicativa d'un cas real.

El resultat de la tria dels components es pot cartografiar en forma de mapes sinòptics. El patró s'obté a partir de la mitjana de la variable determinada dels dies en què tenim la millor correlació amb el component. Cal remarcar que aquí tenim un patró sinòptic de la circulació atmosfèrica, però és el patró positiu, el patró negatiu és el que té la correlació negativa amb aquest component.

El procediment per calcular l'anàlisi de components principals mode T amb l'SPSS consta dels següents quatre passos:

- 1) Es copien totes les dades de Microsoft Excel a l'SPSS. Són 357 casos (número de punts) per 187 dies. L'àrea analitzada amb la qual farem l'Anàlisi de components principals per trobar els patrons sinòptics és la compresa pels punts (70°N, 30°W) i (35°N, 30°E).
- 2) Es redueix la dimensió de la mostra. Imposem un 80 % de criteri. Tindrem unes variables que expliquen el 90 % de la variància o l'autovalor.
- 3) La matriu de correlació fem que no hi hagi rotació.
- 4) Hem d'extreure els components. En aquest cas l'anàlisi de components principals explica un dia. Fem 100 iteracions. El valor màxim que agafem és 1.

Hi ha 2 criteris, el primer és el d'agafar aquells components amb el 80 % de variància acumulada.

En el segon criteri cal observar com evoluciona el gràfic de segmentació per definir els components principals que escollirem.

Farem la gràfica de valors dels 187 dies i dels valors de y.

Agafem els 4 valors on trenca el pendent i que expliquen el 80 % de la variància com a mínim.

- 5) Seguidament farem la rotació varimax amb 100 iteracions.

S'obtenen els *scores* (puntuacions), amb noves variables i nous dies ficticis.

El programa SPSS permet fer una selecció, no es volen les puntuacions majors a 1, sinó un número fix, 4. Aquests són els factors a extreure.

Així s'obtenen 4 components. Així d'una banda tenim les puntuacions positives i les negatives. Això són els EOF (*Empirical Orthogonal function*).

Representem els 4 EOF, les zones positives i negatives. Cada dia té 2 fases, positives i negatives. Tenim 8 patrons potencials.

Els 187 dies amb intensitats iguals o superiors a 6°C d'illa de calor s'han de distribuir en 8 patrons, la majoria en els patrons positius.

El procés següent consisteix en realitzar la rotació ortogonal. Així distribuïm els percentatges en els patrons, els que pesaven menys abans ara tenen una mica més

de pes, abans el 4t component tenia un 6 %, ara 8 %, en canvi el primer component abans 42 %, ara 39 %.

Hem extret 4 components que expliquen el 80 % de la variància, el 1r component que explica el 39 %, la 2a 19,4 %, la 3a 13,9 % i la 4a el 8,1 %.

En aquesta part del procés ja es poden conèixer els resultats, es pot saber la classificació sinòptica. Dins del software SPSS fem l'opció "*rotated component matrix*". Així obtindrem la correlació de cada dia amb aquests 4 dies. Obtenim els pesos o càrregues factorials (*loadings*). En aquest moment tenim els *scores* o puntuacions i tenim 4 noves variables.

Hem de veure la correlació més important de cada dia amb les puntuacions. El dia 1 s'assembla al patró 4, amb un valor del coeficient de -0,48, per tant pertany al patró 4, la fase negativa és el patró 8. Llavors es fa la classificació automàtica. S'obteniran 4 EOF, EOF 1±, EOF 2±, EOF 3±, EOF 4±.

Així dels 187 dies, 80 dies corresponen a l'EOF +.

El software Surfer permet representar cartogràficament les puntuacions (*scores*) de cada EOF, tot i que aquesta representació no l'hem realitzat en aquest treball.

Quan hàgim fet les mitjanes dels dies d'un mateix patró obtindrem un patró de circulació real que correspon a un mapa sinòptic. L'objectiu final és realitzar 8 mapes isobàrics de superfície que representen els 8 patrons sinòptics més freqüents dels dies amb intensa illa de calor.

4.20 Mètode de l'illa de calor superficial urbana

El professor de Geografia de la universitat de Barcelona, Filipe Ferreira, ens va ajudar a realitzar els dos mapes de l'illa de calor superficial de Girona. La imatge de satèl·lit analitzada és una imatge nocturna (22 hores) de l'onada de calor de l'agost del 2003, del dia 11 d'agost de 2003. Aquesta imatge és d'un satèl·lit d'òrbita polar, NOAA 17. Aquesta imatge va ser tractada amb un software SIG (Sistema de Informació Geogràfica), l'Idrisi (Kilimanjaro). La metodologia utilitzada per detectar la temperatura superficial real de les imatges és la que fa servir la geògrafa Benedeta Santos en el seu treball envers l'illa de calor urbana superficial de Lisboa i París (Santos, 2006). I fem una traducció literal de la metodologia segons el seu treball: Segons Santos (2006): "Aquesta informació es va adquirir a la plana web de la institució "A *Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfah.* (DLR)". Aquest és l'ens que posa en disposició aquestes imatges de satèl·lit de temperatura superficial del sòl de tota Europa amb la informació processada i es poden descarregar a la plana web d'internet (Font: www.eoweb.dlr.de:8080). Aquest processament inclou una navegació prèvia automàtica, georeferenciació de les imatges i la seva calibració. Posteriorment es procedeix a fer la detecció de núvols i la derivació de temperatures de superfície a través dels algorismes de BECKER i LI (1990), per a la correcció de l'efecte atenuador de l'atmosfera ja que existeix absorció del vapor d'aigua i dos algorismes de VAN DE GRIEND i OWE (1993), per a estimar les emissivitats de les superfícies. (LOPES, 2003).

Després dels tractaments previs efectuats per la institució DLR, s'elegeix el tipus de imatge (LST – *Land Surface Temperature*, SST – *Sea Surface temperature*), i l'àrea

que es pretén analitzar, juntament amb les dates, i després s'importa aquesta imatge al software Idrisi. Es selecciona una àrea reduïda, que comprèn la meitat est de la província de Girona. Després es transforma la projecció estereogràfica en un sistema de coordenades rectangulars, que permet la superposició d'elements georeferenciats com els cursos fluvials, les carreteres, els límits urbans i el litoral, per tal de millorar la interpretació de les temperatures de superfície, també podem localitzar l'àrea urbana de Girona. Les imatges LST de NOAA tenen una resolució espacial de 1 km (mida del píxel) i una resolució temporal de 1 imatge cada 12 hores.

Les imatges obtingudes no permeten saber directament la temperatura, ja que l'escala és de grisos de 0 a 255, on 0 es troba associat a superfícies d'aigua i 255 a presència de núvols o absència de dades (LOPES, 2003). La resolució radiomètrica és de 0,5°C. Per tal de saber quina és la temperatura de superfície cal realitzar una conversió de l'escala de grisos a temperatures reals, aquesta es fa amb l'equació següent:

$$\text{LST} = (\text{valor del píxel de gris} \cdot 0,5) - 40$$

Índex de continguts

5	L'illa de calor urbana.....	239
5.1	La intensitat de l'illa de calor segons el mètode dels transectes.....	239
5.1.1	Localització dels màxims i mínims tèrmics dels transectes	277
5.2	Mètode dels observatoris meteorològics.....	282
5.3	Influència del moment del dia en la intensitat de l'illa de calor	302
5.4	Mètode comparatiu de les sèries tèrmiques de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona.....	314
5.4.1	Mètode comparatiu de les sèries tèrmiques de l'aeroport de Girona i Girona-Sèquia amb altres estacions meteorològiques	331
5.5	Anàlisi dels factors de l'illa de calor urbana	356
5.6	L'illa de frescor urbana diürna.....	367
5.7	Peculiaritats de l'illa de calor urbana.....	409
5.8	El confort tèrmic.....	438
5.8.1	Estudi de casos de confort tèrmic durant les onades de calor i de fred	456
5.9	Planificació i mitigació de l'illa de calor urbana	462
5.9.1	Mesures de planificació urbana per mitigar l'illa de calor urbana de Girona	467
5.9.2	Necessitats de climatització de l'àrea urbana	474
5.10	Influència de la temperatura en la mortalitat de les persones grans.....	479
5.11	Anàlisi de l'illa de calor urbana superficial.....	490
5.12	El clima dels parcs urbans i arbredes de Girona i rodalia.....	493
5.13	Anàlisi de components principals i nits d'illa de calor intensa.....	509
5.13.1	Mapes d'anàlisi de components principals de transectes amb illa de calor intensa	513
5.14	Conclusions del capítol.....	516

Índex de figures

FIGURA 5.1 TRANSSPECTES DE LA MATINADA. TARDOR-HIVERN 2013-2014. MITJANA DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR SEGONS LA DIRECCIÓ DEL VENT. TRANSSPECTE SARRIÀ DE TER (CARRER MONTAGUT)-GIRONA PASSANT PER PONT MAJOR.	240
FIGURA 5.2 MOSTRA DE TRANSSPECTES MATINALS. TRANSSPECTE SARRIÀ DE TER-GIRONA PASSANT PER SARRIÀ DE DALT. TARDOR-HIVERN 2013-2014.	241
FIGURA 5.3 MOSTRA DE TRANSSPECTES MATINALS. TARDOR-HIVERN 2013-2014. TRANSSPECTE SARRIÀ DE TER-GIRONA PASSANT PER PONT MAJOR.	242
FIGURA 5.4 TRANSSPECTES MATINALS. 16 I 28 D'OCTUBRE DE 2013 I 8 DE NOVEMBRE DE 2013. TRANSSPECTE SARRIÀ DE TER-GIRONA PASSANT PER PONT MAJOR.	243
FIGURA 5.5 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE, TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 25 DE DESEMBRE DE 2011. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.	245
FIGURA 5.6 TEMPERATURA A LA TOPOGRAFIA DE 850 HPA. 25 DE DESEMBRE DE 2011. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.	245
FIGURA 5.7 TRANSSPECTE SARRIÀ DE TER-GIRONA (LA VALL DE SANT DANIEL)-VILAROJA-GIRONA. 25 DE DESEMBRE DE 2011.	247
FIGURA 5.8 TRANSSPECTE SARRIÀ DE TER-GIRONA (FONTAJAU)-GIRONA (SANTA EUGÈNIA)-SALT. 25 DE DESEMBRE DE 2011.	250
FIGURA 5.9 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE, TOPOGRAFIA DE 500 HPA I TEMPERATURA A LA TOPOGRAFIA DE 850 HPA. 12 DE GENER DE 2011. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.	251
FIGURA 5.10 TRANSSPECTE 6 LLEUGERAMENT MODIFICAT. 12 DE DESEMBRE DE 2011. PUJADA DE SANT FÉLIX (BARRI VELL DE GIRONA)-GIRONA-LA VALL DE SANT DANIEL-GIRONA-BARRI VELL-EIXAMPLE DE GIRONA. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 6,9C (20,10 HORES). ANTICICLÓ. CEL SERÈ. CALMA. 1024 HPA.	252
FIGURA 5.11 MAPA D'ISOTERMES DE LES 20,20 HORES DEL 25 DE DESEMBRE DE 2005. ÀREA URBANA DE GIRONA.	253
FIGURA 5.12 MAPA ISOBÀRIC I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 25 DE DESEMBRE DE 2005. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	254
FIGURA 5.13 MAPA ISOBÀRIC I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 12 DE DESEMBRE DE 2003. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	255
FIGURA 5.14 MAPA D'ISOTERMES DE LES 20:20 HORES DEL 12 DE DESEMBRE DE 2003. ÀREA URBANA DE GIRONA.	256
FIGURA 5.15 MAPA D'ISOTERMES DE LES 20,20 HORES DEL 14 DE MARÇ DE 2008. ÀREA URBANA DE GIRONA.	257
FIGURA 5.16 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 14 DE MARÇ DE 2008. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.	258
FIGURA 5.17 MAPA D'ISOTERMES DE LES 20,20 HORES DEL 21 DE DESEMBRE DE 2006. ÀREA URBANA DE GIRONA.	259
FIGURA 5.18 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 21 DE DESEMBRE DE 2006. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.	260
FIGURA 5.19 MAPA D'ISOTERMES DE LES 20,20 HORES DEL 16 DE DESEMBRE DE 2005. ÀREA URBANA DE GIRONA.	261
FIGURA 5.20 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 16 DE DESEMBRE DE 2005. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.	262

FIGURA 5.21 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE DEL 10 D'OCTUBRE DE 2004. TOPOGRAFIA DE 500 HPA. ISOTERMES DE LA TOPOGRAFIA DE 850 HPA. MAPA DE HUMITAT RELATIVA DE 700 HPA. FONT: REANÀLISI DE WWW.WETTERZENTRALE.DE	263
FIGURA 5.22 MAPA D'ISOTERMES. TEMPERATURES MÍNIMES DEL 18 DE JULIOL DE 2012. ÀREA URBANA DE GIRONA.	264
FIGURA 5.23 TRANSSECTE 5 (W ÀREA URBANA). DEVESES DE SALT-CENTRE DE SALT. VENT ENCALMAT. 26 DE DESEMBRE DE 2010	266
FIGURA 5.24 TRANSSECTE SALT-MEDINYÀ (W-NE ÀREA URBANA). 26 DE DESEMBRE DE 2010. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 0,4°C (20 HORES). DIFERÈNCIA TÈRMICA MÀXIMA DE 4,5°C PRODUÏDA PEL VENT DE TRAMUNTANA.	266
FIGURA 5.25 TRANSSECTE MEDINYÀ-AEROPORT DE GIRONA (NE-SW ÀREA URBANA). INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 5,0°C. VENT DEL NORD FORÇA 5 BEAUFORT A MEDINYÀ, VENT ENCALMAT AL SUD.	267
FIGURA 5.26 TRANSSECTE AEROPORT DE GIRONA-SALT. SW-W ÀREA URBANA. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 2,8°C (21,10 HORES). VENT ENCALMAT.	268
FIGURA 5.27 MAPA ISOBÀRIC I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 26 DE DESEMBRE DE 2010. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	269
FIGURA 5.28 TRANSSECTE TERMOHIGROMÈTRIC DEL 25 DE GENER DE 2012. SALT-GIRONA-TORRE GIRONELLA-GIRONA (VALL DE SANT DANIEL)-BARRI VELL DE GIRONA. 7,15-8,30 HORES.	270
FIGURA 5.29 MAPA ISOBÀRIC I TOPOGRAFIA DE 500 HPA. 25 DE GENER DE 2012. 18 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	271
FIGURA 5.30 INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR DELS TRANSSECTES NOCTURNS. FREQUÈNCIA RELATIVA I ACUMULADA SEGONS DIFERENTS INTERVALS PERÍODE 2001-2017.....	274
FIGURA 5.31 EVOLUCIÓ MITJANA ANUAL DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR DELS TRANSSECTES NOCTURNS.. PERÍODE 2001-2017.....	275
FIGURA 5.32 FREQUÈNCIA EN QUÈ UN PUNT D'OBSERVACIÓ ENREGISTRA LA TEMPERATURA MÍNIMA DEL TRANSSECTE 2 DEL MIGDIA.	279
FIGURA 5.33 FREQUÈNCIA EN QUÈ UN PUNT D'OBSERVACIÓ ENREGISTRA LA TEMPERATURA MÀXIMA DEL TRANSSECTE 2 DEL MIGDIA.	280
FIGURA 5.34 FREQUÈNCIA RELATIVA MENSUAL SEGONS DIFERENTS INTERVALS DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE MAIG 2012-DESEMBRE 2017.	283
FIGURA 5.35 FREQUÈNCIA RELATIVA ESTACIONAL I ANUAL SEGONS DIFERENTS INTERVALS DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE MAIG 2012-DESEMBRE 2017.....	284
FIGURA 5.36 GRÀFICA ANUAL DEL NOMBRE DE DIES AMB UNA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA IGUAL O SUPERIOR A 6,0°C. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2003-2017.	284
FIGURA 5.37 MAPA DE LA TEMPERATURA MITJANA DE LES MÍNIMES. PERÍODE 1998-2020	285
FIGURA 5.38 TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MÍNIMES EN 31 OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE 1998-2020.	287
FIGURA 5.39 INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR EN DIFERENTS MUNICIPIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2010.	289

FIGURA 5.40 DIFERÈNCIA TÈRMICA EN LES TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MÍNIMES ENTRE GIRONA (SÈQUIA)- FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2003-2017.....	290
FIGURA 5.41 MAPA DE LA TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES. PERÍODE 1998-2020.	292
FIGURA 5.42 MAPA DE LA TEMPERATURA MITJANA ANUAL. PERÍODE 1998-2020.	293
FIGURA 5.43 MAPA DE L'AMPLITUD MITJANA DIÀRIA. PERÍODE 1998-2020.....	294
FIGURA 5.44 MAPA DE LA TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA. PERÍODE 1998-2020.	295
FIGURA 5.45 MAPA DE LA TEMPERATURA MÀXIMA ABSOLUTA. PERÍODE 1998-2018.	296
FIGURA 5.46 MAPA DE LA MITJANA ANUAL DE NITS TROPICALS. PERÍODE 1998-2020.....	297
FIGURA 5.47 MAPA DE LA MITJANA ANUAL DE DIES DE GLAÇADA. PERÍODE 1998-2020.	298
FIGURA 5.48 MAPA DEL PRIMER DIA DE GLAÇADA, ESTIMAT EN DIES JULIANS. ÀREA URBANA DE GIRONA PERÍODE 1998- 2020.	299
FIGURA 5.49 MAPA DE L'ÚLTIM DIA DE GLAÇADA, ESTIMAT EN DIES JULIANS ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998- 2020.	300
FIGURA 5.50 MAPA DEL PERÍODE LLIURE DE GLAÇADES, ESTIMAT EN DIES JULIANS. PERÍODE 1998-2020.	301
FIGURA 5.51 DIFERÈNCIA TEMPERATURA HORÀRIA ESTACIONAL A L'ÀREA URBANA DE GIRONA. OBSERVATORI MÉS CÀLID- DEVESES DE SALT AMB L'EXCEPCIÓ DE LES 14 HORES.	305
FIGURA 5.52 TAXA DE VARIACIÓ TÈRMICA HORÀRIA. GENER. PERÍODE 2003-2007. OBSERVATORIS DE GIRONA-PARC DE BOMBERS (SMC) I FORNELLS DE LA SELVA-SMC.....	309
FIGURA 5.53 TAXA DE VARIACIÓ TÈRMICA HORÀRIA. NITS SERENES. DIES 18-23 GENER DE 2003. OBSERVATORIS DE GIRONA- PARC DE BOMBERS (SMC) I FORNELLS DE LA SELVA-SMC.....	310
FIGURA 5.54 TEMPERATURA MITJANA SEMIHORÀRIA. GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA I DEVESES DE SALT. PERÍODE 2011-2013 A GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA I 2009-14 A LES DEVESES DE SALT.....	310
FIGURA 5.55 INTENSITAT MITJANA SEMIHORÀRIA DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA. DIFERÈNCIA TÈRMICA ENTRE GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA I LES DEVESES DE SALT. PERÍODE 2009-2014.	311
FIGURA 5.56 INTENSITAT MITJANA SEMIHORÀRIA DE L'ILLA DE CALOR. DIFERÈNCIA TÈRMICA ENTRE GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA I LES DEVESES DE SALT. PERÍODE 2009-2014.....	312
FIGURA 5.57 TEMPERATURA MITJANA SEMIHORÀRIA ANUAL EN FUNCIÓ DE DIFERENTS ZONES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.	312
FIGURA 5.58 DIFERÈNCIA TEMPERATURES MÍNIMES. PERÍODE 1973-2008. GIRONA (BELL-LLOC)-AEROPORT DE GIRONA.	314
FIGURA 5.59 DIFERÈNCIA TEMPERATURES MÀXIMES. PERÍODE 1973-1989. GIRONA (BELL-LLOC)-AEROPORT DE GIRONA.	316
FIGURA 5.60 DIFERÈNCIA TEMPERATURES MÀXIMES. PERÍODE 1990-2008. GIRONA (BELL-LLOC)-AEROPORT DE GIRONA.	316
FIGURA 5.61 TEMPERATURA MITJANA MÍNIMES ANUAL. GIRONA-BELL-LLOC. PERÍODE 1973-2008.	317
FIGURA 5.62 HOMOGENEÏTZACIÓ I RECONSTRUCCIÓ DE LA SÈRIE DE GIRONA-BELL-LLOC. TEMPERATURA MITJANA MÀXIMES ANUAL. PERÍODE 1973-2008.	318
FIGURA 5.63 HOMOGENEÏTZACIÓ I RECONSTRUCCIÓ DE LA SÈRIE DE GIRONA-BELL-LLOC. TEMPERATURA MITJANA MÍNIMES ANUAL. PERÍODE 1973-2008.	318

FIGURA 5.64 TEMPERATURA MITJANA DE LES MÍNIMES DE GIRONA-BELL-LLOC. PERÍODE 1973-2008. SÈRIE ORIGINAL I SÈRIE RECONSTRUÏDA A PARTIR DE 1990 DESPRÉS D'APLICAR EL TEST D'ALEXANDERSSON.	323
FIGURA 5.65 TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES DE GIRONA-BELL-LLOC. PERÍODE 1973-2008. SÈRIE ORIGINAL I SÈRIE RECONSTRUÏDA A PARTIR DE 1998 DESPRÉS D'APLICAR EL TEST D'ALEXANDERSSON.	324
FIGURA 5.66 TENDÈNCIA DE LES TEMPERATURES MITJANES A GIRONA-BELL-LLOC I L' AEROPORT DE GIRONA . PERÍODE 1973-2004.	325
FIGURA 5.67 TAXA DE VARIACIÓ TÈRMICA DE LA SÈRIE DE CADA OBSERVATORI RESPECTE L' AEROPORT EN EL PERÍODE 1998-2011.	332
FIGURA 5.68 DIFERÈNCIA ENTRE LA TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES DE FORNELLS DE LA SELVA I L' AEROPORT DE GIRONA.	335
FIGURA 5.69 DIFERÈNCIA EN LA TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES. CASSÀ DE LA SELVA-AEROPORT DE GIRONA. ...	335
FIGURA 5.70 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2008.	336
FIGURA 5.71 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE FORNELLS DE LA SELVA-CENTRE I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2008.	337
FIGURA 5.72 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2008.	337
FIGURA 5.73 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE LES ESTACIONS SUBURBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1992-2013.	338
FIGURA 5.74 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE LES ESTACIONS URBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2013.	339
FIGURA 5.75 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE LES ESTACIONS RURALS I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2013.	340
FIGURA 5.76 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS URBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2013.	341
FIGURA 5.77 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS RURALS I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2013.	341
FIGURA 5.78 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS SUBURBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1992-2013.	342
FIGURA 5.79 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE FORNELLS DE LA SELVA-CENTRE I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1987-2013.	344
FIGURA 5.80 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE FORNELLS DE LA SELVA-CENTRE I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1987-2013.	345
FIGURA 5.81 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE LES ESTACIONS SUBURBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1992-2013.	345
FIGURA 5.82 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE LES ESTACIONS URBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2013.	346
FIGURA 5.83 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE LES ESTACIONS RURALS I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2013.	347
FIGURA 5.84 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS URBANES I L' AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2013.	348

FIGURA 5.85 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS RURALS I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2013.	349
FIGURA 5.86 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS SUBURBANES I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1992-2013.	350
FIGURA 5.87 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES ENTRE LES ESTACIONS URBANES I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1992-2013.	351
FIGURA 5.88 GRÀFICA DE LA INTENSITAT MITJANA ANUAL DE L'ILLA DE CALOR. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES. GIRONA-SÈQUIA-GIRONA-UNIVERSITAT. . PERÍODE 2003-2015.	352
FIGURA 5.89 GRÀFICA DE LA INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2003-2017.	353
FIGURA 5.90 GRÀFICA DE LA INTENSITAT MITJANA ANUAL DE L'ILLA DE CALOR. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES. GIRONA-SÈQUIA-DEVESES DE SALT. PERÍODE 2005-2014.	354
FIGURA 5.91 DIFERÈNCIA TÈRMICA GIRONA (SÈQUIA)-GIRONA (LA VALL DE SANT DANIEL). PERÍODE 2002-2015.	355
FIGURA 5.92 DIFERÈNCIA TÈRMICA SALT (PLAÇA SANT CUGAT)-GIRONA (BONASTRUC). TEMPERATURES MÀXIMES. PERÍODE 2006-2017.	355
FIGURA 5.93 DIFERÈNCIA TÈRMICA SALT (PLAÇA SANT CUGAT)-GIRONA (BONASTRUC). TEMPERATURES MÍNIMES. PERÍODE 2006-2017.	356
FIGURA 5.94 GRÀFICA DE REGRESSIÓ NUVOLOSITAT-INTENSITAT ILLA DE CALOR TENINT EN COMPTE LA DIFERÈNCIA URBANO-RURAL MENSUAL EN LES TEMPERATURES MÍNIMES. GIRONA (SÈQUIA)-GIRONA (LA VALL DE SANT DANIEL). PERÍODE 2002-2011.	358
FIGURA 5.95 INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR DEL TRANSSECTE 3 EN FUNCIÓ DE LA NUVOLOSITAT.	358
FIGURA 5.96 GRÀFICA DE REGRESSIÓ DE LA INTENSITAT EN FUNCIÓ DE LA NUVOLOSITAT. TRANSSECTE 5. HIVERN.	359
FIGURA 5.97. INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR URBANA DEL TRANSSECTE 3 I PERCENTATGE DE SUPERFÍCIE OCUPADA PER L'ÚS DEL SÒL VERD.	361
FIGURA 5.98 REGRESSIÓ ENTRE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR I LA DIFERÈNCIA URBANO-RURAL DE PRESSIÓ PARCIAL DE VAPOR. TRANSSECTE 5.	363
FIGURA 5.99 GRÀFICA DE REGRESSIÓ ENTRE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR I L'ILLA DE SEQUEDAT. TRANSSECTES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA (INTENSITAT) I DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS (HUMITAT RELATIVA)	363
FIGURA 5.100 GRÀFICA DE REGRESSIÓ DE LA DIFERÈNCIA TÈRMICA SEMIHORÀRIA NOCTURNA ENTRE SALT I LES DEVESES DE SALT (INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA) I LA HUMITAT RELATIVA DE SALT. JUNY 2012.	364
FIGURA 5.101 GRÀFICA DE REGRESSIÓ ENTRE LA CONCENTRACIÓ DE DIÒXID DE NITROGEN (NO) A SARRIÀ DE TER I LA TEMPERATURA MÍNIMA DE GIRONA-FRANCESC ROGES. TARDOR. PERÍODE 1998-2002.	367
FIGURA 5.102 ANOMALIES MITJANA DE TEMPERATURA DELS TRANSSECTES DEL MIGDIA. HIVERN 2011-2012. TRANSSECTE GIRONA-SALT.	372
FIGURA 5.103 ANOMALIES MITJANA DE TEMPERATURA DELS TRANSSECTES DEL MIGDIA. HIVERN 2011-2012. TRANSSECTE DE LA CIUTAT DE GIRONA. BARRI VELL-EIXAMPLE.	373
FIGURA 5.104 ANOMALIES MITJANES DE TEMPERATURA DELS TRANSSECTES DEL MIGDIA. HIVERN 2011-2012. TRANSSECTE INTRAURBÀ DE SALT.	374
FIGURA 5.105 FREQUÈNCIA DE LA INTENSITAT DELS TRANSSECTES AMB UNA ILLA DE CALOR POSITIVA AL MIGDIA SEGONS LA SEVA INTENSITAT. PERÍODE 2011-2012.	374

FIGURA 5.106 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 6 DE FEBRER DE 2008. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	375
FIGURA 5.107 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 6 DE FEBRER DE 2008. 14 HORES. TRANSSECTE UNIVERSITAT DE GIRONA (BARRI VELL)-PLAÇA SANT CUGAT (SALT)	376
FIGURA 5.108 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 6 DE FEBRER DE 2008. 12:20 HORES. TRANSSECTE PEL BARRI VELL DE GIRONA. PLAÇA DE CATALUNYA-UNIVERSITAT DE GIRONA.	377
FIGURA 5.109 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA A LES DEVESES DE SALT. 31 DE JULIOL DE 2004. 18:25 HORES. TRANSSECTE 5.	377
FIGURA 5.110 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 18 D'AGOST DE 2009. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	378
FIGURA 5.111 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 18 D'AGOST DE 2009. 14:10 HORES. TRANSSECTE 9.	379
FIGURA 5.112 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 19 D'AGOST DE 2009. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	380
FIGURA 5.113 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 19 D'AGOST DE 2009. 14:10 HORES. TRANSSECTE UNIVERSITAT DE GIRONA-PLAÇA SANT CUGAT (SALT).....	381
FIGURA 5.114 MAPA D'ISOTERMES DE LA CIUTAT DE GIRONA. 19 D'AGOST DE 2009. 14:10 HORES.	382
FIGURA 5.115 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 20 D'AGOST DE 2009. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	383
FIGURA 5.116 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 20 D'AGOST DE 2009. 14:03 HORES. TRANSSECTE UNIVERSITAT DE GIRONA-PLAÇA SANT CUGAT (ESTACIÓ METEOROLÒGICA).	384
FIGURA 5.117 MAPA D'ISOTERMES DE LES 14,30 HORES DEL 20 D'AGOST DE 2009. FONT: ELABORACIÓ A PARTIR DE GOOGLE EARTH.....	385
FIGURA 5.118 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 2 D'AGOST DE 2012. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	386
FIGURA 5.119 TRANSSECTE AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 2 D'AGOST DE 2012. 16:50 HORES. TRANSSECTE RÀDIO SALT- AUTOESCOLA FPC (BARRI DE SANT NARCÍS DE GIRONA).	387
FIGURA 5.120 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 2 D'AGOST DE 2012. 16:50 HORES. TRANSSECTE PLAÇA SANT CUGAT-GIRONA-PASSEIG CIUTAT DE GIRONA (SALT).	388
FIGURA 5.121 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. SARRIÀ DE TER (CARRER MONTAGUT)-GIRONA-SALT (PLAÇA SANT CUGAT, ESTACIÓ METEOROLÒGICA). 30 DE MARÇ DE 2012.....	388
FIGURA 5.122 MAPA D'ISOTERMES DEL 30 DE MARÇ DE 2012 A LES 14 HORES. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH.....	390
FIGURA 5.123 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 30 DE MARÇ DE 2012. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	391
FIGURA 5.124 TRANSSECTE TÈRMIC AMB ILLA DE FRESCOR DIÛRNA. 12 D'OCTUBRE DE 2011. 14:45 HORES. GIRONA (BARRI VELL), PLAÇA DE SANT JOSEP-PLAÇA SANT CUGAT (SALT).	392
FIGURA 5.125 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 12 D'OCTUBRE DE 2011. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	393
FIGURA 5.126 MAPA D'ISOTERMES. 17,05 HORES. 5 GENER DE 2013. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH.	394

FIGURA 5.127 MAPA D'ISOTERMES DEL 25 DE GENER DE 2012 A LES 14 HORES. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH.....	396
FIGURA 5.128101 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 25 DE GENER DE 2012. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.....	397
FIGURA 5.129 MAPA D'ISOTERMES DEL 25 DE GENER DE 2012 A LES 14 HORES. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH.....	398
FIGURA 5.130 MAPA D'ISOTERMES DE LES 14 HORES DEL 6 DE FEBRER DE 2012. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH.....	399
FIGURA 5.131 TRANSSECTE INTRAURBÀ DE GIRONA. CASA DE CULTURA (EIXAMPLE)-BARRI VELL-PLAÇA MARQUÈS DE CAMPS (EIXAMPLE).....	400
FIGURA 5.132 TRANSSECTE TÈRMIC 9. 11 DE GENER DE 2011. 14:03 HORES.....	401
FIGURA 5.133 EQUACIÓ DE REGRESSIÓ. INTENSITAT DE L'ILLA DE FRESCOR MÀXIMA DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE LA HUMITAT RELATIVA (%)......	402
FIGURA 5.134 EQUACIÓ DE REGRESSIÓ. INTENSITAT DE L'ILLA DE FRESCOR MÀXIMA DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE LA PRESSIÓ ATMOSFÈRICA (HPA).	403
FIGURA 5.135 EQUACIÓ DE REGRESSIÓ. INTENSITAT DE L'ILLA DE FRESCOR MÀXIMA DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE LA TEMPERATURA (°C)......	404
FIGURA 5.136 RECTA DE REGRESSIÓ. INTENSITAT DE L'ILLA DE FRESCOR MÀXIMA DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR (W/M2).....	405
FIGURA 5.137 EQUACIÓ DE REGRESSIÓ. INTENSITAT DE L'ILLA DE FRESCOR MÀXIMA DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE L'ANOMALIA TÈRMICA A 850 HPA (°C)......	405
FIGURA 5.138 RECTA DE REGRESSIÓ. INTENSITAT DE L'ILLA DE FRESCOR MÀXIMA DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE LA VELOCITAT DEL VENT (KM/H).	406
FIGURA 5.139 DEFINICIÓ DELS CLÚSTERS DE CADA PUNT D'OBSERVACIÓ SEGONS LA TEMPERATURA MITJANA DEL MIGDIA I L'ANÀLISI DELS COMPONENTS PRINCIPALS DEL TRANSSECTE 1. TRANSSECTES DEL MIGDIA. TARDOR-HIVERN 2011-2012.	407
FIGURA 5.140 TRANSSECTE TERMOHIGROMÈTRIC DEL MIGDIA DEL 17 JULIOL 2015.COL·LEGI BRUGUERA-BARRI VELL-JUTJATS.	408
FIGURA 5.14145 MAPA D'ISOTERMES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. TEMPERATURES MÍNIMES DEL 25 DE DESEMBRE DE 2001. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 6,4°C. INVERSIÓ TÈRMICA MÀXIMA: 9,4°C. VENT ENCALMAT. CEL SERÈ. ADVECCIÓ DEL NORD-OEST. 1017 HPA.....	411
FIGURA 5.142 MAPA D'ISOTERMES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA DEL 26 DE GENER DE 2005. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 6,0°C.....	413
FIGURA 5.143 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL DE 500 HPA. 1 DE MARÇ DE 2004. 0 HORES SOLARS. FONT: REANÀLISI DE NOAA. DISPONIBLE A: HTTPS://WWW.WETTERZENTRALE.DE/REANALYSIS.PHP?JAAR=2007&MAAND=12&DAG=31&UUR=1800&VAR=1&MAP=1&MODEL=NOAA.....	414
FIGURA 5.15.1440 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE DEL 30 D'ABRIL DE 2005. TOPOGRAFIA DE 500 HPA. ISOTERMES DE LA TOPOGRAFIA DE 850 HPA. MAPA DE HUMITAT RELATIVA DE 700 HPA. FONT: REANÀLISI DE WWW.WETTERZENTRALE.DE	419
FIGURA 5.145 MAPA D'ISOTERMES. TEMPERATURES MÍNIMES DEL 18 DE JULIOL DE 2012. ÀREA URBANA DE GIRONA.	429

FIGURA 5.146 MAPA D'ISOTERMES A MÉS PETITA ESCALA QUE EL DE L'ÀREA URBANA. TEMPERATURES MÍNIMES DEL 18 DE JULIOL DE 2012 A PETITA ESCALA. PART NORD DEL BARRI DE L'EIXAMPLE DE GIRONA, BARRI VELL, PEDRET I VALL DE SANT DANIEL.	430
FIGURA 5.147 MAPA D'ISOTERMES. TEMPERATURES MÀXIMES DEL 18 DE JULIOL DE 2012. ÀREA URBANA DE GIRONA. ...	431
FIGURA 5.148. MAPA D'ISOTERMES. TEMPERATURA DE LES 21,50 HORES DEL 18 DE JULIOL DE 2012. ÀREA URBANA DE GIRONA.	432
FIGURA 5.149 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE DEL 18 DE JULIOL DE 2012. TOPOGRAFIA DE 500 HPA. ISOTERMES DE LA TOPOGRAFIA DE 850 HPA. MAPA DE HUMITAT RELATIVA DE 700 HPA. FONT: REANÀLISI DE WWW.WETTERZENTRALE.DE	433
FIGURA 5.150 MAPA D'ISOTERMES DEL 18 DE JULIOL DE 2012 A LES 21,50 HORES. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 11,5°C. MÀXIM TÈRMIC: 33,0°C CARRERS MIGDIA-DE LA CREU (EIXAMPLE DE GIRONA). MÍNIM TÈRMIC: 21,5°C PAS D'EN PRATS, DEVESES DE SALT.	437
FIGURA 5.151 MAPA D'ISOTERMES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. TEMPERATURES MÍNIMES DE LA NIT DEL 13 AL 14 DE DESEMBRE DE 2021. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR: 5,1°C. INVERSIÓ TÈRMICA MÀXIMA: 5,1°C. VENT ENCALMAT. BOIRA. ANTICICLÓ. 1027 HPA.....	438
FIGURA 5.152 DIFERÈNCIES RELATIVES MENSUALS EN LA SENSACIÓ TÈRMICA SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA-FORNELLS DE LA SELVA-SMC. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	446
FIGURA 5.153 FREQUÈNCIA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. PERÍODE 2012-2015.	447
FIGURA 5.154 FREQUÈNCIA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2009-12.....	447
FIGURA 5.155 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MITJANA ANUAL DELS OBSERVATORIS SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. SÒL RURAL, SUBURBÀ I URBÀ. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	449
FIGURA 5.156 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 0 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. PERÍODE 2012-2015.	451
FIGURA 5.157 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 0 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2009-2012.	451
FIGURA 5.158 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 7 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2009-2012.	452
FIGURA 5.159 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 7 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA. PERÍODE 2012-2015.	452
FIGURA 5.160 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 14 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA. PERÍODE 2012-2015.	453
FIGURA 5.161 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 14 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2009-2012.	454
FIGURA 5.162 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 21 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. PERÍODE 2012-2015.	455
FIGURA 5.163 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA MENSUAL DE LES 21 HORES SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2009-2012.	455
FIGURA 5.164 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA ANUAL SEGONS L'ÍNDIX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA. 0-23 HORES D'OBSERVACIÓ. PERÍODE 2012-2015.	456

FIGURA 5.165 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA ANUAL SEGONS L'ÍNDEX DE MALESTAR DE THOM. FORNELLS DE LA SELVA-SMC. 0-23 HORES D'OBSERVACIÓ. PERÍODE 2009-2012.....	456
FIGURA 5.166 VALORS HORARIS DE L'ÍNDEX DE MALESTAR DE THOM. GIRONA-PARC DE BOMBERS I FORNELLS DE LA SELVA-SMC. 0-23 HORES DIA 13 D'AGOST DE 2003.....	458
FIGURA 5.167 INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR. DIFERÈNCIA TÈRMICA SEMIHORÀRIA GIRONA-PARC DE BOMBERS (SMC)-FORNELLS DE LA SELVA (SMC). 0 HORES DIA 13 D'AGOST DE 2013-0 HORES DIA 14 AGOST 2013.	459
FIGURA 5.168 VALORS HORARIS DE L'ÍNDEX DE CONFORT PET. 0 HORES DIA 14-0 HORES 21 D'AGOST DE 2009. GIRONA-PARC DE BOMBERS. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DEL SOFTWARE RAYMAN 1.2. MAYER I MATZARAKIS, 2002.	460
FIGURA 5.169 VALORS HORARIS DE L'ÍNDEX DE CONFORT PET. 0 HORES DIA 24-23 HORES DIA 31 DE GENER DE 2005. GIRONA-PARC DE BOMBERS. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DEL SOFTWARE RAYMAN 1.2. MAYER I MATZARAKIS, 2002.....	461
FIGURA 5.170 ÍNDEX DE CONFORT TÈRMIC PET (PHYSIOLOGICAL EQUIVALENT TEMPERATURE). GIRONA-PARC DE BOMBERS. VALORS HORARIS DELS DIES 24-31 DE GENER DE 2005. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DEL SOFTWARE RAYMAN 1.2. MAYER I MATZARAKIS, 2002.....	461
FIGURA 5.171 ÍNDEX DE CONFORT TÈRMIC PET (PHYSIOLOGICAL EQUIVALENT TEMPERATURE). VALORS HORARIS DELS DIES 1-2 DE JULIOL DE 2006. GIRONA-PARC DE BOMBERS. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DEL SOFTWARE RAYMAN 1.2. MAYER I MATZARAKIS, 2002.....	462
FIGURA 5.172 ZONES CLIMÀTIQUES URBANES DEL CENTRE DE GIRONA I LA PART ORIENTAL I OCCIDENTAL ON S'HAN DE REALITZAR DIFERENTS MESURES DE PLANIFICACIÓ URBANA. FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE GOOGLE EARTH.	463
FIGURA 5.173 NECESSITATS DE CLIMATITZACIÓ A L'ÀREA URBANA DE GIRONA SEGONS L'ÚS DEL SÒL.....	475
FIGURA 5.174 NECESSITATS ANUALS DE CALEFACCIÓ DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2015.....	476
FIGURA 5.175 NECESSITATS ANUALS DE REFRIGERACIÓ DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2015.....	477
FIGURA 5.176 ANOMALIA DECADAL DE LA MORTALITAT DE L'ESTIU 2003 RESPECTE LA MITJANA DEL PERÍODE DELS ANYS 1999 I 2002-2007. POBLACIÓ DE GIRONA AMB EDAT>=65 ANYS.	479
FIGURA 5.177 MORTALITAT MITJANA ESTACIONAL DE LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 2002-2007 I 1999. POBLACIÓ DE GIRONA AMB EDAT>=65 ANYS.....	480
FIGURA 5.178 MORTALITAT MITJANA ESTACIONAL DE LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 2002-2007 I 1999. POBLACIÓ DE GIRONA AMB EDAT>=65 ANYS.....	480
FIGURA 5.179 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÍNIMES DE L'ANY. GIRONA-SÈQUIA. PERÍODE 2002-2007 I 1999.....	481
FIGURA 5.180 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÍNIMES DE L'HIVERN. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	482
FIGURA 5.181 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÀXIMES DE L'ESTIU. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	483
FIGURA 5.182 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÀXIMES DE TOT L'ANY. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	484
FIGURA 5.183 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÍNIMES DE TOT L'ANY. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	485

FIGURA 5.184 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÍNIMES D'ESTIU. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	486
FIGURA 5.185 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÀXIMES DE L'ESTIU. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	487
FIGURA 5.186 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÀXIMES DE L'HIVERN. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	488
FIGURA 5.187 CORBA POLINÒMICA DE 2N GRAU QUE RELACIONA MORTALITAT DIÀRIA (PERSONES>65 ANYS DE GIRONA) AMB LES TEMPERATURES MÍNIMES DE L'HIVERN. PERÍODE 2002-2007 I 1999.	488
FIGURA 5.188 MORTALITAT DIÀRIA MITJANA A GIRONA. PERSONES AMB 65 ANYS O MÉS. PERÍODE 2002-2007 I ANY 1999.	490
FIGURA 5.189 TEMPERATURA SUPERFICIAL DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIA 11 D'AGOST DE 2003. 22,20 HORES. ...	492
FIGURA 5.190 TEMPERATURA SUPERFICIAL DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIA 11 D'AGOST DE 2003. 10,20 HORES. ...	493
FIGURA 5.191 DIFERÈNCIA DE PRESSIÓ DE VAPOR ENTRE SALT I LES DEVESES DE SALT. TRANSSECTES NOCTURNS. PERÍODE 2002-2011.	496
FIGURA 5.192 TEMPERATURA MITJANA, MITJANA DE LES MÀXIMES I DE LES MÍNIMES ANUAL DE DIFERENTS PARCS URBANS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DADES HOMOGENEÏZADES DEL PERÍODE 1998-2020.	499
FIGURA 5.193 GRÀFICA DE LA TEMPERATURA NOCTURNA DELS TRANSSECTES DE LA NIT DEL 4 DE DESEMBRE DE 2002 I DE LA MATINADA DEL 17 DE DESEMBRE DE 2007. TRANSSECTE 5. NW-SE. PAS D'EN PRATS (DEVESES)-SALT-LA MAÇANA.	502
FIGURA 5.194 MAPA DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE SALT I RODALIA. 22 DE NOVEMBRE DE 2005. 20,20 HORES.	503
FIGURA 5.195 MAPA DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE SALT I RODALIA. 22 DE NOVEMBRE DE 2006. 20,20 HORES.	504
FIGURA 5.196. TRANSSECTE 5 DEL 17 DE JULIOL DE 2012. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE FRESCOR URBANA DIÛRNA DE LES DEVESES DE SALT: 7,3 °C (19,42 HORES) . ANTICICLÓ. CEL SERÈ. VENT ENCALMAT. 1024 hPa. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE SEQUEDAT: 22,7% (21,32 HORES).	505
FIGURA 5.197 ÍNDEX DE MALESTAR DE THOM I PRESSIÓ DE VAPOR PARCIAL (hPa). TRANSSECTE 5. 17 DE JULIOL DE 2012. 21,32 HORES. INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE HUMITAT: 3,9 h Pa (21,32 HORES). CEL SERÈ. VENT ENCALMAT. ANTICICLÓ. 1024 hPa.	506
FIGURA 5.198 TRANSSECTE S-N. GIRONA. CENTRE COMERCIAL BAUHAUS (POLÍGON MAS GRI).GIRONA-SARRIÀ DE TER. 19 DE SETEMBRE DE 2013.	507
FIGURA 5.199 TRANSSECTE DEL 20 D'AGOST DE 2018. PONT DE LA BARCA (GIRONA)- PLAÇA SANT CUGAT (SALT).	508
FIGURA 5.200 FREQUÈNCIES RELATIVES ANUALS DE LES SITUACIONS SINÒPTIQUES AMB INTENSA ILLA DE CALOR (>=6,0°C). DIFERÈNCIES DIÀRIES EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA (SÈQUIA) I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2002-2007.	512
FIGURA 5.201 MAPES ISOBÀRICS EN SUPERFÍCIE DELS DIFERENTS PATRONS SINÒPTICS D'UNA INTENSA ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA (>=6°C) D'UNA MOSTRA DE 187 TRANSSECTES TÈRMICS. RESOLUCIÓ ANUAL. PERÍODE 2002-2010. ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE L'ANÀLISI DE COMPONENTS PRINCIPALS AMB AJUT DEL SOFTWARE SPSS.	514
FIGURA 5.202 NOMBRE ANUAL DE DIES DE TRAMUNTANA>50 KM/H A L'ESCALA EN EL PERÍODE 2005-2020. FONT: SERGI CORRAL. DISPONIBLE A: HTTPS://RADIOPALAFRUGELL.CAT/EL-2020-VA-SER-LANY-AMB-MENYS-TRAMUNTANA	515

Índex de taules

TAULA 5.1 TEMPERATURES EXTREMES DEL 21 D'AGOST DE 2012.....	239
TAULA 5.2 DADES METEOROLÒGIQUES DEL TRANSSECTE DE 25 DE DESEMBRE DE 2011.....	245
TAULA 5.3 TEMPERATURES DELS PUNTS D'OBSERVACIÓ DEL TRANSSECTE DEL 25 DE DESEMBRE DE 2011. TRANSSECTE SARRIÀ DE TER-GIRONA (LA VALL DE SANT DANIEL)-VILAROJA-GIRONA. 25 DE DESEMBRE DE 2011.....	245
TAULA 5.4 TEMPERATURES DELS PUNTS D'OBSERVACIÓ DEL TRANSSECTE DEL 25 DE DESEMBRE DE 2011. SARRIÀ DE TER-GIRONA (LA VALL DE SANT DANIEL)-GIRONA (CENTRE)-VILA-ROJA-PALAU-ESCOLA DE MERCADERIES-GIRONA (CENTRE).....	248
TAULA 5.5 TEMPERATURES DELS PUNTS D'OBSERVACIÓ DEL TRANSSECTE DEL 25 DE DESEMBRE DE 2011. SARRIÀ DE TER-GIRONA (FONTAJAU)-GIRONA (SANTA EUGÈNIA)-SALT.....	250
TAULA 5.6 DADES METEOROLÒGIQUES DE GIRONA I SINÒPTIQUES DEL 10 D'OCTUBRE DE 2004.....	265
TAULA 5.7 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 25 DE GENER DE 2012. 7,15 HORES.....	270
TAULA 5.8 ESTADÍSTIQUES DESCRIPTIVES DE CADA TRANSSECTE (RECORREGUTS NOCTURNS). FONT: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DELS TRANSSECTES TÈRMICS.....	273
TAULA 5.9 FREQUÈNCIA EN QUÈ UN PUNT D'OBSERVACIÓ ENREGISTRA LA TEMPERATURA MÍNIMA DEL TRANSSECTE 3.....	278
TAULA 5.10 FREQUÈNCIA RELATIVA DEL MÍNIM TÈRMIC DE LES TRANSSECTES 2 DEL MIGDIA.....	278
TAULA 5.11 INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE FRESCOR URBANA DIÛRNA DELS TRANSSECTES 2 DEL MIGDIA EN FUNCIÓ DE LA SITUACIÓ SINÒPTICA.....	279
TAULA 5.12 TEMPERATURA MITJANA DE LES TRANSSECTES EN FUNCIÓ DE LA SITUACIÓ SINÒPTICA. TRANSSECTE 2 DEL MIGDIA.....	280
TAULA 5.13 INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR DELS TRANSSECTES EN FUNCIÓ DE LA SITUACIÓ SINÒPTICA. TRANSSECTE 8. NIT.....	280
TAULA 5.14 INTENSITAT MITJANA MENSUAL I ANUAL DE L'ILLA DE CALOR DE GIRONA. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE MAIG 2012-DESEMBRE 2017.....	282
TAULA 5.15 INTENSITAT MITJANA ESTACIONAL DE L'ILLA DE CALOR DE GIRONA. DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE MAIG 2012-DESEMBRE 2017.....	282
TAULA 5.16 TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MÍNIMES DE LES 6 ZONES CLIMÀTIQUES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.....	287
TAULA 5.17 INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR. DIFERÈNCIES TÈRMiques URBANO-RURALS MUNICIPALS EN LES TEMPERATURES MÍNIMES PER A LES DIFERENTS ESTACIONS DE L'ANY. FALTA CASSÀ DE LA SELVA-SMC.....	289
TAULA 5.18 DIFERÈNCIA TÈRMICA EN LES TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MÍNIMES ESTACIONALS ENTRE GIRONA-SÈQUIA-FORNELLS DE LA SELVA. PERÍODE 2003-2017.....	291
TAULA 5.19 DATA MITJANA DE LA PRIMERA I ÚLTIMA GLAÇADA. PERÍODE 1998-2020.....	299
TAULA 5.20 TEMPERATURES DIA 11 D'AGOST DE 2015 DE LES 17,30 HORES A 17,43 HORES.....	302
TAULA 5.21 TEMPERATURA MITJANA ESTACIONAL A LES 0 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE 1998-2020 (DADES HOMOGENEÏZADES).....	305
TAULA 5.22 TEMPERATURA MITJANA ESTACIONAL A LES 7 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE 1998-2020 (DADES HOMOGENEÏZADES).....	306

TAULA 5.23 TEMPERATURA MITJANA ESTACIONAL A LES 14 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE 1998-2020 (DADES HOMOGENEÏTZADES).	307
TAULA 5.24 TEMPERATURA MITJANA ESTACIONAL A LES 18 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE 1998-2020 (DADES HOMOGENEÏTZADES).	307
TAULA 5.25 TEMPERATURA MITJANA ESTACIONAL A LES 21 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS. PERÍODE 1998-2020 (DADES HOMOGENEÏTZADES).	308
TAULA 5.26 INTENSITATS MITJANES I MÀXIMES DE L'ILLA DE CALOR DE GIRONA EN FUNCIO DEL MOMENT DELS TRANSECTES TÈRMICS. PERÍODE 2001-2021.	313
TAULA 5.27. FREQUÈNCIA RELATIVA DE LES INTENSITATS DE L'ILLA DE CALOR SEGONS EL MOMENT DEL DIA. SALT. TRANSECTE 5. PERÍODE 2002-2010.....	313
TAULA 5.28 TENDÈNCIA DE LES DIFERÈNCIES URBANO-RURALS EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-89 I 1990-2008.....	314
TAULA 5.29 DIFERÈNCIA MENSUAL I ANUAL EN LA MITJANA DE LES TEMPERATURES MÍNIMES. GIRONA (VICENS VIVES)- AEROPORT DE GIRONA. PERÍODES 1971-77 I 2004-17.	319
TAULA 5.30 COEFICIENT DE CORRELACIÓ ENTRE LES TEMPERATURES MÍNIMES MENSUALS DELS DOS OBSERVATORIS DE GIRONA I L'AEROPORT DE GIRONA EN DIFERENTS PERÍODES TEMPORALS.....	321
TAULA 5.31 COEFICIENT DE CORRELACIÓ ENTRE LES TEMPERATURES MÀXIMES DE GIRONA-(BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2004.....	321
TAULA 5.32 HOMOGENEÏTAT EN LES TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MAXIMES DE GIRONA-BELL-LLOC I L'AEROPORT DE GIRONA SEGONS DIFERENTS TESTS. PERIODE 1973-2004.	322
TAULA 5.33 HOMOGENEÏTAT EN LES TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MINIMES DE GIRONA-BELL-LLOC I L'AEROPORT DE GIRONA SEGONS DIFERENTS TESTS. PERIODE 1973-2004.	322
TAULA 5.34 HOMOGENEÏTAT EN LES TEMPERATURA MITJANA ANUAL DE LES MITJANES DE GIRONA-BELL-LLOC I L'AEROPORT DE GIRONA SEGONS DIFERENTS TESTS. PERIODE 1973-2004.	322
TAULA 5.35 SIGNIFICACIÓ ESTADÍSTICA DE LES TEMPERATURES MITJANES MENSUALS DE GIRONA (BELLLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA	325
TAULA 5.36 DIFERÈNCIA EN LA TENDÈNCIA DE LES TEMPERATURES MÀXIMES DE GIRONA-BELL-LLOC I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-89 I 1990-2008.	325
TAULA 5.37 TENDÈNCIA EN LA DIFERÈNCIA DE LES MÀXIMES ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA (°C/ANY)	326
TAULA 5.38 DIFERÈNCIA MITJANA QUINQUENNAL EN LA TEMPERATURA MITJANA DE LES MÍNIMES ANUAL ENTRE GIRONA(BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2007.	326
TAULA 5.39 TENDÈNCIA DE LES TEMPERATURES MÀXIMES A GIRONA-BELL-LLOC I L'AEROPORT. PERÍODE 1973-2008.....	326
TAULA 5.40 TENDÈNCIA DE LES TEMPERATURES MÍNIMES A GIRONA-BELL-LLOC I L'AEROPORT . PERÍODE 1973-2008.....	326
TAULA 5.41. INSOLACIÓ MITJANA A L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2004.	327
TAULA 5.42 TENDÈNCIA EN LA DIFERÈNCIA DE LES TEMPERATURES MÍNIMES ANUALS ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA (°C/ANY). PERÍODES 1973-1989 I 1990-2008.	328
TAULA 5.43 TENDÈNCIA EN LA DIFERÈNCIA DE LES TEMPERATURES MITJANES ANUALS ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA (°C/ANY). PERÍODES 1973-1989 I 1990-2008.	328
TAULA 5.44 TENDÈNCIA EN LA DIFERÈNCIA DE L'AMPLITUD MITJANA DE GIRONA (BELLLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA (°C/ANY)	328

TAULA 5.45 DIFERÈNCIA EN LA MITJANA DE LES TEMPERATURES MÍNIMES. GIRONA (VICENS VIVES)-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODES 1971-77 I 2004-17.	329
TAULA 5.46 DIFERÈNCIA EN LA TENDÈNCIA DE LES TEMPERATURES MÍNIMES. GIRONA (BELL-LLOC)-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2004.	329
TAULA 5.47 DIFERÈNCIA ESTACIONAL EN LES TEMPERATURES MÍNIMES GIRONA (VICENS VIVES)-AEROPORT DE GIRONA. 1971-2007.	330
TAULA 5.48 DIFERÈNCIA ESTACIONAL EN LES TEMPERATURES MÍNIMES GIRONA (BELL-LLOC)-AEROPORT DE GIRONA. 1973-2004.	330
TAULA 5.49 ^e NIVELL DE SIGNIFICACIÓ ESTADÍSTICA DE LES DIFERÈNCIES EN LES TEMPERATURES MÍNIMES I MÀXIMES. PERÍODE 1998-2011.	332
TAULA 5.50 R ² DE LES DIFERÈNCIES DE LES TEMPERATURES DELS OBSERVATORIS EN COMPARACIÓ AMB L'AEROPORT.	334
TAULA 5.51 TENDÈNCIES DE LES TEMPERATURES DELS OBSERVATORIS EN COMPARACIÓ AMB L'AEROPORT.	334
TAULA 5.52. VALOR DE R ² DE LES DIFERÈNCIES DELS OBSERVATORIS EN COMPARACIÓ AMB L'AEROPORT DE GIRONA.	343
TAULA 5.53 TENDÈNCIA EN LES TEMPERATURES MÀXIMES I MÍNIMES RESPECTE L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2020.	343
TAULA 5.54 CORRELACIÓ ENTRE LES VARIABLES METEOROLÒGIQUES DE GIRONA-SÈQUIA DEL DIA DEL TRANSSECTES I LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR DEL TRANSSECTE.	357
TAULA 5.55 CORRELACIÓ ENTRE LES VARIABLES METEOROLÒGICS DEL MOMENT DEL TRANSSECTE I LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR OBSERVADA.	357
TAULA 5.56 CORRELACIONS ENTRE ELS USOS DEL SÒL I LA TEMPERATURA DELS PUNTS D'OBSERVACIÓ DELS TRANSSECTES.	359
TAULA 5.57 CORRELACIONS ENTRE ELS FACTORS GEOGRÀFICS, FACTOR DE VISIÓ DEL CEL (SVF) I TEMPERATURA DELS PUNTS D'OBSERVACIÓ DELS TRANSSECTES.	360
TAULA 5.58 CORRELACIÓ ENTRE L'ILLA DE CALOR I L'ILLA DE SEQUEDAT DE SALT AMB DIFERENTS VARIABLES METEOROLÒGIQUES. TRANSSECTE 5.	361
TAULA 5.59 MODELS MULTIVARIANTS DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA PREDITA A PARTIR DE DIFERENTS VARIABLES DE LA REANÀLISI I ALGUNS PARÀMETRES METEOROLÒGICS DE L'OBSERVATORI DE SALT. PERÍODE 1998-2011.	364
TAULA 5.60 MODELS ESTACIONALS DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	365
TAULA 5.61 CORRELACIÓ ENTRE LA POBLACIÓ I LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	365
TAULA 5.62 MODELS MULTIVARIANT DE LA TEMPERATURA MÍNIMA DE L'OBSERVATORI DE GIRONA-LA VALL DE SANT DANIEL EN FUNCIÓ DE LA TEMPERATURA A 850 hPa I LA INSOLACIÓ A L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	366
TAULA 5.63 VALORS DEL COEFICIENT DE CORRELACIÓ DE PEARSON ENTRE LA CONCENTRACIÓ DE DIFERENTS CONTAMINANTS ATMOSFÈRICS DE SARRIÀ DE TER-XVPCA I LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA CALCULADA A PARTIR DE LES DIFERÈNCIES DE TEMPERATURA MÍNIMA ENTRE GIRONA-DEVESA I GIRONA-BELL-LLOC. PERÍODE 1998-2003.	366
TAULA 5.64 CORRELACIÓ ENTRE LA CONTAMINACIÓ DIÀRIA A L'ESTACIÓ DE CONTAMINACIÓ DE GIRONA-DEVESA I LA INTENSITAT MÀXIMA DE L'ILLA DE CALOR DELS TRANSSECTES. MARÇ-AGOST 2011. VALORS MENSUALS I ESTACIONALS.	366
TAULA 5.65 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 6 DE FEBRER DE 2008. 12,20 HORES.	376
TAULA 5.66 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 6 DE FEBRER DE 2008. 14 HORES.	377

TAULA 5.67 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 31 DE JULIOL DE 2004. 18,25 HORES.	377
TAULA 5.68 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 18 D'AGOST DE 2009.	379
TAULA 5.69 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 19 D'AGOST DE 2009. 14,10 HORES.	381
TAULA 5.70 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 20 D'AGOST DE 2009. 14,03 HORES.	384
TAULA 5.71 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 2 D'AGOST DE 2012. 16,50 HORES.	387
TAULA 5.72 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 30 DE MARÇ DE 2012. 14 HORES.	388
TAULA 5.73 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 12 D'OCTUBRE DE 2011. 14,45 HORES.	393
TAULA 5.74 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 5 DE GENER DE 2013. 17,05 HORES.	394
TAULA 5.75 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 25 DE GENER DE 2012. 14 HORES.	395
TAULA 5.76 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 25 DE GENER DE 2012. 14 HORES.	396
TAULA 5.77 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 6 DE FEBRER DE 2012. 14 HORES.	398
TAULA 5.78 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 13 DE MARÇ DE 2012. 14 HORES.	399
TAULA 5.79 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 21 D'AGOST DE 2012. 14 HORES.	400
TAULA 5.80 DADES METEOROLÒGIQUES DE L'11 DE GENER DE 2011.	400
TAULA 5.81 CORRELACIÓ ENTRE L'ILLA DE FRESCOR DIÛRNA I ALTRES VARIABLES METEOROLÒGIQUES I TEMPORALS.	406
TAULA 5.82 TRANSSECTE DEL MIGDIA DEL 17 DE JULIOL DE 2015. COL·LEGI BRUGUERA (GIRONA)-BARRI VELL DE GIRONA- JUTJATS.	408
TAULA 5.83 DADES METEOROLÒGIQUES DE GIRONA-SÈQUIA I DADES SINÒPTIQUES DEL 30 D'ABRIL DE 2005.	419
TAULA 5.84 DADES METEOROLÒGIQUES DE GIRONA I SINÒPTIQUES DEL 22 DE JUNY DE 2003.	425
TAULA 5.85 TEMPERATURES EXTREMES DEL 18 DE JULIOL DE 2012. ÀREA URBANA DE GIRONA.	427
TAULA 5.86 DADES METEOROLÒGIQUES DE GIRONA I SINÒPTIQUES DEL 18 DE JULIOL DE 2012.	430
TAULA 5.87 DADES METEOROLÒGIQUES DEL DIA 27 DE JULIOL DE 2006 A LES 6 HORES.	434
TAULA 5.88 LLISTAT D'OBSERVATORIS IMPLICATS EN L'ANÀLISI DEL CONFORT TÈRMIC.	443
TAULA 5.89 FREQUÈNCIA RELATIVA ANUAL DE LES SENSACIONS TÈRMiques SEGONS L'ÍNDex DE MALESTAR DE THOM EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. VARIS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	444
TAULA 5.90 FREQUÈNCIA DE LES SENSACIONS TÈRMiques MENSUALS DE GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA SEGONS L'ÍNDex DE MALESTAR DE THOM. PERÍODE 2012-15.	446
TAULA 5.91 FREQUÈNCIA MENSUAL DE LES SENSACIONS TÈRMiques DE FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2009-2012.	446
TAULA 5.92 DIFERÈNCIA MENSUAL DE LES SENSACIONS TÈRMiques SEGONS L'ÍNDex DE MALESTAR DE THOM. GIRONA (ESCOLA DE LA MÚSICA)-FORNELLS DE LA SELVA-SMC. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	446
TAULA 5.93 FREQUÈNCIA DE LA SENSACIÓ TÈRMICA DE DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS SEGONS L'ÍNDex DE MALESTAR DE THOM. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	448
TAULA 5.94 CATEGORIA D'ESTRÈS TÈRMIC SEGONS L'ÍNDex DE CONFORT PET. FONT: MATZARAKIS I MAYER, 1996. .462	
TAULA 5.95 COMPARACIÓ ENTRE LES NECESSITATS ANUALS DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ EN GRAUS-DIA ENTRE LES DEVESES DE SALT I GIRONA (SÈQUIA). PERÍODE 2003-2014.	478

TAULA 5.96 NECESSITATS ANUALS DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ EN DIFERENTS MUNICIPIS DE L'ÀREA URBANA I ALS BARRIS DE GIRONA (EN GRAUS-DIA). PERÍODE 1998-2020.	478
TAULA 5.97 SIGNIFICACIÓ ESTADÍSTICA I CORRELACIÓ ENTRE LES TEMPERATURES MÀXIMES I MÍNIMES I LA MORTALITAT ANUAL, ESTIUENCA I HIVERNAL A LA CIUTAT DE GIRONA A PARTIR DE LA TENDÈNCIA LINEAL	489
TAULA 5.98 TEMPERATURES MÀXIMES I MORTALITAT DIÀRIES DURANT L'ONADA DE FRED DEL GENER DE 2005.	489
TAULA 5.99 DIFERÈNCIA TÈRMICA MÀXIMA NOCTURNA EN ELS PARCS URBANS DE GIRONA.	493
TAULA 5.100 INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE SALT MITJANÇANT ELS TRANSSECTES TÈRMICS. DIFERÈNCIES TÈRMiques ENTRE SALT I LES DEVESES DE SALT DURANT LA NIT. PERÍODE 1998-2007.	494
TAULA 5.101 DIFERÈNCIES TÈRMiques ENTRE SALT I LES DEVESES DE SALT. MÈTODE DELS TRANSSECTES NOCTURNS. PERÍODE 2002-2020.	495
TAULA 5.102 DIFERÈNCIA EN LES TEMPERATURES MITJANES DE LES MÍNIMES ENTRE SALT I LES DEVESES DE SALT.	495
TAULA 5.103 INTENSITAT MITJANA DE LA ILLA DE CALOR SEGONS LA VELOCITAT DEL VENT (ESCALA BEAUFORT). TRANSSECTE 5. TRANSSECTES NOCTURNS. PERÍODE 2002-2011.	496
TAULA 5.104 ILLA DE SEQUEDAT ESTACIONAL DE SALT	496
TAULA 5.105 INTENSITATS DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE SALT DELS TRANSSECTES SEGONS EL MOMENT DEL DIA. TRANSSECTE 5. PERÍODE 2002-2011.	497
TAULA 5.106 QUANTILS DE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR URBANA DE SALT DELS TRANSSECTES RESPECTE EL MOMENT DEL DIA. TRANSSECTE 5. PERÍODE 2002-2010.	498
TAULA 5.107 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 22 DE NOVEMBRE DE 2005. 20,20 HORES.	503
TAULA 5.108 22 DE NOVEMBRE DE 2006. DADES METEOROLÒGIQUES DE LES 20,20 HORES.	504
TAULA 5.109 DADES METEOROLÒGIQUES DEL TRANSSECTE BAUHAUS (GIRONA 2)-SARRIÀ DE TER. DIJOURS, 19 DE SETEMBRE DE 2013.	506
TAULA 5.110 DADES METEOROLÒGIQUES DEL TRANSSECTE DEL 20 D'AGOST DE 2018. PONT DE LA BARCA (GIRONA)- PLAÇA SANT CUGAT (SALT).	507
TAULA 5.111 FREQUÈNCIA ABSOLUTA I RELATIVA DELS DIES AMB MOLT INTENSA ILLA DE CALOR. DIFERÈNCIA EN LES MÍNIMES $\geq 6,0^{\circ}\text{C}$ ENTRE GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). MAIG 2002-2007.	509
TAULA 5.112 INVERSIÓ TÈRMICA MITJANA ENTRE GIRONA-MONTJUÏC I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). DIFERÈNCIA MITJANA EN LES TEMPERATURES MÍNIMES. PERÍODE 1998-2006.	510
TAULA 5.113 CORRELACIÓ ENTRE LA DISTRIBUCIÓ MENSUAL DELS DIES AMB UNA MOLT ELEVADA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR ($\geq 6,0^{\circ}\text{C}$) I ELS FACTORS METEOROLÒGICS. GIRONA (SÈQUIA)-FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2002-2007.	510
TAULA 5.114 FREQUÈNCIA RELATIVA DELS DIES DE MÉS DE 6°C DE INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR SEGONS LA SITUACIÓ SINÒPTICA. L. DIFERÈNCIES DIÀRIES EN LES TEMPERATURES MÍNIMES ENTRE GIRONA (SÈQUIA) I FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2002-7.	511
TAULA 5.115 DIES AMB MAJOR DIFERÈNCIA URBANO-RURA PEL QUE FA A LES TEMPERATURES MÍNIMES. L. GIRONA-SÈQUIA-FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE MAIG 2002-DESEMBRE 2017.	512
TAULA 5.116 FREQUÈNCIA RELATIVA ESTACIONAL I ANUAL DELS DIFERENTS PATRONS SINÒPTICS D'UNA INTENSA ILLA DE CALOR URBANA DE GIRONA ($\geq 6^{\circ}\text{C}$) D'UNA MOSTRA DE 187 TRANSSECTES TÈRMICS. PERÍODE 2001-2011. ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE L'ANÀLISI DE COMPONENTS PRINCIPALS AMB AJUT DEL SOFTWARE SPSS.	514

TAULA 5.117 CORRELACIÓ ENTRE ELS DIES AMB MOLT INTENSA ILLA DE CALOR DE GIRONA (DIFERÈNCIESE N LES MÍNIMES $\geq 6^{\circ}\text{C}$ ENTRE GIRONA-SÈQUIA I FORNELLS DE LA SELVA-SMC) I EL NOMBRE DE DIES ANUAL AMB RATXES $>50 \text{ KM/H}$ A L'ESCALA. PERÍODE 2005-2017.	515
TAULA 5.118 CORRELACIÓ ENTRE LA INTENSITAT MITJANA DE L'ILLA DE CALOR ESTACIONAL I ANUAL DE GIRONA I EL NOMBRE DE DIES ANUALS AMB RATXES $>50 \text{ KM/H}$ A L'ESCALA. PERÍODE 2005-2017.	516

5 L'illa de calor urbana

5.1 La intensitat de l'illa de calor segons el mètode dels transectes

El mètode dels transectes tèrmics permet detectar els punts més càlids i els més freds d'una ciutat amb una certa finesa espacial, tot i que a partir del segle XXI el mètode de l'illa de calor superficial a través de l'anàlisi de la banda d'infraroig tèrmic de les imatges satel·litàries ha sigut més utilitzat per la majoria de climatòlegs urbans ja que permet captar les temperatures d'una ciutat amb una major finesa espacial que el mètode dels transectes tèrmics. No obstant, hem de diferenciar l'illa de calor superficial que és analitzada amb el mètode de les imatges satel·litàries i l'illa de calor atmosfèrica que és l'observada amb el mètode dels transectes.

En el cas del nostre treball hem realitzat transectes en diferents moments del dia la matinada, matí, migdia, tarda posta de sol i nit.

Els punts més càlids dels transectes matinals són igualment com a la nit a l'Eixample i el Barri Vell de Girona, tot i que al matí són més freqüents al Barri Vell i a la nit a l'Eixample. Entre els carrers més càlids del Barri Vell durant la nit i la matinada tenim l'Auriga, el Ciutadans, Cort Reial, plaça del Vi i la Plaça de l'Oli. D'altra banda els carrers més càlids de l'Eixample són el Juli Garreta, Ferran Agulló, Creu, Migdia i Emili Grahit. En canvi els indrets més freds dels recorreguts del migdia són al Barri Vell, mentre que els carrers més càlids els trobem més dispersos, per tota la ciutat, tant a l'Eixample com als barris de Santa Eugènia i Sant Narcís. Els carrers més càlids del migdia coincideixen amb vies urbanes amb alt SVF i orientació est-oest, mentre que els carrers més freds del migdia també tenen orientació est-oest però baix SVF. L'Auriga, el Nou del Teatre i el carrer de la Força són alguns dels carrers més freds al migdia. El màxim tèrmic es dona especialment als carrers més assolellats, el carrer de Santa Eugènia a l'altura de l'edifici de la Farinera, i també la plaça Pompeu Fabra, davant de la biblioteca de Girona.

Es pot considerar que les diferències tèrmiques en els transectes matinals són similars respecte el mètode dels observatoris meteorològics fixos, al voltant de 7°C-8°C durant les onades de calor. En aquests episodis càlids estiuencs la temperatura mínima fluctua molt més que la temperatura màxima entre els indrets urbans i els rurals durant dies d'estiu sense onada de calor. Aquest és el cas del 21 d'agost de 2012. La humitat relativa molt baixa a l'observatori de Girona-Sèquia, 13 %, a les 15 hores, probablement és una de les causes d'aquesta important illa de calor urbana nocturna. Així el dia 21 d'agost de 2012 la temperatura mínima és de 22,5°C a Girona-Sèquia, mentre en canvi a les Deveses de Salt tenim 15,5°C, 7,0°C menys, quan la diferència mitjana entre els dos observatoris és de 4,3°C a l'agost.

Taula 5.1 Temperatures extremes del 21 d'agost de 2012.

	Màxima	Mínima
Girona-Sèquia	39,6	22,5
Girona-Parc del Migdia	39,6	20,9
Salt-Plaça Sant Cugat	39,5	20,7
Salt-XOM	38,4	17,8
Girona-Santa Eugènia	38,0	17,2
Girona-Sant Daniel	39,8	16,5
Deveses de Salt	38,5	15,5
Girona-Montjuïc	39,0	23,0

Vilablareix. El Perelló	39,5	21,9
Sant Gregori	37,6	20,1
Vilablareix	37,8	17,7
Fornells de la Selva	37,5	17,3
Girona-Barri Vell	37,1	20,1
Girona- Bonastruc.	38,4	20,6
Sarrià de Ter	39,5	21,0
Cassà de la Selva-SMC	36,6	17,8
Aeroport de Girona	37,5	20,2

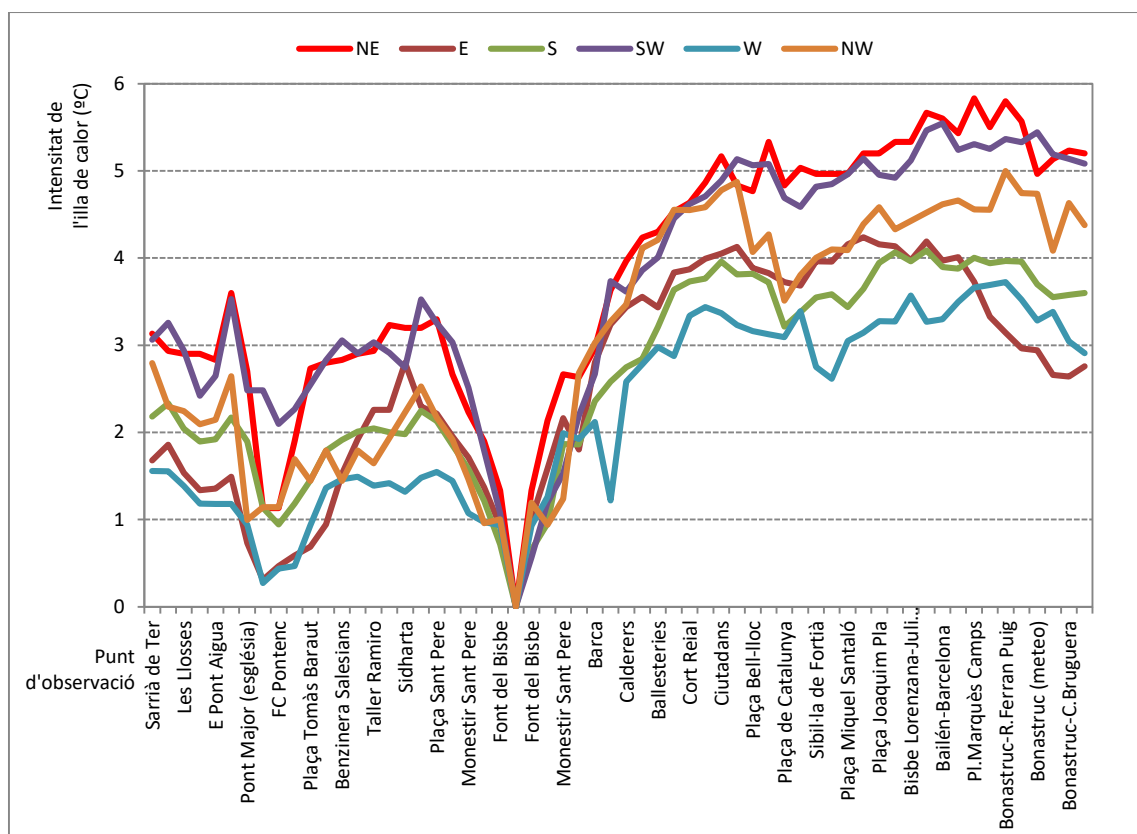


Figura 5.1 Transsectes de la matinada. Tardor-hivern 2013-2014. Mitjana de la intensitat de l'illa de calor segons la direcció del vent. Transsecte Sarrià de Ter (carrer Montagut)-Girona passant per Pont Major.

En primer lloc cal dir que falten alguns vents (SE i N), perquè no es van observar durant els transsectes matinals de la tardor-hivern 2013-2014. La intensitat mitjana de l'illa de calor és molt més elevada en els transsectes matinals amb vent de gregal (5,8°C) en comparació amb els recorreguts efectuats amb vent de ponent, 3,9°C, aquests són els valors extrems de la intensitat mitjana dels transsectes en funció de la direcció del vent de l'aeroport de Girona. No s'observa un canvi en la localització del màxim tèrmic tenint en compte la direcció del vent, però sí que s'observa un clar descens tèrmic en la part final del transsecte (nord del centre de Girona, al nord de la Plaça Marquès de Camps) amb vent de llevant. S'ha de remarcar el mínim tèrmic secundari de la zona adjacent al riu Ter (estadi del FC Pontenc) del barri Pont Major, amb temperatures al voltant de 2°C inferiors a la resta del barri i de Sarrià de Ter. No obstant, el mínim tèrmic es produeix a la Vall de Sant Daniel, al monestir, amb temperatures mitjanes 1,6°C inferiors al valor mitjà de l'estadi del FC Pontenc. D'altra banda el màxim tèrmic està situat més freqüentment l'Eixample de Girona i menys sovint al barri vell (només succeeix amb els vents de mestral, NW). Pel que fa als

carrers més càlids de la ciutat durant el matí són el Joan Maragall, Bisbe Lorenzana, Barcelona i Ronda Ferran Puig, que pertanyen als barris de l'Eixample i la zona centre.

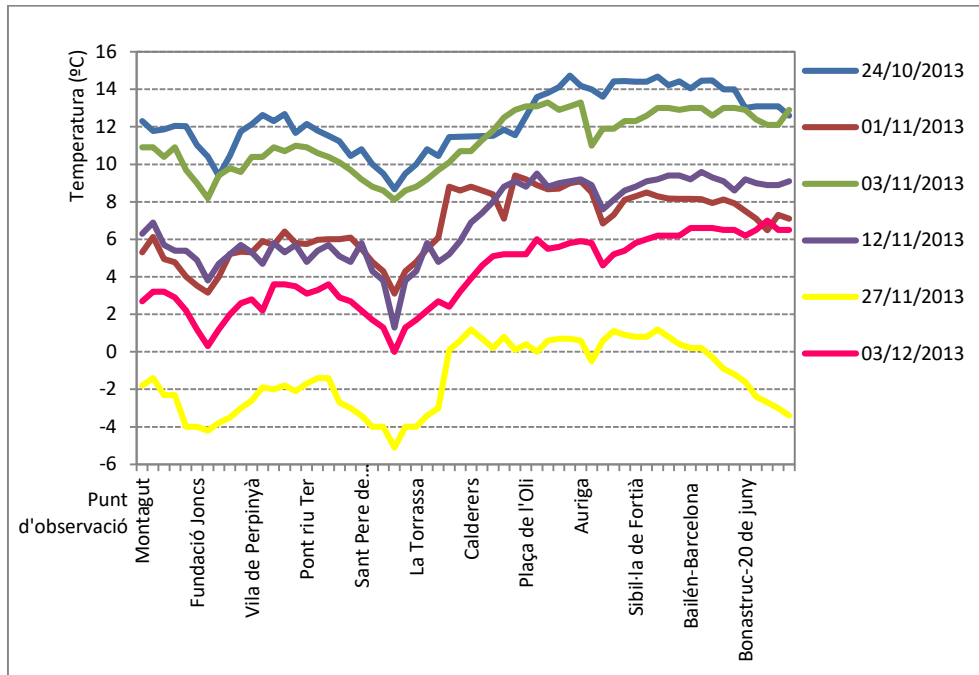


Figura 5.2 Mostra de transsectes matinals. Transsecte Sarrià de Ter-Girona passant per Sarrià de Dalt. Tardor-hivern 2013-2014.

Una mostra dels recorreguts efectuats durant la tardor-hivern 2013-2014 ens permet observar com el màxim tèrmic normalment es dona a l'Eixample i menys sovint al Barri Vell (això succeeix només al transsecte del 3 de novembre de 2003). D'altra banda el mínim tèrmic es produeix a la Vall de Sant Daniel, al punt del monestir, però s'observen valors tèrmics molt similars ($0,7^{\circ}\text{C}$ més alts de mitjana) al pont de la riera d'en Xuncla, a Sarrià de Dalt, prop de la Fundació Els Joncs (aquest indret no està situat a la N-2a, sinó en una carretera local, està uns 500 metres al sud-est del pont damunt el mateix curs fluvial que hi ha a la N-2, on les temperatures són més elevades). D'altra banda s'observa un important ressalt tèrmic entre el monestir de Sant Daniel i el carrer Calderers, al nord de la part antiga de la ciutat, la temperatura puja de mitjana uns 4°C , però alguns matins hi ha diferències de fins a 5°C (1 de novembre de 2013). El màxim tèrmic es dona al centre i Eixample de la ciutat. El transsecte del 27 de novembre de 2013 és especial, així hi ha un important ressalt tèrmic en 700 metres, la temperatura puja de $-5,8^{\circ}\text{C}$ al monestir de Sant Daniel fins a $1,2^{\circ}\text{C}$ al carrer de la Barca, per tant hi ha un gradient tèrmic de $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Al final del transsecte, prop de la Devesa de Girona, la temperatura torna a davallar clarament, des dels $1,7^{\circ}\text{C}$ de la Plaça Miquel Santaló fins als $-2,5^{\circ}\text{C}$ dels Jutjats, a l'avinguda Ramon Folch, uns 130 metres al sud de la Devesa. El transsecte del 3 de desembre de 2013 presenta el màxim en un lloc ben poc habitual, al carrer Bonastruc-Miquel Blay, prop de la Devesa de Girona i a 30 metres de l'estació meteorològica de Girona-Bonastruc.

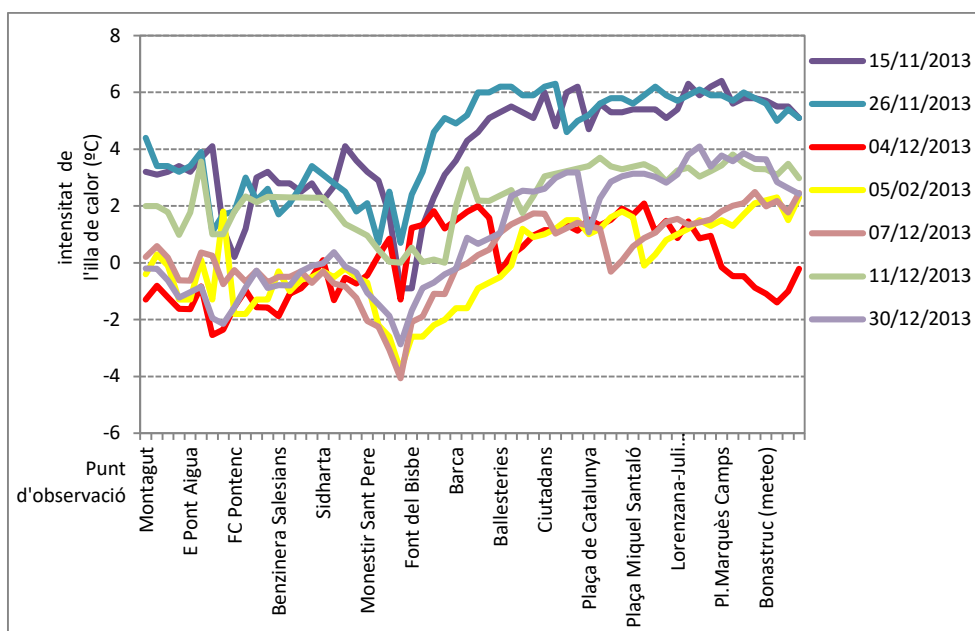


Figura 5.3 Mostra de transectes matinals. Tardor-hivern 2013-2014. Transecte Sarrià de Ter-Girona passant per Pont Major.

Una mostra dels recorreguts efectuats durant la tardor-hivern 2013-2014 ens permet fer una idea de les importants diferències tant en la localització dels màxims tèrmics com dels mínims tèrmics secundaris. Així normalment el mínim tèrmic del barri Pont Major s'observa a l'estadi del FC Pontenc, però a vegades està situat més al nord (al cantó del riu Ter) o més cap al sud (Devesa del Pont Major). En tot cas la temperatura més baixa es dona sempre al monestir de Sant Daniel, amb un mínim molt marcat el 7 de desembre de 2013, $-4,2^{\circ}\text{C}$, mentre al carrer Bonastruc-Ronda Ferran Puig la temperatura és de $4,2^{\circ}\text{C}$, la intensitat és de $6,4^{\circ}\text{C}$. Els màxims tèrmics es produeixen en llocs diferents del Barri Vell, l'Eixample i de la zona centre, aquests són entre d'altres, la travessia Auriga (Barri Vell), carrer Barcelona (Eixample), Plaça Poeta Marquina (centre), Plaça Miquel Santaló (Eixample), fins i tot en una zona perifèrica de la zona centre, al carrer Bonastruc. Sempre s'observa un esglaió tèrmic entre la zona nord del Barri Vell i Pou Rodó (plaça de Sant Feliu, carrer de la Barca), zona força càlida, i el monestir de Sant Daniel, que és un indret molt més fred. No obstant la temperatura més elevada es dona en llocs propers al centre urbà (sud del Barri Vell, sud de la zona centre, nord de l'Eixample)

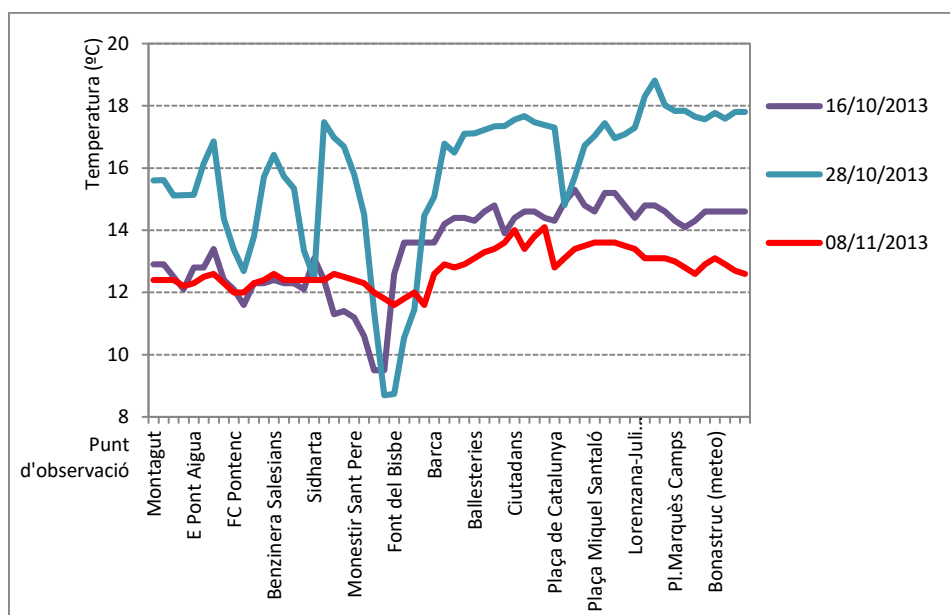
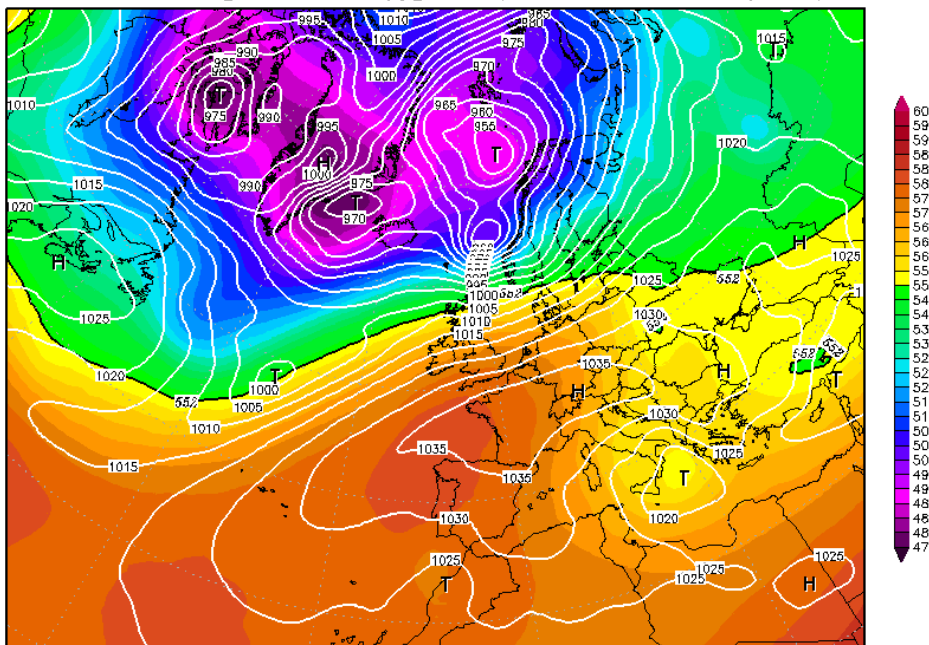


Figura 5.4 Transsectes matinals. 16 i 28 d'octubre de 2013 i 8 de novembre de 2013. Transsecte Sarrià de Ter-Girona passant per Pont Major.

Els 3 recorreguts de la tardor astronòmica de 2013 són indicatius d'unes intensitats de l'illa de calor que són molt variables. Així tenim una intensitat molt baixa, per exemple al 8 de novembre de 2013, només 2,2°, o molt alta, al 28 d'octubre de 2013, 10,1°C. Mentre el recorregut del 8 de novembre de 2013 es va efectuar amb boira, cosa que redueix molt la intensitat de l'illa de calor, el transsecte del 28 d'octubre de 2013 es va donar amb vent flux de migjorn. La diferent direcció dels vents que bufaven a la matinada, vent de migjorn flux a Girona i de llevant a la Vall de Sant Daniel, són les causes d'aquest gran contrast tèrmic entre la zona rural i l'àrea urbana de Girona del dia 28 d'octubre de 2013. Els 10,1°C d'aquest dia és la diferència més elevada mai observada amb el mètode dels transsectes tèrmics nocturns i matinals entre el centre i el monestir de la vall de Sant Daniel en tota la campanya d'observacions 2002-2021. Però el que sorprèn més d'aquest transsecte no només és la forta intensitat de l'illa de calor sinó el fort contrast tèrmic, 8,8°C de diferència, entre una zona amb poca densitat de urbanització, el punt Sidharta del barri de Pedret, molt proper al riu Ter, amb una temperatura de 17,5°C, i el monestir de Sant Daniel, 8,7°C. La causa de tal diferència és senzilla d'explicar, el vent bufava del sud al punt Sidharta, la qual cosa implicava una advecció d'aire càlid procedent del centre de Girona cap aquest punt situat al nord de la ciutat, a sotavent d'aquesta. En canvi al monestir de Sant Daniel (al nord-est de la ciutat), el vent era de l'est, vent catabàtic que davallava de les Gavarres, la qual cosa implicava una forta inversió tèrmica i una temperatura molt més baixa respecte la resta de zona urbana. Al nord de la ciutat tenim un mínim secundari, 12,6°C, a la Devesa del Pont Major, propera al riu Ter, al barri del Pont Major, mentre que al nucli urbà d'aquest barri tenim una temperatura molt superior, 16,9°C, al carrer

Pont Major, a l'altura de l'església. La temperatura és de 14,6°C a la Plaça de Catalunya, al centre urbà de Girona, on hi ha l'efecte de canal d'aire fred del riu Onyar, valor que contrasta amb els 18,8°C del carrer Juli Garreta-Bisbe Lorenzana (Eixample) o els 17,8°C del carrer Ciutadans (Barri Vell). En tot cas la frontera tèrmica entre la zona càlida i la freda del municipi de Girona està situada entre la part final de la Vall de Sant Daniel (Sant Pere de Galligants), i la zona propera a la confluència del riu Galligants amb el riu Onyar, al barri de Pedret, sector de Pou Rodó, on el vent és de migjorn, força càlid, ja que tenim 16,4°C al carrer de la Barca. En canvi uns 150 metres a l'oest de l'esmentat indret, al monestir de Sant Pere de Galligants la temperatura és molt més baixa, 11,8°C, ja que tenim el vent catabàtic que davalla des de les Gavarres.

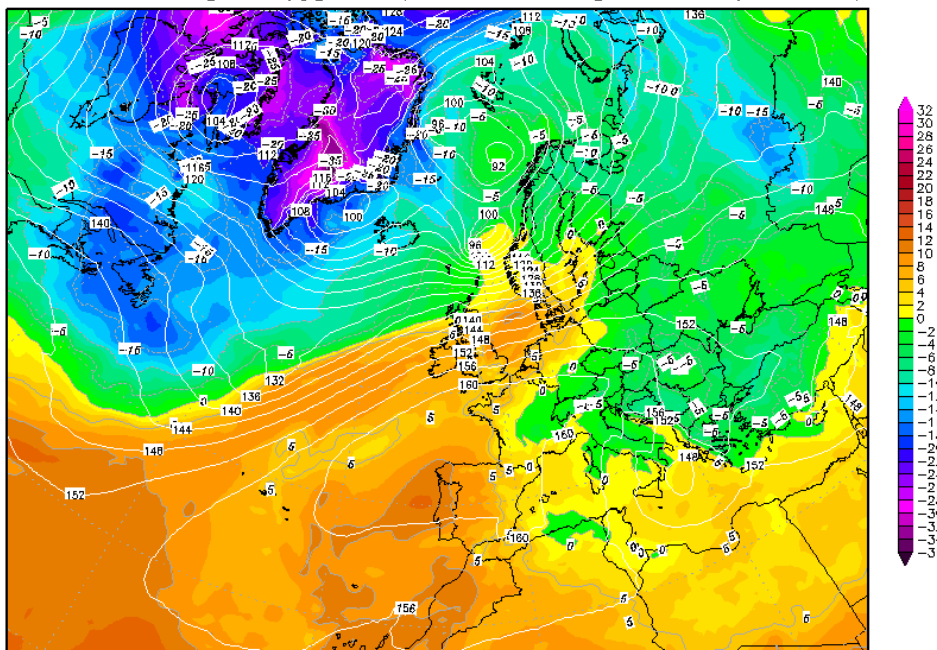
25DEC2011 18Z
500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)



Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.5 Mapa isobàric de superfície, topografia de 500 hPa. 25 de desembre de 2011. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale

25DEC2011 18Z
850 hPa Geopot. (gpdam) und Temperatur (Grad C)



Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.6 temperatura a la topografia de 850 hPa. 25 de desembre de 2011. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale

Taula 5.2 Dades meteorològiques del transecte de 25 de desembre de 2011

Nuvolositat: 0/8	Pressió: 1026,5 hPa	Vent: encalmat
Anticicló	Illa de calor: 7,7°C (20,53 h.)	Hora inici: 19,52 Hora final: 20,52

La temperatura més baixa a les 20,52 hores és al monestir de Sant Daniel, -0,9°C, mentre a les Deveses de Salt la temperatura és de -0,5°C segons la temperatura del termochron de la gàbia meteorològica. El punt més càlid de la ciutat de Girona és la cruïlla dels carrers Creu i Rutlla, aquest indret està situat al sud-est de l'Eixample, amb una temperatura 6,8°C. La intensitat de l'illa de calor és elevada, 7,7°C.

Taula 5.3 Temperatures dels punts d'observació del transecte del 25 de desembre de 2011. Transecte Sarrià de Ter-Girona (la vall de Sant Daniel)-Vilaroja-Girona. 25 de desembre de 2011

Sarrià de Ter-benzinera	4,1
Pont riera d'en Xuncla	4,1
Hinojosa Sarrià de Ter	4,4
Ajuntament de Sarrià	4,7
Benzinera Petrem Sarrià	4,8
Pont de l'Aigua	4,8
Pont Major (església)	4,8
Benzinera Salesians	3,5
Caprabo Pedret	3,5

Sidharta	4,9
Pont de Pedret	4,9
Plaça Sant Pere	3,2
Jardins Dr. Puig	2,6
La Torrassa	2,1
Font del Bisbe	1,6
Monestir Sant Daniel	-0,9
Anselm Tambor	0,5
Cementiri de Sant Daniel	-0,5
CREC- St. Daniel	-0,1
Plaça de la Sardana	-0,5
Monestir Sant Daniel	-0,8
La Torrassa	1,2
Monestir Sant Pere	1,9
Plaça Sant Pere	2,9
Pont de Pedret	3,5
Devesa de Girona	4,0
Devesa (rellotge)	4,4
Jutjats	4,7
Av. Jaume I-col.Bruguera	5,0
Av. Jaume I-Banesto	6,0
Ferran Agulló	6,2
Juli Garreta-Bisbe Lorenzana	6,3
Joan Baptista la Salle	6,5
Maluquer Salvador	6,4
Creu-Rutlla	6,8
Pont Onyar-C/Carme	5,1
Carme	5,3
Cementiri	3,0
Vila-roja	2,0
Creueta	-0,1
Parc Tecnològic	0,3
Universitat de Girona	3,3
Estadi FC Girona	1,4
GEIEG	3,6
Creu Palau	4,6
Tennis Girona	4,0
Mas Amat	3,5
Aragó-Barcelona	2,9
Avellaneda, final	3,3
Fornells Park	3,7
Pont TAV	2,2
Estació Mercaderies	2,6
Ctra. Sta. Coloma	3,9
Av. St. Narcís-Gasolinera Cepsa	4,8

Barcelona-Lidl	5,6
Barcelona-Bar Núria	6,0
Bonastruc de Porta	5,2

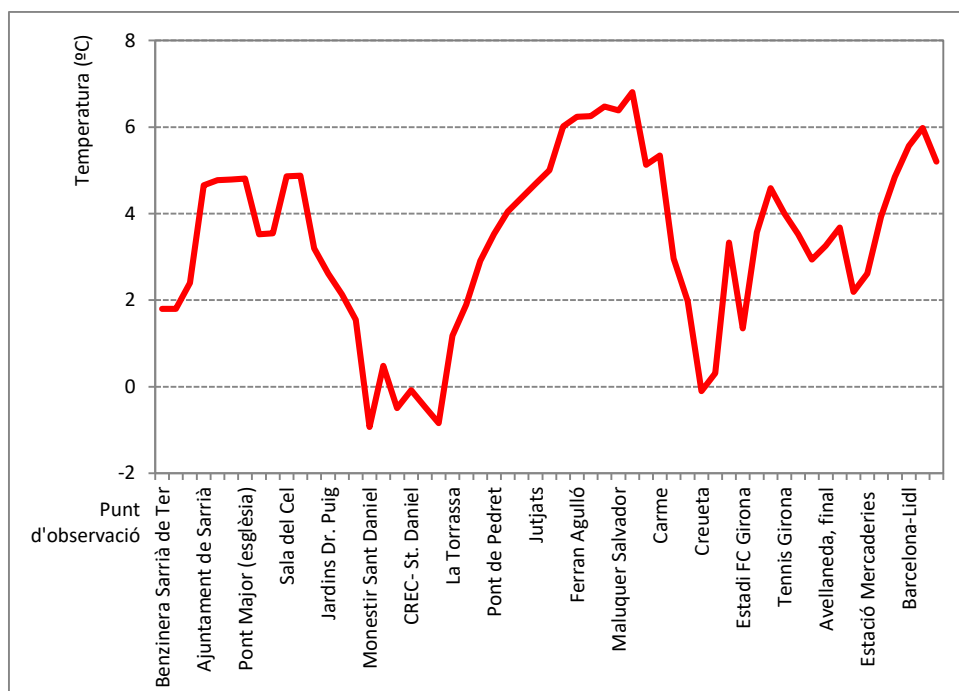


Figura 5.7 Transsecte Sarrià de Ter-Girona (la vall de Sant Daniel)-Vileroja-Girona. 25 de desembre de 2011

El 25 de desembre de 2011 l'efecte de canal d'aire fred dels rius i rieres és ben palès en aquest transsecte. Així a l'inici del transsecte, la benzineria de la N-IIa al cantó de la riera d'en Xuncla, al sud del terme municipal de Sarrià de Ter, la temperatura és de 1,8°C, mentre que al centre de Sarrià de Ter (ajuntament) la temperatura és de 4,8°C, i de 4,9°C a l'església del Pont Major, indrets molt propers al primer punt d'observació. D'altra banda el punt més fred és al cantó del riu Galligants, -0,9°C al monestir de Sant Daniel. La temperatura a la Creueta, al cantó del riu Onyar és de -0,1°C, valor no gaire superior a les Deveses de Salt, al Pas d'en Prat la temperatura és de -0,5°C, aquest indret es troba 100 metres al sud del riu Ter. Altres fondalades del municipi de Girona enregistren temperatures molt inferiors al centre urbà, així hi ha 1,4°C a l'estadi del Girona FC, al barri de Montilivi, 3,2 km al sud-est de l'observatori de Girona-Sèquia. En canvi la inversió tèrmica implica una temperatura força superior a aquest punt en un indret situat 1,3 km al SW de l'estadi, 4,6°C al col·legi les Alzines, situat a 130 metres, al sud del barri de Palau.

En un altre transsecte gairebé simultani s'observen temperatures al barri de Santa Eugènia que són lleugerament inferiors respecte el centre de Girona, 4,4°C a les Agudes-Passeig d'Olot, mentre en el punt que està al cantó de les Hortes de Santa Eugènia (Avinguda Josep Tarradellas, Mercadona) la temperatura és de 3,1°C. Aquest valor tèrmic més baix respecte el carrer Agudes està causat perquè aquest indret no està urbanitzat. L'estació Jove de Salt situada al Passeig Països Catalans de Salt és el punt més càlid de l'altre transsecte, 4,7°C, mentre la menor densitat de urbanització implica que a la Plaça Sant Cugat s'enregistri 4,3°C. S'ha de remarcar que la

temperatura és clarament més baixa al punt inicial del transsecte, 2,4°C, al carrer Montagut de Sarrià de Ter, respecte al centre de Salt, per efecte de la menor urbanització d'aquest indret de Sarrià de Ter en comparació amb la Plaça Sant Cugat. S'ha d'esmentar que la temperatura és clarament superior al centre de Sarrià de Ter, 4,7°C, a l'ajuntament de Sarrià de Ter respecte el carrer Montagut, 2,4°C. L'efecte de l'illa de calor urbana és més intens a l'ajuntament on la urbanització és més compacte respecte el carrer Montagut, que es troba situat al barri del Pla dels Vinyers, una zona amb predomini d'habitatges unifamiliars. Hem de remarcar que el punt d'observació Torras Papel o Torras Hostench és el mateix que Hinojosa, és el nom de la fàbrica de Sarrià de Ter que ha canviat de propietari i de nom entre l'any 2011 i el 2021.

Taula 5.4 Temperatures dels punts d'observació del transsecte del 25 de desembre de 2011. Sarrià de Ter-Girona (la vall de Sant Daniel)-Girona (centre)-Vila-roja-Palau-Escola de Mercaderies-Girona (centre).

Benzinera Sarrià de Ter	1,8
Pont riera d'en Xuncla	1,8
Torras Papel	2,4
Ajuntament de Sarrià	4,7
Benzinera Petrem Sarrià	4,8
Pont Aigua	4,8
Pont Major (església)	4,8
Benzinera Salesians	3,5
Caprabo Pedret	3,5
Sidharta	4,9
Pont de Pedret	4,9
Plaça Sant Pere	3,2
Jardins Dr. Puig	2,6
La Torrassa	2,1
Font del Bisbe	1,6
Monestir Sant Daniel	-0,9
Anselm Tambor	0,5
Cementiri de Sant Daniel	-0,5
CREC- St. Daniel	-0,1
Plaça de la Sardana	-0,5
Monestir Sant Daniel	-0,8
La Torrassa	1,2
Monestir Sant Pere	1,9
Plaça Sant Pere	2,9
Pont de Pedret	3,5
Devesa de Girona	4,0
Devesa (rellotge)	4,4
Jutjats	4,7
Av. Jaume I-col.Bruguera	5,0
Av. Jaume I-Banesto	6,0
Ferran Agulló	6,2
Juli Garreta-Bisbe Lorenzana	6,3

Joan Baptista la Salle	6,5
Maluquer Salvador	6,4
Creu-Rutlla	6,8
Pont Onyar-C/Carme	5,1
Carme	5,3
Cementiri	3,0
Vila-roja	2,0
Creueta	-0,1
Parc Tecnològic	0,3
Universitat de Girona	3,3
Estadi FC Girona	1,4
GEIEG	3,6
Creu Palau	4,6
Tennis Girona	4,0
Mas Amat	3,5
Aragó-Barcelona	2,9
Avellaneda, final	3,3
Fornells Park	3,7
Pont TAV	2,2
Estació Mercaderies	2,6
Ctra. Sta. Coloma	3,9
Av. St. Narcís-Gasolinera Cepsa	4,8
Barcelona-Lidl	5,6
Barcelona-Bar Núria	6,0
Bonastruc de Porta	5,2

S'ha de remarcar que a les 19,52 hores del dia 25 de desembre de 2011 la temperatura era de 0,5°C a l'estació meteorològica de les Deveses de Salt mentre al monestir de Sant Daniel la temperatura era de -0,2°C, 0,7°C més baixa a la vall de Sant Daniel respecte les Deveses de Salt, quan normalment és inferior la temperatura nocturna a les Deveses de Salt en comparació la vall de Sant Daniel de Girona.

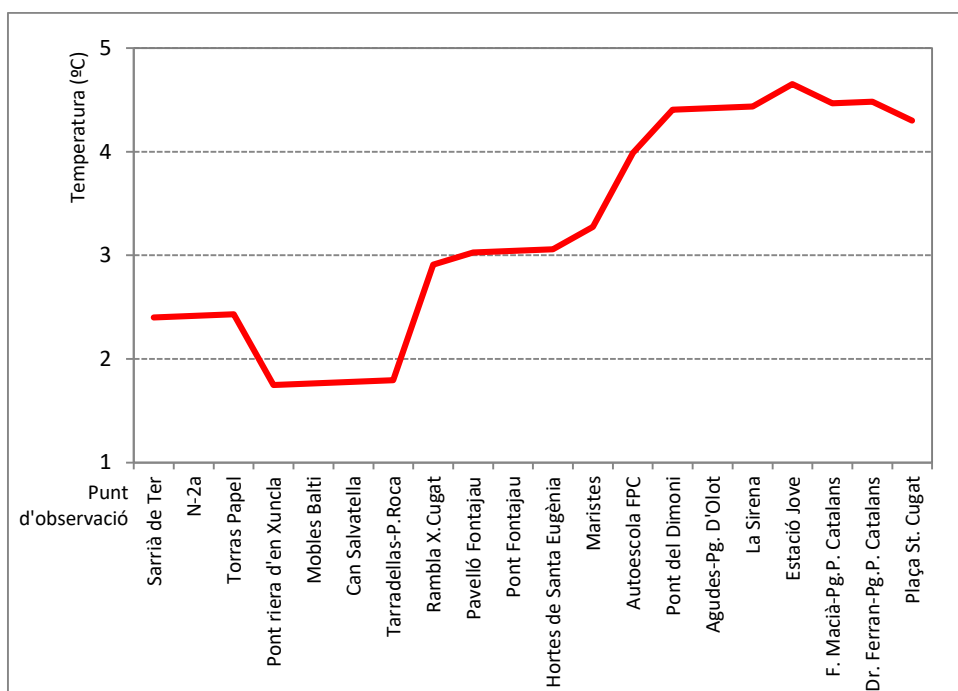


Figura 5.8 Transsecte Sarrià de Ter-Girona (Fontajau)-Girona (Santa Eugènia)-Salt. 25 de desembre de 2011

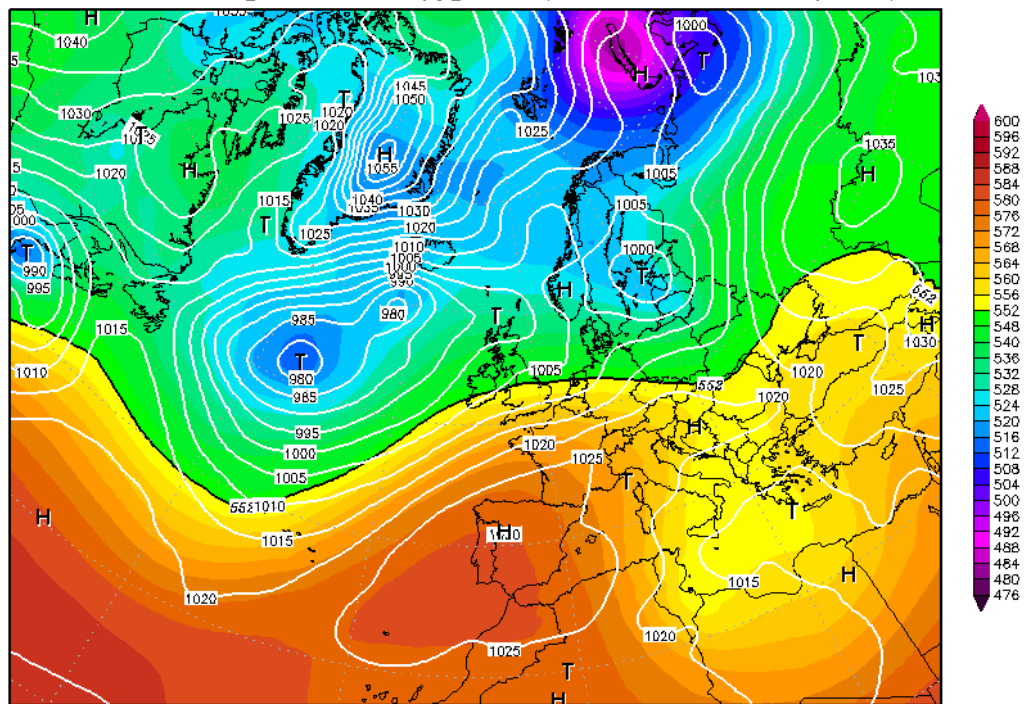
Taula 5.5 Temperatures dels punts d'observació del transsecte del 25 de desembre de 2011. Sarrià de Ter-Girona (Fontajau)-Girona (Santa Eugènia)-Salt.

Hora inici	21,03
Hora final	21,25
Data 25/12/2011	
Punt d'observació	Temperatura
Sarrià de Ter	2,4
N-2 ^a	2,4
Torras Papel	2,4
Pont riera d'en Xuncla	1,7
Mobles Balti	1,8
Can Salvatella	1,8
Tarradellas-P.Roca	1,8
Rambla X.Cugat	2,9
Pavelló Fontajau	3,0
Pont Fontajau	3,0
Hortes de Santa Eugènia	3,1
Maristes	3,3
Autoescola FPC	4,0
Pont del Dimoni	4,4
Agudes-Pg. D'Olot	4,4
La Sirena	4,4
Estació Jove	4,7
F. Macià-Pg.P. Catalans	4,5
Dr. Ferran-Pg.P. Catalans	4,5
Plaça St. Cugat	4,3

La temperatura varia molt menys en el transsecte entre Sarrià de Ter i el centre de Salt que en l'anterior transsecte, tots dos recorreguts estan fets a la nit del 25 de desembre de 2011, la màxima intensitat de l'illa de calor d'aquest transsecte és de 3,0°C. El màxim tèrmic és de 4,7°C a l'Estació Jove de Salt, al SE de l'Eixample saltenc, mentre que el mínim tèrmic és al sud del terme municipal de Sarrià de Ter, 1,7°C al pont de la riera Xuncla damunt la N-Illa. La menor variació tèrmica d'aquest transsecte s'explica perquè el recorregut no discorre per indrets tan freds com l'anterior transsecte, com la Vall de Sant Daniel.

12JAN2011 18Z

500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)



Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.9 Mapa isobàric de superfície, topografia de 500 hPa i temperatura a la topografia de 850 hPa. 12 de gener de 2011. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale

El 12 de desembre de 2011 s'observa un anticicló amb el nucli a l'oest d'Espanya i que engloba tota la Península Ibèrica, i una petita part del Mediterrani Occidental i del nord d'Àfrica. Es tracta d'una situació atmosfèrica molt favorable per a la formació d'una intensa illa de calor urbana a Girona, ja que el temps és estable, amb cels serens, vents molt fluïdos i sense boires, la qual cosa afavoreix les inversions tèrmiques i els importants contrastos tèrmics urbano-rurals durant la nit i la matinada.

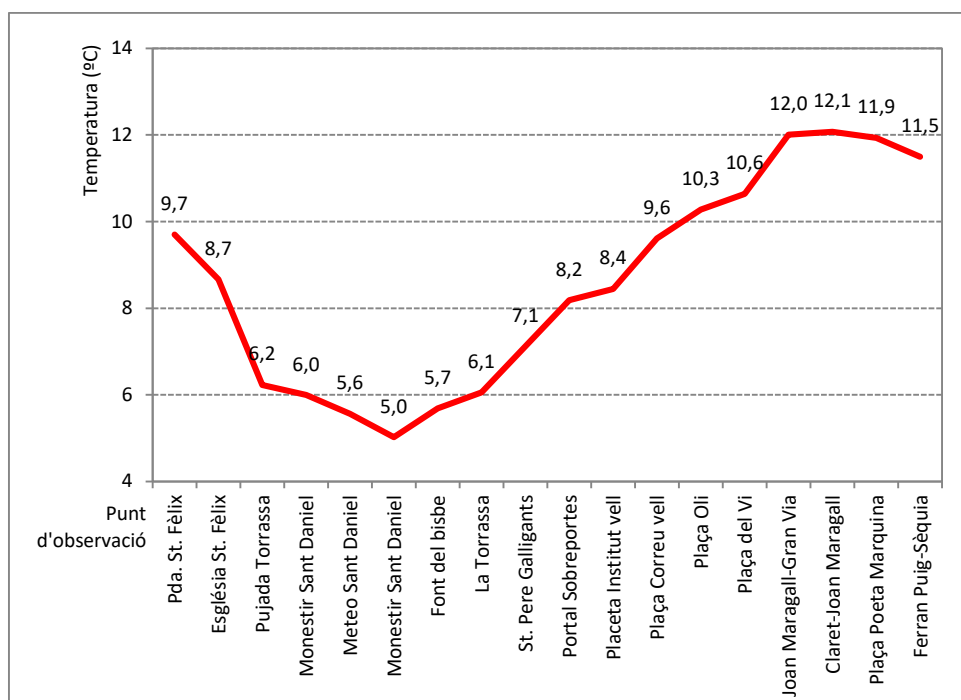


Figura 5.10 Transsecte 6 lleugerament modificat. 12 de desembre de 2011. Pujada de Sant Fèlix (Barri Vell de Girona)-Girona-la vall de Sant Daniel-Girona-Barri Vell-Eixample de Girona. Intensitat màxima de l'illa de calor: 6,9°C (20,10 hores). Anticicló. Cel serè. Calma. 1024 hPa

La temperatura experimenta grans variacions en el transsecte nocturn del 12 de gener de 2011, el mínim tèrmic és a la font del Bisbe, a la vall de Sant Daniel, 5,0°C, mentre el màxim tèrmic es dona al carrer Claret, a l'Eixample de Girona, 12,1°C. S'ha de remarcar que com succeeix en d'altres transsectes nocturns tipus 6, la temperatura és moderadament superior al punt d'observació més càlid de l'Eixample, 12,1°, respecte l'indret més càlid del Barri Vell, 10,3°C, a la Plaça del Vi. En d'altres nits però les diferències tèrmiques entre els màxims tèrmics dels dos barris acostumen a ser lleugerament inferiors, normalment hi ha 0,5°C-1,0°C de diferència, fins i tot i en alguns recorreguts nocturns la temperatura és més elevada al Barri Vell, tot i que normalment durant les primeres hores nocturnes l'Eixample és més càlid. En els transsectes de la matinada sovint el màxim tèrmic es dona al Barri Vell, la localització del màxim tèrmic s'inverteix. Això es deu al fet que l'illa de frescor urbana diürna al Barri Vell és molt pronunciada a l'hivern, i per això la temperatura és més baixa a la part antiga de Girona. També s'ha de remarcar que la part més càlida del Barri Vell és al sud del barri, a la plaça del Vi (10,3°) la temperatura és clarament superior al portal de Sobreportes, 7,1°, uns 50 metres al sud de la plaça de la Catedral de Girona. Aquest punt d'observació es troba al nord de la part antiga de Girona. D'altra banda, el màxim tèrmic de l'Eixample és al centre del barri, a la cruïlla del carrer Joan Maragall amb el carrer Claret. En aquest indret el trànsit automobilístic afavoreix una elevada temperatura. Aquest punt d'observació està en l'eix comercial de Girona, amb un intens pas de vehicles en el carrer Joan Maragall,

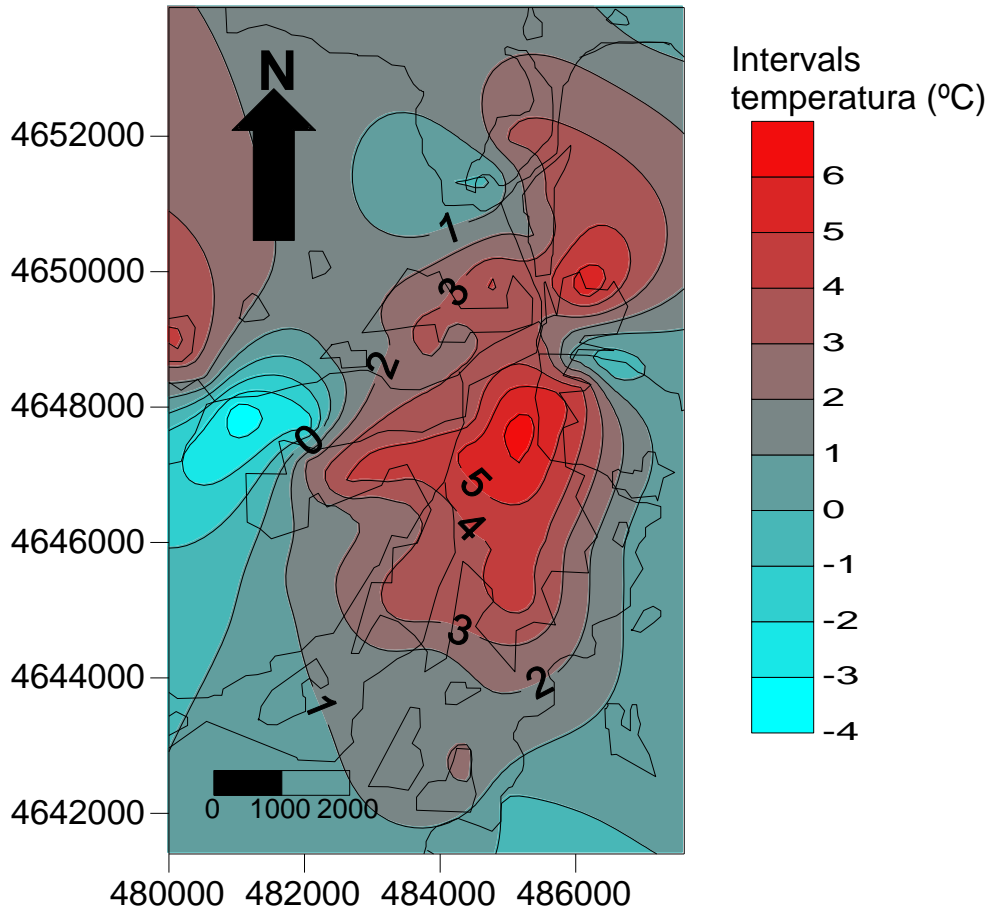
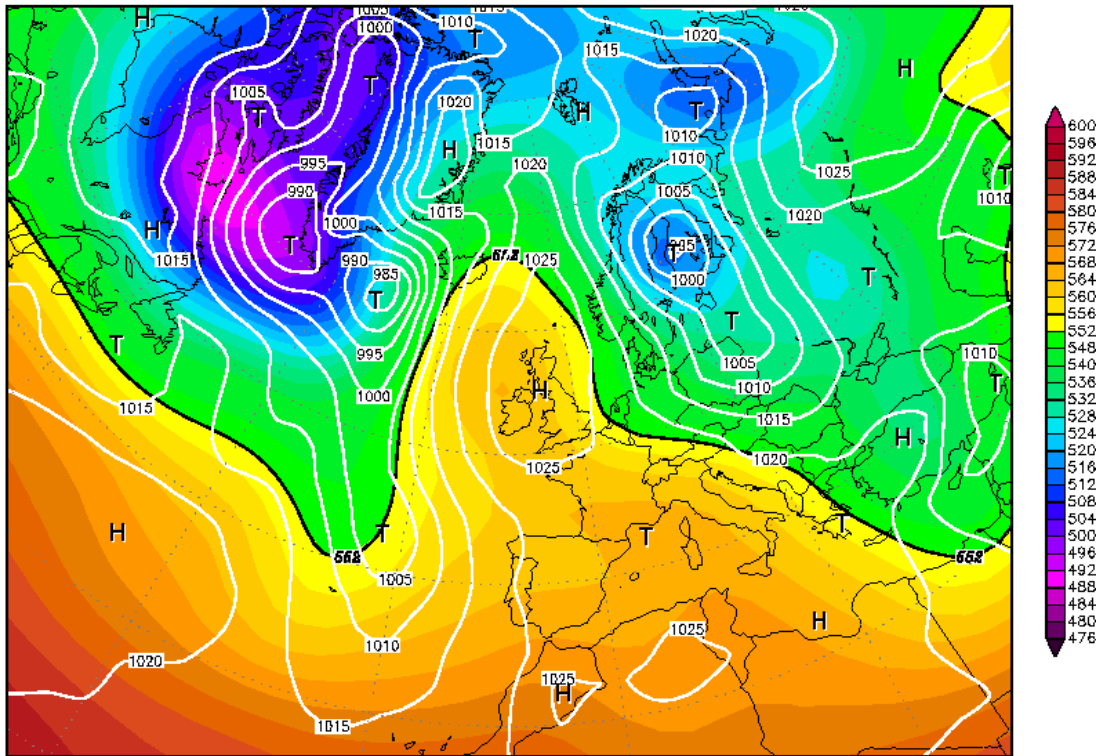


Figura 5.11 Mapa d'isotermes de les 20,20 hores del 25 de desembre de 2005. Àrea urbana de Girona.

L'illa de calor és intensa, 9,8°C, el 25 de desembre de 2005. El punt més càlid de la ciutat de Girona és el carrer Juli Garreta amb 6,4°C, al centre de l'Eixample, mentre el pas d'en Prats de les Deveses de Salt és l'indret més fred de les rodalies de Girona, amb -3,4°C. D'altra banda tenim un màxim secundari produït per la inversió tèrmica al turó de Montjuïc, a 184 metres tenim 6,2°C. La temperatura és força més baixa respecte Montjuïc a la vall de Sant Daniel 0,6°C a 91 metres. Per tant la inversió tèrmica és de 5,6°C entre Montjuïc i Sant Daniel. S'observa un illot tèrmic al poble de Fornells de la Selva, amb 2,7°C, a la zona rural del municipi té una temperatura força baixa, 0,7°C, al cantó del pont del riu Onyar S'observa com hi ha una apòfisi de l'illa de calor de la ciutat de Girona cap a Salt, a l'oest de Girona, amb més de 4°C, i també al nord de la ciutat, a sotavent, més de 3°C al centre de Sarrià de Ter. En canvi hi ha un mínim tèrmic secundari (temperatura inferior a 0°C) a la vall de la riera Xuncla, al sud-oest de Sarrià.

25DEC2005 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

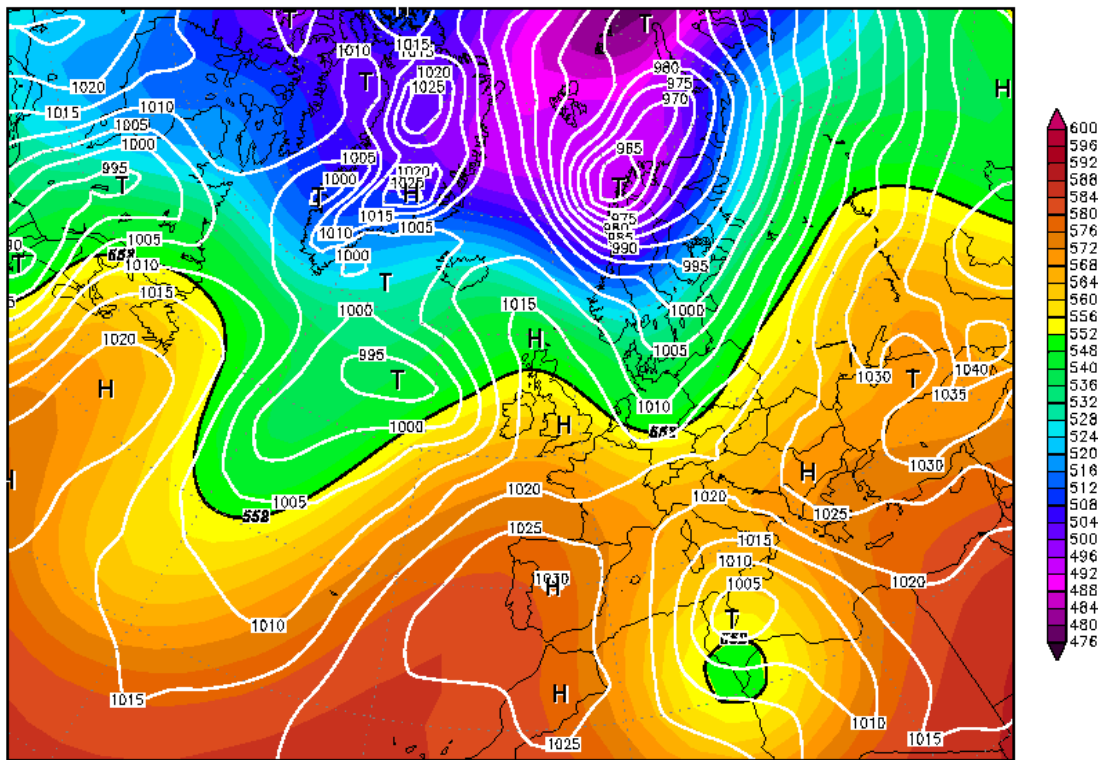


Daten: Reanalysis des NCEP

Figura 5.12 Mapa isobàric i topografia de 500 hPa. 25 de desembre de 2005. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

El 25 de desembre de 2005 la situació sinòptica és d'anticicló o fins i tot de pantà baromètric. Hi ha un nucli d'altres pressions (pressió superior a 1025 hPa) damunt de Gran Bretanya que s'estén en forma de falca anticiclònica fins el sud d'Europa, el gradient bàric és molt baix. A l'oest de la falca d'altres pressions tenim una depressió profunda al sud-est de Groenlàndia, pressió inferior a 985 mb. Al sud de Finlàndia tenim una altra baixa amb menys de 985 mb. El geopotencial és de 5640 metres damunt de Catalunya.

12DEC2003 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

Daten: Reanalysis des NCEP

Figura 5.13 Mapa isobàric i topografia de 500 hPa. 12 de desembre de 2003. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

El 12 de desembre de 2003 la situació sinòptica és d'anticicló. La pressió atmosfèrica és de 1023 hPa a Girona. Un anticicló afecta la Península Ibèrica amb nucli superior a 1030 hPa a la Altiplà Sud. Aquesta àrea d'altres pressions connecta amb un pont d'altres pressions amb un altra zona anticiclònica situada a Sibèria amb pressions superiors a 1045 hPa. Hi ha una depressió situada a Tunísia, 1005 hPa, mentre hi ha dues depressions al nord de la zona anticiclònica, una situada a l'Atlàntic a l'oest d'Irlanda, amb nucli de 995 hPa a 55°N, 30°W, i l'altra al nord de Noruega, 985 mb. El geopotencial és de 5660 m al nivell troposfèric de 500 hPa en la vertical de Girona. Aquest nivell correspon a la troposfera mitjana i és un valor força elevat, per tant tenim una advecció càlida i estabilitat atmosfèrica en aquest dia.

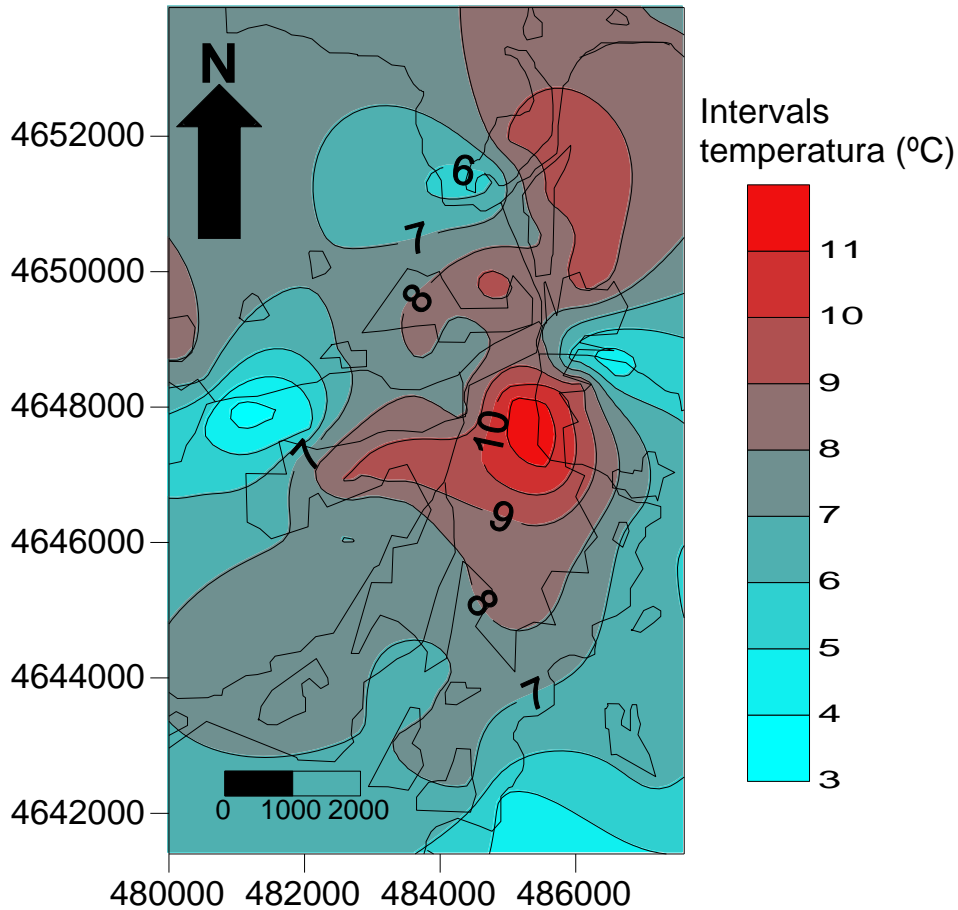


Figura 5.14 Mapa d'isotermes de les 20:20 hores del 12 de desembre de 2003. Àrea urbana de Girona.

El 12 de desembre de 2003 tenim una intensa illa de calor, 8°C. El màxim tèrmic és al carrer Juli Garreta, 11,3°C, mentre la zona més freda correspon a les Deveses de Salt, 3,3°C. D'altra banda, el sud de la ciutat de Girona és un dels llocs més freds de la rodalia de Girona, amb 4,8°C al punt d'observació del pont del riu Onyar, 500 metres al sud-est del nucli urbà de Fornells de la Selva, de l'església. Tenim un màxim tèrmic secundari al nord de la ciutat, a sotavent d'aquesta, amb 9,4°C al nucli urbà de Sarrià de Ter. Les temperatures també són relativament altes al nord-est de Girona, al turó de Montjuïc a 219 metres 9,3°C. Hi ha una inversió tèrmica marcada, 4,7°C, ja que 1,3 km al sud-est de Montjuïc la temperatura és força més baixa a la vall de Sant Daniel de Girona, amb 4,6°C al monestir que està a una altitud de 91 metres.

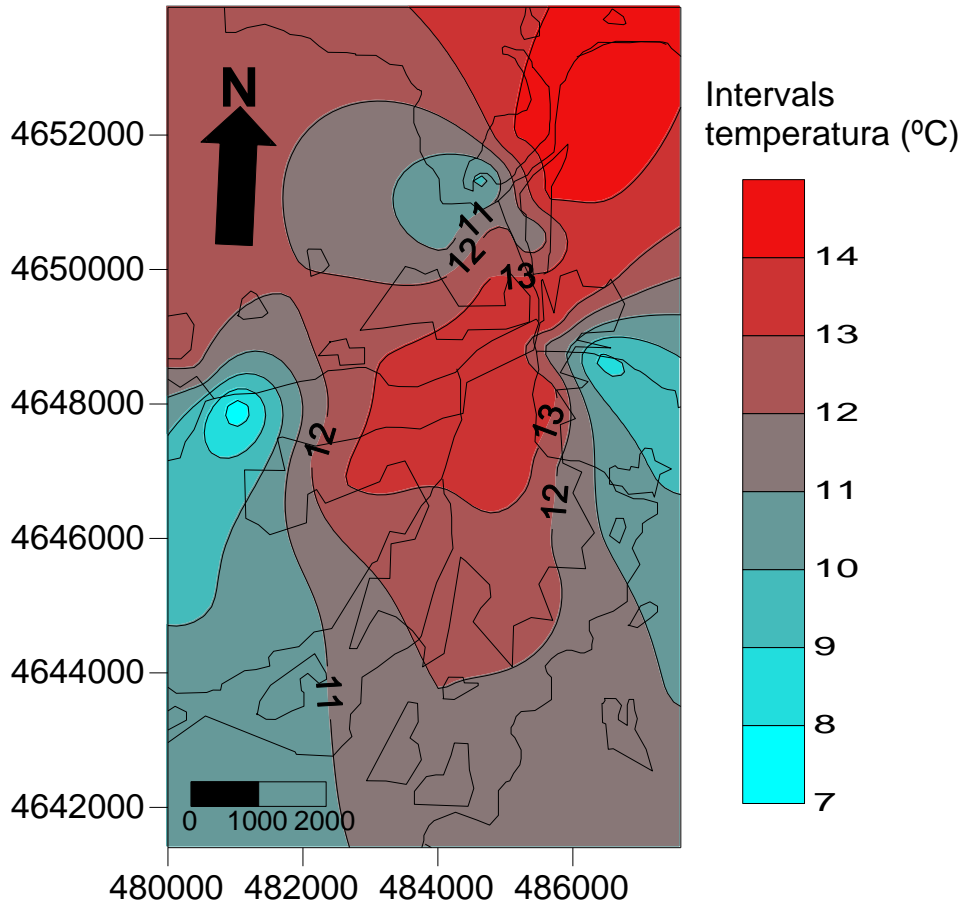
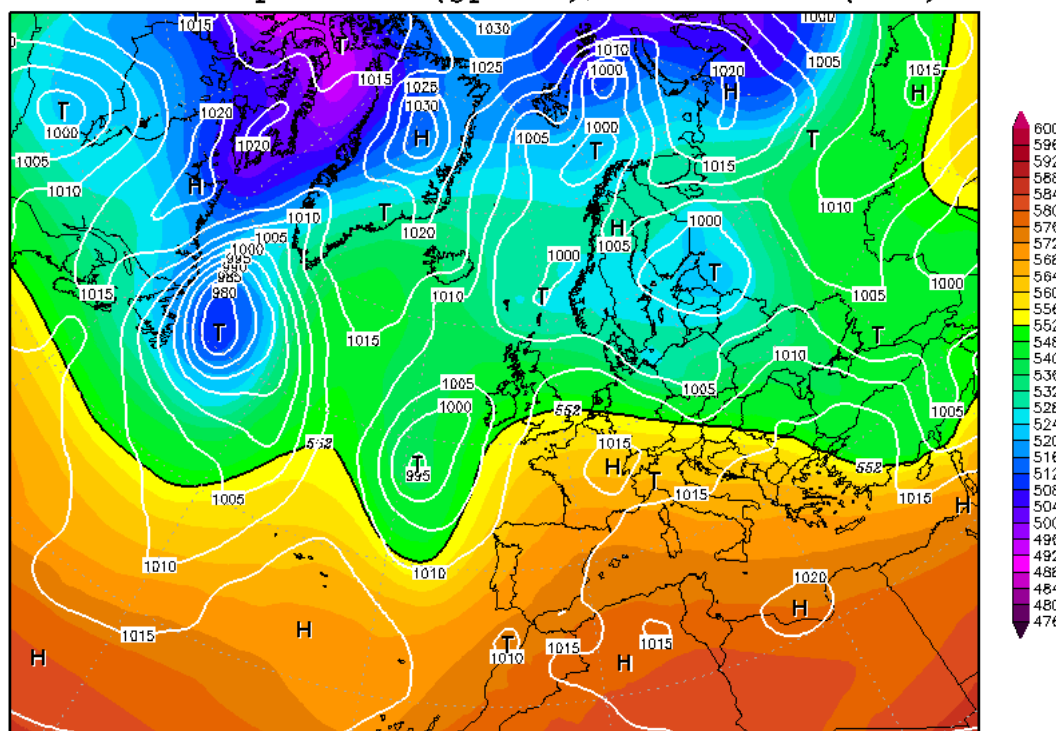


Figura 5.15 Mapa d'isotermes de les 20,20 hores del 14 de març de 2008. Àrea urbana de Girona.

El 14 de març de 2008 tenim el màxim tèrmic a sotavent de la ciutat de Girona, a Sarrià de Ter i al barri de Pont Major de Girona, situats al nord de la ciutat, amb 14,3°C. El centre de la ciutat de Girona té valors tèrmics compresos entre 13°C i 13,6°C, com per exemple al punt més càlid de l'Eixample, el carrer Juli Garreta. El sud de la ciutat és una zona amb poc gradient tèrmic, amb una temperatura lleugerament inferior als 12°C, per exemple 11,7°C al nucli urbà de Fornells de la Selva. Les Deveses de Salt són el punt d'observació més fred del transsecte amb 7,4°C. Altres zones relativament fredes són la Vall de Sant Daniel de Girona, 8,6°C, i la vall de la riera Xuncla a Sarrià de Dalt, 9,8°C.

14MAR2008 18Z

500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)

Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.16 Mapa isobàric de superfície i topografia de 500 hPa. 14 de març de 2008. 18 hores solars.
Font: www.wetterzentrale

El 14 de març de 2008 la situació sinòptica és de pantà baromètric. Tenim una situació indefinida amb baix gradient de pressió atmosfèrica damunt del Mediterrani Occidental i la Península Ibèrica. Hi ha un nucli d'altres pressions (1020 hPa) al Golf de Sirte i un altre nucli d'altres pressions (1015 hPa) al nord-est de França. A la topografia de 500 hPa s'observa com una dorsal del nord d'Àfrica afecta la façana mediterrània peninsular fins a la costa central catalana, mentre que hi ha un solc a l'oest de la Península Ibèrica. Girona està entre els dos centres d'acció, el solc i la dorsal, tot i que està més a prop de la dorsal al nivell de 500 hPa.

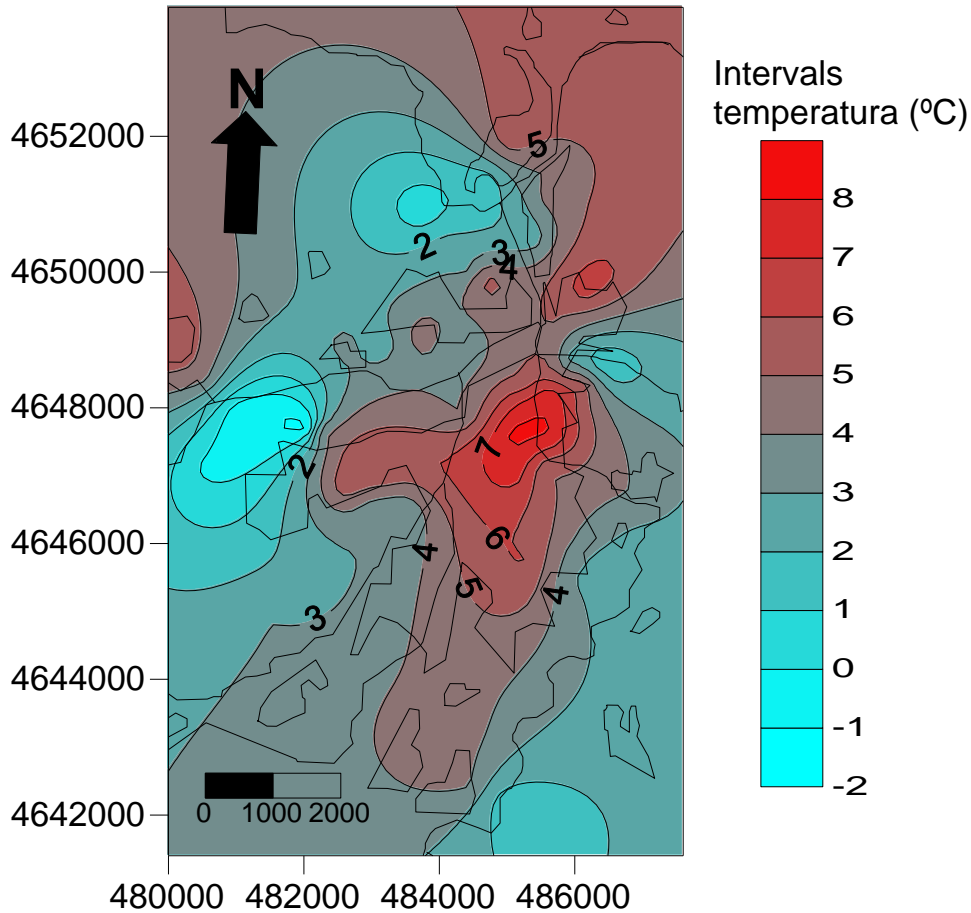


Figura 5.17 Mapa d'isotermes de les 20,20 hores del 21 de desembre de 2006. Àrea urbana de Girona.

El 21 de desembre de 2006 tenim el màxim tèrmic comprès entre l'Eixample nord i el Barri Vell de Girona amb la temperatura més alta de 8,5°C a la Plaça Marquès de Camps. El mínim tèrmic està situat a les Deveses de Salt, amb -3,3°C. Tenim un fort gradient tèrmic entre la zona rural i les zones suburbana i urbana del municipi de Salt, amb 5°C al nucli urbà de Salt, temperatura 8,3°C superior a les Deveses de Salt. La Vall de Sant Daniel, situada al nord-est de la ciutat, és un de les zones més fredes, amb 1,7°C al monestir. D'altra banda al nord de Girona tenim una altra àrea rural força freda, la vall de la riera Xuncla a Sarrià de Dalt amb 0,8°C. Una altra zona freda és l'àrea rural de Fornells de la Selva, al sud de la ciutat de Girona, amb 1,6°C. Tenim un màxim tèrmic secundari per causa de la inversió tèrmica al turó de Montjuïc, 219 m, amb 6,4°C.

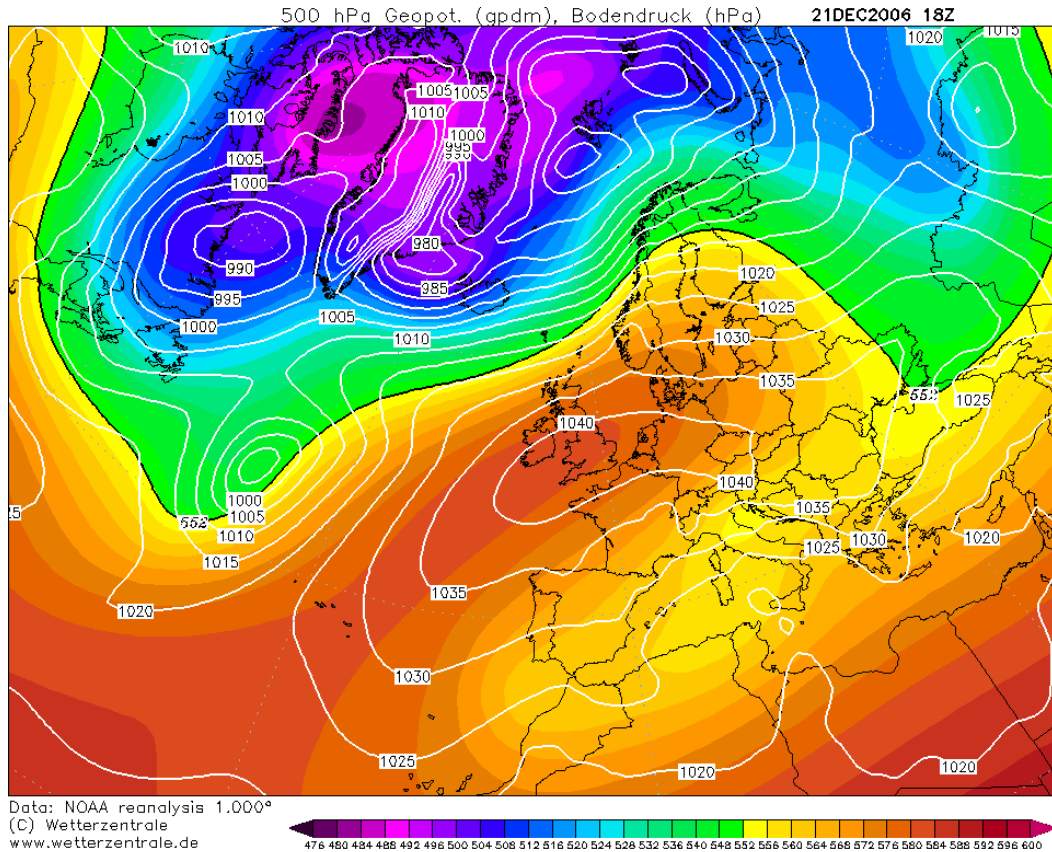


Figura 5.18 Mapa isobàric de superfície i topografia de 500 hPa. 21 de desembre de 2006. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale

La situació sinòptica és d'advecció del nord-est anticiclònica el dia 21 de desembre de 2006. Tenim un solc en retrogressió a nivells mitjans de la troposfera (500 hPa) que afecta Catalunya, juntament amb un flux del nord-est tant en superfície com a 500 hPa. L'advecció del nord-est anticiclònica s'estableix entre un anticicló de bloqueig molt potent, amb pressions superiors a 1040 hPa al seu nucli que està situat entre el sud-oest de Gran Bretanya i Centreeuropa, i una baixa relativa, amb pressions lleugerament inferiors als 1020 hPa a l'oest de Sicília. D'altra banda tenim depressions profundes al nord de la zona anticiclònica, una borrasca es troba al sud-est de Groenlàndia (975 hPa) i l'altra baixa es troba al nord de les Illes Spitzbergen (970 hPa). El temps fou assolat a Girona el dia 21 de desembre de 2006, amb cel serè, vent encalmat i una pressió atmosfèrica de 1030 hPa en el moment del transecte.

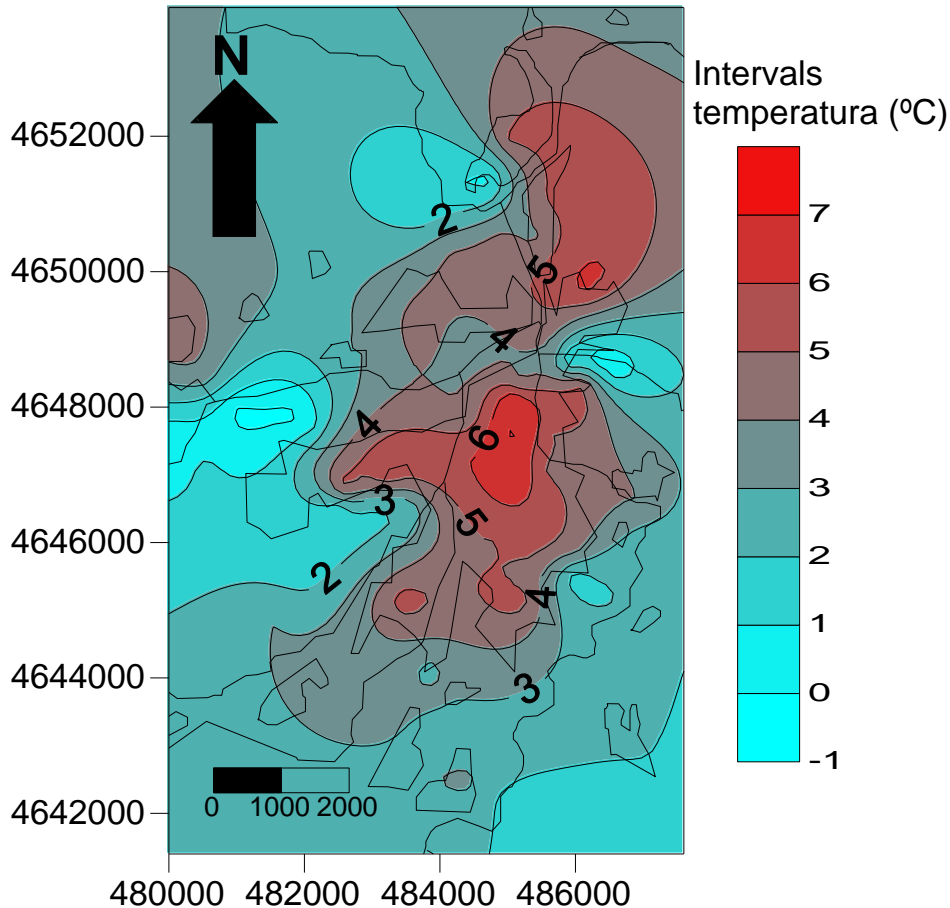
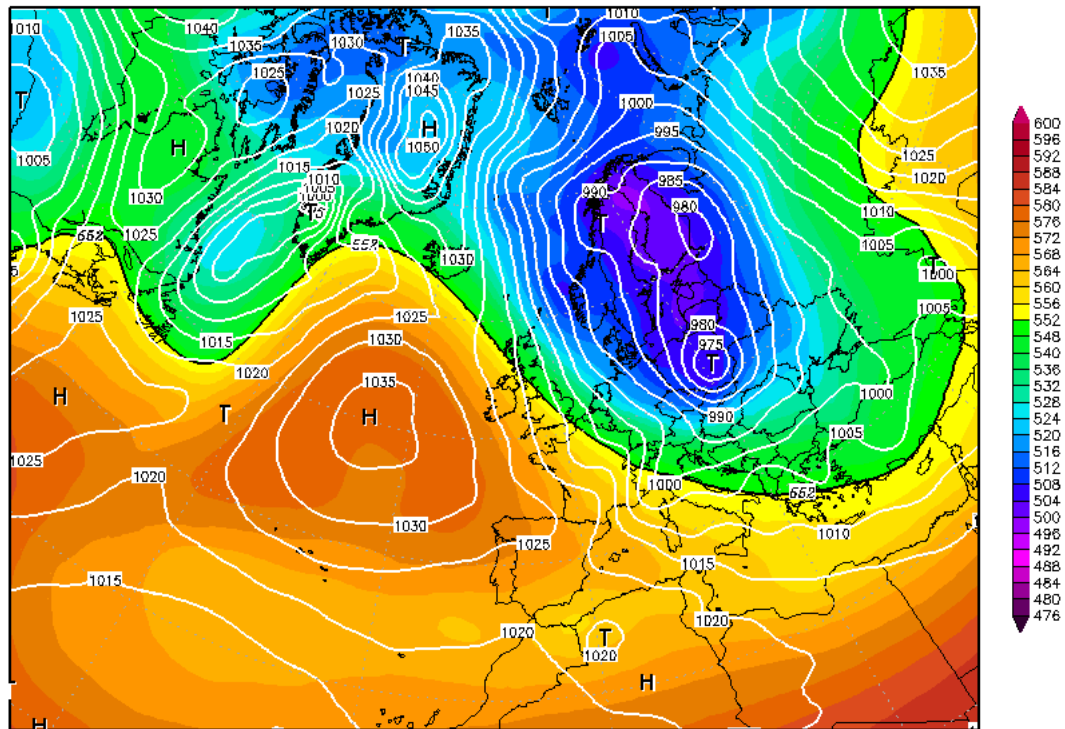


Figura 5.19 Mapa d'isotermes de les 20,20 hores del 16 de desembre de 2005. Àrea urbana de Girona.

El 16 de desembre de 2005 tenim una intensa illa de calor, 8°C. El màxim tèrmic principal està al nord de l'Eixample de Girona, amb 7,2°C al carrer Juli Garreta, mentre les Deveses de Salt presenten la temperatura més baixa dels afores de Girona, amb -0,8°C. La isoterma de 5°C delimita una zona extensa càlida que abasta des del Barri Vell de Girona, sud de l'Eixample i nord del barri de Palau, que envia una apòfisi fins a l'est de Salt (Veïnat), centre (Eixample) i part meridional del nucli urbà de Salt, que correspon al barri de la Maçana. S'observen dos illots càlids al sud i nord de la ciutat, mentre a Sarrià de Ter tenim 5,3°C, Fornells de la Selva enregistra 3,2°C. Les àrees rurals tenen temperatures clarament inferiors al centre urbà de Girona, on apart de les Deveses de Salt hi ha la part oriental de Fornells de la Selva amb 1,7°C, la Vall de Sant Daniel de Girona, amb 0,8°C, la mateixa temperatura que a la vall de la riera Xuncla a Sarrià de Dalt. El turó de Montjuïc és un altre focus càlid al nord-est de la ciutat de Girona, amb 6,2°C, on la inversió tèrmica és intensa i provoca aquestes temperatures altes en aquest indret més elevat que el pla de Girona, no per efecte urbà sinó és un fenomen natural, típic de nits amb vents encalmats i cels serens.

El 16 de desembre de 2005 la situació sinòptica és d'advecció del NW. Hi ha dos centres d'acció potents, un anticicló potent de 1035 hPa damunt de l'Atlàntic, situat uns 1000 km a l'oest de les Illes Britàniques, i una baixa profunda de 975 hPa damunt de Polònia. El gradient isobàric entre els centres d'acció és elevat, el vent de mestral segurament era intens a la costa Daurada, però malgrat això el dia fou molt poc ventós a Girona, ja que Girona està a recés del vent de mestral per efecte de la barrera orogràfica dels Pirineus.

16DEC2005 18Z

500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)

Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.20 Mapa isobàric de superfície i topografia de 500 hPa. 16 de desembre de 2005. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale

Exemple d'una situació d'elevada intensitat d'illa de calor a la tardor, dins d'una advecció de l'oest. 10 d'octubre de 2004.

En el mapa de superfície s'observa una depressió amb nucli situat al sud-oest de Bretanya, mentre tenim un anticicló (1025 hPa) situat al mar del Nord i també existeix una àrea extensa d'altres pressions que s'estén des de Terranova fins a Turquia, amb un nucli de 1020 hPa al nord de Líbia. Hi ha un flux de ponent damunt de Catalunya. A 500 hPa tenim l'eix un solc a l'oest d'Espanya, Catalunya es troba en la part davantera del tàlveg amb vents que són del sud-oest en aquest nivell a Catalunya. En el nivell de 850 hPa hi ha una advecció d'aire fred a l'oest de la Península, amb valors inferiors a 5°C, mentre que Catalunya l'advecció freda no és tan clara, la temperatura oscil·la al voltant dels 7-8°C. Trobem aire sec en la troposfera mitjana, la humitat relativa fluctua entorn del 30-40 % a 700 hPa. La situació atmosfèrica és d'advecció de l'oest.

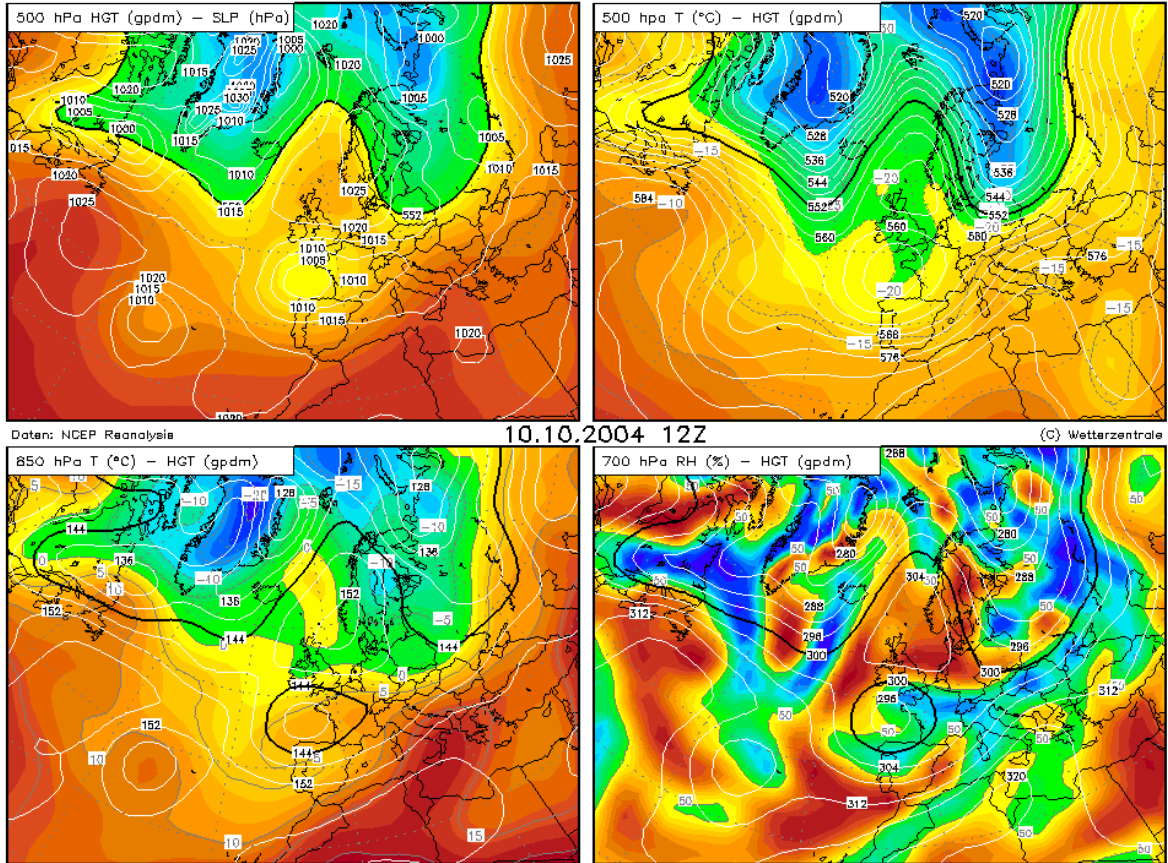


Figura 5.21 Mapa isobàric de superfície del 10 d'octubre de 2004. Topografia de 500 hPa. Isotermes de la topografia de 850 hPa. Mapa de humitat relativa de 700 hPa. Font: Reanàlisi de www.wetterzentrale.de

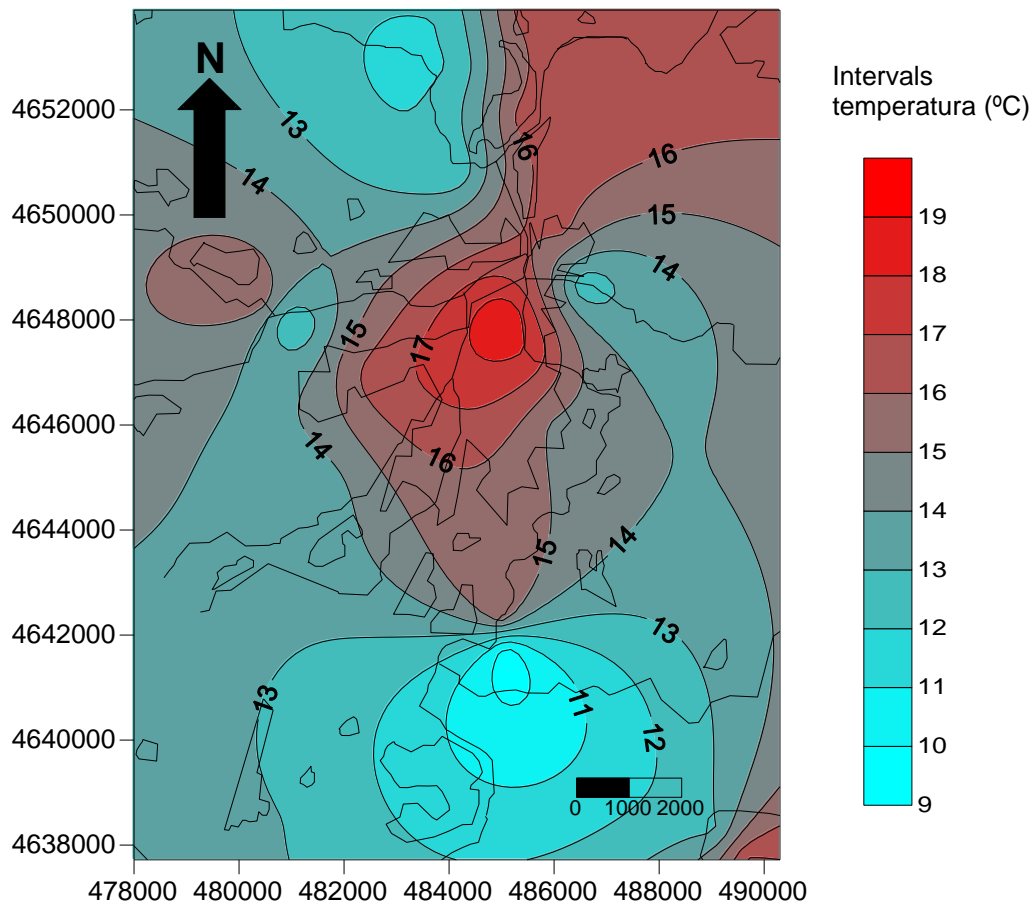


Figura 5.22 Mapa d'isotermes. Temperatures mínimes del 18 de juliol de 2012. Àrea urbana de Girona.

La intensitat de l'illa de calor és de 9,4°C durant la matinada del dia 10 d'octubre de 2004, així la mínima de Girona (Sèquia) fou de 18,8°C i a Fornells de la Selva (SMC) van tenir 9,4°C. És un dia marcat pel vent de ponent moderat, tot i que a la tarda el vent gira a migjorn. La situació sinòptica és d'advecció de l'oest. La humitat relativa fou força baixa durant tot el dia, especialment al migdia, amb 25 % d'humitat relativa a les 14 hores. El cel fou poc núvol, amb alguns cúmuls, però l'aire sec en tot l'espessor troposfèric impedia que els moviments verticals donessin lloc a abundant nuvolositat.

Cal remarcar que les diferències tèrmiques són molt acusades en indrets relativament propers, com és el cas del terme municipal de Fornells de la Selva. Així en el centre urbà van tenir 16,0°C de mínima i en canvi 2,2 quilòmetres al sud-est la mínima fou 6,6°C més baixa a l'observatori de Fornells-SMC, 9,4°C. Aquestes diferències tèrmiques en un municipi no gaire urbanitzat com és el cas de Fornells poden obeir a variacions microclimàtiques de paràmetres com el vent, que probablement va bufar durant la nit al nucli urbà i no ho féu a Fornells SMC, i també al microclima més fresc que es dona a l'observatori de Fornells-SMC. Dins el mateix municipi de Girona també és important destacar el contrast tèrmic entre les mínimes de Girona (Sèquia), 18,8°C i Girona (Sant Daniel), 12,2°C. Creiem que aquesta diferència tèrmica més elevada que la mitjana mensual (3,3°C) es deu al fet que el vent de ponent bufa durant la nit al nucli urbà de Girona i en canvi no bufa a Sant Daniel ja que la vall de Sant Daniel està protegida del vent de ponent per la muntanya del Calvari. Lamentablement l'estació meteorològica de Girona (la vall de Sant Daniel) no té anemòmetre, per tant no podem

saber la velocitat del vent en aquest indret. La temperatura mínima de les zones rurals dels voltants de Girona es produeix al sud de la ciutat, a l'observatori més fred de la rodalia de Girona, Fornells-SMC.

La influència del vent de ponent és més complexa en les temperatures que en el cas de tramuntana. Així fent la comparació de les mínimes entre l'àrea de sobrevent (Vilablareix i Salt-Plaça Sant Cugat) i la zona de sotavent (Girona-Sèquia i Sant Daniel) trobem unes diferències més importants en el cas de l'àrea urbana (2,3°C entre els centres de Girona i Salt) que en les àrees rurals (1,1°C). El centre urbà de Girona es troba relativament més càlid que el centre de Salt (la diferència mitjana mensual és de 1,1°C, en aquest dia és de 2,3°C). Es pot concloure que el vent de l'oest es rescalfa al travessar la ciutat, cosa que no passa amb el vent de tramuntana, on el màxim tèrmic es dona a sobrevent.

Taula 5.6 Dades meteorològiques de Girona i sinòptiques del 10 d'octubre de 2004

Data	Temperatures (°C)		Precipitació (mm)	Humitat (%)			Vent (direcció i velocitat en qm/hora)		
	Màxima	Mínima		7 h	15 h	21 h	7 h	15 h	21 h
10/10/2004	28,7	18,8	0,0	54	25	32	10,4 W	14,4 W	4 S
Nuvolositat (octes)				Pressió atmosfèrica (hPa)					
7 h		15 h	21 h	7 h		15 h	21 h		
1/8 Cu		0/8	1/8 Ac	1006		1006	1007		
Situació sinòptica		Geopotencial 500 hPa (m)		Temperatura 500 hPa (°C)		Geopotencial 850 hPa (m)			
Advecció W		5642		-16,1		1462			

La diferència tèrmica màxima del transsecte efectuat durant la nit del 26 de desembre de 2010 és de 11,4°C, amb el mínim tèrmic de -1,2°C a les Deveses de Salt, el Pas d'en Prats i el màxim tèrmic és de 10,2° al Pla dels Vinyers a Sarrià de Ter. La situació sinòptica és d'advecció del nord-est. El cel és serè. La velocitat del vent és molt variable, essent encalmada a l'inici del transsecte, entre les Deveses de Salt i el sud del pont de Fontajau a Girona i al final del transsecte, entre l'aeroport de Girona i Salt. D'altra banda el vent és del nord força 5 Beaufort a la resta del transsecte. La pressió atmosfèrica és de 1018 mb.

El transsecte del 26 de desembre de 2010 és el més llarg de tots els que hem fet, 53,3 km de longitud i l'hem dividit en 4 gràfiques que mostren una illa de calor asimètrica durant un recorregut on s'observen importants variacions en la velocitat del vent de tramuntana, cosa que va implicar unes variacions espacials de la temperatura molt destacables, i que en molts casos no són produïdes per l'efecte de l'illa de calor urbana, sinó per la fluctuació en la velocitat del vent. L'inici del transsecte és a les 19,52 hores i el final del recorregut és a les 21,14 hores. A l'inici del transsecte a Salt el vent és encalmat, mentre que a partir del pont de Fontajau damunt del Ter, a la ciutat de Girona, el vent és moderat de tramuntana de força 4 de l'escala Beaufort. Així tenim poca intensitat d'illa de calor entre la vall de Sant Daniel (5,5° al monestir) i l'Eixample de Girona (6,5° a la Plaça de Marquès de Camps), 1°C, mentre en canvi tenim una forta illa de calor a Salt. Això és conseqüència del vent de tramuntana que

provoca que el màxim tèrmic es doni al nord de l'àrea urbana de Girona, 10,6°C a Sarrià de Ter.

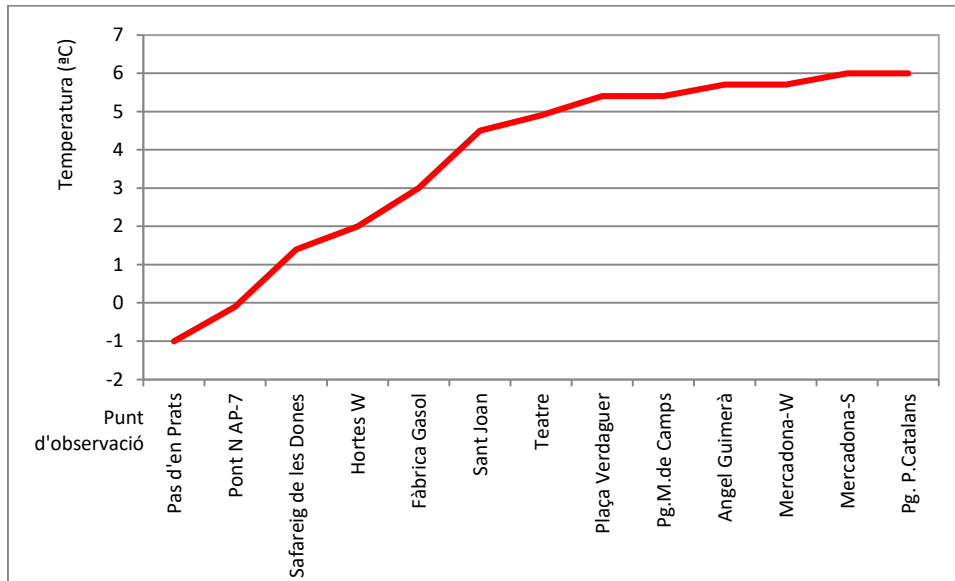


Figura 5.23 Transsecte 5 (W àrea urbana). Deveses de Salt-centre de Salt. Vent encalmat.26 de desembre de 2010

L'inici del transsecte, que és el transsecte número 5 és amb vent encalmat, per aquest motiu la l'illa de calor és molt important, 7,0°C, així tenim -1,0°C a les Deveses de Salt, al Pas d'en Prats, mentre en canvi la temperatura més elevada del nucli urbà de Salt és de 6,0°C al Passeig Països Catalans amb Pacheco, el punt més càlid es troba en un carrer amb orientació oest-est, és un carrer arrecerat de la tramuntana on el vent bufa de llevant (Passeig Països de Catalans).

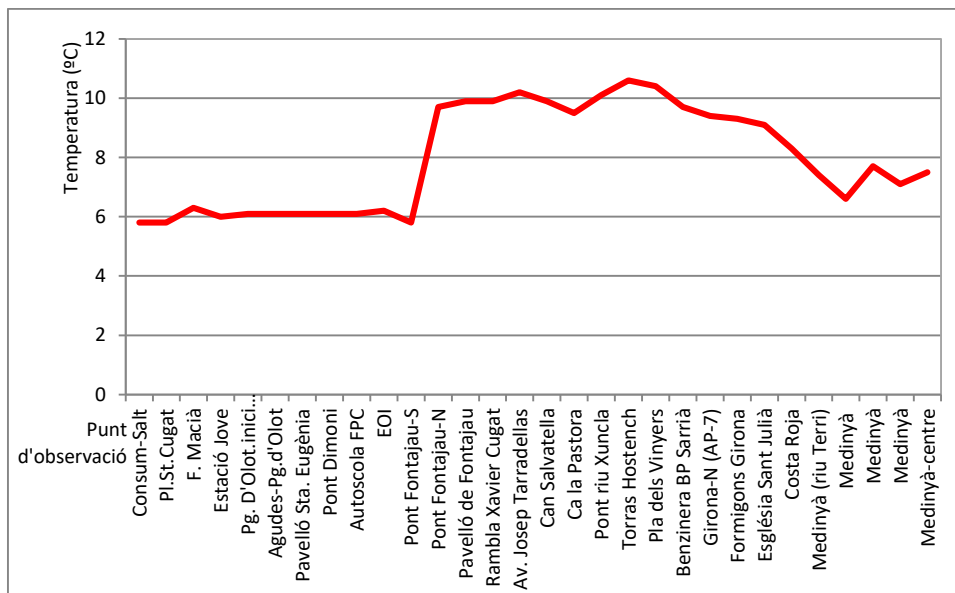


Figura 5.24 Transsecte Salt-Medinyà (W-NE àrea urbana). 26 de desembre de 2010. Intensitat màxima de l'illa de calor: 0,4°C (20 hores). Diferència tèrmica màxima de 4,5°C produïda pel vent de tramuntana.

El més sorprenent de la part del transsecte entre el centre de Salt i Medinyà, que té 13,2 Km de recorregut, és que és un transsecte especial i únic, ja que l'hem allargat fins a Medinyà, un poble 9 Km al nord de la ciutat de Girona que pertany al municipi de Sant Julià de Ramis. La més gran anomalia tèrmica del transsecte és la sobtada

pujada tèrmica en només 500 metres. Així la temperatura puja 4°C entre la Plaça de l'Assemblea de Catalunya, a l'extrem occidental de la Devesa de Girona i que està situada al sud del riu Ter, i que en la gràfica correspon al punt d'observació Pont Fontajau-S i 500 metres més al nord (pont de Fontajau-N9, la temperatura passa de 5,8°C a 9,8°C. Aquest increment tèrmic és conseqüència de la tramuntana que passa de força 2 a força 4 en només 500 metres. La intensitat màxima de l'illa de calor és de 0,4°C a les 20 hores. Hi ha una diferència tèrmica màxima de 4,8°C entre el punt més càlid, la fàbrica Torras Hostench, a Sarrià de Ter amb 10,6°C, i el sud del Pont de Fontajau amb 5,8°C. El vent provoca un augment apreciable de la temperatura a Sarrià de Ter respecte l'inici del transecte, 10,6°C a la fàbrica Torras Hostench mentre que teníem -1°C a les Deveses de Salt. Per tant 11,6°C de diferència que no són produïts per l'illa de calor urbana sinó per la gran variació de la velocitat del vent, força 0 a Salt i força 5 a Sarrià de Ter. El descens tèrmic del final del recorregut (Medinyà) no és conseqüència de l'illa de calor urbana de Sarrià de Ter sinó d'un fenomen natural, l'escalfament del vent quan descendeix per la muntanya dels Sants Metges que implica temperatures més altes a Sarrià de Ter respecte Medinyà.

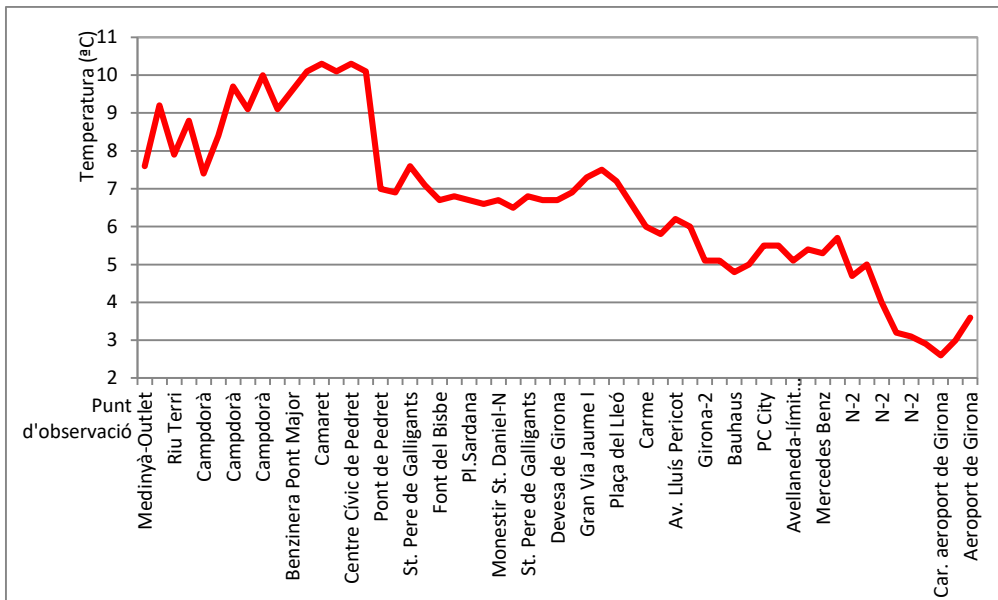


Figura 5.25 Transecte Medinyà-aeroport de Girona (NE-SW àrea urbana). Intensitat màxima de l'illa de calor: 5,0°C. Vent del nord força 5 Beaufort a Medinyà, vent encalmat al sud.

Aquest és una part del transecte que uneix Medinyà amb l'aeroport de Girona, té 24 Km de longitud. La temperatura es manté força elevada al nord de la ciutat de Girona, al barri del Pont Major tenim valors tèrmics al voltant de 10°C, igual que a Pedret, mentre que al centre de Girona tenim un fenomen inusual, la temperatura és al voltant de 6,5°C, per tant 3,5°C més baixa que al Pont Major o 4,1°C més baixa que a Sarrià de Ter. Això és conseqüència un altre cop de la velocitat més baixa del vent que implica unes temperatures més baixes a l'Eixample gironí que al nord de la ciutat. En el barri de Pedret es produeix un bruscat descens tèrmic entre la discoteca Pachà (aquest punt d'observació rep altres denominacions en aquesta tesi, pels canvis de noms experimentats en el període 2002-2021, Sidharta i Sala del Cel), 10°C, i el pont de Pedret, 7°C, tot i que només se situa uns 500 metres al sud, aquest descens tèrmic és causat pel descens de la velocitat del vent, que passa de força 3 a força 1 Beaufort. Només hi ha 0,9°C d'illa de calor si comparem la vall de Sant Daniel de Girona i l'Eixample de Girona, 6,6°C i 7,5°C respectivament. Hem de tenir en compte que el

vent no superava els 4 Km/h al pont de Pedret, per tant fins i tot amb vents molt fluïxos podem tenir una illa de calor urbana gairebé nul·la si anteriorment el vent ha bufat amb força, i ha provocat una gran turbulència en la capa límit urbana, i per això no tenim una diferència tèrmica apreciable entre el centre de Girona i un indret rural com Sant Daniel. La temperatura davalla cap al sud de la ciutat fins els 3,0°C d'uns 500 metres a l'est de l'aeroport, una temperatura que és 5,0°C més baixa que al centre de Girona. Tot i això és qüestionable considerar aquest valor com a illa de calor urbana ja que a l'aeroport de Girona el vent estava encalmat i havia parat abans que a Girona i per tant l'aire fred de les capes mitjanes troposfèriques s'havia desplomat cap a superfície fent baixar el termòmetre. No obstant s'observa un descens tèrmic apreciable entre el nord i el sud del municipi de Girona, tenim 10°C al Pont Major per 4,8°C al carrer Reggio Emilia, prop del Bauhaus, a la zona de Palau. Aquesta diferència tèrmica de 5,2°C és també per efecte de les diferències observades en la velocitat del vent. S'ha de remarcar que tenim 6°C al carrer del Carme mentre la temperatura és de 7,5°C a l'Avinguda Jaume I, en el carrer del Carme el riu Onyar actua com a canal d'aire fred provocant un descens tèrmic respecte els indrets de la ciutat on el teixit urbà és més dens.

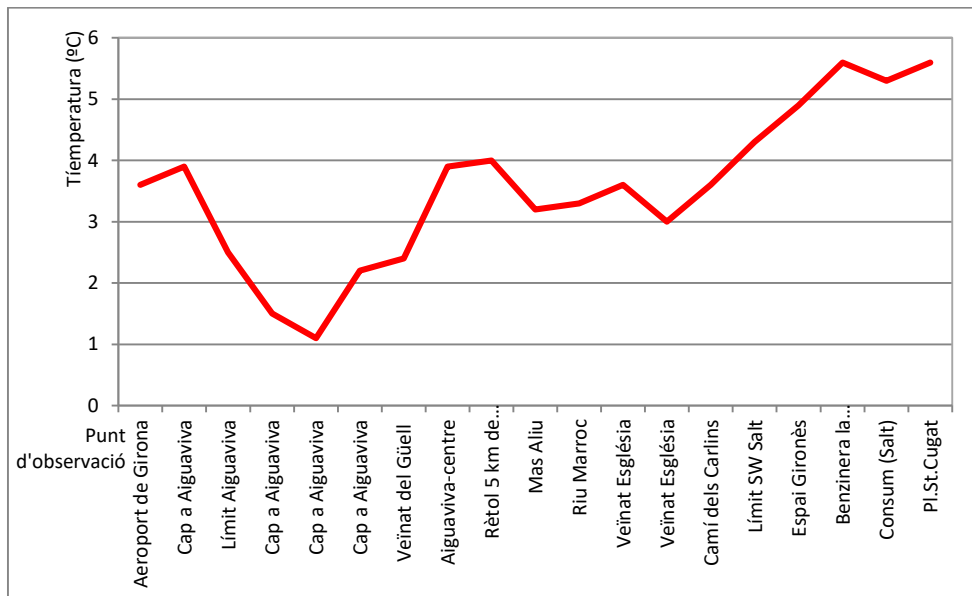
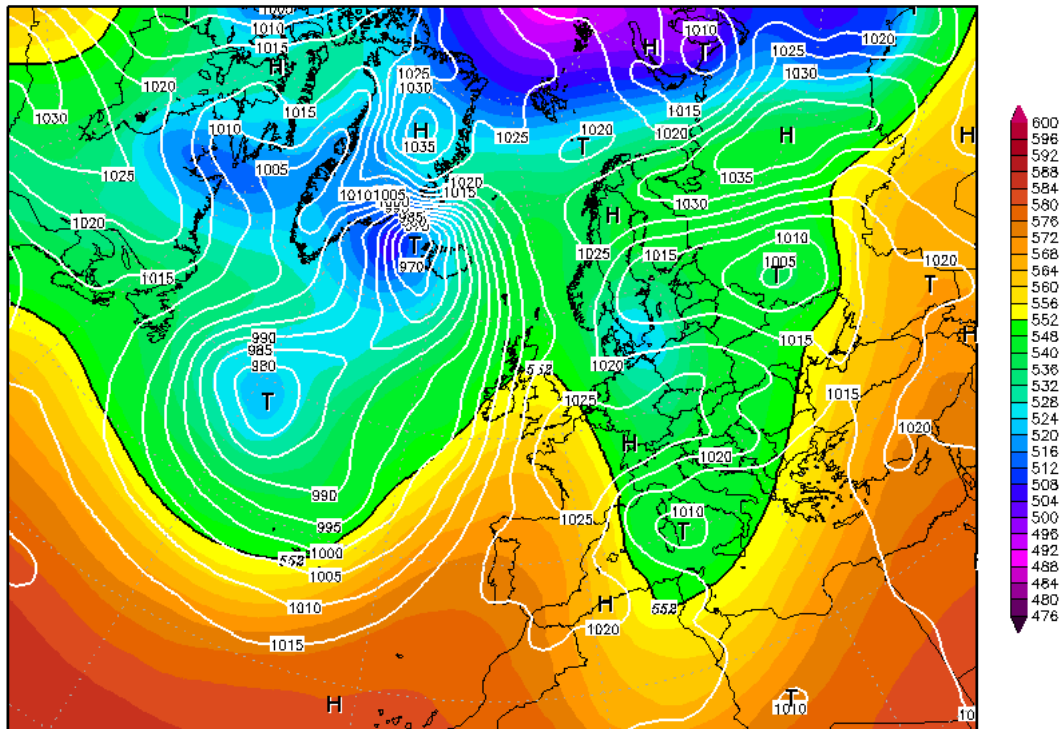


Figura 5.26 Transecte aeroport de Girona-Salt. SW-W àrea urbana. Intensitat màxima de l'illa de calor: 2,8°C (21,10 hores). Vent encalmat.

Aquest és un transecte que té 11,8 Km de longitud. El vent és molt dèbil durant aquest transecte, es pot considerar com encalmat. La temperatura més baixa és d'1°C al terme municipal d'Aiguaviva, mentre en canvi al centre de Salt és de 5,8°C. El més import és l'esglaió tèrmic entre el veïnat de l'Església de Vilablareix, 3°C, i la Plaça Sant Cugat de Salt, 5,8°C, aquests 2,8°C són per tant la intensitat real de l'illa de calor de Salt. Per tant un transecte que hem observat diferències tèrmiques de 11,6°C només es pot considerar com a vàlid el valor inicial de la intensitat de l'illa de calor a Salt 7,0°C, i l'illa de calor final, 2,4°C. La diferència tèrmica màxima és produïda per la variació observada en la velocitat del vent de tramuntana durant el transecte, molt més forta a la meitat nord i est de l'àrea urbana que a la meitat oest i sud, ja que el vent bufava més al nord i est de Girona que a l'oest i sud de la ciutat.

26DEC2010 18Z

500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)

Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.27 Mapa isobàric i topografia de 500 hPa. 26 de desembre de 2010. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

El mapa isobàric del 26 de desembre de 2010 ens permet observar una advecció d'aire fred del nord-est anticiclònica. Hi ha un solc amb eix nord-sud des d'Escandinàvia fins a Tunis, que està molt a prop de Catalunya, i que denota l'advecció d'aire més fred que arribava a Catalunya. D'altra banda hi ha un anticicló amb pressió superior als 1025 hPa i amb nucli al nord-est de França que s'estén fins als Pirineus Occidentals, i una baixa al mar Tirrè. Entre els dos centres es canalitza un flux del nord-est. Aquest flux del nord-est explica les situació atmosfèrica a Girona, amb tramuntana moderada en uns indrets i vent encalmats en uns altres de l'àrea urbana de Girona i el cel serè, ja que la massa d'aire era força seca.

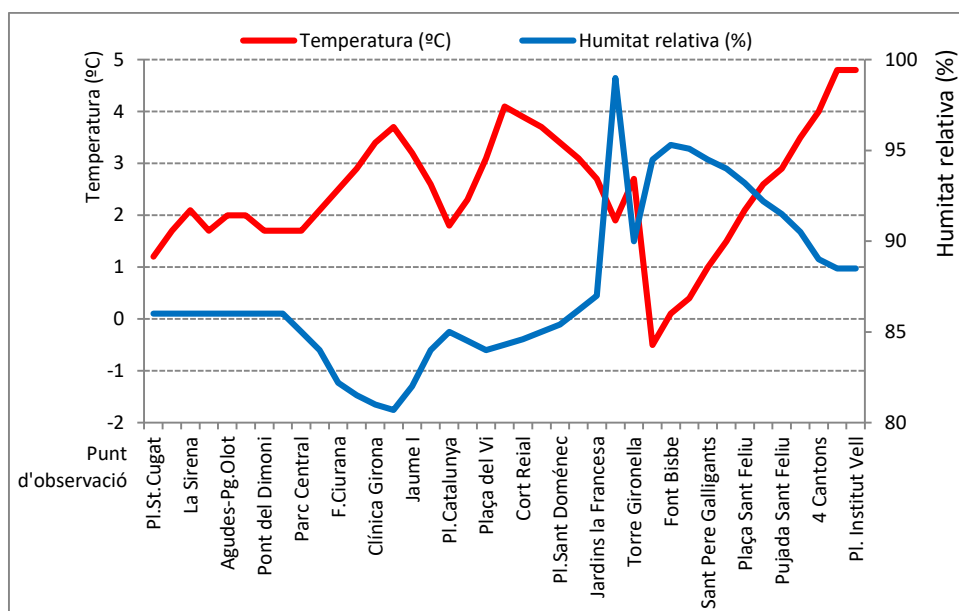


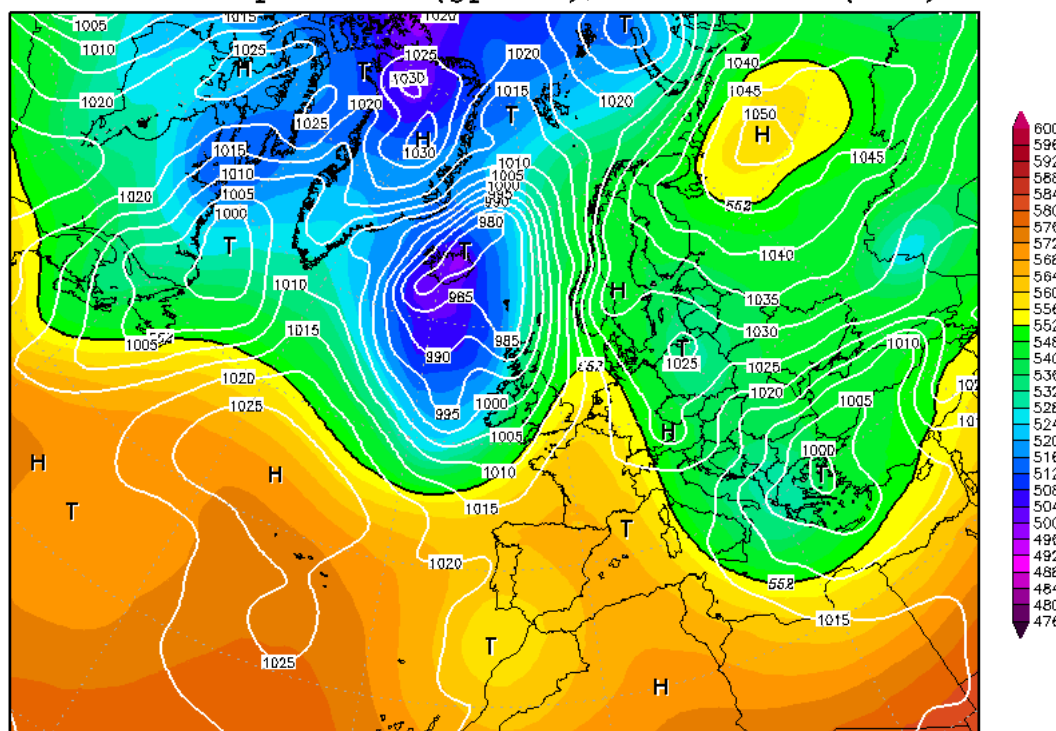
Figura 5.28 Transsecte termohigromètric del 25 de gener de 2012. Salt-Girona-Torre Gironella-Girona (vall de Sant Daniel)-Barri Vell de Girona. 7,15-8,30 hores.

Taula 5.7 Dades meteorològiques del 25 de gener de 2012. 7,15 hores.

Situació meteorològica	Anticicló
Nuvolositat	1/8 Ci, St
Pressió	1024 hPa
Vent	Calma

La intensitat màxima de l'illa de calor és de 5,3°C a les 8,30 hores i la intensitat màxima de l'illa de sequedat és del 18,3 %. La ciutat influeix en la humitat relativa i la temperatura, on les àrees més urbanitzades i centríques presenten les humitats més baixes i les temperatures més elevades durant la matinada. Així els indrets més càlids de l'Eixample presenten la humitat relativa més baixa, és el cas del punt d'observació de la cruïlla de l'Avinguda Sant Antoni Maria Claret i el carrer Joan Maragall, amb 80,7 % de humitat relativa i una temperatura 3,7°C. D'altra banda no sempre els racons més humits corresponen amb llocs freds, per exemple el barri de Torre Gironella que està damunt d'un turó a l'est de Girona enregistra la humitat relativa màxima del transsecte, 99 %, mentre que la temperatura és de 2,7°C. El riu Onyar és un canal d'aire fred on la humitat augmenta, a la Plaça de Catalunya tenim 84 % de humitat i una temperatura de 1,8°C. La plaça de l'Institut Vell situada al nord del Barri Vell de Girona enregistra la temperatura màxima, 4,8°C, amb 88,8 % de humitat, mentre que en canvi el monestir de vall de Sant Daniel (part est) té la temperatura més baixa -0,5°C, amb una humitat relativa molt alta, 95,2 %. D'altra banda, en un indret situat 250 metres a l'est de la part oriental del monestir, la Font del Bisbe a la part baixa de la vall de Sant Daniel té 92,7 % de humitat i -0,1°C.

25JAN2012 18Z
500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)



Daten: CFS Reanalysis

Figura 5.29 Mapa isobàric i topografia de 500 hPa. 25 de gener de 2012. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

La situació sinòptica és de pantà baromètric en superfície, no hi ha un gradient bàric important damunt de la Península Ibèrica. Hi ha una dorsal Anticiclònica damunt de Catalunya al nivell de 500 hPa. Hi ha una depressió aïllada a nivells alts o gota freda al Golf de Cadis i a l'oest del Marroc. D'altra banda hi ha una baixa relativa en superfície al Golf de Lleó.

El nombre de transectes fets en tota la campanya és de 1357, com es pot veure a la taula 5.6. Fins l'any 2008 vam realitzar 851 transectes. Cal esmentar que no hem inclòs els transectes diürns en aquest total. La majoria dels transectes són nocturns, 677, mentre que tenim 76 transectes de la matinada, 40 de la posta de sol, 6 al migdia i 9 a la tarda (com a mínim una hora abans de la posta de sol). El nombre de transectes fets per cada tipus de transecte (1 a 9) varia d'una manera considerable fins l'any 2008, així oscil·la entre els sis recorreguts dels transecte set, i els tres-cents seixanta-nou del transecte número cinc. Hem de tenir en compte que hi ha alguns recorreguts diaris que només els hem realitzat de manera individual, és el cas del transectes 5 i 6. Hi ha altres transectes, com el número 2 que els hem realitzat durant tots els dies de transectes en que es realitzaven dos transectes, i la resta de transectes els combinem per tal de tenir una millor idea de la morfologia tèrmica de la ciutat, si bé els més freqüents són els transectes 1, 3 i 8, ja que són els més llargs i permeten realitzar un mapa tèrmic de l'illa de calor més fidedigne a la realitat. Així realitzem 2 transectes durant els dies que fem un estudi de l'illa de calor de Girona. Els transectes 2 i 9 són els primers en realitzar-se (només fem un dels dos transectes) i després fem un transecte d'entre els que tenen número 1, 3, 4, 7 i 8. Els transectes 5 i 6 els realitzem per separat, i només en fem un per cada dia d'observació. La intensitat de l'illa de calor també fluctua d'una manera important

entre un transsecte i un altre, així la mitjana de la intensitat dels transsectes nocturns oscil·la entre els 7,7°C del transsecte 1, i els 3,8°C del transsecte 4. Aquesta variació respon al fet que uns transsectes (per exemple l'1,3 i 9) travessen les parts més càlides de la ciutat, i també recorren per la zona més freda de la perifèria urbana, i el recorregut d'altres transsectes (p.ex. 2 i 4) és fa a través d'altres parts de l'àrea urbana amb valors tèrmics intermedis entre els extrems. Tot i això cal remarcar que tots els transsectes han tingut recorreguts amb intensitats elevades (igual o superior a 6°C). La intensitat més elevada en un recorregut es va produir al transsecte número 3 en el dia 31 de desembre de 2007, amb 12,1°C. Aquesta diferència desmenteix la intensitat teòrica és de 6,6°C tenint en compte la població. Aquesta diferència tèrmica tan important entre les intensitats empírica i la teòrica és probablement conseqüència de la complicada orografia de l'àrea urbana, força compartimentada, amb valls i turons adjacents, la qual cosa afavoreix les Inversions tèrmiques a les valls, l'efecte de canal d'aire fred dels corrents fluvials i l'efecte d'embassament d'aire fred en les parts deprimides de les valls. També cal remarcar que els vents fluixos són freqüents a l'àrea urbana, i sovint a la nit el vent és encalmat, la qual cosa afavoreix les intensitats elevades de l'illa de calor. Així cal esmentar que l'illa de calor urbana afecta sobretot als municipis de Girona i Salt que formen un continu urbà, mentre que els barris de Fontajau i Pont Major són illots de calor separats de l'illa de calor urbana de Girona (hipòtesi 9), en l'últim cas Pont Major i Sarrià de Ter formen un illot de calor.

El nombre de transsectes fets en tota la campanya 2001-2021 és de 1411, encara que hi ha alguns transsectes que hem fet o que els hem digitalitzat que no s'han compatibilitzat, i no els hem pogut afegir a la llista total de transsectes. La majoria dels transsectes són nocturns, 1030, mentre que tenim 181 transsectes de la matinada, 62 de la posta de sol (que els incloem dins el còmput dels transsectes nocturns per calcular la intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna), 200 al migdia i 12 a la tarda (com a mínim una hora abans de la posta de sol), que els incloem dins dels transsectes del migdia, pel que fa al còmput de la intensitat. El nombre de transsectes fets per cada tipus de transsecte (1 a 12) varia d'una manera considerable fins l'any 2020, així oscil·la entre els 6 recorreguts dels transsecte set, i els 339 del transsecte número cinc. Hem de tenir en compte que hi ha alguns recorreguts diaris que només els hem realitzat de manera individual, és el cas del transsectes 5 i 6. Hi ha altres transsectes, com el número 2 que els hem realitzat durant tots els dies de transsectes en que es realitzaven dos transsectes, i la resta de transsectes els combinem per tal de tenir una millor idea de la morfologia tèrmica de la ciutat, si bé els més freqüents són els transsectes 1, 3 i 8, 7b, 8b, 8b, 10 i 11 ja que són els més llargs i permeten realitzar un mapa tèrmic de l'illa de calor més fidedigne a la realitat. Així realitzem 2 o 3 transsectes nocturns durant els dies que fem un estudi de l'illa de calor de Girona. Els transsectes 5, 2 i 9 són els primers en realitzar-se (alguns dies fem només un dels dos transsectes i altres dies fem dos, per exemple el 5 i el 2) i després fem un altre tipus de transsecte. Els transsectes 5 i 6 els realitzem per separat. A vegades pel que fa als transsectes 5 en fem tres transsectes en un dia, un transsecte a la matinada, un a la nit i un altre al migdia, tot i que no els incloem tots en la llista de transsectes digitalitzats. La intensitat de l'illa de calor també fluctua d'una manera important entre un transsecte i un altre, així la mitjana de la intensitat dels transsectes nocturns oscil·la entre els 7,4°C del transsecte 9, i els 3,8°C del transsecte 4. Aquesta variació respon al fet que uns transsectes (per exemple l'1,3, 7, 7b, 7b, 7b i 8b, 9, 10,

11 i 12) travessen les parts més càlides de la ciutat, i també recorren per la zona més freda de la perifèria urbana, i el recorregut d'altres transsectes (p.ex. 2 i 4) es fa a través d'altres parts de l'àrea urbana amb valors tèrmics intermedis entre els extrems. Tot i això cal remarcar que tots els transsectes han tingut recorreguts amb intensitats elevades (igual o superior a 6°C). La intensitat més elevada en un recorregut es va produir al transsecte número 3 en el dia 31 de desembre de 2007, amb 12,1°C. Aquesta diferència supera la intensitat teòrica segons Oke (1981) que és de 6,6°C tenint en compte la població de la ciutat de Girona. Aquesta diferència tèrmica tan important entre la intensitat empírica i la teòrica és probablement conseqüència de la complicada orografia de l'àrea urbana, força compartimentada, amb valls i turons adjacents, la qual cosa afavoreix les Inversions tèrmiques a les valls, l'efecte de canal d'aire fred dels corrents fluvials i l'efecte d'embassament d'aire fred en les parts deprimides de les valls.

També cal remarcar que els vents fluïxos són freqüents a l'àrea urbana, i sovint a la nit el vent és encalmat, la qual cosa afavoreix les intensitats elevades de l'illa de calor. Així cal esmentar que l'illa de calor urbana afecta sobretot als municipis de Girona i Salt que formen un continu urbà, mentre que els barris de Fontajau i Pont Major són illots de calor separats de l'illa de calor urbana de Girona (hipòtesi 9), en l'últim cas Pont Major i Sarrià de Ter formen un illot de calor.

Taula 5.8 Estadístiques descriptives de cada transsecte (recorreguts nocturns). Font: Elaboració pròpia a partir dels transsectes tèrmics.

Número de transsecte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Recorreguts realitzats	51	260	100	6	339	10	32	17	19
Intensitat Mitjana (°C)	7,0	4,0	6,8	3,8	5,3	6,8	5,4	5,8	7,4
Desviació. típica	1,9	2,1	2,6	1,2	2,4	0,8	2,2	1,7	2,1
Coeficient. de variació	29,0	52,5	40,6	31,6	41,4	10,5	40,7	26,6	30,9
Intensitat Màxima	11,9	9,3	12,1	6	10,1	9,3	11,8	9,1	10,7
Data	30-1-05	18-11-07	31-12-07	27-1-07	30-1-05	16-11-04	21-12-06	15-12-05	28-12-03
Intensitat Mínima	4,1	0,4	1,8	2,2	0,8	6,5	1,1	2,6	3
Data	24-7-04	17-8-04	30-3-07	18-12-06	30-11-02	25-12-05	27-1-06	14-3-07	22-4-05

Número de transsecte	4b	7b	7b 8b	8b	10	11	12	Total
Recorreguts realitzats	12	17	8	9	18	14	16	1003
Intensitat Mitjana (°C)	6,7	7,0	4,0	6,8	5,4	5,4	6,8	6,0
Desviació. típica	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	1,9
Coeficient. de variació	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	d.i.	33,8
Intensitat Màxima	11,8	9,1	9,3	12,1	9,7	9,7	9,8	12,1

Data	28-3-12	15-12-05	18-11-07	31-12-07	16-12-10	1-1-17	25-02-19	31-12-07
Intensitat Míxima	4,1	2,6	0,4	1,8	1,6	4,5	3,2	0,4
Data	24-7-04	14-3-07	17-8-04	30-3-07	30-05-14	19-02-17	12-12-18	17-8-04

Aclariment: d.i. Dades insuficients

La gràfica de la intensitat de l'illa de calor relativa en intervals de l'illa de calor d'1°C mostra un valor modal en l'interval de 4,1-5,0°C, amb marca de classe de 4,5°C, amb un 16,9 % dels transectes. Els recorreguts amb una dèbil illa de calor, inferior a 2,0°C són poc freqüents, 8,4 %, mentre que els transectes amb una molt forta illa de calor són força freqüents, especialment els que tenen una intensitat compresa entre 6,1°C i 7,0°C (14,2 %). Els transectes amb una intensitat de l'illa de calor superior a 9,0°C són molt poc freqüents, es poden considerar que tenen una intensitat excepcional, ja que la freqüència total no assoleix el 8 % de la mostra total.

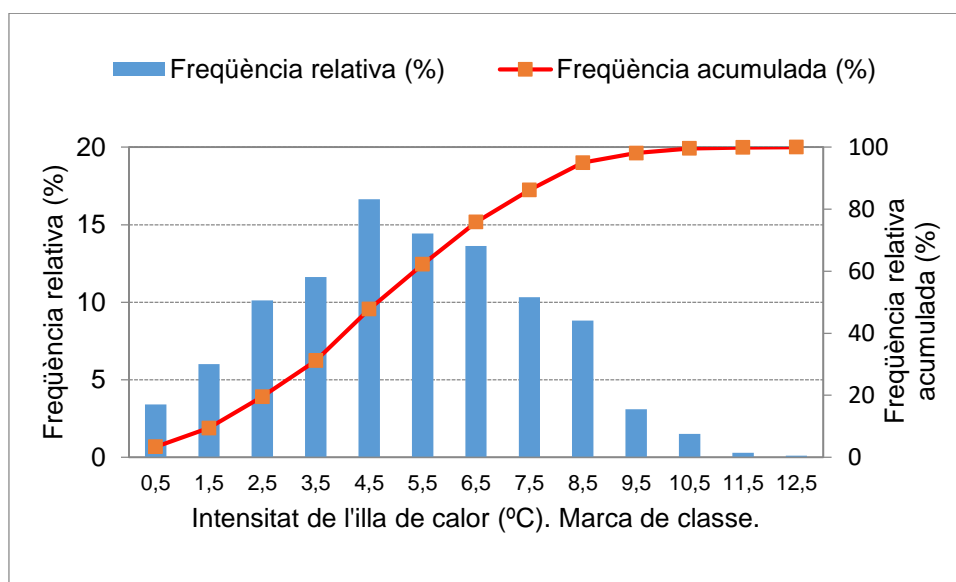


Figura 5.30 Intensitat de l'illa de calor dels transectes nocturns. Freqüència relativa i acumulada segons diferents intervals Període 2001-2017.

La intensitat mitjana anual de l'illa de calor en el període 2001-2017 segons el mètode dels transectes nocturns tendeix a augmentar, 0,1°C/any, valor que és estadísticament significatiu, al nivell de confiança del 95 %. No obstant, hem de remarcar que la gran diferència en la mostra de transectes analitzats de cada any fa que els resultats s'hagin de prendre amb precaució. Els anys amb més intensitat mitjana són els que tenen menys transectes i a la inversa, per tant la tendència d'increment de la intensitat és enganyosa. La tendència seria plana, d'estancament tèrmic, si agaféssim un idèntic nombre de transectes en cada any.

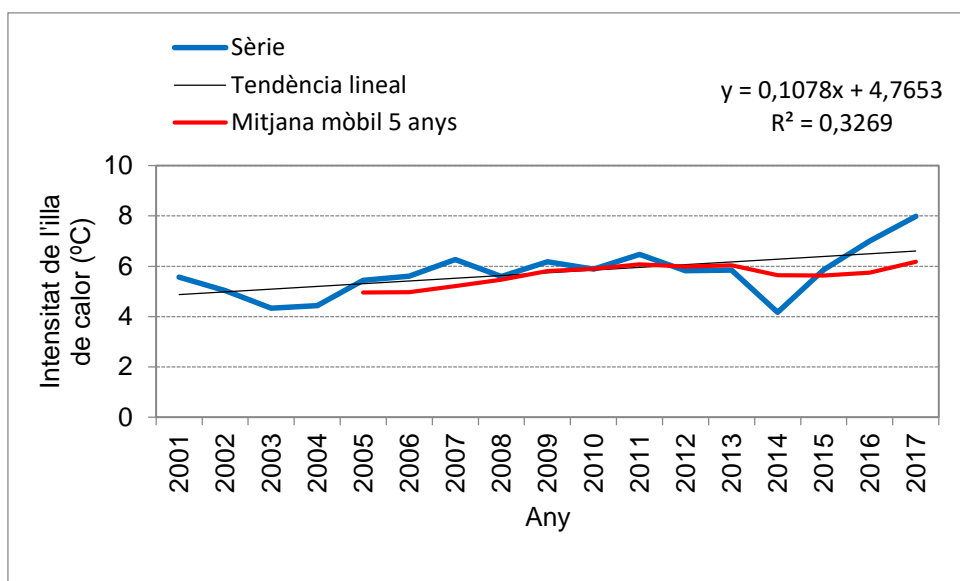


Figura 5.31 Evolució mitjana anual de la intensitat de l'illa de calor dels transectes nocturns.. Període 2001-2017.

Els transectes fets al migdia o a la tarda són els que presenten una intensitat de l'illa de frescor urbana, alguns carrers de la ciutat són més frescos que els afores, en la taula següent només hem inclòs la intensitat de l'illa de frescor d'aquest moment del dia, no la intensitat de l'illa de calor que també es presenta en aquests recorreguts, però és més feble que la intensitat de l'illa de frescor urbana. La mostra desigual del nombre de transectes en els diferents mesos de l'any fa que els resultats no siguin comparables amb fidegnitat, no obstant, la intensitat mitjana de l'illa de frescor anual, $-3,1^{\circ}\text{C}$, reflecteix una certa frescor del Barri Vell de Girona, l'àrea urbana més fresca de la conurbació de Girona i Salt respecte els afores. La intensitat màxima de l'illa de frescor és al mes de març, $-10,6^{\circ}\text{C}$, i també al mes de gener, $-9,8^{\circ}\text{C}$, mentre que la del març és del migdia del 30 de març de 2012, la intensitat del dia 5 de gener de 2013 correspon a una hora de la tarda, 17,05 hores, propera a la posta de sol, en aquest dia l'illa de frescor urbana de Girona va romandre fins a la posta de sol.

Taula 5.8 Intensitat mitjana, màxima i mínima de l'illa de frescor urbana i nombre de transectes realitzats al migdia i a la tarda desglossats per cada mes i any. Període 2001-2021.

Mes	Mitjana	Màxima	Mínima	Transectes
G	-3,4	-0,4	-9,8	28
F	-2,5	-0,6	-7,4	25
M	-6,2	-0,5	-10,6	3
A	-0,9	-0,4	-1,4	3
M	-2,7	-0,4	-4,5	3
J	-3,4	-0,9	-6,5	3
J	-2,8	0	-6,5	10
A	-3,0	-0,2	-6,8	19
S	-3,1	-1,1	-7,5	22
O	-2,8	-0,5	-7,8	20

N	-3,9	-0,9	-9,1	22
D	-3,3	-0,8	-10,2	42
Mitjana any	-3,1	0	-10,6	200

Els transectes del matí tenen una intensitat mitjana de 4,4°C, que és inferior a la dels recorreguts fets a la nit, 5,3°C. La intensitat màxima de l'illa de calor és de 9,8°C al recorregut del 28 d'octubre de 2003 del transecte 1, de Sarrià de Ter a Girona passant pel barri del Pont Major. La intensitat de l'illa de calor mitjana dels recorreguts fets només al municipi de Salt (transecte 5) és lleugerament inferior als transectes 1 i 2 (de Sarrià de Ter a Girona, 5,3°C i 4,1°), ja que l'efecte de l'illa de calor urbana de Girona és més intensa que l'illa de calor del municipi de Salt. Els transectes fets amb cotxe (7 i 9) només són 2, la resta són pedestres, i tenen una elevada illa de calor urbana, però són una mostra clarament insuficient per treure alguna conclusió.

Taula 5.9 Intensitat mitjana, màxima i mínima de l'illa de calor urbana i nombre de transectes realitzats a la matinada. Període 2001-2021.

Tipus transecte	Intensitat mitjana (°C)	Intensitat màxima (°C)	Intensitat mínima (°C)	Nombre de transectes
5	4,1	8,8	0,0	116
7	5,8	5,8	5,8	1
9	8,0	8,0	8	1
Salt-Girona	5,2	6,9	1,7	4
Sarrià-Girona per Pont Major (1)	5,3	9,8	1,5	45
Sarrià-Girona per Sarrià de Dalt (2)	4,1	5,5	2,1	8
Salt-Girona (la vall de Sant Daniel)	4,9	7,1	3	6
Mitjana	4,4	9,8	0	181

Els transectes número 1 tenen una distribució platicúrtica, ja que la curtosi val 0,254, per tant els valors extrems (intensitats molt elevades i molt baixes) són relativament freqüents. Tenim una asimetria positiva a la dreta (0,42), per tant la majoria de intensitats són superiors a la mitjana.

Els recorreguts del transecte 2 tenen una distribució leptocúrtica, la curtosi és igual a 0,278. Per tant la majoria de les intensitats s'agrupen entorn la mitjana i els valors extrems són poc freqüents. Existeix una asimetria negativa a l'esquerra (-0,23), tenim molts recorreguts amb intensitats inferiors a la mitjana.

Els transectes número 3 segueixen una distribució leptocúrtica, la curtosi val 0,27. Els valors de intensitats molt inferiors o superiors a la mitjana no són gaire freqüents. L'asimetria és negativa (-0,28) a l'esquerra. Per tant tenim molts més transectes amb intensitats inferiors a la mitjana que els inferiors respecte la mitjana.

La distribució és leptocúrtica en els transectes número 4, per tant la majoria de recorreguts presenten una intensitat idèntica a la mitjana. La curtosi val 0,284. Hi ha un asimetria positiva (0,22) a la dreta, per tant hi ha més transectes amb intensitat superior a la mitjana que inferior a aquesta.

Els recorreguts del transecte número 5 presenten una distribució leptocúrtica, la curtosi val 0,281. Tenim més recorreguts amb intensitats similars a la mitjana que transectes amb intensitats extremes, molt altes o molt baixes. L'asimetria és positiva (0,06) a la dreta, tenim més recorreguts amb intensitat superior a la mitjana que inferior a ella.

Els transectes número 6 tenen una distribució platicúrtica, per tant els valors extrems són relativament freqüents. La curtosi val 0,217. Hi ha una asimetria negativa a l'esquerra, això significa que tenim més transectes amb intensitat inferior a la mitjana que recorreguts amb intensitat superior a la mitjana. El coeficient 1 d'asimetria de Pearson val -0,07.

Els recorreguts amb intensitat propera a la mitjana són els més freqüents en el transecte número 7, ja que la curtosi val 0,317, tenim una distribució leptocúrtica. Hi ha asimetria positiva a la dreta, això implica més recorreguts amb intensitat superior a la mitjana que inferior a aquesta.

Els transectes 8 presenten una distribució propera a la normal, anomenada mesocúrtica, ja que la curtosi val 0,264. D'altra banda existeix asimetria positiva (0,06) a la dreta, tenim més recorreguts amb intensitat superior a la mitjana que inferior.

Els transectes 9 tenen una distribució leptocúrtica, per tant predominen els recorreguts amb una intensitat similar a la mitjana. Existeix una asimetria negativa (-0,31) a l'esquerra, per tant existeixen més recorreguts amb intensitat inferior a la mitjana que superior.

5.1.1 Localització dels màxims i mínims tèrmics dels transectes

Els transectes matinals fets a Salt (transecte 5) tenen els màxims tèrmics principalment al barri de l'Eixample on hi ha els edificis més elevats i la densitat de població és més elevada. El punt d'observació on tenim més freqüència relativa de màxims tèrmics (49,4 % dels transectes) és el carrer Àngel Guimerà-Pacheco en el període 1998-2007, tot i que posteriorment encara hem fet més transectes tèrmics 5, dins del municipi de Salt.

Taula 5.10 Freqüència en què un punt d'observació enregistra la temperatura màxima del transecte 5. Matí.

Punt d'observació	Freqüència absoluta (nombre transectes).	Freqüència Relativa (%)
Àngel Guimerà-Dr.Ferran	2	2,2
Àngel Guimerà-Dr.Sambola	7	7,9
Àngel Guimerà-F.Macià	1	1,1
Àngel Guimerà-Pacheco	44	49,4
Àngel Guimerà-Pg. M.Camps	12	13,5
Torras i Bages-Pg.M. Camps	4	4,5
Pep Ventura	1	1,1
Pl. St. Cugat	5	5,6
Pl. Verdaguer	4	4,5
Torras i Bages	3	3,4
Torras i Bages-Pacheco	3	3,4
Torras i Bages-Pg.Marquès de	3	3,4

Camps		
-------	--	--

Taula 5.11 Freqüència en què un punt d'observació enregistra la temperatura màxima del transecte nocturn 1

Punt d'observació	Freqüència absoluta (nombre transectes)	Freqüència relativa. (%)
Creu-Migdia	1	2,2
Emili Grahit-Barcelona	2	4,4
Emili Grahit-Migdia	16	35,6
Gran Via Jaume I	3	6,7
Gran Via Jaume I-Alvarez de C.	2	4,4
Joan Maragall	7	15,6
Juli Garreta	11	24,4
La Salle	1	2,2
Migdia-Creu	1	2,2
Plaça Calbet i Rubalcava	1	2,2

El punt d'observació de la cruïlla dels carrers Emili Grahit i Migdia és el punt d'observació més càlid del transecte 1, i en segon lloc tenim el carrer Juli Garreta. Així la majoria de recorreguts del transecte 1 presenten el valor tèrmic màxim a l'Eixample. Un altre carrer força càlid és el carrer Joan Maragall, amb el 15,6 % dels transectes.

Taula 5.9 Freqüència en què un punt d'observació enregistra la temperatura mínima del transecte 3.

Camí del Molí	2	2,1
Monestir Sant Daniel	8	8,5
Pas d'en Prats	94	89,4

La gran majoria dels recorreguts del transecte 3 presenten la temperatura mínima al punt d'observació del Pas d'en Prats, que està situat a les Deveses de Salt. Aquest és el punt més fred de l'àrea urbana de Girona, ja que en el 89,4 % dels recorreguts enregistra la temperatura més baixa. Altres punts amb el mínim tèrmic són el Camí del Molí, al cantó de la riera Xuncla, a Sarrià de Dalt (2,1 %) i el Monestir de Sant Daniel, amb el 8,5 % dels recorreguts.

Taula 5.10 Freqüència relativa del mínim tèrmic de les transectes 2 del migdia

Punt d'observació	Freqüència absoluta (nombre transectes)	Freqüència relativa (%)
Albareda	2	8,3
Auriga	5	20,8
Artillers-Bonastruc	1	4,2
Cort Reial	1	4,2
Devesa de Girona	1	4,2
Jardins de la Infància	1	4,2
Nou	1	4,2
Nou del Teatre	2	8,3
Peixateries Velles	1	4,2

Pl.Catalunya de Salt	3	12,5
Plaça Bell-lloc	3	12,5
Placeta de l' Institut Vell	1	4,2
Rambla Llibertat	2	8,3

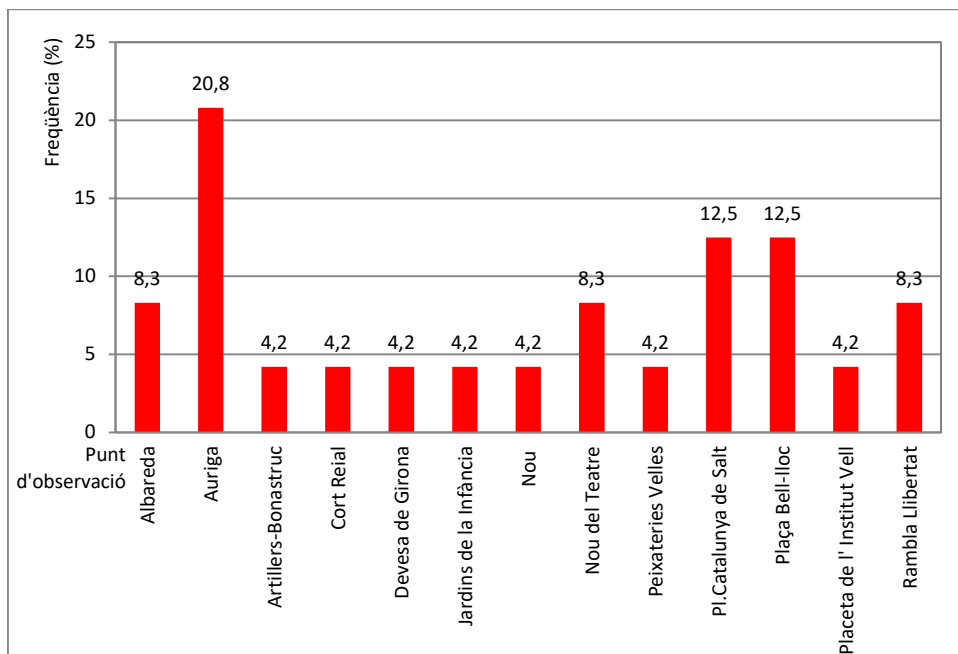


Figura 5.32 Freqüència en què un punt d'observació enregistra la temperatura mínima del transecte 2 del migdia.

La majoria dels punts d'observació que enregistren la temperatura mínima del migdia del transecte 2 són del Barri Vell de Girona, és la zona més freda de la ciutat de Girona durant els migdies com a conseqüència de l'efecte d'ombra dels edificis, amb uns carrers molt estrets, cosa que afavoreix que la temperatura no pugi durant el dia. El carrer més fred és l'Auriga, amb el 20,8 % dels recorreguts, en següent lloc és la Plaça Catalunya de Salt i la Plaça Bell-lloc del Barri Vell de Girona.

Taula 5.11 Intensitat mitjana de l'illa de frescor urbana diürna dels transectes 2 del migdia en funció de la situació sinòptica.

Situació sinòptica	Mitjana
Adv. N	-3,0
Adv. NE	-2,0
Adv. SW	-1,9
Adv. W	-0,8
Adv. S	-3,1
Anticicló	-3,5
Pantà baromètric	-5,1

El pantà baromètric és la situació sinòptica en què la intensitat de l'illa de frescor urbana diürna és més intensa, $-5,1^{\circ}\text{C}$, seguida de l'anticicló, $-3,5^{\circ}\text{C}$. Els cels serens juntament amb els vents fluixos són els factors explicatius d'aquesta debil illa de calor urbana. L'advecció de l'oest és el tipus sinòptic amb menys intensitat de l'illa de

frescor, $-0,8^{\circ}\text{C}$, probablement per la important ventilació que implica aquest vent, cosa que disminueix l'efecte d'illa de frescor del Barri Vell de Girona.

Taula 5.12 Temperatura mitjana de les transectes en funció de la situació sinòptica. Transecte 2 del migdia.

Biblioteca de Girona (antiga localització Pl. Pompeu Fabra)	3	12,5
Ciutadans-Llibreria Geli	1	4,2
Estació Jove	2	8,3
Joan Maragall	2	8,3
La Farinera	4	23,0
La Punxa	1	4,2
Pg. D'Olot-Mare Déu del Remei	2	8,3
Pl. Constitució-Gran Via	1	4,2
Pl. St. Cugat	1	4,2
Pl. Hospital	1	4,2
Pl. Marquès de Camps	2	8,3
Plaça Catalunya	1	4,2
Plaça Rodona	1	4,2
Ramon Folch	1	4,2

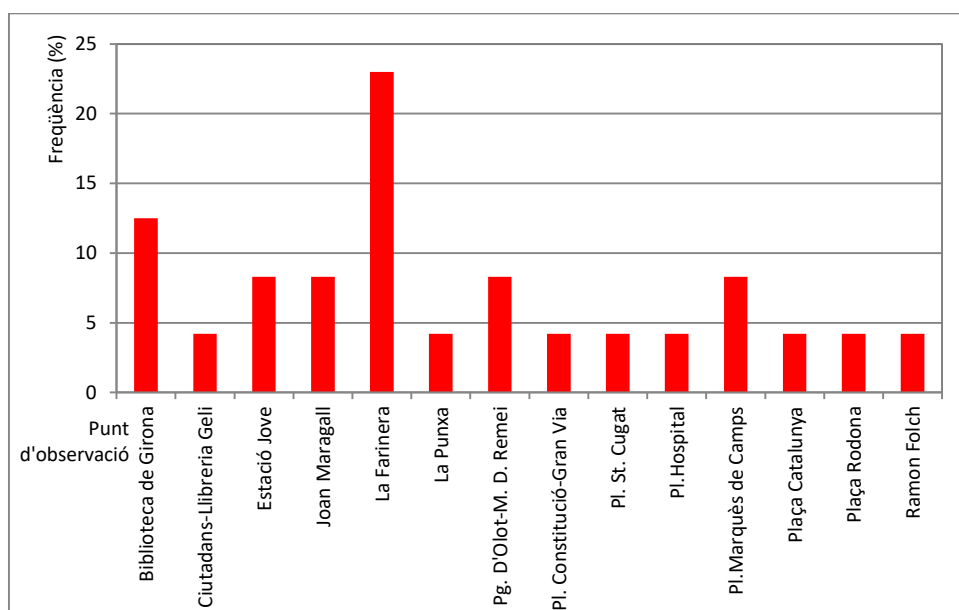


Figura 5.33 Freqüència en què un punt d'observació enregistra la temperatura màxima del transecte 2 del migdia.

La Farinera és l'edifici on hi ha la seu del diari El Punt Avui, situat al carrer Santa Eugènia, és el punt on més sovint tenim la màxima temperatura del transecte 9 del migdia, amb el 23 % dels recorreguts. La major part dels punts d'observació més càlids de la ciutat de Girona pertanyen a l'Eixample, tot i que tenim altres punts al barri de Sant Narcís (Passeig Olot). Aquests punts pertanyen a carrers assolellats amb orientació W-E. Es tracta de carrers força amples on la radiació solar intensa afavoreix les elevades temperatures.

Taula 5.13 Intensitat mitjana de l'illa de calor dels transectes en funció de la situació sinòptica. Transecte 8. Nit.

Situació sinòptica	Mitjana
Adv. E	6,5
Adv. N	6,7
Adv. NE	5,1
Adv. NW	6,0
Adv. S	3,1
Adv. SE	5,7
Adv. SW	6,9
Adv. W	5,4
Anticicló	6,8
Pantà baromètric	2,8

El transecte 8 presenta una certa anomalia quan analitzem la intensitat mitjana tenint en compte el mapa isobàric de superfície, així els recorreguts amb una advecció del sud-oest presenten la major intensitat, 6,9°C, tot i que l'anticicló presenta una intensitat mitjana de 6,8°C. Una altra situació sinòptica, el pantà baromètric, en canvi presenta la menor intensitat. En general les situacions advectiones que impliquen vents terrals presenten una intensitat més elevada, l'advecció del nord enregistra 6,7°C de intensitat mitjana.

En la propera taula s'observen els punts d'observació més càlids i més freds de cada transecte nocturn. Així els punts més freds es situen en les àrees rurals perifèriques, sobretot les situades a prop de rius, per exemple la Vall de Sant Daniel, els afores de Sarrià de Dalt, els afores de Sant Gregori o les Deveses de Salt. El parc de les Deveses de Salt és l'àrea on són més freqüents els mínims tèrmics dels transectes més llargs, per tant es pot considerar com el punt d'observació amb temperatures més baixes segons el mètode dels transectes. Els punts d'observació més càlids ens mostren quina part de la ciutat de Girona té el màxim tèrmic de l'illa de calor, aquesta és l'Eixample de Girona. En alguns transectes que no discorren dins l'Eixample de Girona s'observa que el màxim tèrmic es produeix en àrees urbanes, tals com el centre de Salt (Angel Guimerà), pel que fa al transecte 5, o el barri de Santa Eugènia (cruïlla dels carrers Agudes i Passeig d'Olot) pel que fa al transecte 4.

Taula 5.16 Punt més càlid i més fred de cada transecte nocturn. Transectes 1 a 12.

Transecte	Punt més càlid	Punt més fred
1	Juli Garreta	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
2	Agudes-Passeig d'Olot	Camí del Molí (Sarrià de Dalt)
3	Juli Garreta	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
4	Agudes-Passeig d'Olot	Carretera de Sant Gregori, km 4,5
5	Pg. Països Catalans-Francesc Macià	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
6	Juli Garreta	Monestir de Sant Daniel
7	Plaça Marquès de Camps	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
7b	Juli Garreta	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
8	Plaça Marquès de Camps	Monestir de Sant Daniel
8b	Juli Garreta	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
7b 8b	Juli Garreta	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
9	Ronda Ferran Puig	Deveses de Salt
10	Plaça Marquès de Camps	Monestir de Sant Daniel
11	Plaça Marquès de Camps	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)

12	Plaça Marquès de Camps	Pas d'en Prats (Deveses de Salt)
----	------------------------	----------------------------------

5.2 Mètode dels observatoris meteorològics

Hem comparat dues estacions meteorològiques, una de les més càlides de tota l'àrea urbana, Girona-Sèquia, amb 10,8°C de temperatura mitjana de les mínimes anuals, i una altra, Fornells de la Selva-SMC, amb 6,4°C de promig, és la 2a més freda, per darrer de les Deveses de Salt. No hem comparat l'estació més càlida, Girona-Escola de la Música, amb 11,1°C de promig, i l'estació més freda, les Deveses de Salt, amb 6,1°C de mitjana anual, per l'important nombre de llacunes d'ambdues estacions meteorològiques. L'efecte de l'illa de calor urbana és més important a l'hivern si tenim en compte el mètode dels transectes tèrmics, i en canvi és més intensa l'illa de calor a la tardor si tenim en compte els observatoris de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva. El mes de novembre és el mes amb més diferència mitjana anual de les mínimes de tot l'any, 5,04°C. No obstant, desembre té una intensitat mitjana idèntica, 4,93°C. Els mesos amb més diferència són a finals de tardor i a l'hivern (novembre-febrer), tot i que als mesos de gener i febrer els contrastos tèrmics són lleugerament inferiors, 4,51°C i 4,57°C respectivament. L'elevada estabilitat atmosfèrica afavoreix els contrastos tèrmics elevats a finals de la tardor i hivern, amb fortes inversions tèrmiques en les nits serenes, hi ha una correlació positiva entre inversió tèrmica i intensitat de l'illa de calor urbana. Entre els mesos de maig i setembre la intensitat de l'illa de calor és més feble que a la resta de l'any, amb intensitats que fluctuen entre 4,05°C (maig) i 4,12°C (setembre). Per tant hi ha un patró estacional, amb més diferències tèrmiques urbano-rurals quan el sol està més baix que en l'època en què el sol està alt i a inicis de la tardor per efecte de l'abundant nuvolositat, pluviometria i alta humitat relativa.

Taula 5.14 Intensitat mitjana mensual i anual de l'illa de calor de Girona. Diferència en les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC. Període maig 2012-desembre 2017.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
4,51	4,57	4,41	4,35	4,05	4,16	4,09	4,07	4,12	4,37	5,04	4,93	4,38

Taula 5.15 Intensitat mitjana estacional de l'illa de calor de Girona. Diferència en les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC. Període maig 2012-desembre 2017.

Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
4,71	4,28	4,08	4,46

Els dies amb intensitats molt elevades de l'illa de calor (igual o superior a 6,0°C) superen el 30 % dels dies en el mes de novembre, 30,1 %. Altres mesos amb elevades freqüències són els mesos entre octubre i febrer, quan se supera el 20 % dels dies. D'altra banda, aquests dies són molt pocs freqüents a l'estiu, i en el període maig-setembre, amb un menor percentatge en el mes mes de juliol, només el 13,7 % dels dies. S'ha de remarcar que hi ha una bona relació entre la intensitat mitjana de de l'illa de calor i el nombre de dies amb una molt intensa o intensa illa de calor (més de 4,0°C). En el mes de novembre 60,2 % dels dies tenen més de 4,0°C, i en canvi el

setembre és el 37,8 % dels dies. Pel que fa a les intensitats febles (iguals o inferiors a 2°C) els mesos amb major percentatge corresponen als mesos amb més intensitat de l'illa de calor de urbana mitjana, són l'octubre (17,5 % dels dies) o el maig (15,4 %), mentre que les freqüències relatives més baixes d'aquesta tipologia es donen als mesos d'hivern, en què alguns dies plujosos les dèbils amplituds tèrmiques impliquen una molt feble illa de calor. El mes amb la menor freqüència relativa és el desembre, amb el 10,4 % dels dies.

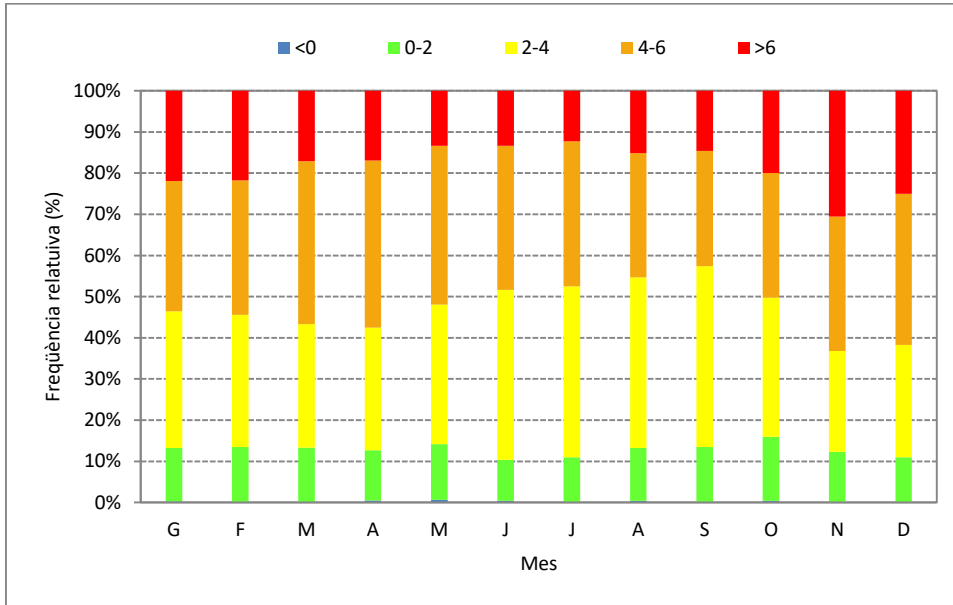


Figura 5.34 Freqüència relativa mensual segons diferents intervals de la intensitat de l'illa de calor urbana. Diferència en les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva (SMC). Període maig 2012-desembre 2017.

La gràfica de la intensitat de l'illa de calor estacional i anual desglossada per intervals d'1,0°C, excepte intensitats molt elevades ($\geq 6,0^{\circ}\text{C}$), ens mostra com els intervals modals anuals són els de 3,1-4,0°C (20,8 %) i 4,1-5,0°C (20,7 %). Les intensitats molt elevades tenen un màxim relatiu a l'hivern (22,9 %) i un mínim a l'estiu (13,6 %). A la tardor també hi ha un nombre molt elevat de dies amb molt intensa illa de calor (21,7 %), per tant és poc rellevant el màxim hivernal, la diferència en termes relatius és molt poc important respecte a la tardor. Les diferències negatives en l'illa de calor són anecdòtiques, només el 0,2 % dels dies de tot l'any tenen intensitats de l'illa de calor negatives, considerant els dies amb una intensitat compresa entre $-0,1^{\circ}$ i -1°C , amb una mínima inferior a Girona-Sèquia respecte Fornells de la Selva-SMC. Pel que fa a les intensitats febles ($0,1-1,0^{\circ}\text{C}$ i $1,1-2,0^{\circ}\text{C}$) hi ha poca diferència relativa entre les diferents estacions astronòmiques, i la tardor té un màxim relatiu estacional a l'interval d'1,1-2,0°C (9,3 %). La primavera té dos màxims relatius estacionals en els intervals de intensitats fortes, 4,1-5,0°C i 5,1-6,0°C.

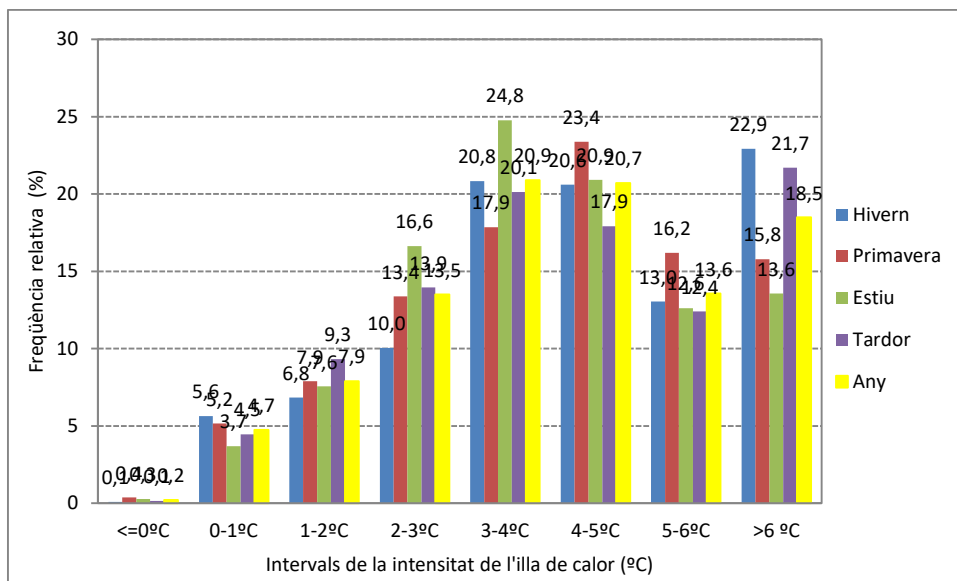


Figura 5.35 Freqüència relativa estacional i anual segons diferents intervals de la intensitat de l'illa de calor urbana. Diferència en les temperatures mínimes Girona-Sèquia i Fornells de la Selva (SMC). Període maig 2012-desembre 2017.

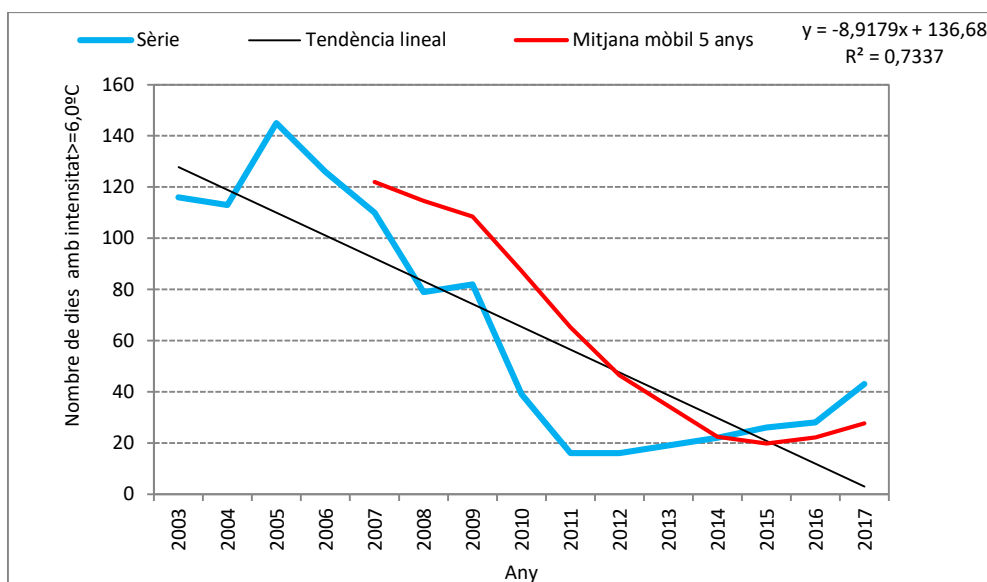


Figura 5.36 Gràfica anual del nombre de dies amb una intensitat de l'illa de calor urbana de Girona igual o superior a 6,0°C. Diferència en les temperatures mínimes Girona-Sèquia i Fornells de la Selva (SMC). Període 2003-2017.

Hem analitzat un total de 38 observatoris meteorològics amb l'objectiu de determinar les diferències tèrmiques urbano-rurals i hem cartografiat les variables més interessants. La mitjana de les temperatures mínimes oscil·la entre els 11,1°C del centre de Girona (11,1°C de l'observatori de Girona-Escola de Música, Girona-Escola Doctor Masmitjà i Girona-Plaça Poeta Marquina) i els 6,1°C de les Deveses de Salt. Tenim per tant 4,8°C d'illa de calor mitjana. La intensitat mitjana de l'illa de calor pel que fa a les temperatures mínimes és de 5,0°C. S'ha de remarcar que les temperatures més baixes es donen a prop de rius en zones poc urbanitzades, però en fondalades, ja que a les parts elevades dels turons del massís de les Gavarres les mínimes són força elevades per efecte de l'altitud i la inversió tèrmica. Així la mitjana de les mínimes a l'observatori de Girona-Montjuïc (184 m) és de 10,2°C, tot i no ser un indret de la ciutat

de Girona que és perifèric. Tenim un increment tèrmic amb les mateixes condicions de urbanització cap al nord-est, probablement per l'efecte termorregulador del mar Mediterrani més proper, cosa que dona mínimes suaus a Celrà, 9,6°C, i a Sarrià de Ter-XVPCA, 9,8°C i 9,9°C a Sarrià de Ter-Montagut, al barri del Pla dels Vinyers. No obstant a l'oest del poble de Sarrià la mitjana de les mínimes és de 7,7°C, valor inferior als 8°C, és una zona freda la vall de la riera Xuncla, on tenim un termochron amb dades dels anys 2012 a 2014 i a més hem fet transectes tèrmics matinals entre els anys 2013 i 2020 que permeten saber la temperatura d'aquesta àrea. Un indret força càlid per efecte urbà és el centre de Cassà de la Selva, amb 10,2°C. Fornells de la Selva-SMC enregistra 6,4°C de mitjana de les mínimes, és el 2n observatori més fred, valor que contrasta amb els 9,2°C del centre de Fornells de la Selva, situat al NW del terme. Girona-la vall de Sant Daniel té 7,6°C, 3,2°C inferior al carrer Sèquia, que té una mitjana de 10,8°C.

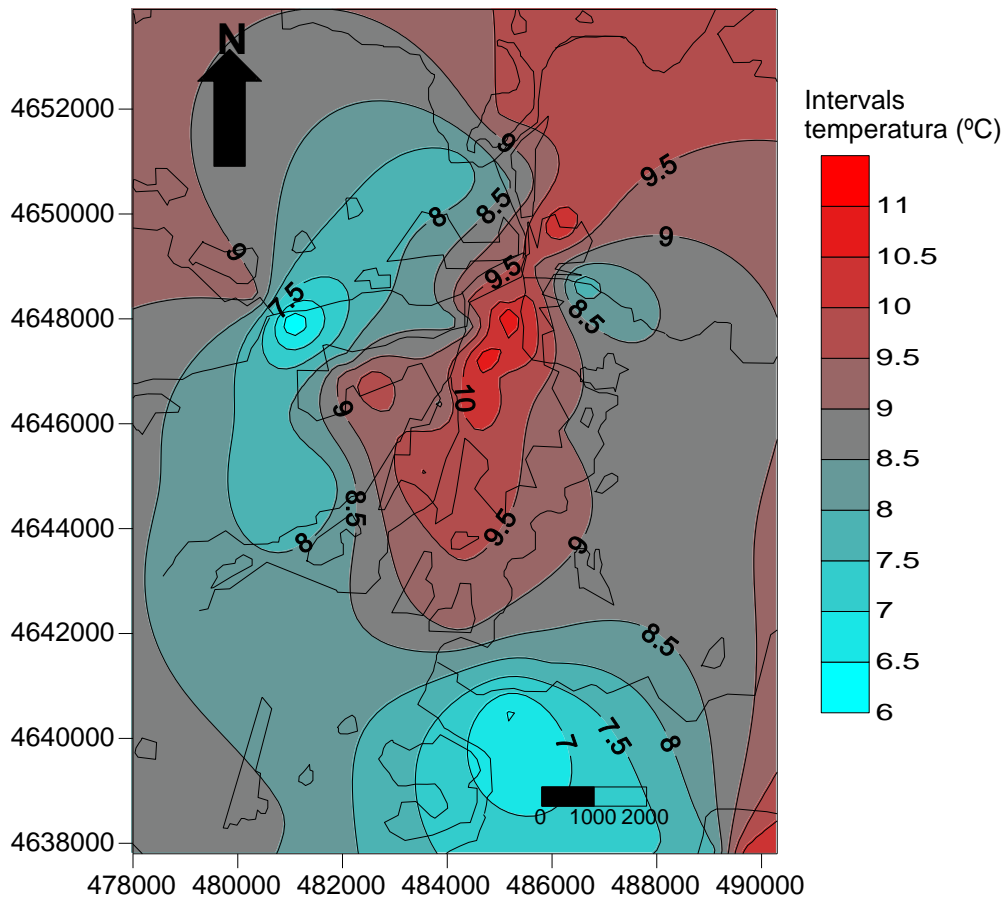


Figura 5.37 Mapa de la temperatura mitjana de les mínimes. Període 1998-2020.

Les temperatures màximes no varien gaire entre el centre de Girona i els afores, l'efecte urbà és menys pronunciat en les temperatures màximes que en les mínimes, ja que l'illa de calor desapareix al migdia, fins i tot en alguns dies apareix l'illa de frescor urbana, les temperatures màximes al centre urbà és inferior respecte els afores, especialment a l'hivern i en estacions meteorològiques ombrejades, com és el cas de Salt-Barri Vell i Girona-Francesc Roges, en què les temperatures mínimes poden ser entre 3°C i 10°C inferiors als afores. No obstant quan fem la mitjana de les temperatures mitjanes anuals de les màximes desapareix aquest efecte, tot i que en

observatoris elevats respecte el nivell del carrer, com és el cas de Girona-Vicens Vives enregistren temperatures mitjanes força baixes, 20,5°C, és l'observatori més fred de l'àrea urbana pel que fa a les temperatures mitjanes de les màximes a resolució anual. La mitjana de les màximes més elevada es dona al municipi de Girona però també la part meridional i oriental (22,8°C Girona-Parc del Migdia, 22,6°C a Girona-la Vall de Sant Daniel). Gran part del municipi de Girona enregistra valors força elevats, superiors a 22°C, amb l'excepció de Girona-Vicens Vives, 20,5°C. Probablement l'elevada altura de l'estació meteorològica afavoreix que la temperatura sigui força inferior que en estacions ubicades a nivell del carrer com succeeix amb Girona-Parc del Migdia (AEMET). No obstant l'efecte refrescant de la marinada implica màximes més baixes prop del riu Onyar. Un altre observatori càlid és Fornells de la Selva-XOM i Fornells-SMC, amb 22°C, mentre en canvi el centre del poble és lleugerament més fresc, 21,3°C. La segona estació meteorològica amb una mitjana de les màximes més baixa està situada a l'extrem oest de l'àrea urbana, Bescanó té 20,6°C de mitjana de les màximes. Al sud-oest de la ciutat de Girona, tenim l'estació del Bell-lloc amb unes màximes lleugerament inferiors al voltant, probablement per influència de la marinada, 21,8°C. A l'hora de fer la cartografia de la mitjana de les temperatures màximes no hem tingut en compte ni la mitjana de les temperatures màximes de Girona-Institut Narcís Xifra, 23,1°C, al nord de la ciutat de Girona, ni tampoc Girona-Universitat, al SE, amb 23,1°. Girona-Narcís Xifra és un observatori que estava situat en un solar de l'institut entre dues parets i força arrecerat de la tramuntana per l'edifici de l'institut, i a vegades amb anticicló donava temperatures màximes excessivament elevades, per exemple en comparació amb Sarrià de Ter o Girona, com el 17 de març de 1997, 30,4°C de màxima, en canvi Girona-Bell-lloc només va donar una màxima de 28°C. S'ha d'afegir que aquest observatori no tenia un instrumental oficial fins l'any 1999, al final de la sèrie, i que el termòmetre estava 1 metre damunt del terra i que la gàbia de l'estació era de persiana simple. En el cas de Girona-Universitat la situació del sensor de temperatura màxima damunt una terrassa també influïa en unes temperatures màximes massa elevades.

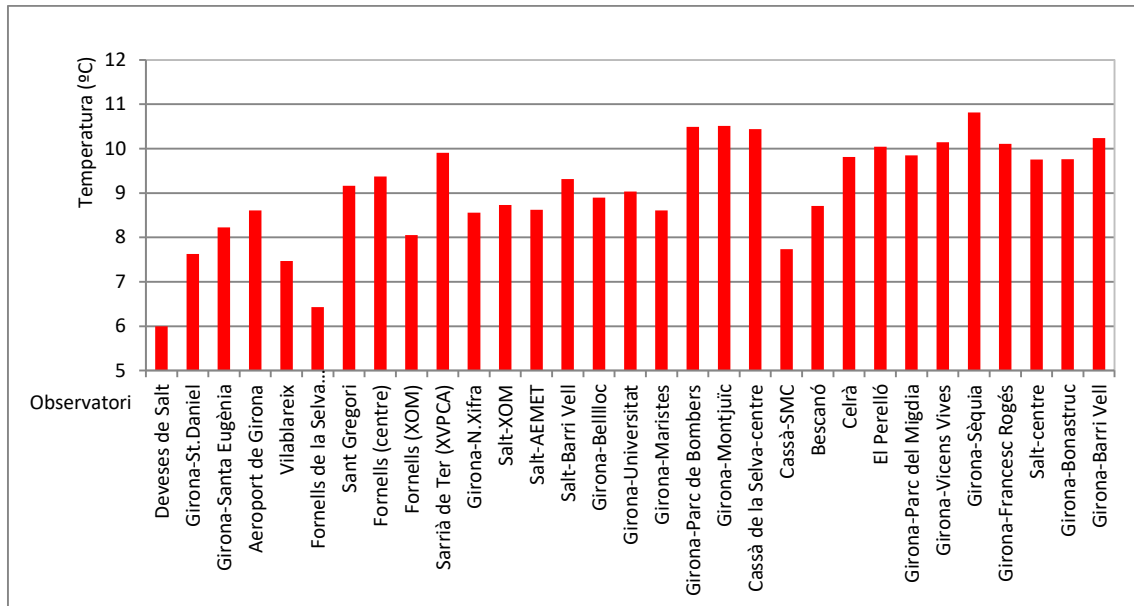


Figura 5.38 Temperatura mitjana anual de les mínimes en 31 observatoris meteorològics. Període 1998-2020.

També s'ha estudiat la distribució de temperatures segons 6 zones climàtiques determinades en funció dels usos del sòl predominants. Aquestes àrees climàtiques són les següents: rural bosc, rural agrícola, industrial, urbà poc dens, urbà dens i urbà molt dens. La temperatura mitjana de les mínimes anual més baixa es dona en la zona climàtica "rural bosc", amb 6,0°C, mentre que la més alta, 10,2°C, correspon a la zona "urbà molt dens", amb 10,2°C, per tant hi hauria una intensitat de l'illa de calor mitjana de 4,1°C. Cal remarcar que les zones rurals són molt més fredes que les àrees amb algun tipus de urbanització (industrials i urbanes amb diferent grau de densitat). S'observa un esglaió important de temperatura entre l'àrea "rural agrícola" i "Industrial". Les zones suburbanes o de sòl urbà poc dens tenen temperatures mitjanes de 9,2° que són lleugerament inferiors als centres urbans de Girona, Salt i Cassà de la Selva, amb sòl urbà molt dens, 9,2°C versus 10,2°C. És important de destacar que el sòl industrial té temperatures superiors a sòl urbà poc dens com a conseqüència de l'important aportació de calor antropogènica originada per les indústries. També s'ha de remarcar que les àrees rurals tenen temperatures lleugerament diferents en funció de la quantitat de vegetació del terreny, amb molta cobertura forestal "rural bosc", a la qual pertany l'estació meteorològica de les Deveses de Salt o sense tanta cobertura forestal "rural agrícola", essent les àrees agrícoles les més càlides tot i que teòricament haurien de ser més fredes que les "rural bosc" pel microclima més càlid dels boscos respecte les àrees rurals sense gaire vegetació durant la nit d'acord amb l'estudi fet per Oke (1997). Hi pot influir en aquesta anomalia tèrmica el fet que l'aeroport de Girona el considerem com a rural-agrícola, malgrat que hi ha un cert grau de urbanització dels voltants d'aquest observatori meteorològic.

Taula 5.16 Temperatura mitjana anual de les mínimes de les 6 zones climàtiques de l'àrea urbana de Girona

Rural-bosc	6,9
Rural-agrícola	7,9
Industrial	9,9
Urbà poc dens	9,7

Urbà dens	9,9
Urbà molt dens	10,2

Les zones climàtiques “rural bosc” i “rural agrícola” es poden considerar homòlogues dels observatoris rurals, amb molt poc grau d'edificació o nul·la edificació, mentre que les zones climàtiques “urbà molt dens”, “urbà dens” i “urbà poc dens” és sòl urbà. La zona climàtica “urbà poc dens” és idèntica als observatoris suburbans, hi pertanyen els observatoris situats en la perifèria de les ciutats, tals com Salt-XOM, o dins de pobles com Sarrià de Ter-XVPCA o el centre de Fornells de la Selva. La temperatura mitjana de les mínimes anual més baixa es dona en la zona climàtica “rural bosc”, amb 6,9°C, mentre que la més alta, 10,2°C, es dona en la zona “Urbà molt dens”, amb 10,2°C, per tant hi hauria una illa de calor mitjana de 3,3°C. Cal remarcar que les zones urbanitzades són molt més fredes que les àrees amb algun tipus de urbanització, s'observa un esglaó important de temperatura entre l'àrea “Rural agrícola” i “Industrial”. Les zones suburbanes o de sòl urbà poc dens tenen temperatures mitjanes lleugerament inferiors als centres urbans o sòl urbà molt dens, 9,2°C versus 10,2°C. És important de destacar que el sòl industrial té temperatures superiors a sòl urbà poc dens com a conseqüència de l'important aportació de calor antropogènica originada per les indústries. També s'ha de remarcar que les àrees rurals tenen temperatures lleugerament diferents en funció de si són naturals, bosc o “Rural bosc”, o antròpiques, cultius o “Rural agrícola”, essent les àrees agrícoles les més càlides probablement com a conseqüència de la menor emissió de calor latent durant la nit en aquestes zones en comparació amb les àrees boscoses, amb vegetació més densa.

La intensitat de l'illa de calor també es pot calcular comparant les temperatures dels observatoris dels centres urbans amb les estacions situades en un entorn rural de cada municipi. Les estacions meteorològiques ubicades en el centre urbà de pobles de dimensions reduïdes, tals és el cas de Fornells de la Selva, Vilablareix, Bescanó o Sant Gregori presenten una illa de calor molt similar a la d'altres estacions ubicades en ciutats petites (Cassà de la Selva) o ciutats mitjanes (Girona i Salt). Així es comprèn a partir d'aquestes dades que les sèries dels observatoris ubicats en pobles també s'ha de corregir el seu efecte urbà per tal de detectar si hi ha un canvi climàtic natural. El municipi que presenta l'illa de calor més intensa és el de Salt, probablement per 2 fets, l'elevada densitat de la zona urbanitzada, amb densitats superiors a 15000 habitants/km² i el microclima de les Deveses de Salt, força més fred que el del sud del municipi, que no està urbanitzat. No s'observen diferències importants en el comportament de l'illa de calor mensual. No obstant en les estacions intermèdies, equinoccials, primavera i tardor s'aprecia un descens de la intensitat atribuïbles a varis fets, tant la més elevada nuvolositat com especialment al gran nombre de dies de precipitació. Cal remarcar que una nit serena després d'un dia plujós presenta una illa de calor menys intensa que una nit serena després d'un dia o una tongada de dies secs. El mes en què hi ha més diferència és el novembre seguit de l'agost, mentre que l'hivern té valors intermedis. La diferència amb Girona es deixa notar, així la generació de calor antròpica és menor a les viles que a les ciutats i per això mentre que l'illa de calor de Girona és més intensa a l'hivern, les illes de calor de pobles petits són més intenses a la tardor o a l'estiu. Cal remarcar que els observatoris meteorològics més càlids són els dels centres de la vila o ciutats amb una temperatura mitjana 2,9°C més elevada que als afores de cada municipi. El cas més exagerat és el de Salt que té la

temperatura mitjana de les mínimes de 9,9°C, 3,9°C més elevada que les Deveses de Salt. El municipi on les diferències tèrmiques Urbà-rurals són menys exagerades és Sarrià de Ter, amb una mitjana de 2,4°C. La diferència de la intensitat entre aquests 2 viles respon probablement a la població, 4500 habitants en el cas de Sarrià de Ter i 31000 habitants a Salt.

Taula 5.17 Intensitat mitjana de l'illa de calor. Diferències tèrmiques urbano-rurals municipals en les temperatures mínimes per a les diferents estacions de l'any. Falta Cassà de la Selva-SMC

Municipi	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Girona	3,4	3,3	3,2	3,3	3,3
Sarrià de Ter	2,1	2,3	2,6	2,4	2,4
Vilablareix	2,7	2,5	3,1	3,8	3,0
Sant Gregori	4,1	2,7	3,1	2,1	3,0
Bescanó	3,8	2	2,5	2,1	2,6
Salt	4,4	3,1	3,9	3,3	3,7
Fornells de la Selva	3,1	2,8	2,7	2,8	2,9
Intensitat mitjana de l'illa de calor	3,2	2,7	3	2,8	2,9

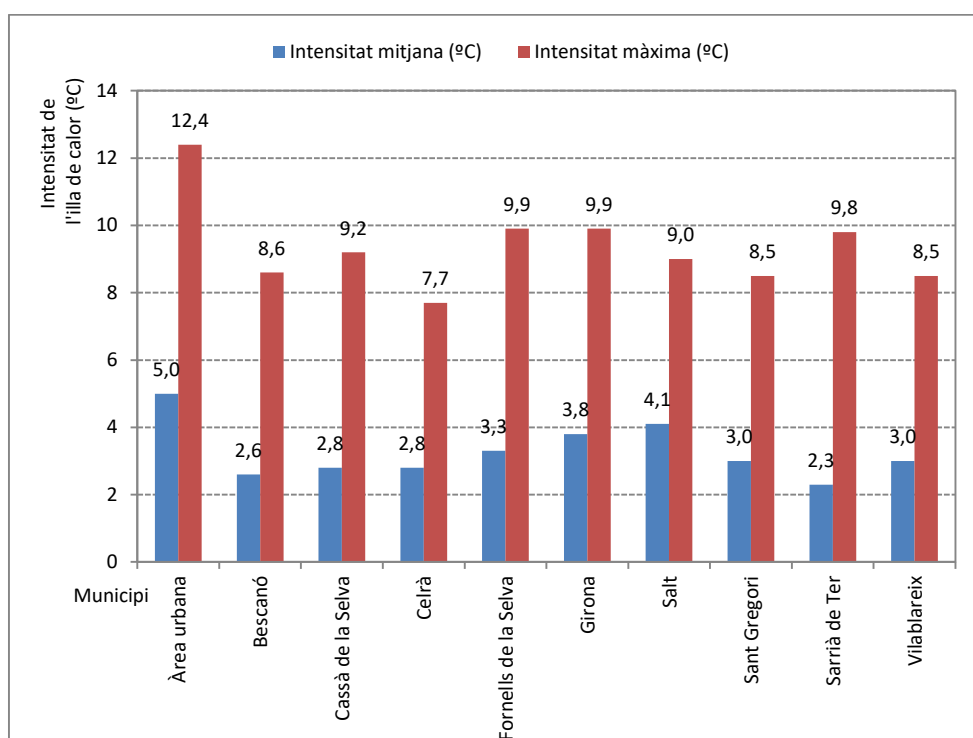


Figura 5.39 Intensitat de l'illa de calor en diferents municipis de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2010.

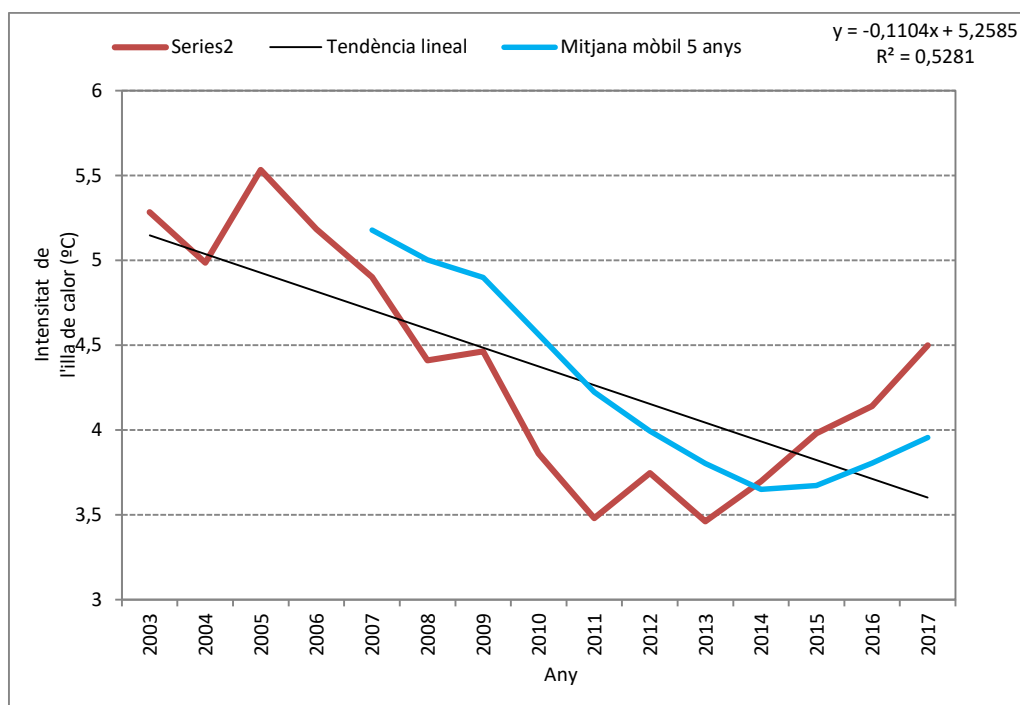


Figura 5.40 Diferència tèrmica en les temperatura mitjana anual de les mínimes entre Girona (Sèquia)-Fornells de la Selva (SMC). Període 2003-2017.

La gràfica comparativa de les temperatures mitjanes de les mínimes anuals de l'observatori meteorològic de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva (SMC) mostra una tendència que és estadísticament significativa (nivell de confiança del 95 %) al descens de les diferències anuals en la intensitat de l'illa de calor en el període 2003-2017. Aquest descens s'ha d'atribuir no al descens de l'efecte de l'illa de calor urbana del centre urbà de Girona on s'ubica l'estació del carrer Sèquia sinó a influències de canvis en situacions sinòptiques que provoquen canvis microclimàtics en les temperatures mínimes de l'estació rural de Fornells de la Selva-SMC. En el període esmentat no s'ha produït una urbanització de l'entorn de l'estació de Fornells, per tant probablement la causa del descens de diferència s'ha d'atribuir en canvis en la freqüència de les situacions sinòptiques favorables a les elevades intensitats de l'illa de calor. Hem correlacionat les diferències tèrmiques urbano-rurals anuals entre ambdós observatoris i no hem trobat correlacions significatives amb la nuvolositat, pressió atmosfèrica, hores de sol i precipitació. Però un factor explicatiu és l'increment tèrmic observat en la dècada dels anys 2011-2017 que és més càlida, que l'anterior. La major freqüència de situacions advectiones meridionals i el descens de les situacions advectiones septentrionals podria ser la causa de la davallada en la intensitat.

Les diferències tèrmiques estacionals entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva en el període 2003-2017 tendeixen a disminuir en els últims anys del període 2003-2017, de la mateixa manera. L'hivern és l'estació astronòmica que presenta més diferència entre el valor màxim i el mínim d'un hivern determinat, 6,1° l'any 2005 i 3,7°C el 2011 respectivament, amb una mitjana de 4,7°C. D'altra banda, l'estiu de 2005 té la màxima intensitat, 5,5°C mentre que l'estiu de 2011 és l'estiu que presenta menor diferència, 3,1°C. La primavera té una diferència mitjana idèntica a l'estiu, 4,2°C, amb un valor

màxim el 2005, i un mínim el 2011, 3,7°C, mentre la tardor és la segona estació amb una intensitat més elevada, 4,5°C, amb el valor màxim el 2003, 6,6°C i el valor mínim, el 2012, 3,2°C. Hi ha una important diferència en la intensitat de l'illa de calor d'una estació astronòmica d'un any determinat i un altre, atribuïble probablement a les condicions sinòptiques i atmosfèriques de cada any que varien, per efecte de la nuvolositat i precipitació.

Taula 5.18 Diferència tèrmica en les temperatura mitjana anual de les mínimes estacionals entre Girona-Sèquia-Fornells de la Selva. Període 2003-2017.

Any	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
2003	5,3	4,3	4,9	6,6
2004	6,0	3,9	4,5	5,7
2005	6,1	5,8	5,5	4,8
2006	6,0	5,3	4,6	4,9
2007	5,7	4,4	4,1	5,4
2008	4,5	4,1	4,0	5,1
2009	4,7	4,1	4,0	5,1
2010	4,4	3,9	3,5	3,8
2011	3,7	3,7	3,1	3,4
2012	3,9	3,9	3,9	3,2
2013	3,8	3,2	3,4	3,4
2014	3,8	3,9	3,5	3,6
2015	3,8	4,2	4,1	3,9
2016	4,5	4,2	4,0	3,8
2017	4,4	5,1	4,3	4,2
Mitjana	4,7	4,3	4,1	4,5

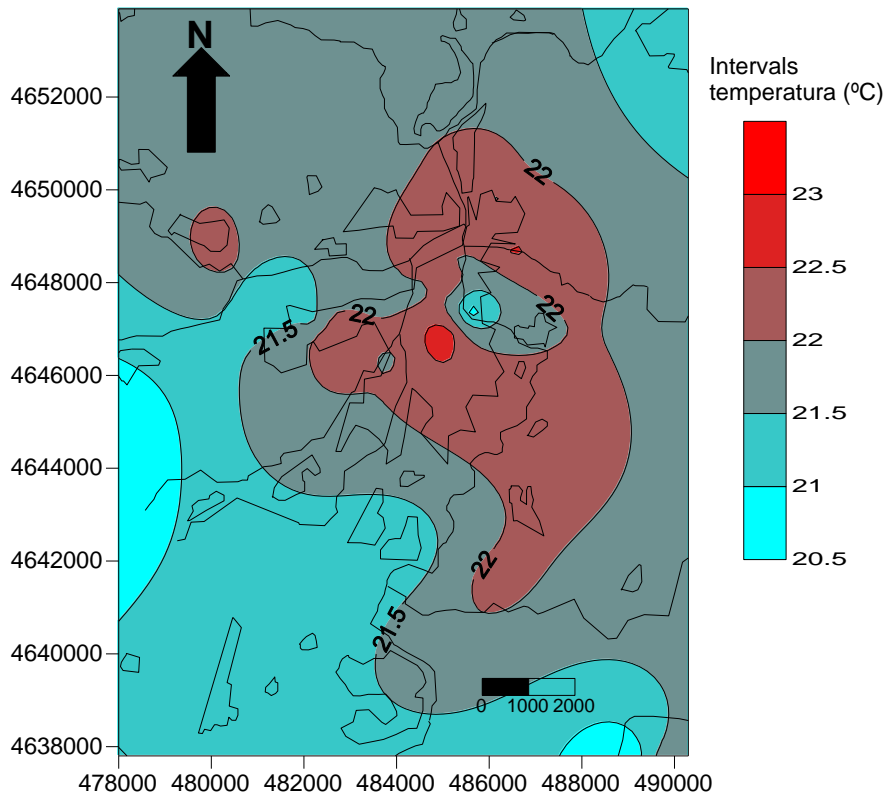


Figura 5.41 Mapa de la temperatura mitjana de les màximes. Període 1998-2020.

La temperatura mitjana anual és més elevada al centre de la ciutat de Girona i més baixa als afores per efecte de l'illa de calor. En el cas de la ciutat de Girona hi ha una diferència extrema de 2,8°C en la temperatura mitjana. Girona-Sèquia i Girona-Escola de Música són els observatoris més càlids amb 16,7°C de mitjana, mentre d'altra banda les Deveses de Salt amb 13,9°C de mitjana és l'estació més freda. D'altra banda Fornells de la Selva és la 2^a estació més freda amb 14,2°C de mitjana. Cassà de la Selva presenta una important illa de calor urbana, mentre el centre de Cassà té una mitjana de 16,1°C, els afores tenen una mitjana de 14,2°C. Girona-Montjuïc, observatori situat al nord-est de la ciutat de Girona té una mitjana força elevada, 16,2°C, gràcies a les elevades temperatures mínimes fruit de la forta inversió tèrmica. El nord i nord-est de l'àrea urbana té unes temperatures relativament altes gràcies a la influència marítima en l'observatori de Celrà i l'efecte de l'illa de calor a sotavent en l'observatori de Sarrià de Ter-XVPCA. La mitjana de les temperatures és de 15,9°C a Sarrià de Ter i 15,5°C a Celrà. L'efecte de l'illa de calor implica unes temperatures mitjanes força més baixes en els indrets rurals adjacents a la ciutat de Girona envers el centre urbà (15,1°C a Girona-Sant Daniel, 15,0°C a les Hortes de Santa Eugènia). D'altra banda a Salt hi ha una important diferència tèrmica entre el centre, 16,0°C, i les Deveses de Salt, 13,9°C.

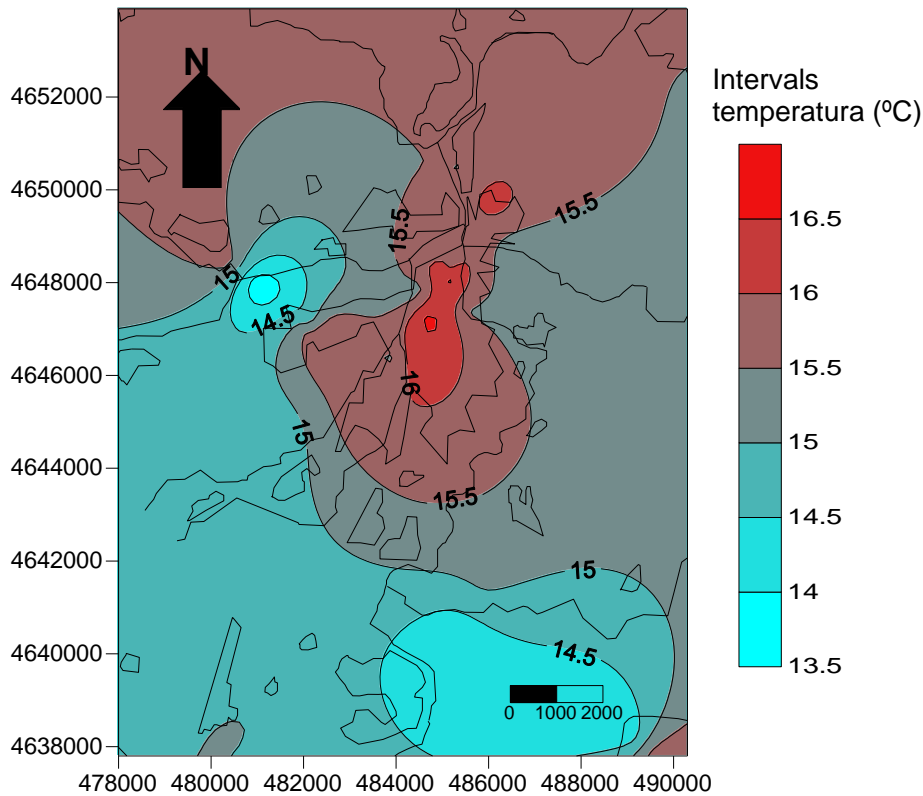


Figura 5.42 Mapa de la temperatura mitjana anual. Període 1998-2020.

La ciutat de Girona enregistra menys amplitud tèrmica mitjana diària que els afores, és una conseqüència lògica de l'illa de calor urbana que implica temperatures màximes similars als voltants d'una ciutat i el centre de la ciutat, i en canvi les temperatures mínimes són força més baixes a la perifèria de la ciutat respecte el nucli urbà, especialment en fondalades i àrees properes a rius. És el cas de les Deveses de Salt i Fornells de la Selva-SMC, amb 15°C i 15,5°C d'amplitud mitjana respectivament. En canvi Girona-Vicens Vives és l'estació urbana amb menys amplitud, 10,5°C, ja que les màximes són força inferiors als voltants. Així Girona-Sèquia té 11,9°C d'amplitud, un valor similar al de Salt-Plaça Sant Cugat. Celrà enregistra només 11,3°C d'amplitud, cosa lògica ja que es troba a l'extrem nord-est de l'àrea urbana, en una zona més influïda per la mar Mediterrània. S'ha de remarcar que les cubetes presenten un microclima molt extrem, tot i que tampoc presenta diferències marcades amb altres zones baixes menys accidentades, és el cas de l'observatori Girona-vall de Sant Daniel amb 15,0°C d'amplitud. No obstant en zones elevades l'amplitud disminueix per efecte de la inversió tèrmica que incrementa les mínimes i les temperatures màximes són més baixes com a conseqüència de la major altitud, és el cas de l'observatori de Montjuïc (184 m) amb 10,8°C d'amplitud tèrmica mitjana diària. Girona-Montjuïc (184 m).

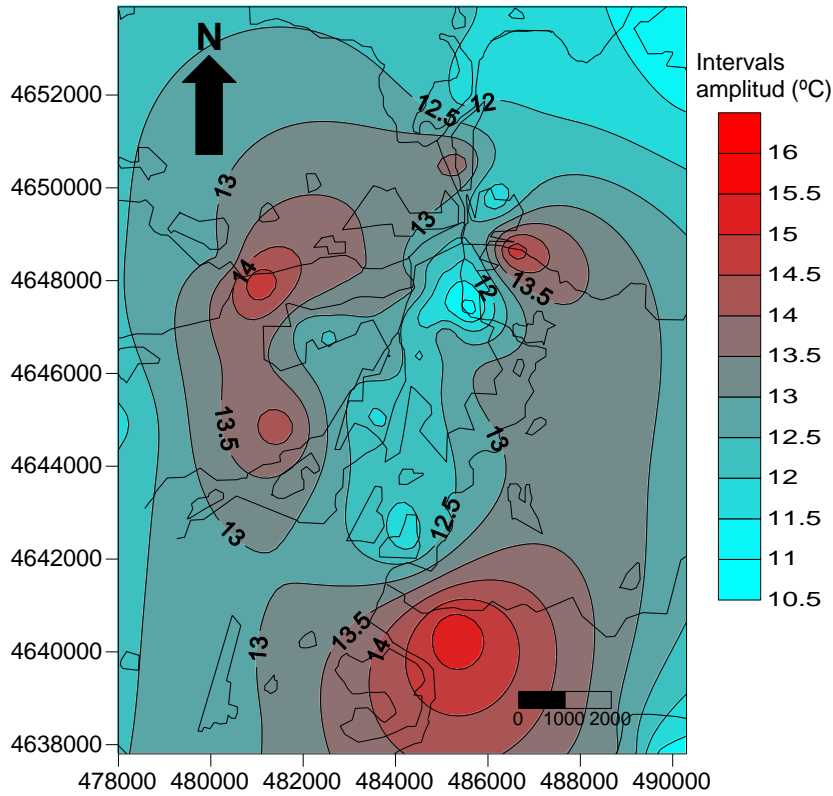


Figura 5.43 Mapa de l'amplitud mitjana diària. Període 1998-2020.

El mapa de les mínimes absolutes permet observar una influència urbana en els valors tèrmics. Així Girona-Barri Vell, situat a la Plaça de la Independència enregistra $-6,2^{\circ}\text{C}$ de mínima absoluta, mentre Girona-Sèquia dona $-6,8^{\circ}\text{C}$. El centre de Salt també enregistra valors força suaus, $-7,8^{\circ}\text{C}$ a Salt-Plaça Sant Cugat. El nord-est de l'àrea urbana presenta uns valors tèrmics suaus, probablement motivats per dos factors, es troba a sotavent de la ciutat de Girona i la proximitat al mar Mediterrani suavitzza les temperatures. Així tenim $-6,7^{\circ}\text{C}$ a Sarrià de Ter-XVPCA, encara que ben a prop Sarrià de Ter-Pla dels Vinyers té $-7,4^{\circ}\text{C}$. El centre urbà de Fornells de la Selva és el nucli urbanitzat més fred, amb $-9,1^{\circ}\text{C}$ de mínima absoluta, tot i que Fornells de la Selva-SMC enregistra una mínima més baixa, $-12,4^{\circ}\text{C}$. La mínima més baixa es produeix a les Deveses de Salt, $-12,8^{\circ}\text{C}$, el dia de Nadal de 2011. La Vall de Sant Daniel de Girona enregistra una temperatura mínima de $-11,4^{\circ}\text{C}$ el dia 27 de gener de 2005.

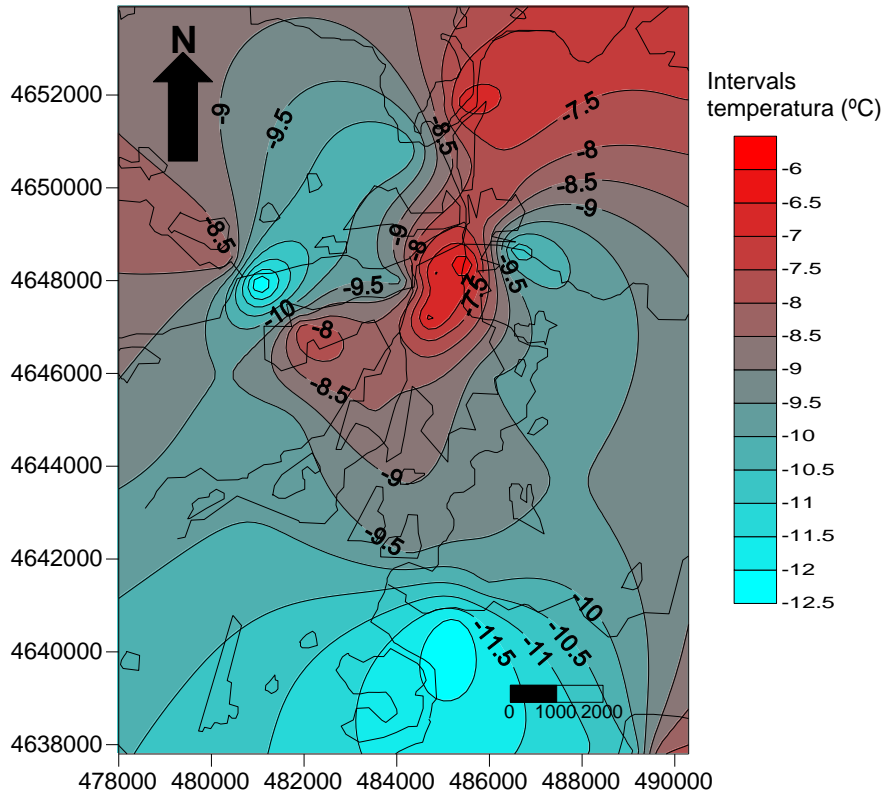


Figura 5.44 Mapa de la temperatura mínima absoluta. Període 1998-2020.

El mapa de les temperatures màximes absolutes és fins l'any 2018. La figura 5.32 és un mapa de les temperatures màximes absolutes del període 1998-2018 que no està actualitzat, no inclou l'onada de calor del 28 de juny de 2019 que es pot veure a l'annex. Aquell dia es va assolir la temperatura màxima de tota la sèrie de Girona (1884-2020) a Girona-AEMET, 43,9°C, 43,5°C a Salt, 43,4°C a Fornells de la Selva-SMC, 43,3°C a Girona-SMC, 43,8°C Girona-Sant Daniel i 42,6°C a Sarrià de Ter-carrer Montagut. L'est de l'àrea urbana de Girona que correspon a la part oriental del municipi de Girona és la zona més càlida, amb 42,7°C a Girona-Universitat, 42,3°C a Girona-Montjuïc i 42,5°C a Girona-Sant Daniel. D'altra banda tenim un mínim relatiu a Girona-IES Vicens Vives, 39,5°C. Probablement l'elevada altura del sensor, juntament amb la proximitat del riu Onyar, impliquen unes màximes més baixes que arran de terra, ja que Girona-Sèquia enregistra 41,4°C de màxima. No obstant l'indret més fresc és el centre de Fornells de la Selva amb 38,3°C. Bescanó té també una màxima relativament baixa, 38,5°C. Cassà de la Selva-SMC té 39,5°C de màxima absoluta i . En general es pot afirmar que les màximes més elevades es produeixen al municipi de Girona, excepte Salt-Plaça de Sant Cugat, 42,3°C.

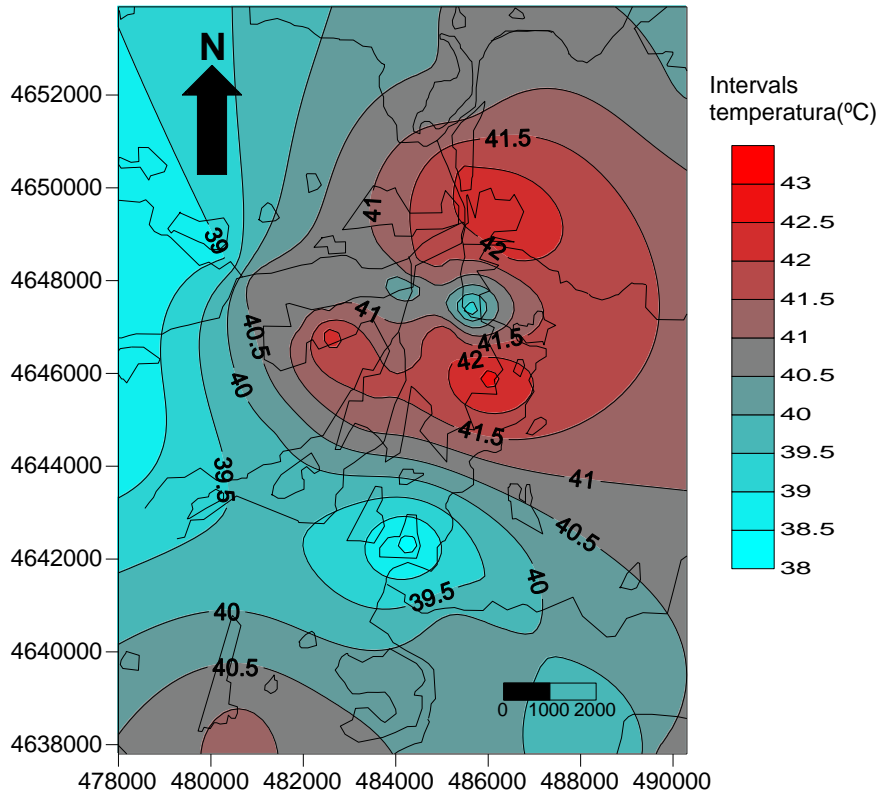


Figura 5.45 Mapa de la temperatura màxima absoluta. Període 1998-2018.

Es considera com a nit tropical quan la mínima d'un dia no baixa de 20,0°C. S'observa una distribució de les nits tropicals que té una clara correlació amb les temperatures mitjanes de les mínimes i l'illa de calor urbana. És remarcable l'elevat nombre de nits tropicals al centre de la ciutat de Girona respecte els afores, 28,8 nits tropicals anuals a Girona-Sèquia i Girona-Escola de la Música, i en canvi 0,1 nits tropicals a les Deveses de Salt i Fornells de la Selva-SMC. Altres estacions rurals tenen més nits tropicals, 4,3 a Girona-Hortes de Santa Eugènia i Girona-la vall de Sant Daniel. Les zones elevades tenen força nits tropicals per efecte de la inversió tèrmica, com és el cas del nord-est de l'àrea urbana, on tenim 18,6 nits tropicals a Girona-Montjuïc (184 m). També s'observa un increment del nombre de les nits tropicals al sotavent de la ciutat, al nord de Girona, 16,8 nits tropicals a Sarrià de Ter-XVPCA. L'aeroport de Girona, al SSW de la ciutat de Girona, a sobrevent de la ciutat, té una mitjana de 5 nits tropicals a l'any. Per tant l'efecte urbà es nota clarament en la distribució de les nits tropicals. Cassà de la Selva-centre té un elevat nombre de nits tropicals al centre, 20 i 4 a l'oest de la ciutat, tenint en compte les dades d'una estació meteorològica recent, situada a Camplong, de la xarxa Weather Wunderground.

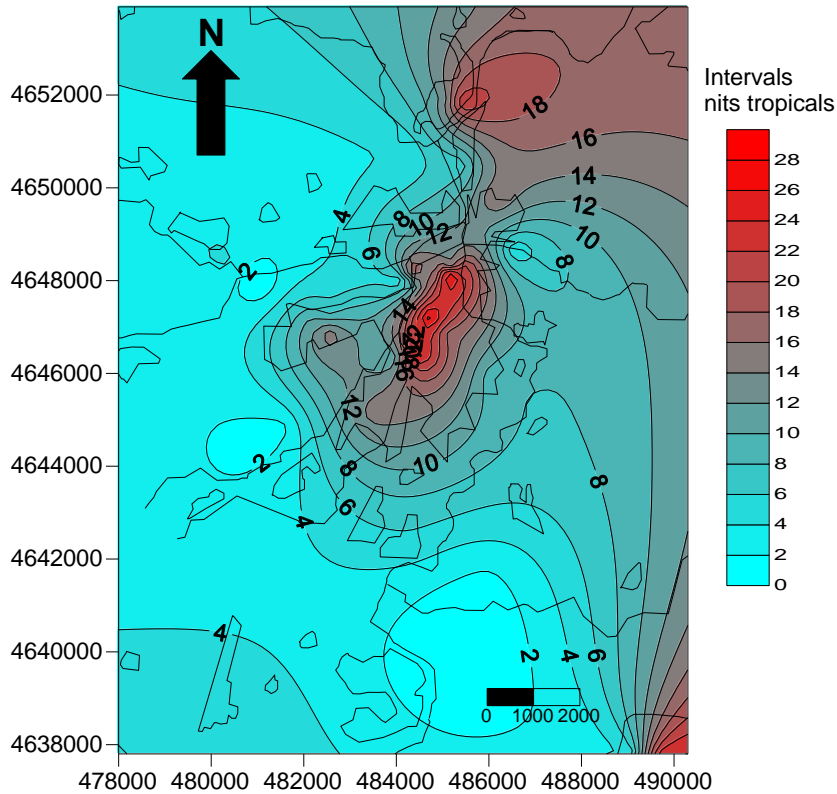


Figura 5.46 Mapa de la mitjana anual de nits tropicals. Període 1998-2020.

El centre de la ciutat de Girona per l'efecte de l'illa de calor urbana és l'àrea amb una mitjana anual més elevada de nits tropicals, 28,8 de mitjana a l'observatori de Girona-Sèquia, al barri de l'Eixample, i en segon lloc tenim altres observatoris amb força nits tropicals com Cassà de la Selva-centre, 22,1 dies i Sarrià de Ter-XVPCA, 22,4. No obstant, l'observatori de Sarrià de Ter-Montagut té un promig de 14,1 nits tropicals al període 2011-2021. Això significa que probablement l'observatori de Sarrià de Ter-XVPCA sobreestimava el nombre de nits tropicals en el període que va funcionar, 1992-2003. D'altra banda les zones rurals són l'àrea amb menys nits tropicals. Hi ha una zona extensa al SE de Girona, que inclou els municipis de Riudellots de la Selva, Campllong i Fornells de la Selva, on hi ha l'observatori de Fornells de la Selva-SMC, amb una mitjana de 0,1 nits tropicals. En aquesta àrea hi ha altres estacions meteorològiques amb unes sèries molt curtes com Campllong-Weather Underground, amb dades en el període 2020-2021, que té un promig de 1,9 nits tropicals. També l'observatori meteorològic de les Deveses de Salt té un promig molt baix de nits tropicals, 0,1. A l'oest i sud-oest de la ciutat de Girona també tenim una àrea amb poques nits tropicals en altres estacions rurals com Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC), 4,6 nits tropicals, i Vilablareix-SMC amb 1,4 nits tropicals. L'observatori meteorològic de Girona-la vall de Sant Daniel amb 4,2 nits tropicals, també es troba en una àrea rural poc afectada per mínimes elevades. Aquesta vall està situada al nord-est de la ciutat de Girona que té forma de cubeta, la qual cosa aïlla de l'efecte urbà de la ciutat de Girona, apart de la poca població d'aquest barri gironí que li dona molt poc efecte d'illa de calor urbana.

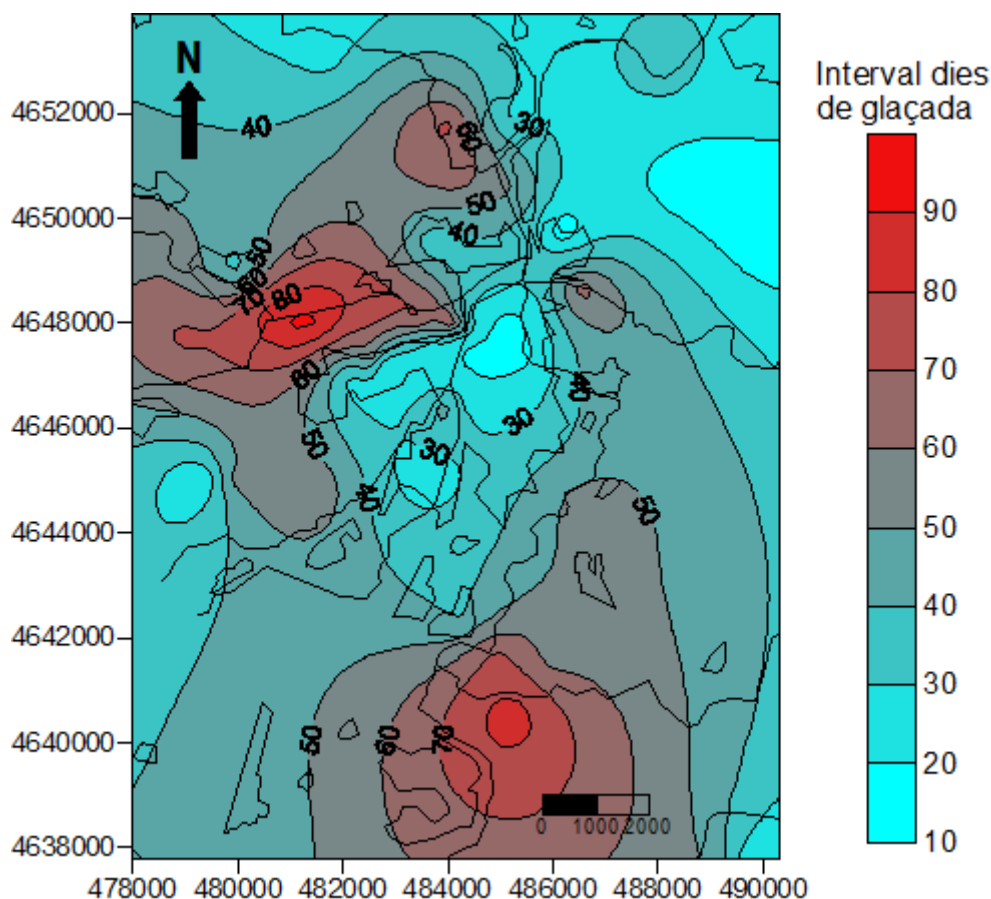


Figura 5.47 Mapa de la mitjana anual de dies de glaçada. Període 1998-2020.

La distribució geogràfica de la mitjana anual de les de glaçades a l'àrea d'estudi ens mostra un màxim a les Deveses de Salt, amb 91 glaçades, i un mínim al centre de Girona i al turó de Montjuïc de la ciutat de Girona, amb un promig de 13,5 glaçades als observatoris de Girona-Sèquia i Girona-Montjuïc. Un màxim secundari el tenim al sud-est de l'àrea urbana, amb 82 glaçades a Fornells de la Selva-SMC. En el municipi de Girona tenen el màxim nombre de glaçades els observatoris rurals de Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC) i Girona-la vall de Sant Daniel amb 67,1 i 65,4 glaçades anuals, respectivament. L'efecte del relleu combinat amb l'illa de calor mostra importants diferències espacials en el nombre de glaçades en distàncies curtes, per exemple només 26 glaçades a l'estació meteorològica de Salt-Plaça Sant Cugat, al centre urbà de Salt, 91 a les Deveses. També destaquen les 21 glaçades de l'observatori de Montfullà (180 m), un observatori de Weather Underground que es troba a l'est de Bescanó, que només l'hem tingut en compte per realitzar el mapa de glaçades. Aquesta estació meteorològica està a una altitud de 180 metres, i per això té poques glaçades, per efecte de la inversió tèrmica.

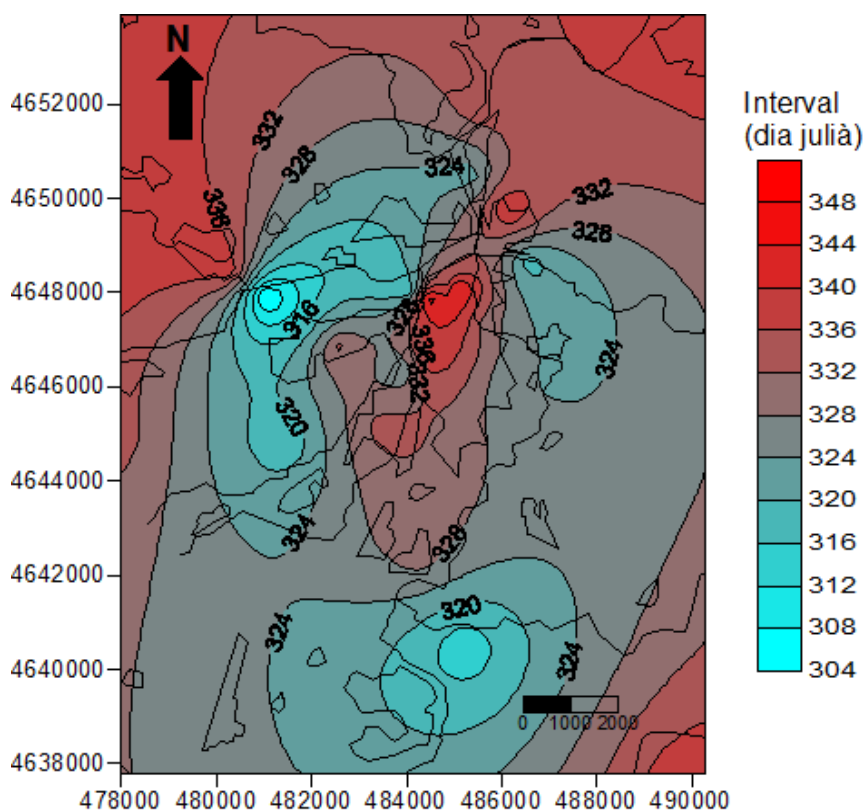


Figura 5.48 Mapa del primer dia de glaçada, estimat en dies juliàns. Àrea urbana de Girona Període 1998-2020.

Les Deveses de Salt són la zona on tenim l'última glaçada més tardana, 98 dies, cosa que correspon al 7 d'abril. En canvi l'observatori amb la glaçada més precoç és Girona-Montjuïc, el 15 de febrer. D'altra banda s'observa una clara influència de l'illa de calor urbana en l'avançament de l'última glaçada que es dona als inicis de març o finals de febrer al centre de Girona, mentre en canvi els afores de la ciutat tenen a finals de març o primers d'abril l'últim dia de glaçada. No obstant, tenim una excepció, l'observatori de Celrà, situat al nord-est de l'àrea urbana de Girona té el 7 de març com a últim dia de glaçada. En aquest cas la suavització del clima de Celrà per la major proximitat al mar Mediterrani i l'absència de relleus destacables entre Celrà i el mar provoquen un clima més càlid a l'hivern i un menor nombre de glaçades.

Taula 5.19 Data mitjana de la primera i última glaçada. Període 1998-2020.

Observatori meteorològic	Primera	Última
Deveses de Salt	30-oct	3-abr
Girona-la vall de Sant Daniel	14-nov	25-mar
Aeroport de Girona	21-nov	29-mar
Vilablareix	13-nov	24-mar
Fornells de la Selva (SMC)	9-nov	6-abr
Sant Gregori	28-nov	14-mar
Sarrià de Ter (XVPCA)	30-nov	7-mar
Girona-N.Xifra	18-nov	20-mar
Salt-BarriVell	28-nov	13-mar
Fornells de la Selva(centre)	26-nov	14-mar
Salt-AEMET	17-nov	20-mar

Girona-Bell-lloc	20-nov	17-mar
Girona-Universitat	21-nov	18-mar
Girona-Maristes	12-des	18-mar
Girona-SMC	3-des	6-mar
Girona-Montjuïc	7-des	15-feb
Cassà de la Selva-centre	5-des	26-feb
Bescanó	30-nov	18-mar
Celrà	3-des	7-mar
El Perelló	30-nov	27-feb
Girona-Parc del Migdia	3-des	4-mar
Girona-V.Vives	27-nov	17-mar
Girona-Sèquia	12-des	24-feb
Girona-F.Rogés	2-des	1-mar
Salt-centre	29-nov	7-mar
Girona-Devesa	2-des	24-feb
Girona-B.Vell	2-des	19-feb

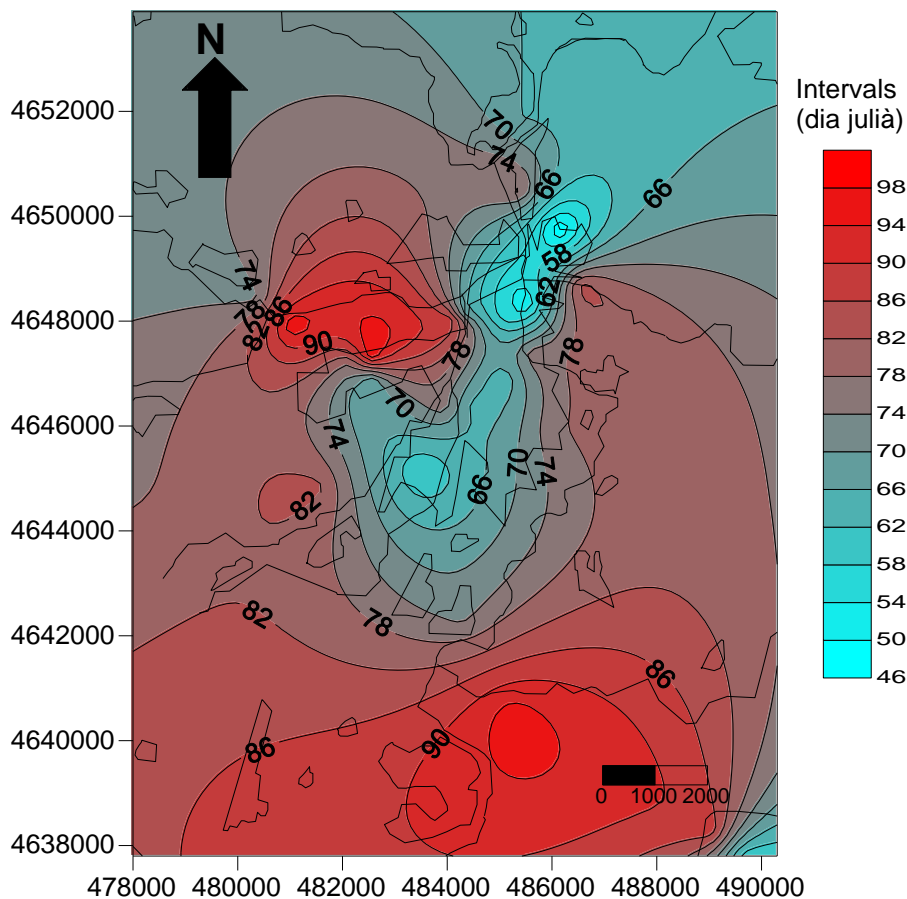


Figura 5.49 Mapa de l'últim dia de glaçada, estimat en dies julià. Àrea urbana de Girona. Període 1998-2020.

Les Deveses de Salt són la zona on tenim la primera glaçada més precoç, 304 dies, és el 30 d'octubre. En canvi l'observatori amb glaçada més tardana és Girona-Sèquia, el 12 de desembre. L'illa de calor urbana provoca una gran diferència entre el dia de la primera glaçada, fins i tot en pobles petits, com és el cas del centre de Fornells de la Selva, on la data és el 26 de novembre, mentre que a l'observatori de Fornells de la

Selva-SMC el primer dia de glaçada és el 9 de novembre. També tenim el cas de Sant Gregori amb primera glaçada el 4 de desembre i en canvi a les Deveses de Salt és el 30 d'octubre, més d'un mes abans.

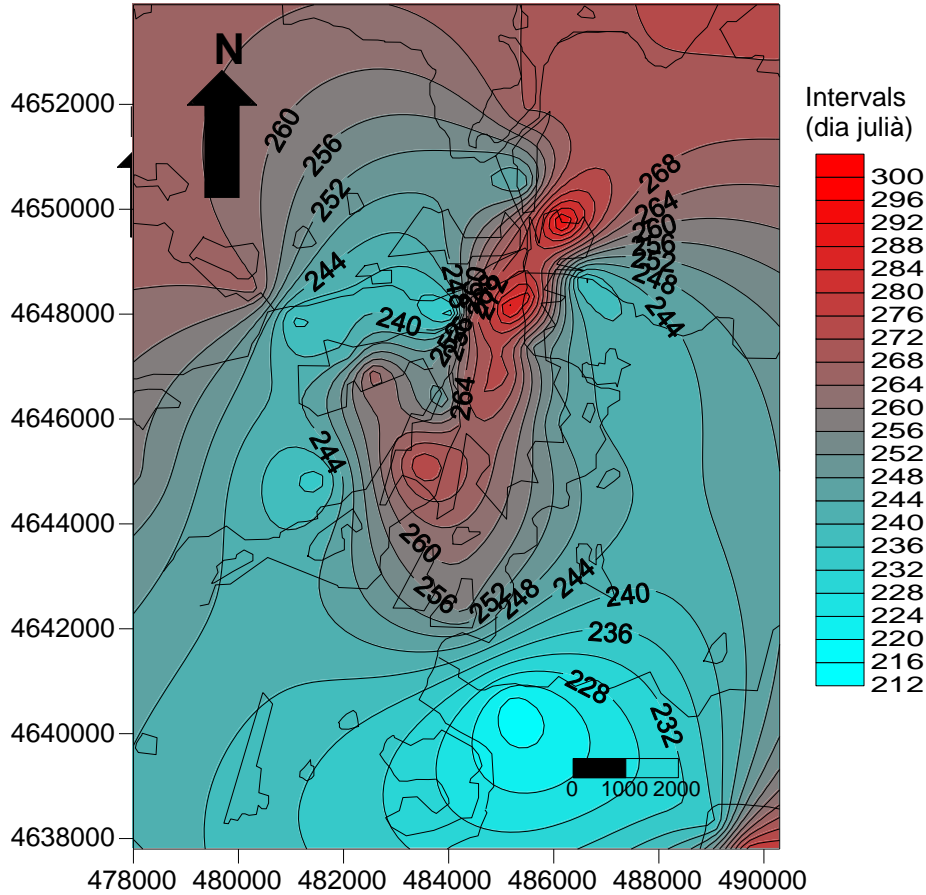


Figura 5.50 Mapa del període lliure de glaçades, estimat en dies juliàns. Període 1998-2020.

El conreu de cítrics, que són espècies vegetals termòfiles dins del clima regional gironí, com és el cas de tarongers, llimoners o mandariners es troba clarament modulats per la longitud del període lliure de glaçades, mentre que al centre de Girona el període lliure de glaçades arriba a 300 dies, en canvi a les Deveses de Salt la llargada disminueix molt i l'interval és de 212 dies. Per tant el perill de glaçades tardanes potencialment perilloses per als cítrics es restringeix a les zones rurals dels voltants de la ciutat de Girona, mentre al centre urbà tenim una durada suficientment curta per cultivar alguns arbres fruiters propis de latituds més baixes, com es dona en alguns jardins dels centres de Girona, Salt i Sarrià de Ter. L'illa de calor urbana provoca que al centre de Girona el període lliure de glaçades volti els 250-300 dies, mentre que a les zones rurals dels voltants tenim entre 212-240 dies. Celrà és un observatori situat al nord-est de l'àrea urbana, igualment com el centre de Cassà de la Selva presenten un període força més curt que la resta de la zona d'estudi, al voltant de 265 dies. La influència moderadora del mar en el cas de Celrà i l'illa de calor urbana en el cas de Cassà són els factors que disminueixen el nombre de dies de glaçada.

5.3 Influència del moment del dia en la intensitat de l'illa de calor

L'efecte urbà en la ciutat en la temperatura en els diferents moments del dia (nit, matinada, mig matí, migdia, tarda, posta de sol) és diferent en els dies estables, amb temps assolellat i vents fluixos. Durant la nit i la matinada la ciutat és més càlida que els afores, mentre que durant les primeres hores diürnes (mig matí-migdia) la ciutat és més freda respecte els voltants, especialment els carrers de la ciutat que estan més ombrejats, en canvi els carrers més assolellats a mig matí tenen temperatures molt similars als afores. Durant la tarda la temperatura és molt similar al centre i als afores, però s'observa una dicotomia entre els diferents carrers propers, els més càlids a l'estiu a les primeres hores i que tenen una orientació nord-oest-sud-est com Gran Via de Jaume I i estan ombrejats tenen una lleugera illa de frescor, mentre que altres carrers amb una illa de frescor moderada a primeres hores del matí i al migdia (com el carrer Bonastruc) tenen temperatures clarament més elevades. Aquestes diferències no només estan produïdes per l'orientació situació de la façana de l'edifici, així la façana sud del carrer Bonastruc sota l'estació meteorològica de l'observatori de Girona-Bonastruc és lleugerament més fresca que la façana nord del carrer Gran Via Jaume I-Miquel. Miquel Blay-Gran Via Jaume I, com hem observat en els transectes tèrmics pedestres i amb automòbil.

Durant el dia les diferències tèrmiques entre els carrers de les ciutats de Girona i Salt no només depenen de l'orientació del carrer, sinó també de la seva amplada, de l'altura dels edificis i del factor de visió del cel. Això és el cas de l'exemple de la taula 5.21.

Taula 5.20 Temperatures dia 11 d'agost de 2015 de les 17,30 hores a 17,43 hores

Carrer	Temperatura
Cerverí-Figuerola	31,4 °C
Bonastruc-meteo	32,0 °C
Miquel Blay-Gran Via Jaume I	31,0 °C
Artillers-Gran Via Jaume I	31,4 °C
Nord-Gran Via Jaume I	31,4 °C
Plaça Independència	31,4 °C
Canalejas	30,4 °C
Plaça Jaume Vicens Vives	32,6 °C
Jutjats (Av. Ramon Folch)	32,6 °C

Durant la posta de sol s'observa una homogeneïtzació tèrmica en el centre de la ciutat, on disminueixen les diferències tèrmiques entre els diferents carrers, i comença a haver-hi un gradient tèrmic positiu entre la ciutat i el camp, el centre de la ciutat és més càlid que el camp.

Durant la nit i la matinada el comportament tèrmic és similar, les ciutats de Salt i Girona són clarament més càlides respecte els camps i boscos que les envolten. En aquests casos les temperatures no només depenen de les característiques dels carrers, sinó especialment de la densitat urbanística de la zona on pertany cada carrer, de la proximitat als centre urbans de Girona i Salt i també de la proximitat als rius, tot i que l'efecte dels rius és més important fora de les zones urbanes que dins d'aquestes, però els corrents fluvials són Canals d'aire fred, i les zones properes són més fredes que els voltants en tots els casos. L'efecte dels parcs urbans és molt dèbil al centre de la ciutat de Girona, així l'observatori més càlid de la ciutat pel que fa a la temperatura mitjana de les mínimes (Girona-Escola de Música) s'ubica en la perifèria del parc.

Aquest efecte refrescant del parc es restringeix al contorn del parc i no afecta les àrees del voltant. En canvi en el parc de les Deveses de Salt l'efecte refrescant és molt important, també com a conseqüència del seu peculiar microclima i forma còncava de la zona on es troba situat. Aquest parc probablement provoca un refrescament de la zona rural de les Hortes de Salt i de Santa Eugènia, però el seu efecte en la ciutat de Salt es veu molt atenuada i només queda restringida al Barri Vell d'aquesta ciutat. El parc de la Devesa de Girona té la major diferència tèrmica amb el centre de Girona durant les últimes hores de la nit i la matinada, mentre que a les primeres hores de la nit el contrast tèrmic amb la ciutat és menys marcat, especialment a l'estiu, quan pot ser fins i tot lleugerament més càlid respecte el centre de la ciutat quan bufa la marinada. En aquest cas el seu efecte refrescant només engloba les zones adjacents al parc dels carrers més propers (Bonastruc i Avinguda Ramon Folch, entre d'altres)

Pel que fa a la direcció del vent i la influència de la ciutat a sobrevent i a sobrevent el seu efecte és ben complex. En algunes nits amb vent de tramuntana o gregal el poble de Sarrià de Ter, situat a sotavent, té mínimes més baixes i en altres casos són més baixes respecte el centre de Girona. En tot cas, també s'ha de tenir en compte que molts observatoris de Girona estan enlairats i subestimen lleugerament les temperatures mínimes, i per això no es poden fer conclusions definitives. Amb vent de garbí o migjorn Sarrià de Ter enregistra normalment temperatures mínimes lleugerament més altes respecte el centre de Girona, però les diferències mai superen els 0,5°C. Si considerem la zona de sobrevent (Fornells de la Selva, Vilablareix) és més freda respecte el centre de Girona amb tots els vents, per tant l'efecte urbà més important en les temperatures per efecte del vent es dona a la zona septentrional de Girona (Sarrià de Ter). Fins i tot, amb vents de tramuntana i gregal les temperatures mínimes són inferiors a les àrees rurals del sud i sud-oest de Girona respecte el centre de la ciutat. No obstant s'observen diferències tèrmiques importants entre els centres dels pobles i els seus voltants, així el centre de Fornells de la Selva és clarament més fred respecte el centre de Sarrià de Ter, però no succeeix el mateix amb Cassà de la Selva i el centre de Vilablareix (nucli d'El Perelló) que tenen temperatures similars i en alguns casos fins i tot són més elevades respecte Sarrià de Ter. També a vegades les mínimes de l'aeroport de Girona són més elevades de tota l'àrea urbana. Respecte la influència dels factors geogràfics en les temperatures, aquests són ben palpables tant durant el dia com a la nit. Així els observatoris situats en turons i indrets convexos (Girona-Montjuïc) tenen temperatures mínimes més elevades i màximes més baixes respecte els indrets rurals propers. Els llocs enclotats (per exemple Bescanó, Sarrià de Ter, Girona-Narcís Xifra i Girona-la Vall de Sant Daniel) presenten un comportament tèrmic un xic diferent respecte la resta de les àrees del pla de Girona i la depressió de la Selva. Així Bescanó és l'observatori més fred de la zona urbana malgrat estar en una zona deprimida, però hem de tenir en compte que això podria estar motivat per l'elevada altura del sensor o el mal calibratge d'aquest, ja que en un dia d'estiu del juliol de 2015 vam observar com la temperatura a 1,5 m amb el mètode de la sonda tèrmica era 1°C més elevada que a l'observatori meteorològic, amb les dades 5 minutals que proporciona la web de l'observatori. Sarrià de Ter-XVPCA presenta unes màximes lleugerament més elevades a l'hivern respecte la resta d'àrea urbana, mentre que Girona-Narcís Xifra enregistra unes temperatures clarament superiors a la resta de zona urbana en dies assolellats durant tot l'any. El cas de l'observatori de la Vall de Sant Daniel és el més complex, així en l'època propera al solstici (desembre-primer

meitat de gener) enregistra màximes lleugerament inferiors respecte la resta d'indrets rurals de la zona urbana en dies assolellats probablement per efecte d'ombra de la muntanya del Calvari i el turó de Montjuïc. En canvi durant la primavera, l'estiu i especialment en dies encalmats o amb poc vent les màximes són moderadament superiors a la resta de zona urbana, a vegades amb diferències que poden assolir els 2°C. La direcció del vent és un factor clau en aquest observatori de Sant Daniel, amb tramuntana i gregal i temps assolellat les temperatures màximes d'aquesta estació meteorològica són també superiors a la resta de zona urbana, i en aquest cas durant tot l'any.

Les temperatures mínimes i els factors geogràfics. La inversió tèrmica juga un paper clau en la distribució de les temperatures mínimes. Aquesta inversió es dona en el 92 % dels dies en el període 1998-2006 (dades disponibles de forma contínua) entre Girona-Montjuïc (184 m) i Girona (la vall de Sant Daniel). La inversió és més intensa a l'hivern i és més dèbil a l'estiu. No obstant durant les onades de calor estiuenques a vegades s'han observat inversions tèrmiques més fortes que a ple hivern, com és el cas de la nit del 22 de juny de 2003, en què hi ha una inversió tèrmica de 9,7°C a Girona.

Les temperatures mínimes són més elevades cap al nord i nord-est de la zona urbana (exceptuant la Vall de Sant Daniel perquè és una cubeta), i en canvi són més baixes al sud i oest de la zona urbana. En el cas del nord-oest s'observen diferències molt importants, i per això els mapes tèrmics pensem que no són gaire fiables en aquest sector. Així Canet d'Adri (XOM), observatori que no hem analitzat de forma global sinó de dies puntuals, ja que només disposem de poques dades, enregistra temperatures mínimes clarament superiors a les Deveses de Salt, especialment en nits serenes, encalmades i durant l'hivern, però no disposem de prou dades per fer comparacions entre ambdós observatoris, sinó de dies dispersos. En canvi amb el mètode dels transectes tèrmics hem observat com la vall de la riera Xuncla (situada entre el quadrant nord i nord-oest de la zona urbana) és un canal d'aire fred, i a vegades les temperatures d'aquesta zona eren comparables als indrets més freds de la zona urbana (Deveses de Salt i zona rural de Fornells de la Selva, és el sector anomenat pla de l'Onyar).

A més hem instal·lat un termochron en una zona de Sarrià de Dalt propera a la riera Xuncla obtenint valors inferiors fins i tot a les Deveses de Salt durant l'onada de fred del febrer de 2012, -11,5°C vs -11°C.

Naturalment a part dels factors geogràfics intervé la distribució de la vegetació en la temperatura, però no hem fet una gran investigació dels seu efecte en les zones rurals. No obstant a les Deveses de Salt i a la primavera, estiu i època de la tardor amb fulles als arbres les temperatures nocturnes dels transectes són clarament més elevades en els sectors arbrats que en les clarianes, mentre a l'hivern les diferències són menys marcades. Per tant els llocs amb més densitat arbòria de les Deveses de Salt les temperatures nocturnes són més elevades que a les clarianes dels boscos i arbredes, perquè part de la radiació d'ona llarga emesa pel sòl es remet cap al sòl per la capçada dels arbres, mentre que a les clarianes dels boscos i als camps tota la radiació d'ona llarga es perd cap al cel. En els transectes fets a Salt s'observa més homogeneïtat de les temperatures matinals que de les nocturnes, això significa que el descens tèrmic és més important sota les capçades dels arbres en les últimes hores

de la nit respecte les clarianes respecte les primeres hores nocturnes. En els transectes fets a Fornells de la Selva i Llambilles les temperatures nocturnes dels indrets boscosos són lleugerament superiors respecte els camps, això és una diferència important amb Salt on les Deveses de Salt són més fredes respecte les Hortes de Salt fins i tot els indrets amb una cobertura boscosa més densa.

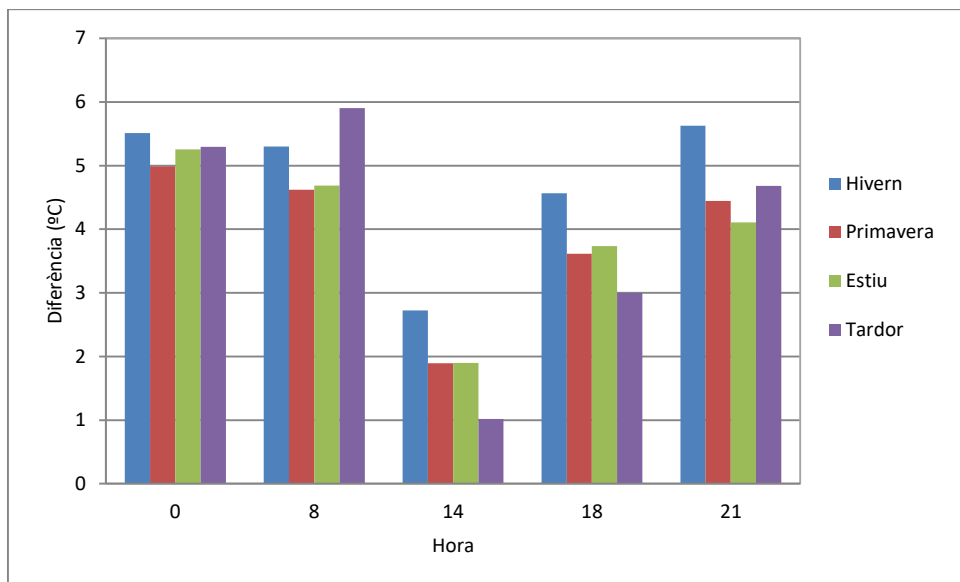


Figura 5.51 Diferència temperatura horària estacional a l'àrea urbana de Girona. Observatori més càlid-Deveses de Salt amb l'excepció de les 14 hores.

L'efecte de l'illa de calor es dona en totes les hores d'observació però la seva magnitud és ben diferent, mentre que al migdia es produeixen les diferències urbano-rurals més dèbils, durant la nit (0 hores) es forma l'illa de calor urbana més intensa, juntament amb la matinada (7 hores). Durant la posta de sol de l'estiu i primeres hores de la nit de l'hivern hi ha diferències força clares (21 hores), així a l'estiu la intensitat encara no assoleix els valors màxims de la nit a l'hivern la intensitat és fins i tot lleugerament superior (5,6°C versus 5,4°C) respecte les 0 hores. Durant la tarda (18 hores) tenim una moderada illa de calor que és molt més acusada a l'hivern, coincidint amb la posta del sol (4,5°C) i més dèbil a la tardor (3°C), probablement per la major nuvolositat i inestabilitat en aquesta època, cosa que redueix la intensitat.

Taula 5.21 Temperatura mitjana estacional a les 0 hores en diferents observatoris meteorològics. Període 1998-2020 (dades homogeneïtzades).

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Girona-Universitat	7,0	11,5	17,7	13,2
Vilablareix	4,4	9,5	16,3	11,7
Girona-Montjuïc	6,7	11,3	18,2	14,3
Fornells-SMC	2,8	9,2	16,0	11,9
Girona-Bombers	5,7	12,1	19,4	14,6
Girona-Vicens Vives	6,0	12,1	18,4	15,0
Salt	5,1	11,0	18,9	14,9
Girona-Sant Daniel	2,9	9,1	16,4	12,5
Deveses de Salt	1,7	7,9	14,6	10,0
Sarrià-XVPCA	5,9	11,5	18,2	13,6
Fornells-XVPCA	5,7	10,4	17,1	13,0
Girona-Bonastruc	6,7	12,8	19,2	14,4

Aclariment: Dades de Girona-Universitat són de les 0 hores solars

La distribució de la temperatura no és homogènia tenint en compte l'època de l'any. Mentre que a l'hivern l'observatori més càlid és una estació perifèrica suburbana, Girona-Universitat, amb 7,0°C, a la primavera el màxim es dona tant al centre urbà (Girona-Vicens Vives) com a una estació d'una àrea industrial suburbana, Girona-Parc de Bombers. A l'estiu el màxim es produeix a Girona-Parc de Bombers, 19,4°C. L'estació més freda són les Deveses de Salt en totes les estacions, seguida de Fornells-SMC i Girona-Sant Daniel, amb uns valors tèrmics idèntics. S'observa una important illa de calor si comparem Fornells-SMC i Fornells-XVPCA, aquest últim observatori situat al centre de Fornells de la Selva és al voltant de 3°C més càlid que l'estació més perifèrica, situada al sud-est del poble. També s'observa una important diferència tèrmica entre el centre de Girona i Salt, l'Eixample gironí és força més càlid que el nucli urbà saltenc, al voltant de 2°C de diferència.

Taula 5.22 Temperatura mitjana estacional a les 7 hores en diferents observatoris meteorològics. Període 1998-2020 (dades homogeneïtzades).

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Girona-Universitat	4,9	9,7	16,1	10,9
Vilablareix	3,0	6,9	13,3	9,6
Girona-Montjuïc	5,3	9,6	16,1	12,9
Fornells-SMC	1,0	6,3	12,7	9,9
Girona-Bombers	3,8	9,7	16,6	12,8
Girona-Vicens Vives	3,9	9,3	15,6	12,8
Salt	3,3	8,8	15,8	12,1
Girona-Sant Daniel	1,6	6,9	13,5	10,0
Deveses de Salt	0,2	5,4	11,9	7,5
Sarrià-XVPCA	4,2	8,9	15,2	11,5
Fornells-XVPCA	3,9	7,5	13,9	10,6
Girona-Bonastruc	4,8	9,7	15,6	12,1

Aclariment: Les dades de Girona-Universitat són de les 7 hores solars

Les Deveses de Salt són l'observatori més fred de l'àrea urbana durant les últimes hores de la nit (tardor i hivern) o matinada (estiu i primavera). No obstant la diferència tèrmica no supera 1°C amb la 2a estació més freda, Fornells-SMC. Salt continua essent una estació força més freda que els observatoris del centre de Girona, amb valors entre 1° i 1,5°C més baixos. S'intueix una inversió tèrmica a l'hivern de la capa límit urbana, amb valors més baixos al centre de Girona que a Montjuïc, mentre que tenim 5,3°C a Montjuïc tenim 3,9°C a Girona-Vicens Vives i 4,8°C a Girona-Bonastruc. Girona-Universitat ja no és l'observatori més càlid, tot i que està a poca distància dels més càlids, menys d'1°C. El màxim tèrmic de l'estiu es produeix a Girona-Parc de Bombers, tot i no pertànyer al centre urbà de Girona. Continua l'important illa de calor a Fornells de la Selva. Així hi ha 3°C d'anomalia tèrmica positiva de Fornells-XVPCA respecte Fornells-SMC.

Tot i que al migdia l'illa de calor urbana assoleix els valors més baixos del dia a l'hivern tenim diferències tèrmiques relativament importants a les 14 hores, amb 11,8°C a Girona-Montjuïc, 12,6°C a Deveses de Salt, mentre que els punts més càlids són el centre de Girona (14,9°C Girona-Bonastruc) i especialment la universitat de Girona, 15,2°C. Durant l'estiu es produeix una forta diferència tèrmica entre el punt més càlid, Girona-Bombers, i Girona-Vicens Vives. En aquest cas l'elevada altura de l'observatori

de Girona-Vicens Vives és la causa d'una anomalia tèrmica al centre de Girona, però en canvi a Girona-Bonastruc la temperatura és força més elevada, 26,1°C. Durant la primavera el punt més càlid és Girona-Bombers, 20,4°C, mentre Vilablareix és l'estació més freda, amb 17,6°C. A la tardor l'indret més càlid és Girona-Bombers amb 22,5°C, mentre Girona-Vicens Vives és l'àrea més freda amb 20,3°C.

Taula 5.23 Temperatura mitjana estacional a les 14 hores en diferents observatoris meteorològics. Període 1998-2020 (dades homogeneïtzades).

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Girona-Universitat	15,2	19,8	26,2	21,3
Vilablareix	12,1	17,6	25,0	20,1
Girona-Montjuïc	11,8	18,4	26,3	20,2
Fornells-SMC	12,4	19,3	26,4	21,4
Girona-Bombers	13,9	20,4	28,0	22,5
Girona-Vicens Vives	12,1	17,8	24,0	20,3
Salt	13,0	20,0	26,4	22,0
Girona-Sant Daniel	12,9	19,2	26,1	21,9
Deveses de Salt	12,6	19,2	26,1	21,5
Sarrià-XVPCA	14,1	20,2	26,7	21,5
Fornells-XVPCA	13,8	19,2	25,6	21,1
Girona-Bonastruc	14,9	19,7	26,1	21,7

Aclariment: Les dades de Girona-Universitat són de les 14 hores solars

A les 18 hores les temperatures més contrastades són a l'hivern, amb una illa de calor de 4,6°C si comparem l'observatori urbà de Girona-Bonastruc, 12,0°C, amb les Deveses de Salt, 7,4°C. Aquest comportament està relacionat amb l'hora relativa de la posta de sol que és molt primerenca en aquesta estació astronòmica. En les altres estacions astronòmiques, exceptuant la tardor, és una hora de la tarda, i per això les diferències urbano-rurals són poc marcades. No obstant, tant a la primavera com a l'estiu hi ha una feble illa de calor, 1,7°C a la primavera i 1,6°C a l'estiu, essent les Deveses de Salt l'estació més freda a la primavera, i en canvi Girona-Vicens Vives és l'estació més freda a l'estiu.

Taula 5.24 Temperatura mitjana estacional a les 18 hores en diferents observatoris meteorològics. Període 1998-2020 (dades homogeneïtzades).

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Girona-Universitat	10,2	15,4	21,8	16,1
Vilablareix	9,6	16,7	23,9	18,2
Girona-Montjuïc	10,2	16,6	24,3	18,7
Fornells-SMC	9,1	17,6	24,7	19,2
Girona-Bombers	10,0	17,9	25,6	19,4
Girona-Vicens Vives	10,3	16,9	23,0	19,2
Salt	9,9	17,3	25,0	20,3
Girona-Sant Daniel	8,3	16,6	24,6	19,4
Deveses de Salt	7,4	16,2	23,5	18,2
Sarrià-XVPCA	10,4	18,4	24,9	18,3
Fornells-XVPCA	10,4	17,2	23,8	18,1
Girona-Bonastruc	12,0	19,4	25,6	20,1

Aclariment: Les dades de Girona-Universitat són de les 18 hores solars

El centre de Girona (observatori de Bonastruc) enregistra les temperatures més elevades a les 21 hores durant l'hivern i primavera, mentre que a l'estiu els punts més càlids són compartits per Girona-Bonastruc i Girona-Bombers. A la tardor Salt és l'observatori més càlid. Les Deveses de Salt és l'estació més freda en totes les estacions excepte a l'estiu, on tenim una anomalia tèrmica freda a Girona-Universitat, amb 18,3°C, mentre a les Deveses hi ha 18,5°C. L'efecte d'illa de calor és palès en totes les estacions amb diferències tèrmiques que volten els 4°C entre el punt més càlid de l'àrea urbana i les Deveses de Salt. A l'hivern hi ha una intensitat màxima de l'illa de calor de 5,3°C, si comparem els 3,2°C de les Deveses de Salt i els 8,7°C de Girona-Bonastruc.

Taula 5.25 Temperatura mitjana estacional a les 21 hores en diferents observatoris meteorològics. Període 1998-2020 (dades homogeneïtzades).

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Girona-Universitat	8,0	12,3	18,3	13,8
Vilablareix	5,9	12,8	20,4	13,8
Girona-Montjuïc	7,9	13,0	20,4	15,6
Fornells-SMC	4,6	12,8	20,3	14,3
Girona-Bombers	7,4	14,5	21,9	16,4
Girona-Vicens Vives	7,6	14,2	20,5	16,6
Salt	6,8	14,1	21,9	16,9
Girona-Sant Daniel	4,5	12,1	20,4	14,6
Deveses de Salt	3,2	11,1	18,5	12,3
Sarrià-XVPCA	7,5	14,4	21,2	15,3
Fornells-XVPCA	7,5	13,3	20,0	14,8
Girona-Bonastruc	8,5	15,5	21,9	16,5

Aclariment: Les dades de Girona-Universitat són de les 18 hores solars

La taxa de la variació tèrmica horària del mes de gener que podem veure a la figura 5.49 ens mostra com varia la temperatura entre una hora i la següent entre els observatoris de Girona-Parc de Bombers (SMC) i l'estació de Fornells de la Selva (SMC). El ritme de variació tèrmica és similar entre els dos observatoris amb l'excepció de les hores posteriors a l'alba i les hores properes a la posta de sol. La diferència en el ritme d'escalfament és més important a partir de les 6 hores solars, 7 hores locals, una hora abans de la sortida de sol, i assoleix el valor màxim a les 8 hores solars. Després de l'alba al matí l'increment tèrmic és més ràpid en observatoris rurals que en urbans i suburbanes segons Oke (2007) ja que la radiació solar provoca un escalfament més ràpid del camp respecte la ciutat, ja que incrementa la turbulència tèrmica de la capa límit a la zona rural, la barreja vertical de l'aire provoca un escalfament de l'aire molt ràpid en zones rurals. D'altra banda, l'efecte d'ombra dels edificis i la major inèrcia tèrmica dels materials urbans provoca un menor ritme de pujada tèrmica a la ciutat. Al voltant de la posta de sol succeix el fenomen invers, l'estació meteorològica rurals de Fornells de la Selva-SMC es refreda molt més ràpidament que l'estació suburbana de Fornells de la Selva-SMC. Això s'explica per la inèrcia tèrmica dels materials urbans, que es refreden menys ràpidament que el sòl rural, la qual cosa permet un ràpid refredament de l'aire rural en comparació amb l'aire

suburbà a partir de les 16 hores, que a Girona és una hora i 30 minuts abans de la posta de sol al mes de gener, i fins a les 19 hores. La calor absorbida pels materials urbans al migdia és cedida a l'aire urbà i suburbà en aquest interval horari i durant la nit, cosa que no succeeix a les zones rurals, que perden calor ràpidament. Per aquestes causes es forma l'illa de calor urbana de Girona, per les diferències urbano-rurals en el refredament tèrmic durant les primeres hores de la nit. A partir de les 19 hores i durant la resta de la nit malgrat que la superfície de la ciutat continua alliberant calor a l'atmosfera urbana les diferències suburbanes-rurals en els ritmes de refredament tèrmic són idèntiques i la intensitat de l'illa de calor es manté constant fins a les 5 hores. A partir d'aquest moment, al voltant de 3 hores abans de l'alba, es redueix el contrast en el refredament tèrmic de l'observatori rural de Fornells de la Selva en comparació amb Girona-Parc de Bombers.

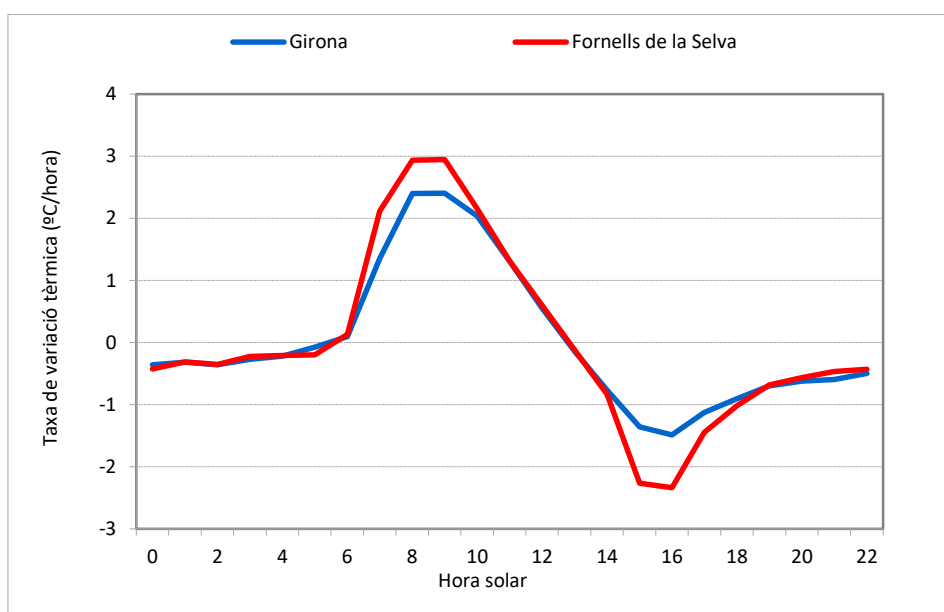


Figura 5.52 Taxa de variació tèrmica horària. Gener. Període 2003-2007. Observatoris de Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva-SMC.

La figura 5.50 il·lustra el mateix efecte del ritme de variació tèrmica durant la nit que la figura 5.49, però en aquest cas es consideren nits amb unes variacions tèrmiques horàries molt elevades, ja que el cel és serè i el temps és anticiclònic, es tracta dels dies 18 a 23 de gener de 2003. El refredament màxim nocturn és de 3,8°C/hora durant la posta de sol de gener (18 hores) a Fornells de la Selva-SMC, mentre en canvi és de 2,4°C/hora a Girona-Parc de Bombers. Aquest contrast suburbà-rural en el refredament tèrmic s'atenua a partir d'aquesta hora i en la primera hora després de la posta de sol (19 hores), quan és respectivament de -2,3°C i -1,7°C, amb un valor similar de diferència a la segona hora després de l'ocàs, i el contrast tèrmic és nul a la tercera hora. A partir de la 3a hora després de la posta de sol es suavitzen les diferències en el descens tèrmic horari. Hi ha hores de la nit en què el descens tèrmic és més accentuat a Girona-Parc de Bombers (la 11a hora), i en altres hores en què el descens tèrmic és més important a Fornells de la Selva-SMC (la 5a i la 7a hora) i altres en què el refredament horari és idèntic en ambdós estacions. Quan arribem a la 14a hora després de la sortida de sol, al voltant de 45 minuts abans de l'alba hi ha un increment tèrmic molt important a Fornells de la Selva i assoleix un valor màxim a les

16 hores, al voltant de les 9 del matí, quan hi ha un increment tèrmic de 4,2°C a Fornells i 3,2° a Girona. A partir de les 9 hores es produeix un descens de l'escalfament horari i de les diferències entre ambdós observatoris. I a partir de les 18 hores la taxa és idèntica i fins a les 23 hores, una hora abans de la posta de so quan tornem a tenir un refredament i un increment de les diferències entre les dues estacions meteorològiques.

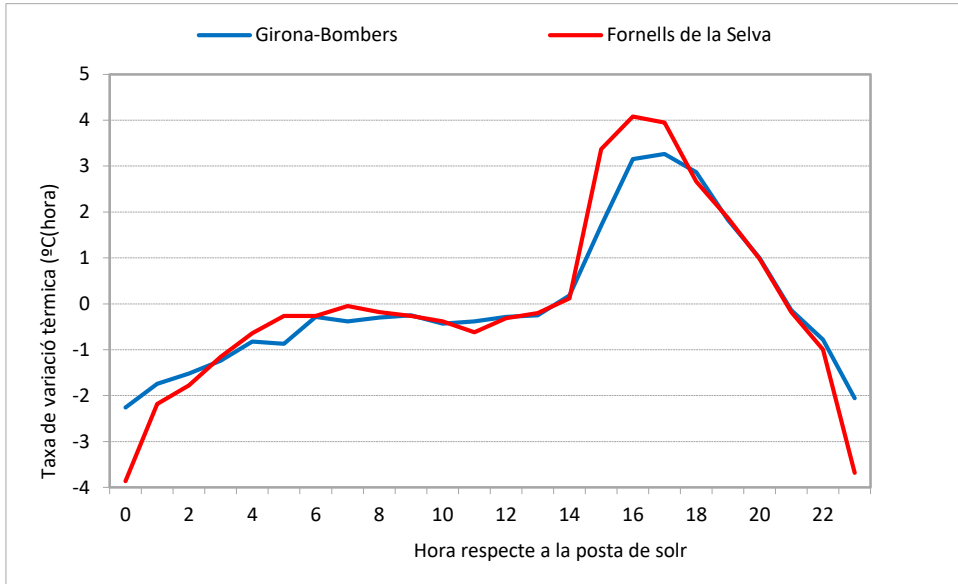


Figura 5.53 Taxa de variació tèrmica horària. Nits serenes. Dies 18-23 gener de 2003. Observatoris de Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva-SMC.

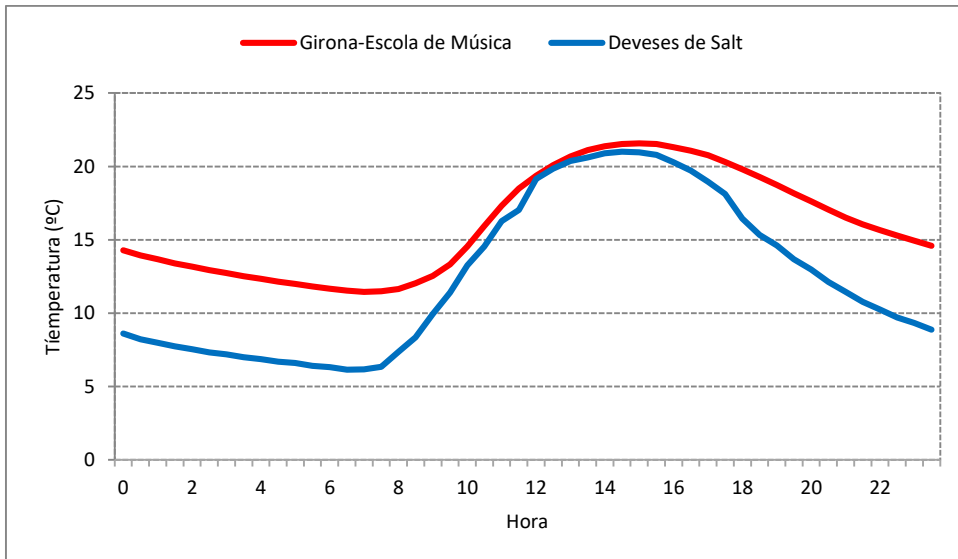


Figura 5.54 Temperatura mitjana semihorària. Girona-Escola de Música i Deveses de Salt. Període 2011-2013 a Girona-Escola de Música i 2009-14 a les Deveses de Salt.

A la figura 5.51 s'observa com l'amplitud tèrmica és clarament més elevada a l'observatori rural les Deveses de Salt, on hi ha vora de 15° (6° al moment més fred i a l'hora més càlida 21,5°). En canvi a l'observatori de Girona-Escola de Música tenim 22°

a l'hora més càlida i 12° a l'hora amb menor temperatura. S'observa com l'illa de calor urbana és més important durant la nit i molt més dèbil, gairebé nul·la al migdia.

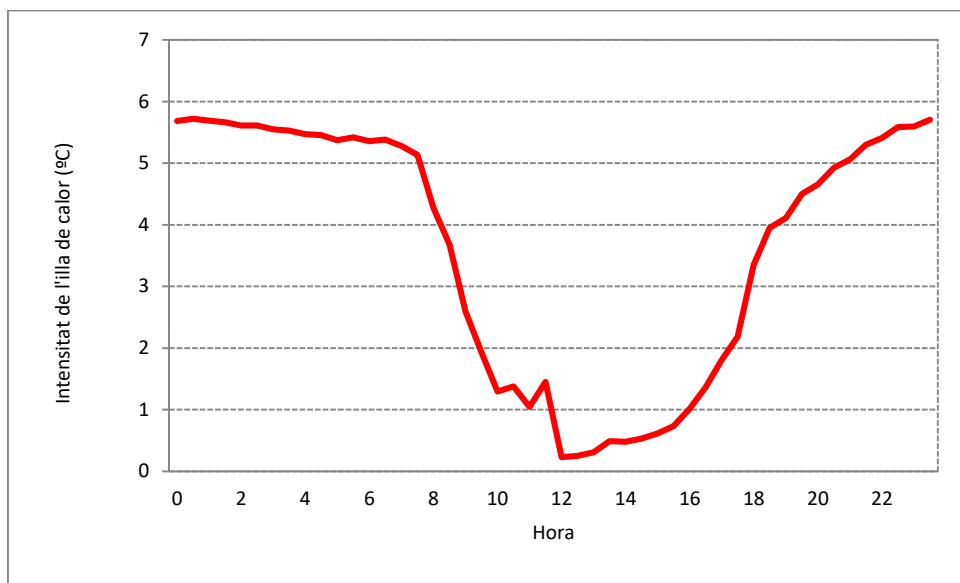


Figura 5.55 Intensitat mitjana semihorària de l'illa de calor urbana de Girona. Diferència tèrmica entre Girona-Escola de Música i les Deveses de Salt. Període 2009-2014.

Durant la nit s'observa una intensa illa de calor, al voltant de 6° (5,7° a les 0 hores), mentre que al migdia la intensitat de l'illa de calor és gairebé nul·la o molt dèbil ,0,3° a les 13 hores, a partir de mitja tarda (18 hores) comença a apreciar-se una illa de calor moderada, 2,2°, que augmenta fins a mitjanit quan la intensitat de l'illa de calor és màxima, 5,7°C a les 0 hores. A partir d'aquest moment la intensitat de l'illa de calor davalla lentament fins al moment de la sortida del sol. La intensitat és de 5,3° a les 7 hores.

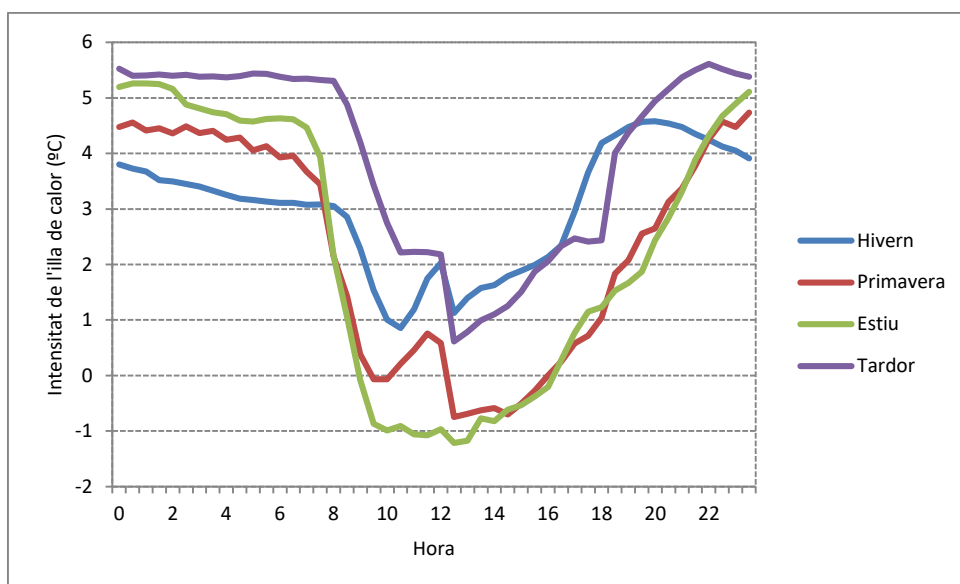


Figura 5.56 Intensitat mitjana semihorària de l'illa de calor. Diferència tèrmica entre Girona-Escola de Música i les Deveses de Salt. Període 2009-2014.

De forma oposada al que succeeix als transectes tèrmics la intensitat de l'illa de calor nocturna màxima no es produeix a l'hivern sinó a la tardor. La intensitat mitjana estacional de l'illa de calor urbana a resolució semihorària si comparem els observatoris de Girona-Escola de la Música i les Deveses de Salt és més elevada durant la tardor a les 22 hores, amb 5,5°, mentre que la més baixa és a l'hivern, 4,5° a les 20 hores. A l'estiu la intensitat màxima és de 5,2° entre 24 i 2 hores, mentre que a la primavera tenim el màxim, 4,6° a les 0 hores. Als migdies la intensitat de l'illa de calor és molt baixa, fins i tot s'aprecia una debilitat diürna a l'estiu, malgrat que en els transectes realitzats l'illa de calor debilitat més forta es produeix a l'hivern.

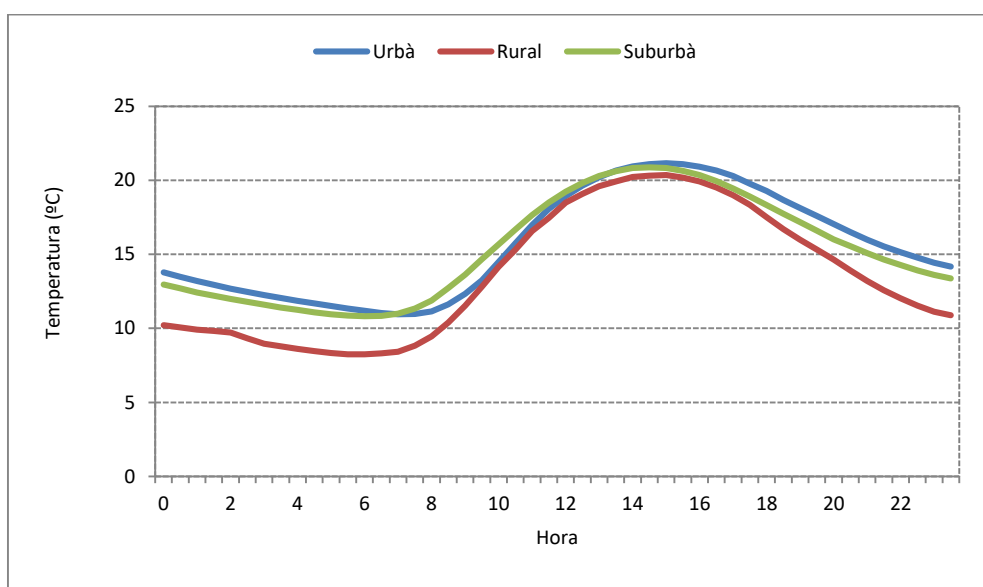


Figura 5.57 Temperatura mitjana semihorària anual en funció de diferents zones de l'àrea urbana de Girona.

La gràfica de les temperatures mitjanes semihoràries anuals en funció del tipus de sòl o tipus d'observatori, urbà, rural o suburbà, ens mostra com la intensitat de l'illa de

calor és més elevada durant la nit i és més dèbil durant el dia, especialment a partir de mig matí, migdia i fins a mitja tarda, quan les temperatures urbanes i rurals són molt similars. En aquesta franja horària la zona suburbana és més càlida que les dues altres àrees. També s'observa en aquesta gràfica com la temperatura nocturna i de la matinada dels observatoris suburbans és més similar a la de les estacions urbanes que a les suburbanes.

La intensitat mitjana de l'illa de calor dels transsectes segueix un ritme similar a l'observat en els transsectes. Durant la nit es produeix el contrast tèrmic urbano-rural més important, 5,3°C, mentre a la matinada es produeix una intensitat relativament més feble, 4,2°C, amb un valor similar al de la posta de sol (3,9°C). Les intensitats màximes de l'illa de calor es produeixen a la nit (12,1°C) i a la posta de sol (11,5°C). D'altra banda a la tarda es produeix una forta intensitat de l'illa de frescor, -9,8°C, similar a la del migdia, -10,2°C. La intensitat mitjana de l'illa de calor que és ponderada, segons el nombre de transsectes de cada franja horària, i no inclou els transsectes diürns, és de 4,3°C.

Taula 5.26 Intensitats mitjanes i màximes de l'illa de calor de Girona en funció del moment dels transsectes tèrmics. Període 2001-2021.

	Matinada	Migdia	Tarda	Posta de sol	Nit	Global
Mitjana	4,2°C	-1,6°C	3,6°C	3,9°C	5,3°C	4,3°C
Màxima	9,8°C	5,0°C	7,0°C	11,5°C	12,1°C	12,1°C
Data	18/10/2003	08/11/2005	08/06/2007	18/07/2012	31/12/2007	31/12/2007
Hora	8,10 h	14,00 h	19,54 h	21,50 h	20,20 h	20,20 h
Mínima	0,0	-10,2°C	-9,8°C	0,7°C	0,2°C	-10,0°C
Data	21/02/2004	30/03/2012	05/01/2013	17/04/2006	5/12/2004	05/01/2013
Hora	7,45 h	14,00 h	17,10 h	19,30 h	20,45 h	17,10 h

(*) Aclariment: Per calcular la intensitat mitjana global de l'illa de calor no incloc els transsectes del migdia i tarda ja que són diürns.

La taula comparativa de les freqüències de la intensitat de l'illa de calor transsectes realitzats a Salt (transsecte 5) segons la seva intensitat i el moment del dia ens permet observar un major percentatge amb molt intensa illa de calor ($\geq 6,0^\circ\text{C}$), 45,4 % a la nit, a la posta del sol, i amb una freqüència força inferior, un 16,9 % dels recorreguts a la matinada, mentre que a la posta del sol hi ha un 12,7 % dels recorreguts. A la matinada la major part dels recorreguts tenen una intensitat de l'illa de frescor elevada (4,1-6,0°C), el 32,5 %, mentre que a la posta de sol, són més freqüents els recorreguts amb una intensitat moderada de l'illa de calor (2,1-4,0°C), amb un 35,2 %. D'altra banda els hi ha una relativa rellevància dels recorreguts amb una intensitat feble de l'illa de calor (0,1-2,0°C) a la matinada. 24,7 %, mentre que a la nit (9,0 %) i a la posta del sol, 8,5 %, els percentatges són similars.

Taula 5.27. Freqüència relativa de les intensitats de l'illa de calor segons el moment del dia. Salt. Transsecte 5. Període 2002-2010.

	Nit	Matinada	Posta de sol	Mitjana
0-2,0	9,0	24,7	8,5	14,1
2,1-4,0	17,8	26,0	35,2	26,3
4,1-6,0	27,8	32,5	21,1	27,1
>6,0	45,4	16,9	12,7	25,0

5.4 Mètode comparatiu de les sèries tèrmiques de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona

Les sèries tèrmiques corresponents a les temperatures mínimes dels observatoris situats en les ciutats de la façana mediterrània de la península ibèrica presenten una tendència a l'escalfament superior a les estacions situades en un entorn rural (QUEREDA SALA et al., 2008). Girona no és una excepció, com es pot comprobar en la figura 5.56, hi ha una modificació urbana en les temperatures mínimes em el període 1973-2008, amb un escalfament relatiu de l'observatori de Girona-Bell-lloc en comparació amb l'aeroport de Girona. Així la tendència és d'un increment tèrmic important, 0,043°C/any, que és estadísticament significativa ($p=0,05$). No obstant si observen la mitjana mòbil de 5 anys es pot comprobar com hi ha un refredament relatiu entre els primers anys de la sèrie i finals de la dècada dels 80 quan s'observa un important augment tèrmic de les mínimes de l'estació de Girona-Bell-lloc en comparació amb l'aeroport de Girona.

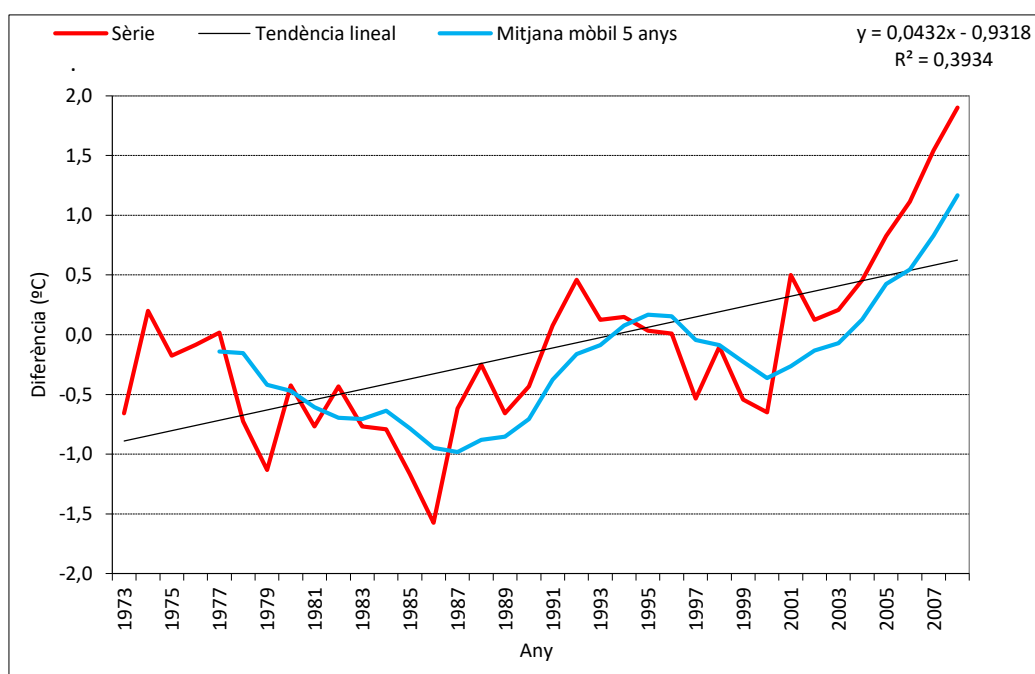


Figura 5.58 Diferència temperatures mínimes. Període 1973-2008. Girona (Bell-lloc)-Aeroport de Girona.

Hem aplicat el test d'Alexandersson a les diferències tèrmiques urbano-rurals i el valor màxim per tal de separar dos períodes homogenis és 1990, per tant es farà la comparació dels dos observatoris en dos intervals temporals, 1973-89 i 1990-2008.

Taula 5.28 Tendència de les diferències urbano-rurals en les temperatures mínimes entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-89 i 1990-2008.

		Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
1973-1989	Tendència	-0,0530	-0,0020	-0,0073	-0,0160	-0,0428
	R ²	0,3800	0,0100	0,3520	0,0230	0,2254
	P	0,3696	0,7594	0,0147	0,5039	0,2470
1990-2008	Tendència	0,0680	0,0450	0,0820	0,0420	0,0801
	R ²	0,3450	0,3010	0,4410	0,0880	0,4338
	P	0,0083	0,0189	0,0160	0,2321	0,0027

.....

En negreta tendència significativa ($p=0,05$) En negreta i cursiva significativa ($p=0,01$)

En els primers anys de la sèrie (1973-89) hi ha una evolució cap al descens tèrmic relatiu de l'observatori de Girona-Bell-lloc enfront l'aeroport de Girona. Així hi ha una tendència de refredament de $-0,0428^{\circ}\text{C}/\text{any}$ de l'estació meteorològica de la ciutat enfront l'observatori rural. L'hivern és l'estació que presenta un descens tèrmic més important en el període 1973-89, $-0,053^{\circ}\text{C}/\text{any}$, mentre que durant la primavera la tendència cap a la davallada és menor, $-0,0020^{\circ}\text{C}/\text{any}$. Les causes per les quals les mínimes de Girona-Bell-lloc tinguin un refredament respecte l'aeroport en el període 1973-89 no hem de buscar-les en l'efecte d'illa de calor sinó probablement en factors microclimàtic locals, ja que l'entorn de l'estació meteorològica de Girona no s'urbanitza fins l'any 1990, amb la construcció del polígon Mas Xirgu, al sud de l'observatori. Probablement les inversions tèrmiques afectin més l'observatori del Bell-lloc a finals d'aquest període la qual cosa origina un descens tèrmic que afecta sobretot les temperatures mínim. Així es pot concloure que l'observatori de Girona-Bell-lloc tenia unes temperatures mínimes pròpies de l'àrea rural en el període esmentat. L'illa de calor urbana de Girona de les dècades dels 70 i 80 era més dèbil que l'actual, i no afectava a l'observatori de Girona-Bell-lloc, que es trobava a la perifèria de la ciutat de Girona, en un entorn poc urbanitzat.

L'observatori del col·legi Bell-lloc de la ciutat de Girona té una tendència a l'escalfament relatiu a l'aeroport molt important en les màximes en el període 1973-89, mentre en l'interval temporal posterior es produeix un refredament urbà. Aquesta és una inconsistència del comportament de les diferències urbano-rurals en les màximes, ja que en la majoria de les ciutats l'efecte de l'illa de calor urbana només afecta a les temperatures mínimes, no pas a les temperatures. Per tant no haurien de tenir unes tendències oposades i a més estadísticament significatives. Les causes d'aquest diferent comportament tèrmic urbano-rural en les màximes podem incloure tant un canvi d'instrumental de l'observatori de Girona (Bell-lloc) o una variació natural del microclima d'aquesta estació, però ens decanten cap a la primer causa. Tot i que la nostra reunió amb els responsables de l'observatori en els anys 1998 i 2007, Josep Domingo i Joaquim Vinyoles, no va servir per aclarir aquesta qüestió. Però pensem que en els darrers anys del període 1973-89 l'instrumental de l'estació meteorològica de Girona (Bell-lloc) sobreestimava les temperatures màximes. No obstant en el període següent es produeix un escalfament de l'aeroport. L'observador de l'aeroport, Josep Sánchez, ens va explicar l'any 1996 com va haver-hi un canvi de localització de la gàbia meteorològica, que es va situar més a prop de les pistes, la qual cosa probablement va induir un escalfament tèrmic en les màximes de l'estació.

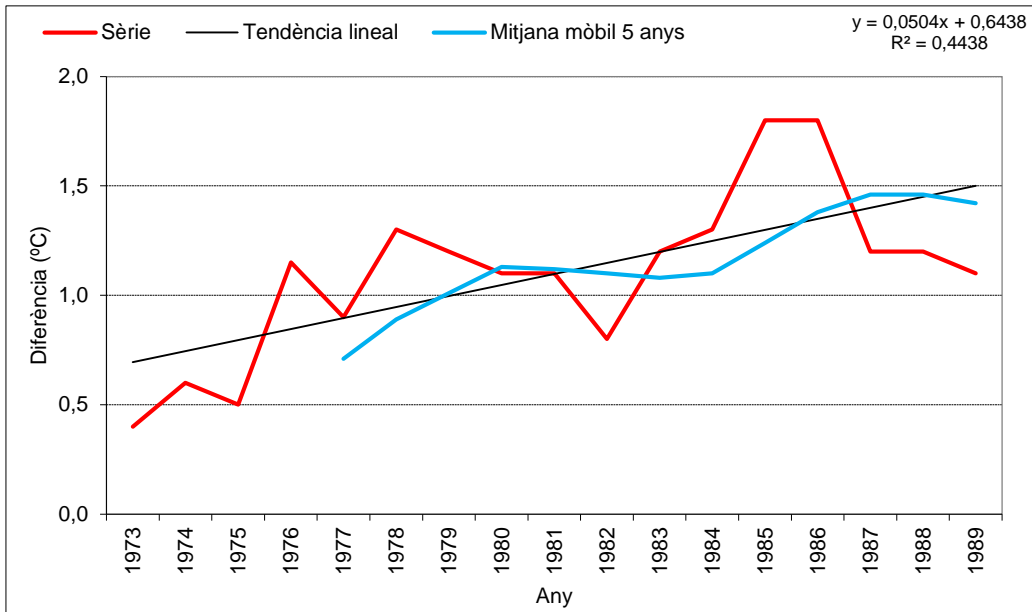


Figura 5.59 Diferència temperatures màximes. Període 1973-1989. Girona (Bell-lloc)-Aeroport de Girona.

Les temperatures mínimes de l'observatori de Girona (Bell-lloc) han experimentat un important refredament relatiu respecte l'aeroport de Girona en el període 1990-2008 (-0,0389°C/any) que no s'ha d'atribuir a la urbanització del polígon industrial Mas Xirgu, sinó probablement a l'increment de superfície pavimentada de l'observatori de l'aeroport. Aquest refredament és estadísticament significatiu, al nivell de confiança del 99 %.

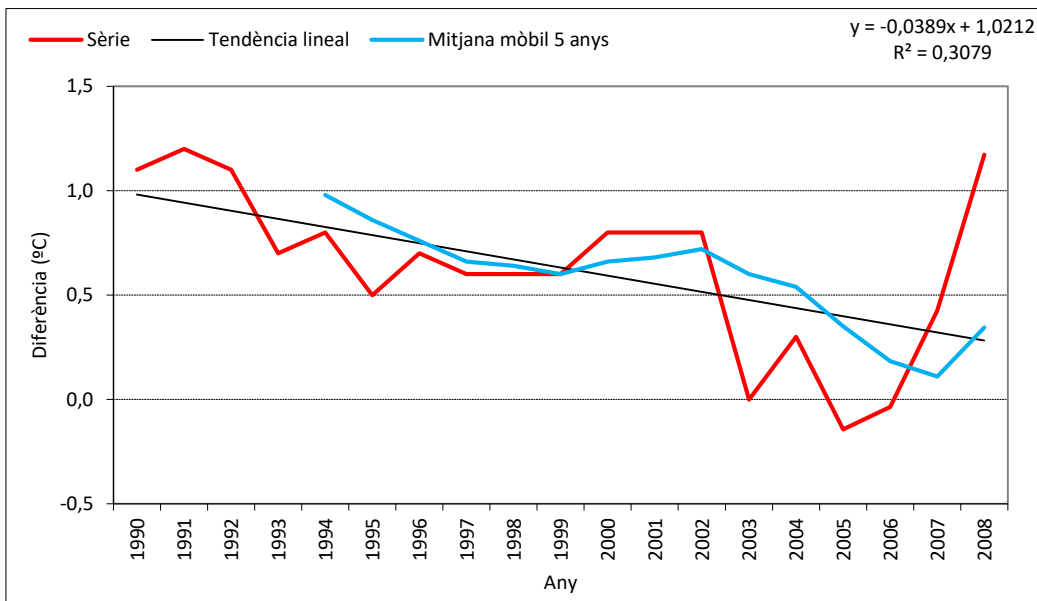


Figura 5.60 Diferència temperatures màximes. Període 1990-2008. Girona (Bell-lloc)-Aeroport de Girona.

Les temperatures mínimes han experimentat un elevat increment tèrmic a Girona-Bell-lloc en el període 1973-2008, 0,063°C/any, valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. Aquest augment tèrmic és produït tant per l'escalfament planetari com per l'efecte de l'illa de calor urbana. Així a partir de 1990 la urbanització del polígon industrial Mas Xirgu, situat al sud de l'observatori, ha implicat que l'estació

meteorològica quedi englobada per l'illa de calor urbana, la qual cosa implica un increment tèrmic de les temperatures mínimes .

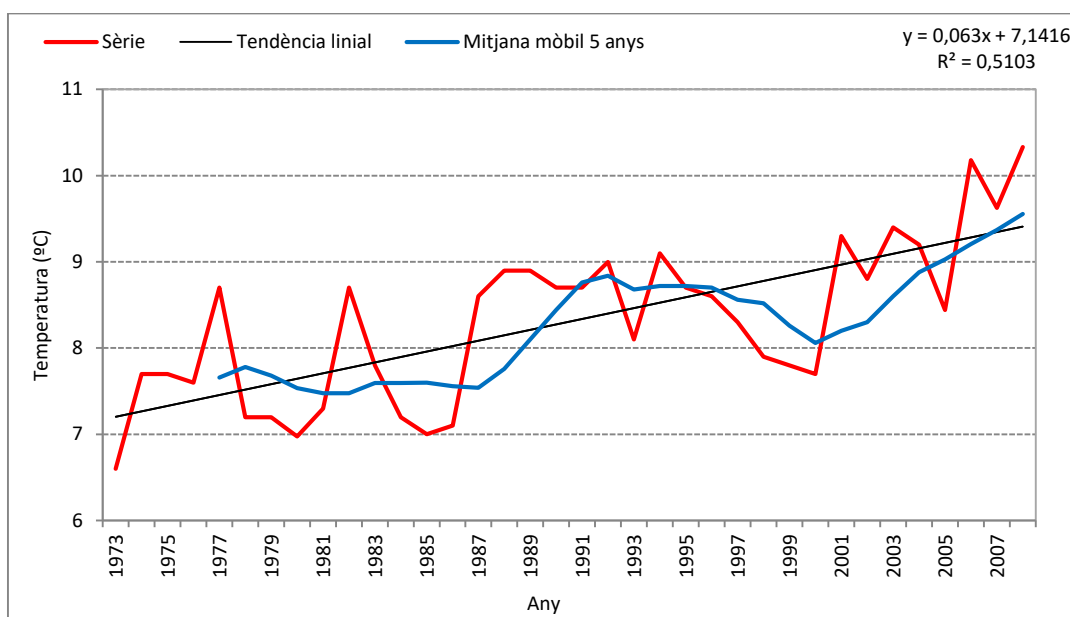


Figura 5.61 Temperatura mitjana mínimes anual. Girona-Bell-lloc. Període 1973-2008.

A partir de les tendències en les diferències en les temperatures màximes i mínimes hem fet la reconstrucció de la sèrie de Girona-Bell-lloc en el període 1990-2008. Hem utilitzat el test d'Alexandersson per determinar la magnitud de la correcció. El valor numèric de la correcció es calcula a partir de la diferència entre el període anterior i posterior a l'homogeneïtzació, en aquest cas l'any 1990. En el cas de les temperatures mínimes s'ha restat 0,9°C als promitjos anuals de la sèrie 1990-2008, mentre pel que fa a les temperatures màximes s'ha fet una addició de 0,6°C en el període 1990-2008.

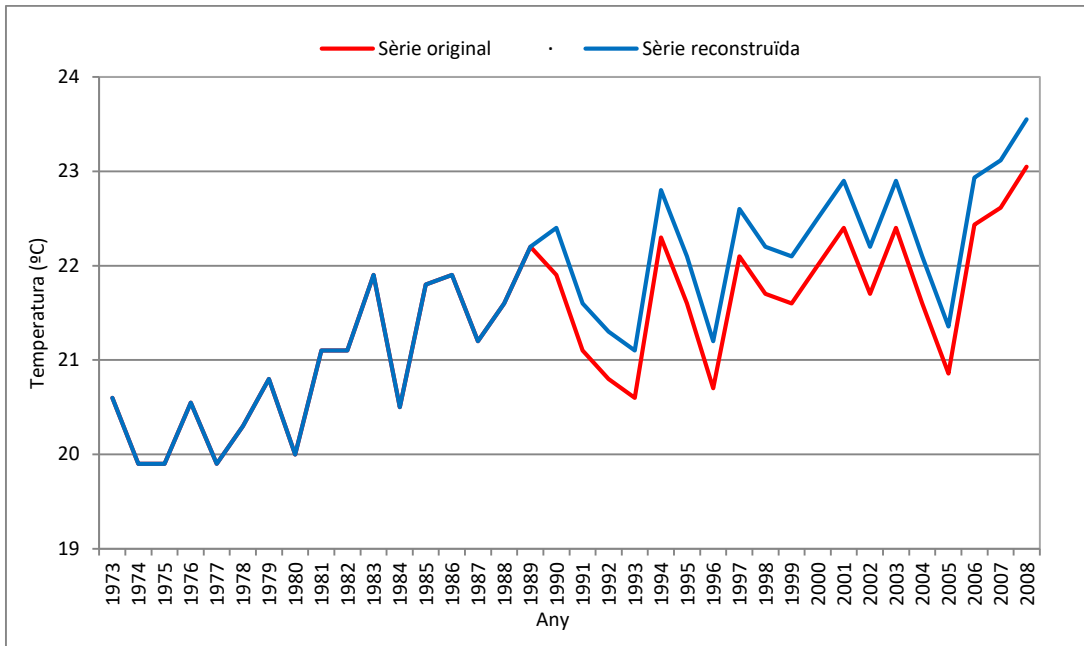


Figura 5.62 Homogeneïtzació i reconstrucció de la sèrie de Girona-Bell-lloc. Temperatura mitjana màxima anual. Període 1973-2008.

Girona-Bell-lloc és un observatori que presenta un important taxa d'increment tèrmic pel que fa a les temperatures màximes. No obstant, en els últims anys s'ha observat com la diferència tèrmica amb l'aeroport de Girona es reduïa. Per això s'ha aplicat el test d'Alexandersson a partir de 1990 quan hi ha un canvi en el signe de les diferències entre Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona. En aquest cas s'ha reconstruït la sèrie afegint 0,5°C a la temperatura de Girona-Bell-lloc amb l'inici d'aquest procediment a l'any 1990.

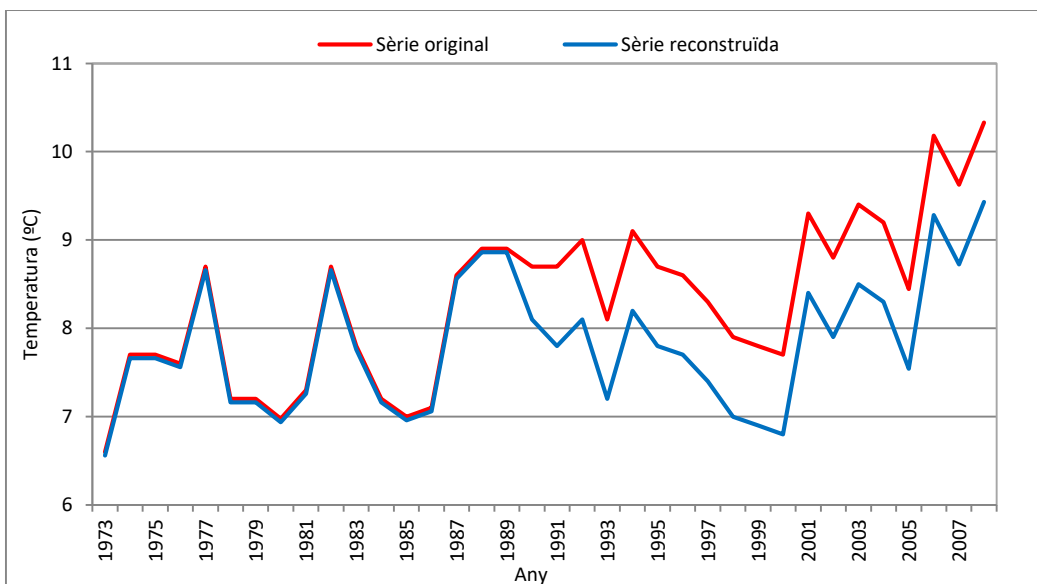


Figura 5.63 Homogeneïtzació i reconstrucció de la sèrie de Girona-Bell-lloc. Temperatura mitjana mínima anual. Període 1973-2008.

La sèrie de temperatures mínimes de Girona s'ha corregit aplicant el test d'Alexandersson, així es corregeix el període en el qual es sospita on hi ha la falta d'homogeneïtat de les dades, en aquest cas, el període 1990-2008, ja que el valor T

del test assenyala que la inhomogeneïtat es produeix l'any 1990. Es calcula la mitjana de diferència de temperatura entre els dos períodes 1973-89 i 1990-2008. Així es comparem les diferències tèrmiques entre la sèrie que cal corregir, Girona-Bell-lloc, i la sèrie de referència, l'aeroport de Girona. En el primer període la diferència tèrmica és de $-0,3^{\circ}\text{C}$, mentre que el segon és de $+0,6^{\circ}\text{C}$. Per tant tenim un escalfament atribuïble a l'illa de calor urbana de $0,9^{\circ}\text{C}$, i s'han de restar les mitjanes anuals aquest valor per tal que la sèrie de Girona-Bell-lloc sigui homogènia. Com es pot comprovar en les dues corbes de temperatura hi ha una tendència a l'escalfament. Però l'augment tèrmic en part és artificial, per l'efecte de l'illa de calor urbana a Girona-Bell-lloc, gràcies a l'homogeneïtzació tenim un escalfament menor en la sèrie reconstruïda respecte l'original.

També s'ha comparat la temperatura mitjana de les mínimes d'un observatori cèntric de la ciutat de Girona, el situat a l'institut Vicens Vives i l'aeroport de Girona. La modificació tèrmica produïda per la illa de calor urbana ha afectat els dos observatoris principals de Girona de forma diferent. Mentre que Girona (Vicens Vives) s'ha escalfat $2,0^{\circ}\text{C}$ en el mitjana anual en el període 1971-2011, Girona (Bell-lloc) només ho ha fet $1,2^{\circ}\text{C}$ en el període 1973-2008. A més a més la tendència a l'increment tèrmic ($0,066^{\circ}\text{C}/\text{any}$) és més important al centre de Girona respecte l'observatori de Girona-Bell-lloc. Les causes per explicar aquest diferent comportament tèrmic relatiu dels dos observatoris de la ciutat són varies. En primer lloc hem de tenir en compte que l'observatori de Girona-Bell-lloc ha experimentat un refredament respecte l'aeroport en el període 1973-89, la qual cosa implica que en el període global 1973-2008 tot i haver-hi un escalfament sensible entre els anys 1990 i 2008, la tendència de Girona-Bell-lloc no pugui ser tan elevada com a Girona (Vicens Vives). En segon lloc la ciutat de Girona ha crescut molt en població, el conjunt de Girona i Salt ha passat de 70000 a 132000 habitants en aquest període. Això significa un increment molt apreciable de l'àrea urbanitzada, i per tant el balanç energètic de la capa límit urbana s'ha vist modificat per aquesta expansió de la ciutat. En tercer lloc cal remarcar que en aquest període 1971-2007 ha millorat el nivell de vida dels ciutadans, i això ha incrementat la generació de calor antropogènica humana. Així l'ús de les calefaccions i dels sistemes d'aire condicionat s'ha generalitzat, la qual cosa afavoreix l'escalfament de la ciutat, sobretot en les seves parts centrals. També hi hagut un increment important de l'ús de l'automòbil en els desplaçaments interurbans, alliberant grans quantitats de gasos que afavoreixen l'efecte de l'illa de calor urbana. Es pot donar un quart motiu, que pensen que no és decisiu. Així l'observatori de Girona (Vicens Vives) en el període 1971-7 era manual i ara és automàtic. Però la comparació entre l'observatori de Girona (Vicens Vives) i altres estacions manuals del centre de Girona, tals com Girona (Sèquia) no dóna gaire lloc a dubtes, ja que Girona (Vicens Vives) és lleugerament més fred que Girona (sèquia), fet lògic ja que es troba en un indret més proper al riu, i també on la urbanització és menys densa. No hem realitzat una comparació entre les temperatures màximes de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport de Girona, ja que les temperatures màximes de l'institut Vicens Vives no les consideren com a vàlides, ja que donen valors molt més baixos que altres estacions meteorològiques de la ciutat de Girona situades en el centre urbà, tant estacions automàtiques com manuals.

Taula 5.29 Diferència mensual i anual en la mitjana de les temperatures mínimes. Girona (Vicens Vives)-Aeroport de Girona. Períodes 1971-77 i 2004-17.

Període/Mes	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

1971-77 (1)	0,2	0,0	0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	0,3	0,3	0,0
2004-17 (2)	2,5	2,1	2,0	2,2	2,0	2,1	2,0	1,9	1,5	1,4	2,1	2,1	2,0
Diferència (2)-(1)	+2,3	+2,1	+1,8	+2,3	+2,2	+2,3	+2,1	+2,1	+1,7	+1,6	+1,9	+1,8	+2,0
Tendència (°C/any)	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08	0,07	0,00	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07

En negreta significació estadística ($p=0,05$)

En aquest apartat analitzarem com varien els paràmetres tèrmics dels observatoris de la ciutat de Girona, el de Girona-Bell-lloc estava situat en una àrea perifèrica de la ciutat i no afectada per la urbanització en els primers anys, ja que es trobava a 500 metres de l'àrea urbanitzada de Girona. Amb la construcció del polígon industrial Mas Xirgu l'any 1995 l'observatori del Bell-lloc es troba actualment inclòs dins del teixit urbà de la ciutat de Girona. Per tant aquest observatori ha tingut una modificació apreciable del seu entorn. Si a principis dels 70 i a la dècada dels 80 es podia considerar com un observatori rural, a partir de la dècada dels 90 es pot qualificar com a suburbà. L'altre observatori és l'estació de l'institut d'ensenyament secundari Vicens Vives, que es troba al barri del Carme i Vista Alegre, és una àrea urbana cèntrica. L'entorn immediat de l'observatori de Girona (Vicens Vives) no ha tingut canvis, però cal remarcar que els barris situats més al sud, Montilivi i Palau, s'han urbanitzat força en el període 1971-2007, la qual cosa pot haver incrementat l'efecte de l'illa de calor urbana que afecta l'observatori. Els valors de les temperatures mitjanes mensuals, mitjanes de les màximes i de les mínimes de Girona-Bell-lloc, Girona-Vicens Vives i l'aeroport de Girona consten a les taules 6.ad a 6.al de l'annex.

També ens ha interessat analitzar la sèrie meteorològica de Girona del període 1912-72. El problema que ens trobem és que l'homogeneïtzació de la sèrie de Girona amb el mètode d'Alexandersson respecte observatoris més propers (Figueres i Sant Feliu de Buixalleu) no és possible per diferents raons. En el cas de Figueres s'ha d'afirmar en primer lloc que els dos observatoris són urbans, per tant és difícil de diferenciar la tendència natural del clima de l'efecte de l'illa de calor urbana. Però la principal dificultat a l'hora d'homogeneïtzar la sèrie climàtica de Girona respecte Figueres és l'efecte de la tramuntana en les mínimes que és molt diferent que a Girona. Sovint en dies que bufa tramuntana la temperatura mínima pot ser 10°C més elevada a Figueres que a Girona. També hem comparat Girona-Bell-lloc amb l'observatori de Grions, situat al municipi de Sant Feliu de Buixalleu, 40 km al sud de Girona. Aquest és un poble de 400 habitants, en principi seria un bon candidat per tal de fer una bona homogeneïtzació ja que es troba lliure de l'efecte de l'illa de calor urbana Però hem comparat Sant Feliu de Buixalleu i Girona-Bell-lloc i hem detectat una tendència negativa de les temperatures a Girona, que pensem que no pot ser real, sinó per efecte de les inversions tèrmiques, més intenses a Girona-Bell-lloc.

Hem de fer referència a una entrevista que li hem fet a un dels observadors de l'observatori de Girona-Bell-lloc, Jesús Domingo Martínez. Així segons Domingo l'estació meteorològica disposa des dels seus inicis, l'any 1970 d'una gàbia meteorològica en la qual hi han els termòmetres de màxima i mínima oficials. Els anys 1971 i 1972 l'estació del Bell-lloc té llacunes, per això comparem la seva sèrie amb l'aeroport a partir de 1973. Les mesures en aquest observatori de Girona-Bell-lloc, amb distintiu 370A, que segons l'INM (actual AEMET) es fan sempre amb un instrumental homologat i que no ha sofert variacions. No obstant, a partir de 1998

l'estació s'automatitza, i els sensors de temperatura també, per tant les temperatures ja no són preses d'una manera manual com anteriorment. En principi no hem de pensar que les variacions de temperatura que ha experimentat l'observatori de Girona-Bell-lloc són produïdes per l'instrumental, ni per un mètode diferent dels observadors de prendre les mesures, ja que tot i el canvi d'estació manual a automàtica a partir de 1998, el sensor també es localitza dins de la mateixa gàbia. L'observador del Bell-lloc ens ha explicat però que es pot esperar un increment tèrmic en les mínimes de l'observatori, com a conseqüència de la urbanització que ha tingut l'entorn de l'estació a partir de l'any 1995.

L'observatori de Girona (Vicens Vives) té una estació automàtica Davis, que es troba instal·lada en la teulada de l'institut. Disposem de dos períodes de comparació entre Girona (Vicens Vives) i l'aeroport. El primer és el període 1971-77, en el qual l'estació és manual, i el segon, 2004-7, quan l'observatori és automàtic.

Els dos observatoris tenen una bona correlació mensual pel que fa a les temperatures mínimes amb l'aeroport (veure taula 5.31), els valors de correlació superen els 0,70 en tots els casos, i en alguns casos hi ha valors propers a 1,00 en alguns mesos a Girona (Vicens Vives) i Girona-Bell-lloc. Per tant la comparació entre els tres observatoris es pot considerar vàlida estadísticament. Les temperatures màximes de Girona (Vicens Vives) del període 2004-7 no les considerem com a vàlides ja que són força inferiors a observatoris urbans propers (probablement per una exagerada protecció del sensor), per això no hem calculat la correlació entre les màximes de l'aeroport i de Vicens Vives. La correlació també és favorable en les temperatures màximes entre l'observatori de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona. Les temperatures mínimes, màximes i mitjanes dels 3 observatoris són a l'annex.

Taula 5.30 Coeficient de correlació entre les temperatures mínimes mensuals dels dos observatoris de Girona i l'aeroport de Girona en diferents períodes temporals

Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Girona (V.Vives) (1971-7)	0,83	0,90	0,99	0,99	0,90	0,87	0,81	0,99	0,99	0,95	0,97	0,85	0,94
Girona (V.Vives) (2004-7)	0,99	0,97	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	0,95	0,97	1,00	-0,75	-0,96	-0,96
Girona (Bell-lloc) (1973-2004)	0,96	0,90	0,85	0,80	0,84	0,78	0,84	0,77	0,81	0,94	0,94	0,95	0,77

Taula 5.31 Coeficient de correlació entre les temperatures màximes de Girona-(Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-2004.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
0,91	0,64	0,97	0,94	0,97	0,95	0,85	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90

En primer lloc, prèviament a l'anàlisi de la tendència de les temperatures mínimes de la sèrie de Girona-Bell-lloc s'ha d'estudiar l'homogeneïtat de les temperatures. Així aquesta anàlisi de l'homogeneïtat es fa per detectar irregularitats en la sèrie que no siguin degudes a causes naturals, sinó produïdes per canvis de localització de l'observatori, modificacions de l'entorn, canvis de l'instrumental, etc. L'homogeneïtat de la sèrie de Girona-Bell-lloc l'hem realitzat a partir de 4 mètodes, test de Thom o de ratxes, test de Von Neumann, test de Mann Kendall i test d'Alexandersson. L'estudi dels tests mostra que hi ha una tendència natural d'escalfament en les temperatures màximes ja que s'observa com els valors tèrmics de l'aeroport de Girona no

constitueixen una sèrie homogènia. En canvi la sèrie de les diferències tèrmiques en les màximes entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport és homogènia segons 2 tests (Mann Kendall i Thom), i presenta tendència en altres 2 tests (Von Neumann i Alexandersson), per tant hem de pensar que la influència urbana en les temperatures màximes no és significativa.

Pel que fa a les temperatures mínimes també hi ha una tendència natural a l'escalfament, ja que els tests mostren que la sèrie de l'observatori de l'aeroport de Girona no és homogènia. Quan apliquem els tests a la diferència les mínimes entre Girona-Bell-lloc i l'aeroport també s'observa tendència en gairebé tots els tests, només el de Mann Kendall no presenta tendència. Per tant, es pot afirmar que hi ha un biaix urbà com conseqüència de l'expansió urbana de Girona, i la modificació conseqüent del clima de Girona-Bell-lloc.

Les temperatures mitjanes també són un indicador de l'escalfament natural que ha experimentat tant l'aeroport com la ciutat de Girona, així hi ha una pujada de temperatures a l'aeroport de Girona, la qual cosa té reflexa en una sèrie no homogènia, igualment com a l'observatori de Girona-Bell-lloc. D'altra banda, la diferència urbano-rural en les temperatures mitjanes no presenta tendència, per tant la influència antropogènica és poc significativa pel que fa a les temperatures mitjanes.

Taula 5.32 Homogeneïtat en les temperatura mitjana anual de les màximes de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona segons diferents tests. Període 1973-2004.

Test	Girona-aeroport (1)	Girona-Bell-lloc (2)	Diferència (2-1)
Mann Kendall	Tendència	Tendència	Homogènia
Von Neumann	Tendència	Tendència	Tendència
Thom	Tendència	Tendència	Homogènia
Alexandersson	Tendència	Tendència	Tendència

Taula 5.33 Homogeneïtat en les temperatura mitjana anual de les mínimes de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona segons diferents tests. Període 1973-2004.

Test	Girona-aeroport (1)	Girona-Bell-lloc (2)	Diferència (2-1)
Mann Kendall	Tendència	Tendència	Homogènia
Von Neumann	Tendència	Tendència	Tendència
Thom	Tendència	Tendència	Tendència
Alexandersson	Tendència	Tendència	Tendència

Taula 5.34 Homogeneïtat en les temperatura mitjana anual de les mitjanes de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona segons diferents tests. Període 1973-2004.

Test	Girona-aeroport (1)	Girona-Bell-lloc (2)	Diferència (2-1)
Mann Kendall	Tendència	Tendència	Tendència
Von Neumann	Tendència	Tendència	Tendència
Thom	Tendència	Tendència	Homogènia
Alexandersson	Tendència	Tendència	Tendència

El test d'Alexandersson que s'ha realitzat comparant les temperatures mínimes de Girona (Bell-lloc) i l'aeroport mostra que la sèrie de Girona (Bell-lloc) no és homogènia a partir de l'any 1990, l'any en què assoleix el seu valor màxim és 1989 quan el valor $T(t)$ assoleix el seu valor màxim, 10,24, que supera el valor crític i per això la sèrie no és homogènia, 7,97 (ALMARZA, 1996). S'ha corregit la sèrie posterior (1990-2008) amb la diferència entre Girona i l'aeroport dels 2 períodes (-0,6°C en el període 1973-89, 0,0°C en el període 1990-2004), s'ha restat -0,6°C al 2n període. La tendència d'escalfament de Girona-Bell-lloc en la sèrie reconstruïda és més dèbil, 0,0236°C/any,

respecte a la tendència de la sèrie original, $0,05^{\circ}\text{C}/\text{any}$. Aquest escalfament de la sèrie reconstruïda donaria lloc a una sèrie nova en la qual la tendència només és produïda per causes naturals, l'escalfament global del planeta.

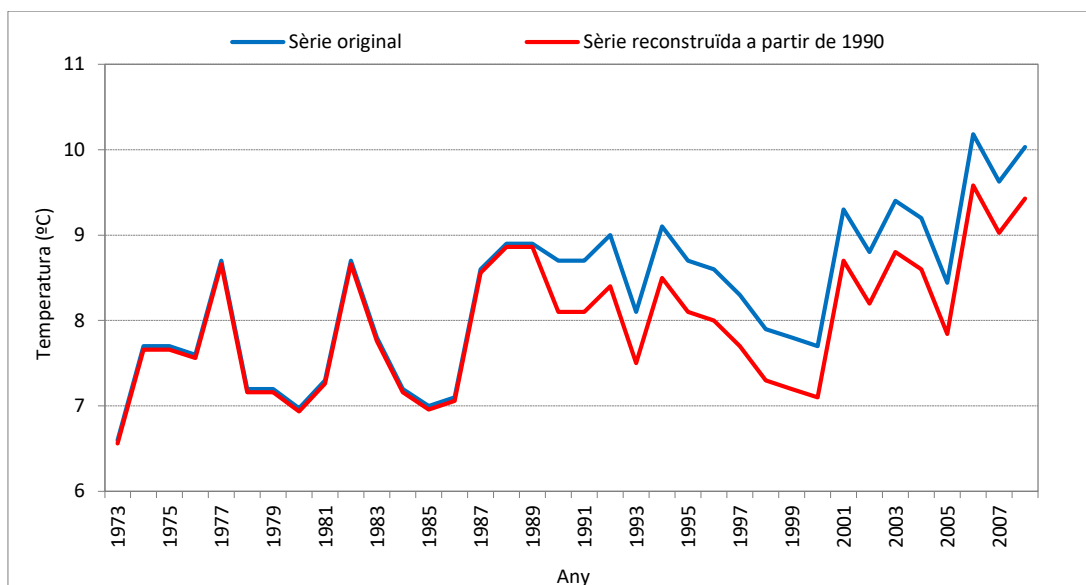


Figura 5.64 Temperatura mitjana de les mínimes de Girona-Bell-lloc. Període 1973-2008. Sèrie original i sèrie reconstruïda a partir de 1990 després d'aplicar el test d'Alexandersson.

El test d'Alexandersson que s'ha realitzat comparant les temperatures màximes de Girona (Bell-lloc) i l'aeroport mostra que la sèrie de Girona (Bell-lloc) no és homogènia a partir de l'any 1993, el punt crític és 1992 quan $T(t)$ assoleix el seu valor màxim, $8,36$, que supera el valor pel qual no és homogènia la sèrie $7,97$ (ALMARZA, 1996). S'ha corregit la sèrie posterior (1993-2004) amb la diferència entre Girona i l'aeroport dels 2 períodes ($1,6^{\circ}\text{C}$ en el període 1973-92, $1,1^{\circ}\text{C}$ en el període 1990-2008), s'ha sumat $0,5^{\circ}\text{C}$ al 1r període, ja que es considera que la urbanització provoca un refredament de les temperatures màximes a l'observatori de Girona-Bell-lloc. La tendència d'escalfament de Girona-Bell-lloc en la sèrie reconstruïda és més important, $0,0794^{\circ}\text{C}/\text{any}$, respecte a la sèrie original, $0,0592^{\circ}\text{C}/\text{any}$. La sèrie reconstruïda es pot considerar com la tendència que només és produïda per causes naturals, l'escalfament climàtic global.

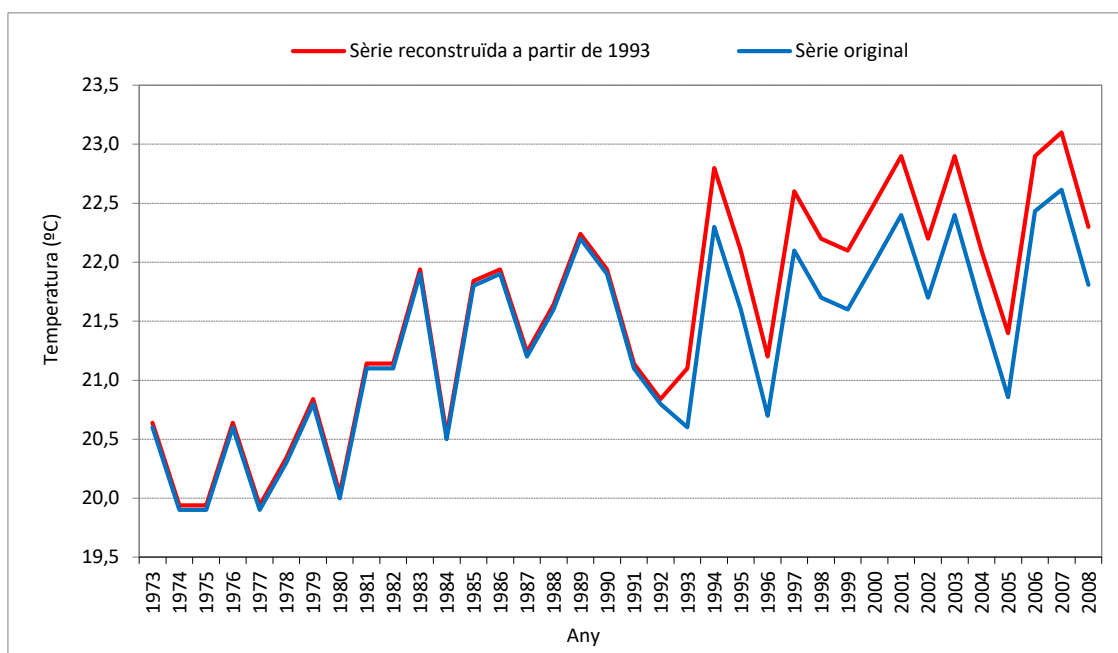


Figura 5.65 Temperatura mitjana de les màximes de Girona-Bell-lloc. Període 1973-2008. Sèrie original i sèrie reconstruïda a partir de 1998 després d'aplicar el test d'Alexandersson.

Hem de tenir en compte que segons el test d'Alexandersson hi ha dos períodes en els quals l'homogeneïtat de la sèrie tèrmica és diferent, 1973-89 i 1990-2008. Així el primer període es pot considerar a Girona-Bell-lloc com una sèrie natural, i el segon com una sèrie antròpica, on aquest observatori té un efecte d'illa de calor marcat. Per tal d'estimar l'efecte de la urbanització en l'observatori de Girona-Bell-lloc durant el període 1990-2008, hem calculat la diferència en les tendències dels dos observatoris, Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona.

Les diferències en les temperatures mitjanes són poc importants en el cas de l'hivern i a la tardor, en el cas de la tardor s'observa un refredament urbà ja que les diferències tendeixen a davallar, tot i això el valor no és significatiu ($0,0033^{\circ}\text{C}/\text{any}$). En el cas de la primavera i l'estiu l'increment és estadísticament significatiu. Aquest valor d'escalfament d'aquestes dues estacions segurament és produït per l'increment de les hores d'insolació en aquesta època de l'any, la qual cosa afavoreix l'efecte de l'illa de calor urbana perquè quan el temps és estable l'illa de calor urbana gironina tendeix a incrementar-se.

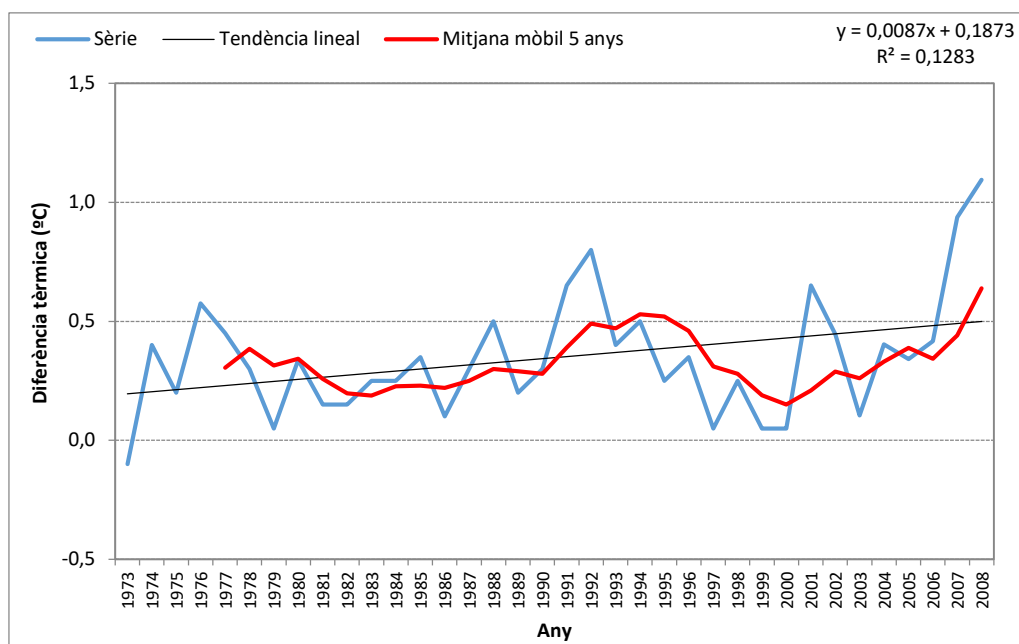


Figura 5.66 Tendència de les temperatures mitjanes a Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona . Període 1973-2004.

Taula 5.35 Significació estadística de les temperatures mitjanes mensuals de Girona (Bellloc) i l'aeroport de Girona

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Girona -Bell-lloc(1)	0,0299	0,0807	0,0786	0,0433	0,0581
Aeroport (2)	0,0272	0,0654	0,0677	0,0466	0,0517
Diferència (1-2)	0,0027	0,0153	0,0109	-0,0033	0,0064

Valor estadísticament no significatiu. Text normal. Valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. En negreta. $p < 0,05$. Valor significatiu al nivell de confiança del 99 %. En negreta i en cursiva $p < 0,01$

Taula 5.36 Diferència en la tendència de les temperatures màximes de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona. Període 1973-89 i 1990-2008.

		ANY
1973-1989	Tendència	0,0504
	R ²	0,4438
	P	0,0027
1990-2008	T	-0,0389
	R ²	0,3079
	P	0,0045

Les diferències en les màximes anuals urbano-rurals s'han reduït en el període 1973-2008 de manera estadísticament significativa. Tot i això els dos observatoris han tingut un escalfament molt important en les temperatures màximes, més important en el cas de l'aeroport (0,0778°C/any), i que s'ha d'atribuir a l'efecte hivernacle associat al canvi climàtic antropogènic. Les estacions on s'ha produït una disminució més important de les diferències urbano-rurals són la tardor (0,0247°C/any) i l'hivern, amb valors estadísticament significatius al nivell de confiança del 99 % en aquestes dues estacions. A l'estiu i especialment a la primavera la tendència no és significativa, els valors són d'una tendència molt dèbil, 0,0067°C/any durant la primavera. Aquest diferent comportament pot ser causat en part per l'efecte d'illa de frescor diürna durant l'hivern, quan en els transectes urbans s'ha comprovat com la ciutat es manté més freda que les rodalies.

Taula 5.37 Tendència en la diferència de les màximes entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona (°C/any)

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
1973-1989	0,0374	0,0403	0,0735	0,0359	0,0504
1990-2008	-0,0607	-0,0341	-0,0429	-0,0541	-0,0493
Diferència	-0,0981	-0,0744	-0,1164	-0,0900	-0,0997

Font: Elaboració pròpia a partir de les temperatures mitjanes de les màximes mensuals de Girona (Bellloc) i l'aeroport de Girona. Valor estadísticament no significatiu. Text normal. Valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. En negreta. $p < 0,05$. Valor significatiu al nivell de confiança del 99 %. En negreta i en cursiva $p < 0,01$

En la taula 5.39 s'observa com hi ha un canvi sobtat en la tendència de les diferències mitjanes quinquennals de les mínimes entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona entre el període 1983-87 i 1988-92. En el segon període esmentat comença a urbanitzar-se el polígon Mas Xirgu, situat al sud de Girona-Bell-lloc, la qual cosa implica un escalfament urbà d'aquest observatori, en canvi en el primer període les diferències es fan negatives, l'observatori de Girona-Bell-lloc es refreda respecte l'aeroport.

Taula 5.38 Diferència mitjana quinquennal en la temperatura mitjana de les mínimes anual entre Girona(Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-2007.

Període	Diferència (°C)
1973-77	-0,10
1978-82	-0,71
1983-87	-0,83
1988-92	-0,16
1993-97	-0,04
1998-2002	-0,14
2003-07	0,77

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de temperatura mitjana de les mínimes de Girona (Bellloc) i l'aeroport de Girona

Taula 5.39 Tendència de les temperatures màximes a Girona-Bell-lloc i l'aeroport. Període 1973-2008.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Girona-Bell-lloc (1)	0,0291	0,1039	0,1059	0,0161	0,0638
Aeroport (2)	0,0439	0,1106	0,1160	0,0408	0,0778
Diferència (1-2)	-0,0148	-0,0067	-0,0101	-0,0247	-0,0140

Valor estadísticament no significatiu. Text normal. Valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. Text en negreta. $p < 0,05$. Valor significatiu al nivell de confiança del 99 %. En negreta i en cursiva $p < 0,01$

La tendència en les temperatures mínimes és lleugerament diferent entre l'aeroport de Girona i Girona-Bell-lloc. Així els dos observatoris tenen una tendència positiva en totes les estacions astronòmiques, i el valor de la tendència és més gran en el cas de Girona-Bell-lloc (0,0218°C/any) en el mitjana anual. Per tant hi ha un escalfament de l'observatori de Girona-Bell-lloc produït per la urbanització de l'entorn de l'observatori. L'increment tèrmic és més elevat en el cas de l'estiu i menor a l'hivern en ambdós observatoris.

Taula 5.40 Tendència de les temperatures mínimes a Girona-Bell-lloc i l'aeroport . Període 1973-2008.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Girona-Bell-lloc (1)	0,0302	0,0546	0,0765	0,0379	0,0498

Aeroport (2)	0,0161	0,0356	0,045	0,0153	0,0280
Dif. (1-2)	0,0141	0,0190	0,0315	0,0226	0,0218

Valor estadísticament no significatiu. Text normal. Valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. Text en negreta. $p < 0,05$. Valor significatiu al nivell de confiança del 99 %. Text en negreta i en cursiva $p < 0,01$

La diferència en la tendència de les màximes és important entre els 2 períodes, mentre que en el primer (1973-89) hi ha una tendència a l'escalfament de Girona-Bell-lloc respecte l'aeroport de Girona, en el segon (1990-2008) la tendència és de refredament, en els dos períodes la tendència és significativa al nivell de confiança del 95 %. Aquesta diferència és significativa al nivell de confiança del 99 % entre els valors anuals de 1973-89 i 1990-2004. Això fa pensar que la urbanització no només té efectes en les temperatures mínimes sinó també en les màximes fent que baixin les diferències entre les màximes del Bell-lloc respecte l'aeroport de Girona en el període 1990-2004. Aquest descens és significatiu al nivell del 99 % a l'hivern i a la tardor. En aquestes dues estacions pot haver-hi una modificació més important del comportament tèrmic diürn de Girona-Bell-lloc per l'efecte de l'illa frescor diürna que afecta la ciutat de Girona durant l'hivern i la tardor. A l'estiu i a la primavera la tendència de descens és important, però no és significativa. El descens de les màximes anuals també és significativa al nivell de confiança del 99 %.

Hem de precisar però que en el segon període l'increment és lleuger, i només es produeix a la primavera i a l'estiu, mentre que a la tardor i a l'hivern hi ha una lleugera tendència és negativa. En contraposició, el descens tèrmic de les mínimes urbanes en el període 1973-89 és molt important,

Les diferències entre les tendències de les mínimes dels dos observatoris són més elevades en el cas de l'estiu ($0,1142^{\circ}\text{C}/\text{any}$), primavera ($0,0969^{\circ}\text{C}/\text{any}$) i menors a la tardor ($-0,055^{\circ}\text{C}/\text{any}$) i a l'hivern ($0,0188^{\circ}\text{C}/\text{any}$). Aquest comportament diferencial entre l'hivern i l'estiu pot ser produït per diverses causes. En primer lloc pot ser degut a un major increment de la calor antropogènica (Q_F) durant l'estiu respecte l'hivern. Així en el període 1990-2004 hi hagut una generalització de l'ús d'aparells d'aire condicionat, per tant aquest fet social ajuda a incrementar la calor despresa per l'activitat humana (Q_F), cosa que pot modificar el balanç energètic de la capa límit urbana. En segon lloc tenim una hipòtesi lligada a un canvi de la freqüència de situacions meteorològiques entre el primer i el segon període, amb un increment dels tipus de temps estables, per tant favorables a la formació de l'illa de calor, durant la primavera i l'estiu en el segon període. Això es pot analitzar tenint en compte l'evolució de les hores de sol durant la primavera i l'estiu o la nuvolositat. Com s'observa a la taula 70 el nombre d'hores de sol ha augmentat de manera clara en les dues estacions, primavera i estiu, i en canvi l'increment és molt poc significatiu a l'hivern i a la tardor.

Taula 5.41. Insolació mitjana a l'aeroport de Girona. Període 1973-2004.

Període	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
1973-1989 (1)	417,9	529,2	723,3	496,7
1990-2004 (2)	437,8	629,9	834,1	507,1
Variació (2)-(1)	19,9	100,7	110,8	10,4

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades mensuals d'insolació (hores de sol) de l'aeroport de Girona. Període 1973-2004.

(*) Aclaració: Com a insolació es considera el nombre d'hores de sol.

Taula 5.42 Tendència en la diferència de les temperatures mínimes anuals entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona (°C/any). Períodes 1973-1989 i 1990-2008.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
1973-89	-0,0268	-0,0551	-0,0730	0,0042	-0,0455
1990-2008	0,0032	0,0620	0,0520	0,0090	0,0074
Diferència	0,0300	<i>0,0969</i>	<i>0,1142</i>	-0,0055	0,0571

Valor estadísticament no significatiu. Text normal. Valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. Text en negreta. $p < 0,05$. Valor significatiu al nivell de confiança del 99 %. En negreta i en cursiva $p < 0,01$.

Taula 5.43 Tendència en la diferència de les temperatures mitjanes anuals entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona (°C/any). Períodes 1973-1989 i 1990-2008.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
1973-89	0,0218	0,0075	0,0121	0,0042	0,0114
1990-2008	0,0860	0,0230	0,1840	0,0920	0,0130
Dif. (1-2)	-0,0553	-0,0229	-0,0195	-0,0172	-0,0287

La diferència urbano-rural en les temperatures mitjanes té una evolució sorprenent tenint en compte que en el primer període (1973-89) no es va urbanitzar l'entorn de Girona (Bell-lloc) i en el segon (1990-2008) es va construir el polígon Mas Xirgu, que en teoria hauria de produir un escalfament d'origen antròpic en la sèrie de Girona-Bell-lloc. Mentre que en el primer període es produeix un lleuger escalfament urbà, 0,0114°C/any, que és més important a l'hivern, en el segon període es produeix un refredament relatiu de la ciutat (-0,0173°C/any), i curiosament l'hivern també és l'estació que té una tendència més important, però de signe oposat al primer període, és negatiu i significatiu al nivell de confiança del 95 %.

És evident que la causa d'aquesta anomalia s'explica pel comportament de les diferències en les temperatures màximes que tenen un signe clarament negatiu en el segon període que no compensa l'increment de les diferències en les temperatures mínimes. L'estació astronòmica que mostra una tendència més clara de descens entre els dos períodes és l'hivern (-0,0553°C/any), tendència significativa amb $p = 0,05$. Hi ha una diferència important entre les tendències de l'hivern i les de la resta de l'any. Es pot afirmar que l'efecte d'illa de frescor diürna ha tingut un impacte més gran que l'efecte d'illa de calor nocturna en les temperatures mitjanes de Girona-Bell-lloc, però s'ha de seguir la tendència en els propers anys per tal de confirmar-ho.

Taula 5.44 Tendència en la diferència de l'amplitud mitjana de Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona (°C/any)

	1973-2008	1973-89	1990-2008
Aeroport de Girona	0,0530	-0,0035	0,1130
Girona-Bell-lloc	0,0060	0,0522	0,0070
Diferència	0,0470	-0,0557	0,1060

Valor estadísticament no significatiu. Text normal. Valor significatiu al nivell de confiança del 95 %. Text en negreta. $p < 0,05$. Valor significatiu al nivell de confiança del 99 %. Text en negreta i en cursiva $p < 0,01$.

La diferència de l'amplitud tèrmica té un comportament oposat en els 2 períodes analitzats. En el primer període en el qual la influència urbana és molt débil a Girona-Bell-lloc l'oscil·lació tèrmica té una tendència clara ascendent, 0,0522°C/any, mentre que l'aeroport té una tendència molt lleu descendent, -0,0035°C/any. En el segon

període hi ha un increment molt més important de l'amplitud a l'aeroport. 0,1130°C/any que a l'observatori de Girona-Bell-lloc, 0,0070°C/any, que s'explica per la urbanització de l'entorn de Girona-Bell-lloc, la qual cosa implica una suavització del clima, amb mínimes menys baixes i màximes menys elevades.

La modificació tèrmica produïda per la illa de calor urbana ha afectat els dos observatoris de Girona de forma diferent. Mentre que Girona (Vicens Vives) s'ha escalfat 1,97°C en el mitjana anual en el període 1971-2007, Girona (Bell-lloc) només ho ha fet 0,7°C en el període 1973-2004. Les causes per explicar aquest diferent comportament són vàries. En primer lloc hem de tenir en compte que l'observatori de Girona-Bell-lloc ha experimentat un refredament respecte l'aeroport en el període 1973-87, la qual cosa implica que en el període global 1973-2004 tot i haver-hi un escalfament sensible entre els anys 1988 i 2004, la tendència de Girona-Bell-lloc no pugui ser tan elevada com a Girona (Vicens Vives). En segon lloc la ciutat de Girona ha crescut molt en població, el conjunt de Girona i Salt ha passat de 70000 a 121000 habitants en aquest període. Això significa un increment molt apreciable de l'àrea urbanitzada, i per tant el balanç energètic de la capa límit urbana s'ha vist modificat per aquesta expansió de la ciutat. En tercer lloc cal remarcar que en aquest període 1971-2007 ha millorat el nivell de vida dels ciutadans, i això ha incrementat la generació de calor antropogènica humana. Així l'ús de les calefaccions i dels sistemes d'aire condicionat s'ha generalitzat, la qual cosa afavoreix l'escalfament de la ciutat, sobretot en les seves parts centrals. També hi hagut un increment important de l'ús de l'automòbil en els desplaçaments interurbans, alliberant grans quantitats de gasos que afavoreixen l'efecte de l'illa de calor urbana. Es pot donar un quart motiu, que pensem que no és decisiu. Així l'observatori de Girona (Vicens Vives) en el període 1971-7 era manual i ara és automàtic. Però la comparació entre l'observatori de Girona (Vicens Vives) i altres estacions manuals del centre de Girona, tals com Girona (Sèquia) no dóna gaire lloc a dubtes, ja que Girona (Vicens Vives) és lleugerament més fred que Girona (sèquia), fet lògic ja que es troba en un indret més proper al riu, i també on la urbanització és menys densa. No hem realitzat una comparació entre les temperatures màximes de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport de Girona, ja que les temperatures màximes de l'institut Vicens Vives no les considerem com a vàlides, ja que donen valors molt més baixos que altres estacions meteorològiques de la ciutat de Girona situades en el centre urbà, tant estacions automàtiques com manuals.

Taula 5.45 Diferència en la mitjana de les temperatures mínimes. Girona (Vicens Vives)-Aeroport de Girona. Períodes 1971-77 i 2004-17.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
1971-77 (1)	0,2	0,0	0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	0,3	0,3	0,0
2004-17 (2)	2,5	2,1	2,0	2,2	2,0	2,1	2,0	1,9	1,5	1,4	2,1	2,1	1,9
Diferència (2)-(1)	2,3	2,2	1,8	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	1,8	1,6	1,9	1,8	2,0
Tendència (°C/any)	0,075	0,072	0,060	0,077	0,076	0,077	0,069	0,070	0,058	0,053	0,062	0,061	0,066

Font: Elaboració pròpia a partir de les temperatures mitjanes mensuals de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport de Girona

Taula 5.46 Diferència en la tendència de les temperatures mínimes. Girona (Bell-lloc)-Aeroport de Girona. Període 1973-2004.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Δt_{u-r} (°C). 1973-2004.	0,08	0,61	0,45	1,11	0,76	1,13	1,35	0,88	1,14	-0,06	0,31	0,66	0,70
Tendència (°C/any)	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,00	0,01	0,02	0,02

Font: Elaboració pròpia a partir de les temperatures mitjanes mensuals de Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona

Taula 5.47 Diferència estacional en les temperatures mínimes Girona (Vicens Vives)-Aeroport de Girona. 1971-2007.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Δt_{u-r} (°C)	2,080	2,130	2,160	1,730
Tendència (°C/any)	0,069	0,071	0,072	0,058

Font: Elaboració pròpia a partir de les temperatures mitjanes mensuals de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport de Girona

Taula 5.48 Diferència estacional en les temperatures mínimes Girona (Bell-lloc)-Aeroport de Girona. 1973-2004.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Δt_{u-r} (°C)	0,614	0,732	1,226	0,397
Tendència (°C/any)	0,014	0,019	0,031	0,023

Font: Elaboració pròpia a partir de les temperatures mitjanes mensuals de Girona (Vicens Vives) i l'aeroport de Girona

Tant a Girona-Bell-lloc com a Girona-Vicens Vives la tendència d'escalfament és més important durant l'estiu (0,031°C/any en el cas de Girona-Bell-lloc i 0,072°C/any en el cas de Girona (Vicens Vives), la segona estació és la primavera, en tercer lloc tenim la tardor en el cas de Girona (Bell-lloc), mentre que en el cas del Vicens Vives és l'hivern, i en l'època de l'any en què s'ha produït un menor escalfament és l'hivern en el cas de Girona (Bell-lloc) i la tardor en el cas de Girona (Vicens Vives).

L'escalfament antropogènic en les temperatures mínimes anuals produït pel creixement urbà és estadísticament significatiu al nivell de confiança del 95 %, Pel que fa a les estacions aquest increment és significatiu a l'estiu i a la tardor, el valor màxim és a l'estiu, 0,0315°C/any. El valor mínim és a l'hivern, 0,141°C/any.

Per concloure aquest apartat es pot afirmar que no es compleix la hipòtesi número 5, les temperatures màximes de Girona-Bell-lloc tenen una tendència superior d'escalfament que les temperatures mínimes (0,0638°C/any versus 0,0498°C/any). L'explicació d'aquesta anomalia és que l'efecte del canvi climàtic global s'ha detectat més en les temperatures màximes que en les mínimes en aquest període com es pot veure en la tendència d'aquestes variables a l'aeroport, a més s'ha d'afegir que en el període 1973-89 com no s'urbanitza l'entorn de l'observatori de Girona-Bellloc no es detecta un escalfament urbà d'aquesta estació, sinó un refredament de les temperatures mínimes. L'amplitud tèrmica ha augmentat en aquest període, això desmenteix una part d'aquesta hipòtesi 5, ja que consideràvem que l'oscil·lació havia de disminuir. Cal remarcar però que les diferències urbano-rurals de l'amplitud disminueixen (veiem això a la taula 6.66 on es veu la comparació de l'oscil·lació de Girona-Bell-lloc amb l'aeroport). Es compleix, en contraposició a l'anterior, la hipòtesi número 4, la urbanització de l'entorn de Girona-Bell-lloc, juntament amb l'escalfament associat al canvi climàtic ha provocat un increment de les temperatures mínimes de la

ciutat de Girona, que és més important en el cas de Girona (Vicens Vives), observatori situat al centre urbà que a Girona-Bell-lloc situat a la perifèria. També és vàlida la hipòtesis número 3, hi ha un augment de les zones afectades per l'illa de calor, així en el període 1973-89 l'observatori de Girona-Bell-lloc no es trobava afectat per l'illa de calor, mentre que en el segon aquesta estació es troba dins de l'illa de calor com a conseqüència de la urbanització del seu entorn, el polígon industrial Mas Xirgu.

5.4.1 Mètode comparatiu de les sèries tèrmiques de l'aeroport de Girona i Girona-Sèquia amb altres estacions meteorològiques

L'observatori de Sarrià de Ter-XVPCA té un biaix tèrmic positiu al final de la seva sèrie meteorològica (1992-2003), cosa que ens fa pensar que l'observatori probablement tenia un mal funcionament, ja que l'estació meteorològica de Sarrià de Ter, situada al carrer Montagut, Davis Vantage Vue no té una tendència tan clara cap a l'increment tèrmic similar a l'anterior observatori malgrat que les dues estacions meteorològiques estan molt properes (500 metres) i l'altitud és similar. A més a més els transsectes tèrmics desmenteixen les variacions tèrmiques entre les dues estacions meteorològiques, per tant podem emetre una hipòtesi, l'escalfament observat a Sarrià de Ter entre 1992-2003 és fals, està provocat per un descalibrament dels instruments de mesura, en aquest cas dels termòmetres. De la mateixa manera l'observatori de Girona-Bonastruc (Girona-Devesa

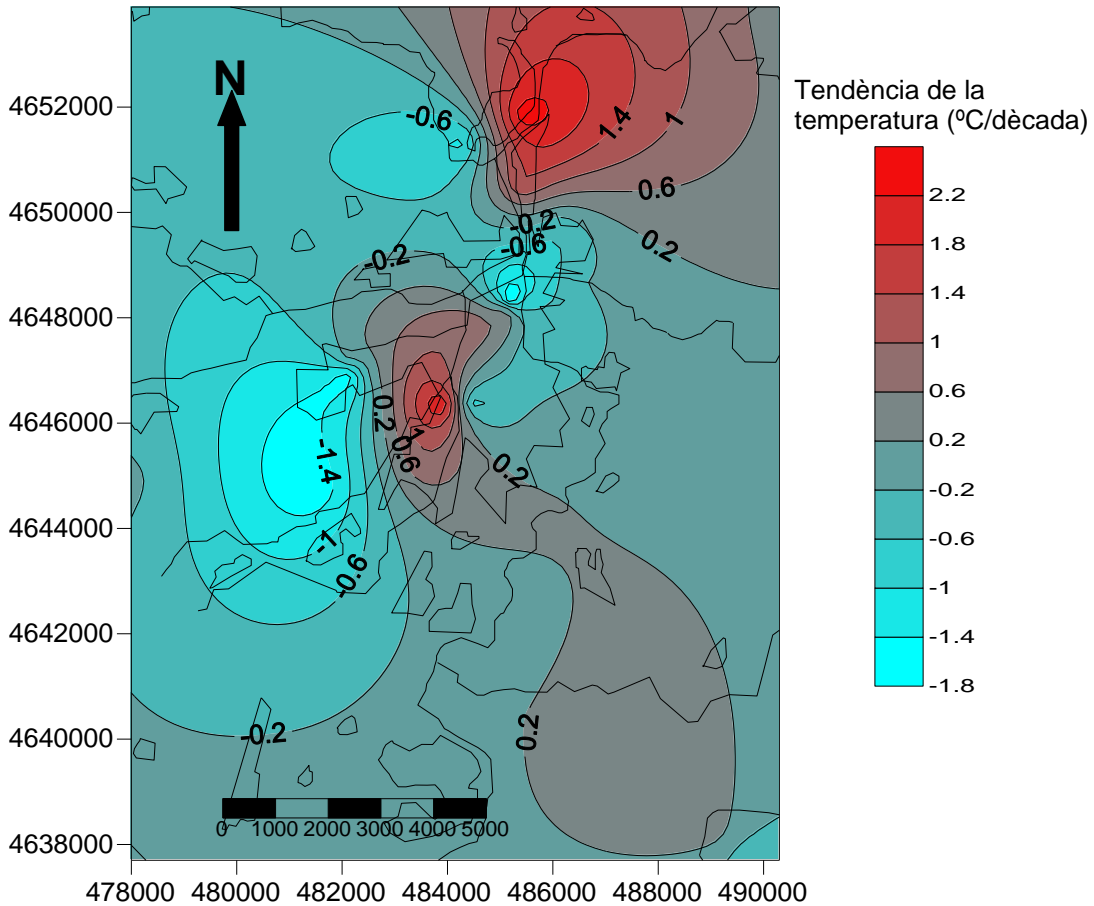


Figura 5.67 Taxa de variació tèrmica de la sèrie de cada observatori respecte l'aeroport en el període 1998-2011.

Els observatoris rurals es refreden a raó de 0,79°C/dècada, això ens fa pensar que la construcció d'edificis al voltant de l'aeroport com a conseqüència de l'increment de l'activitat aeroportuària fa que l'observatori de l'aeroport vagi perdent la seva condició d'observatori rural. També es refreden amb menys intensitat els observatoris rurals, -0,33°C/dècada. En canvi els observatoris suburbans s'escalfen a raó de 0,24°C/dècada. Per tant les estacions que es troben en un procés més clar de increment de la urbanització, els suburbans, són els que lògicament tenen un increment tèrmic més clar per l'efecte d'expansió de l'illa de calor urbans. En canvi els rurals no postren senyals de l'illa de calor urbana i els urbans difereixen molt el seu comportament en funció de la localització, al centre de Girona probablement l'increment d'emissió de calor antropogènica escalfa aquests observatoris, mentre que a Salt no tenim tanta emissió de Qf i no es dona un escalfament sinó refredament dels observatoris, fins i tot els urbans.

Taula 5.49º Nivell de significació estadística de les diferències en les temperatures mínimes i màximes. Període 1998-2011.

Diferència Cassà (centre)-Aeroport. Mínimes.	Tendència significativa .Nivell significació del 99 %.
Diferència Girona-Bell-lloc-Aeroport. Mínimes.	Tendència significativa .Nivell significació del 99 %.
Diferència Girona-Sant Daniel-Aeroport. Mínimes.	Tendència significativa .Nivell significació del 95 %.
Diferència Salt-Cugat-Aeroport de Girona Mínimes	Tendència significativa .Nivell significació del 99 %
Diferència Sarrià de Ter-Aeroport de Girona Mínimes	Tendència significativa .Nivell significació del 99 %
Diferència Vilablareix-Aeroport de Girona Màximes	Tendència significativa .Nivell significació del 99 %
Diferència Vilablareix-Aeroport de Girona Mínimes	Tendència significativa .Nivell significació del 99 %

La comparació dels observatoris urbans, rurals i suburbans amb l'aeroport en el període 1998-2013 ens permet detectar tendències força variables, hi ha observatoris amb un escalfament o refredament força clar, mentre altres estacions presenten tendències poc clares. S'ha de remarcar que només hem comparat amb l'aeroport els observatoris amb sèries de 10 anys o més de dades de temperatura.

La majoria d'estacions meteorològiques presenten un refredament envers l'aeroport pel que fa a les temperatures mínimes. Els observatoris que presenten tendències negatives en les mínimes en comparació amb l'aeroport (per tant tenen un refredament relatiu) són els de Bescanó, Celrà, Fornells de la Selva-centre, Fornells de la Selva-centre, Girona-la Vall de Sant Daniel, Girona-Universitat, Girona-Vicens Vives, Salt-centre i Vilablareix. D'altra banda els observatoris de Cassà de la Selva-centre, Girona (Bell-lloc), Salt-AEMET i Sarrià-XVPCA presenten un escalfament relatiu en les mínimes en comparació amb l'aeroport. Es pot deduir dels 2 comportaments tèrmics, escalfament i refredament, que algunes estacions suburbanes presenten una tendència d'escalfament en comparació amb l'aeroport probablement associat a la urbanització de l'entorn, mentre que la majoria de les estacions rurals i urbanes tenen un refredament relatiu. Altres estacions suburbanes també presenten un refredament relatiu respecte l'aeroport, especialment les situades en els centres dels pobles de l'àrea urbana (Bescanó, Celrà i Fornells), l'única excepció és la de Sarrià de Ter.

Si tenim en compte les temperatures màximes hi ha una majoria d'estacions que presenten un refredament relatiu en comparació amb l'aeroport. Així Cassà de la Selva-centre, Celrà, Fornells de la Selva-SMC, Girona-Bell-lloc, Girona-centre (que inclou les estacions de Girona-Francesc Rogés i Girona-Sèquia), Girona-la Vall de Sant Daniel, Girona-Universitat, Salt-AEMET, Salt-centre i Vilablareix. Bescanó, Fornells de la Selva-centre, Girona-Vicens Vives i Sarrià de Ter-XVPCA presenten un escalfament en les màximes respecte l'aeroport, però els pendents de la sèrie de les diferències són molt menys pronunciats que en les sèries on tenim un refredament relatiu dels observatoris envers l'aeroport.

Taula 5.50 R2 de les diferències de les temperatures dels observatoris en comparació amb l'aeroport.

	Màximes	Mínimes
Bescanó	0,0414	0,2231
Cassà-centre	0,6914	0,0709
Celrà	0,0153	0,1654
Fornells-centre	0,0008	0,1829
Fornells-SMC	0,2023	0,0391
Girona-Bell-lloc	0,0124	0,8262
Girona-centre	0,166	0,1788
Girona-Sant Daniel	0,1699	0,3723
Girona-Universitat	0,2403	0,0875
Girona-Vicens Vives	0,1106	0,4359
Salt-AEMET	0,0047	0,0115
Salt-centre	0,1343	0,43
Sarrià de Ter-XVPCA	0,0002	0,7365
Vilablareix	0,5868	0,7084

En negreta tendència estadísticament significativa ($p=0,95$)

En negreta i cursiva tendència estadísticament significativa ($p=0,99$)

Taula 5.51 Tendències de les temperatures dels observatoris en comparació amb l'aeroport

	Màximes	Mínimes
Bescanó	0,02	-0,0727
Cassà-centre	-0,035	0,1531
Celrà	-0,0099	-0,0338
Fornells-centre	0,0007	-0,0317
Fornells-SMC	-0,0578	-0,0116
Girona-Bell-lloc	-0,0156	0,2138
Girona-centre	-0,0292	-0,018
Girona-Sant Daniel	-0,0509	-0,0864
Girona-Universitat	-0,0508	-0,0195
Girona-Vicens Vives	0,0604	-0,1101
Salt-Aemet	-0,0077	0,0066
Salt-centre	-0,0396	-0,0523
Sarrià-XVPCA	0,0018	0,1915
Vilablareix	-0,1445	-0,1681

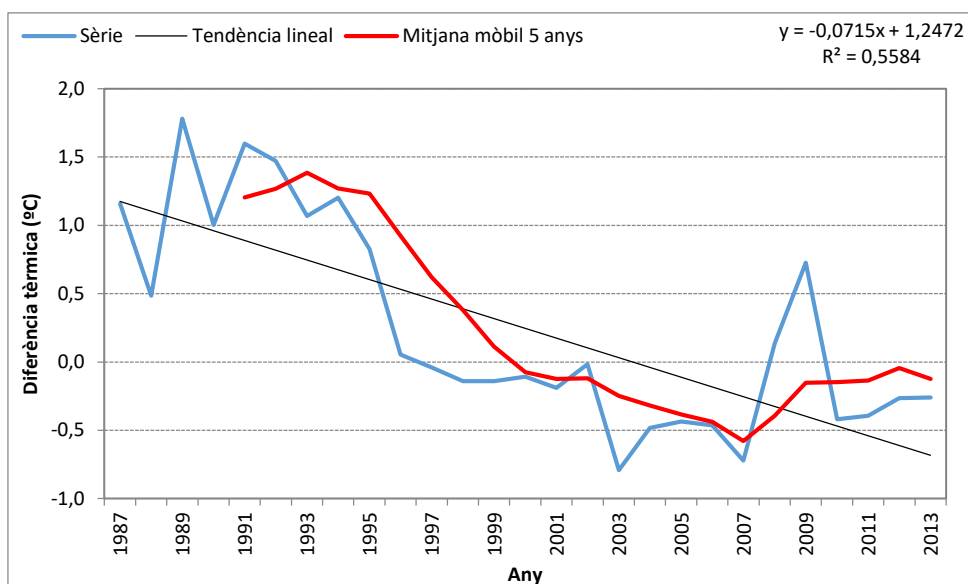


Figura 5.68 Diferència entre la temperatura mitjana de les màximes de Fornells de la Selva i l'aeroport de Girona.

Les diferències en les màximes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport tendeixen a disminuir, i fins i tot fer-se negatives, mentre que a l'inici del període 1987-2013 Fornells tenia unes màximes clarament més altes que l'aeroport, al final de l'interval temporal l'estació del poble és més freda. Una possible causa seria el canvi de l'entorn de l'observatori de l'aeroport, que es trobi envoltada d'asfalt, i la reverberació del terra calent afecti les mesures tèrmiques, especialment les màximes de l'aeroport. En tot cas es pot observar com el creixement urbà de Fornells no produeix un increment de l'illa de calor urbana diürna, sinó a la inversa, que es produeixi el fenomen de l'illa de frescor diürna, aquesta seria una hipòtesi alternativa per explicar el descens de les diferències urbano-rurals.

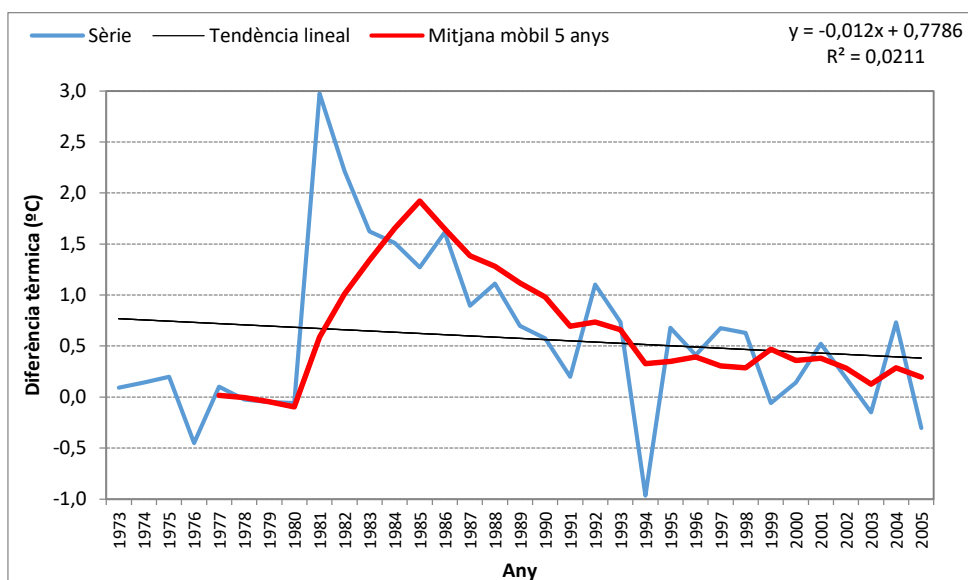


Figura 5.69 Diferència en la temperatura mitjana de les màximes. Cassà de la Selva-aeroport de Girona.

La comparació de les temperatures màximes de l'observatori del centre de Cassà de la Selva i l'aeroport de Girona ens permet detectar una certa disminució de les diferències urbano-rurals ($0,12^{\circ}\text{C}/\text{dècada}$), malgrat el creixement urbà de la ciutat de Cassà de la Selva, 6200 habitants l'any 1973 i 8300 l'any 2004, actualment en té

10400. Aquesta tendència pot ser explicada per dues causes, increment de l'illa de frescor urbana de l'observatori de Cassà de la Selva, ja que la major presència d'ombres projectades pels habitatges i edificis canviï el balanç energètic de l'atmosfera de Fornells i un canvi en l'entorn de l'observatori de l'aeroport, amb una major proporció de les superfícies asfaltades, cosa que repercuteix en un increment de les màximes per efecte antropogènic. S'ha de remarcar però que si observem la mitjana mòbil en la primera dècada s'observava una tendència contrària, un escalfament urbà, però a partir de l'any 1981 hi ha una clara davallada de la diferència tèrmica urbano-rural.

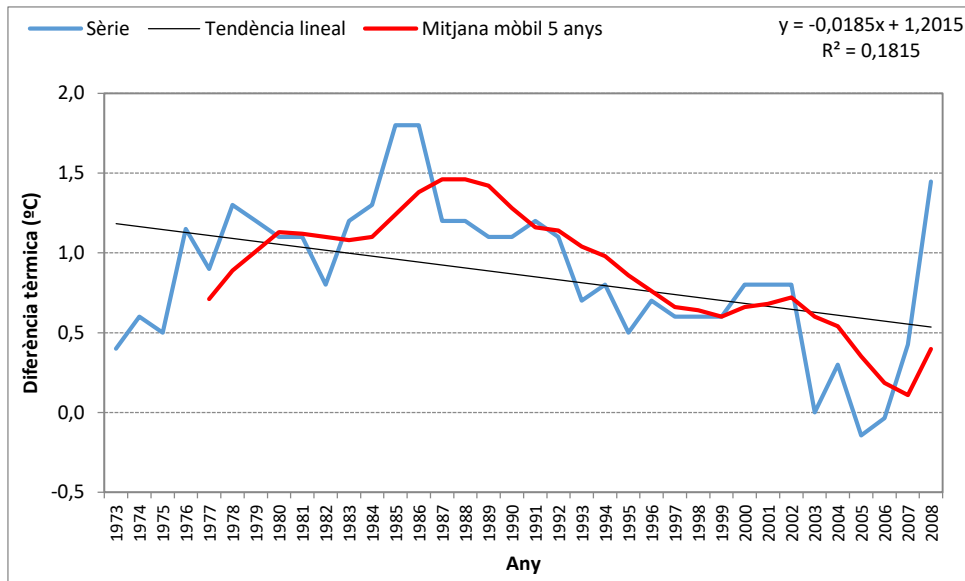


Figura 5.70 Diferència en les temperatures màximes entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-2008.

Hi ha una tendència significativa al refredament de l'observatori suburbà de la ciutat de Girona, Girona-Bell-lloc envers l'aeroport. Això es pot explicar bàsicament per una modificació de l'entorn de l'estació de l'aeroport, ja que malgrat hagi canviat l'entorn de Girona-Bell-lloc, el factor de visió del cel encara és prou elevat com per no atribuir a la modificació de l'entorn de Girona-Bell-lloc un refredament urbà, per causa de l'illa de frescor urbana.

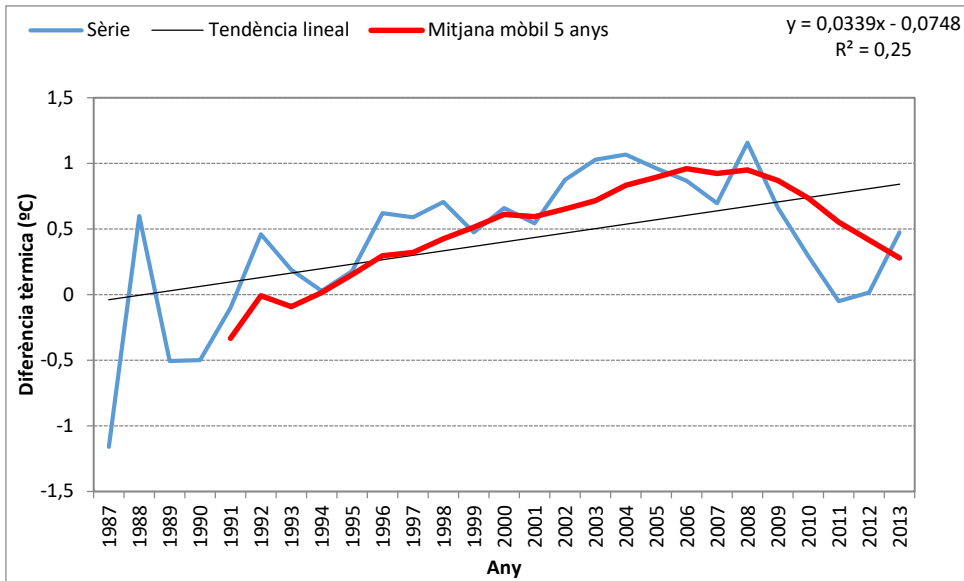


Figura 5.71 Diferència en les temperatures mínimes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport de Girona. Període 1973-2008.

La tendència en la diferència en les temperatures mínimes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport de Girona és cap a l'increment, 0,33°C/dècada i és estadísticament significativa, $p=0,05$. Això és conseqüència del creixement urbà de Fornells de la Selva i també de l'increment de la calor antropogènica generada pel poble, en part degut al creixement demogràfic i també causat per la millora de la qualitat de vida amb més despesa de calefacció a l'hivern i de refrigeració a l'estiu.

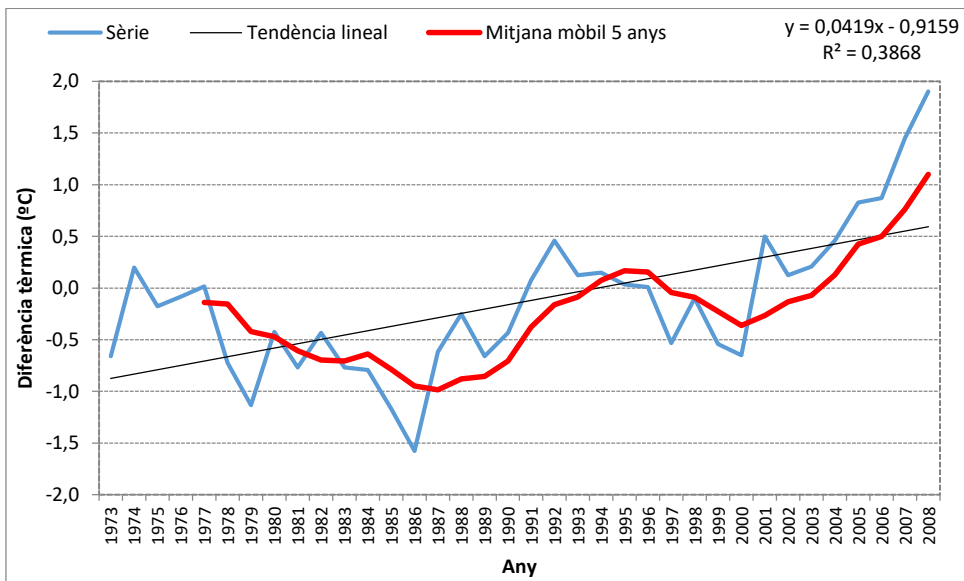


Figura 5.72 Diferència en les temperatures mínimes entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-2008.

El canvi de l'entorn de l'observatori Bell-lloc ha provocat un escalfament relatiu de l'observatori de Girona-Bell-lloc respecte l'aeroport. Així a l'inici del període (dècades dels 70 i 80) aquesta estació era rural, ja que es trobava a la perifèria sud de Girona. La urbanització del Polígon Mas Xirgu l'any 1995 provoca que l'observatori de Girona-Bell-lloc estigui en un entorn suburbà, amb un increment de la calor antropogènica generada pels automòbils que circulen en les carreteres que envolten el col·legi. Per

tant s'observa un increment de les diferències urbano-rurals causades per un entorn més urbà de l'estació de Girona-Bell-lloc a finals de la sèrie respecte l'inici.

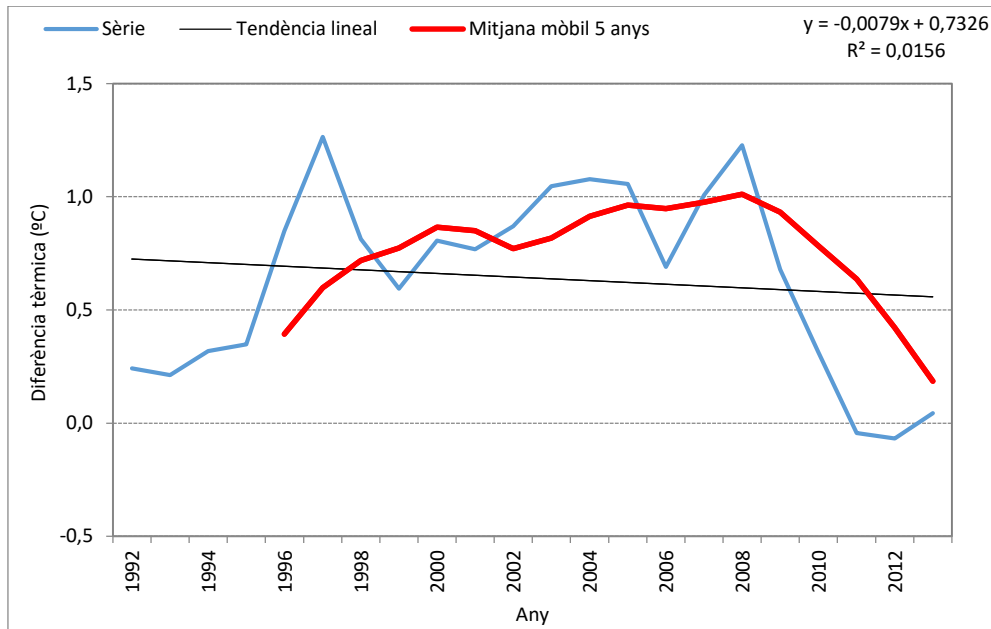


Figura 5.73 Diferència en les temperatures mínimes entre les estacions suburbanes i l'aeroport de Girona. Període 1992-2013.

S'ha calculat la sèrie de diferències urbano-rurals de 1992-2013 ja que alguns observatoris suburbans (Sarrià de Ter-XVPCA i Cassà de la Selva-SMC) comencen abans la sèrie i no acaben el 2013 sinó un xic abans, amb l'objectiu de disposar d'almenys 10 anys de dades per cada observatori. La tendència és pot clara en el conjunt del període, no és significativa, estadísticament (-0,079°C/dècada), però en canvi si observem la mitjana mòbil de 5 anys observem un comportament molt diferent fins a 2008 i en el tram final de la sèrie, des de 2008 fins el 2013. Així fins el 2008 hi ha una tendència clara a l'increment (de 0,4° a 1°C des de 1996 fins 2008), i en canvi en els últims anys, es passa d'una diferència de 1°C a 0,2°C. Aquest refredament de les sèries d'observatoris suburbans no creiem que estiguin causades per un canvi de l'entorn de les estacions suburbanes, que més aviat hauria de ser menys urbà, o per tant una modificació de localització, sinó probablement un canvi en l'entorn de l'aeroport que sigui més urbà, amb un augment de les superfícies asfaltades, un major trànsit aeri i especialment la construcció d'edificis de serveis annexos a l'aeroport i d'aparcaments.

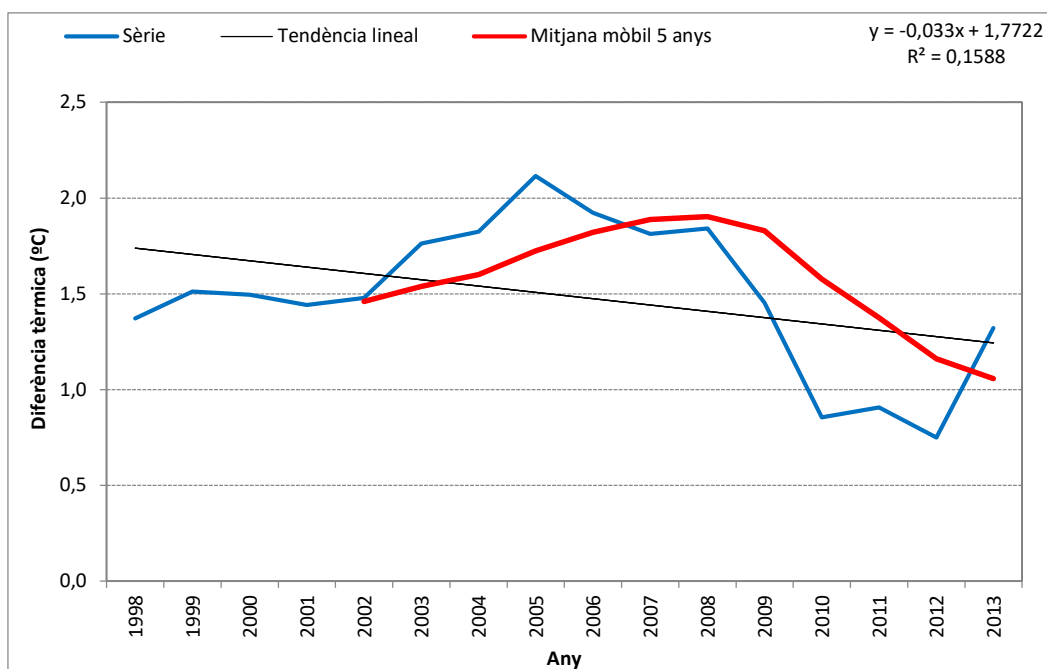


Figura 5.74 Diferència en les temperatures mínimes entre les estacions urbanes i l'aeroport de Girona. Període 1998-2013.

Les diferències urbano-rurals en les mínimes tendeixen a disminuir, això significa que l'illa de calor urbana ha disminuït en els últims anys. Això pensem que és incompatible amb el comportament tèrmic de la ciutat de Girona, malgrat que en els últims 5 anys no hi hagut un increment demogràfic tampoc s'ha produït una davallada de la població, l'activitat econòmica, i calor antropogènica generada per la ciutat que expliqui un refredament urbà. Això es deu sobretot a una urbanització de l'entorn de l'aeroport que fa que en els propers anys sigui cada cop més complicat de considerar-lo com a observatori rural de referència per tal de comparar-lo amb la resta d'estacions.

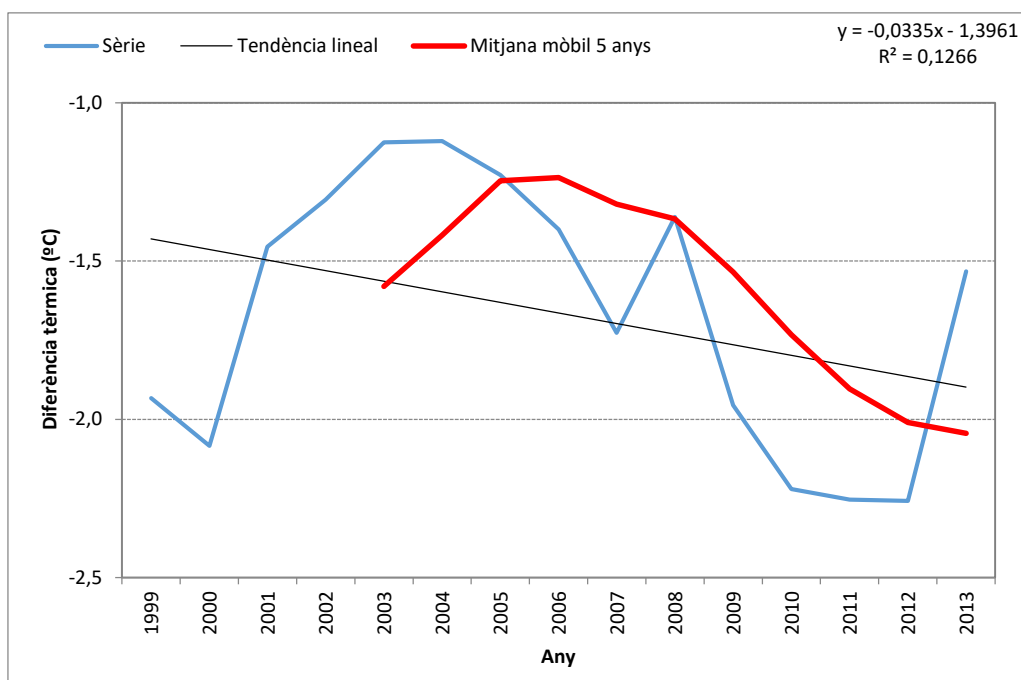


Figura 5.75 Diferència en les temperatures mínimes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona. Període 1999-2013.

La comparació de les mínimes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona permet observar una tendència similar respecte les estacions urbanes i suburbanes, hi ha una disminució dels valors tèrmics de les estacions rurals, s'incrementen les diferències negatives, per tant tenim un refredament dels observatoris rurals. Això fa pensar per tant com ja hem dit abans en un canvi en l'entorn de l'estació de l'aeroport de Girona que permet de qualificar-la en els últims anys com a suburbana abans que rural, per causa de l'increment de les superfícies asfaltades i del trànsit aeri.

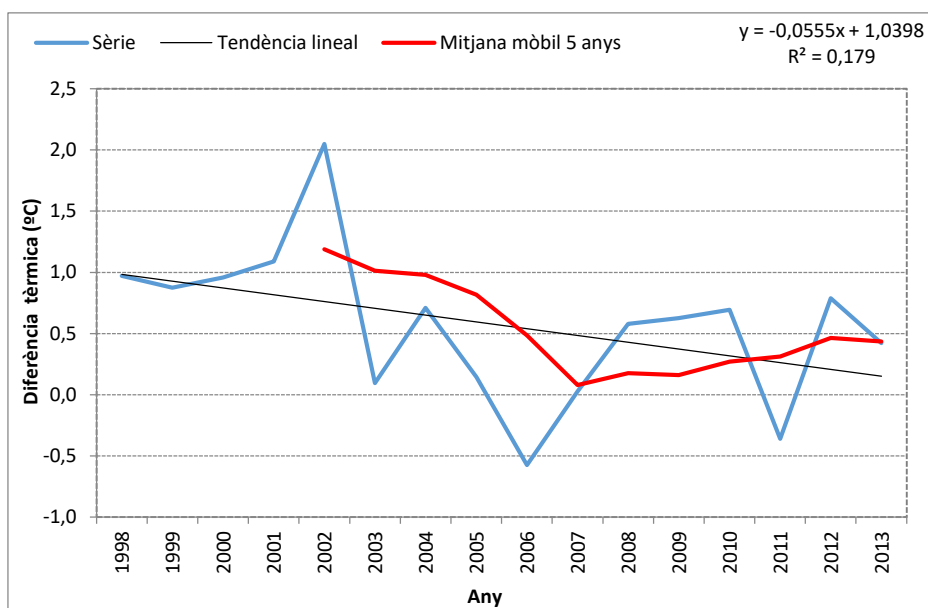


Figura 5.76 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions urbanes i l'aeroport de Girona. Període 1999-2013.

Hi ha una tendència clara al refredament urbà, $-0,55^{\circ}\text{C}/\text{dècada}$, respecte l'aeroport, respecte les temperatures màximes. L'illa de calor urbana per tant només es presenta durant el dia ja que a la nit tenim una illa de frescor diürna, més perceptible a l'hivern, o en tot les cas les diferències tèrmiques urbano-rurals són nul·les o poc significatives. Aquest descens de les diferències entre els observatoris es pot atribuir a la urbanització de l'entorn de l'aeroport, amb una presència més elevada de superfícies asfaltades que incrementen el calor sensible emesa pel sòl, cosa que afecta a les temperatures de l'aeroport que pugen per efecte antròpic. Tot i això hem consultat amb varies persones d'AEMET i ens han dit que l'observatori no es troba damunt d'asfalt, però probablement el seu entorn ho estigui, i això afecti a les mesures.

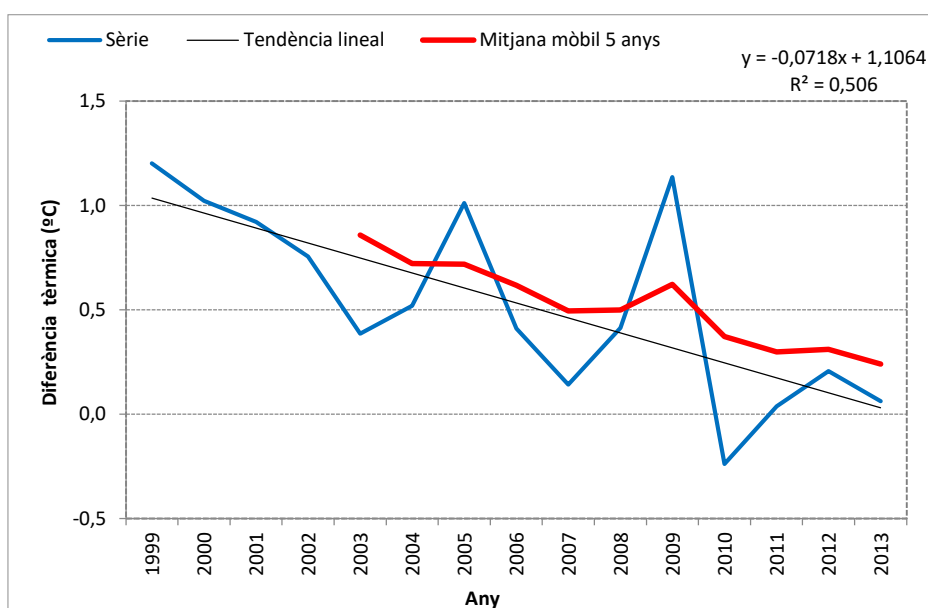


Figura 5.77 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona. Període 1999-2013.

La comparació de les temperatures màximes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona ens permet detectar un comportament tèrmic força homogeni en el curs de la sèrie 1999-2013, així hi ha un descens sostingut de les diferències, amb un ritme molt clar, la tendència és de $-0,071^{\circ}\text{C}/\text{any}$, que és estadísticament significativa al nivell de confiança del 99 %. Això significa que els observatoris rurals es refreden respecte l'aeroport. Teòricament no hi hauria d'haver-hi diferències en la sèrie, o s'haurien de compensar ja que considerem l'aeroport com estació rural, però com ja hem esmentat abans, l'activitat de l'aeroport, juntament amb la urbanització del seu entorn ha afectat tant les màximes com les mínimes, implicant un escalfament antropogènic

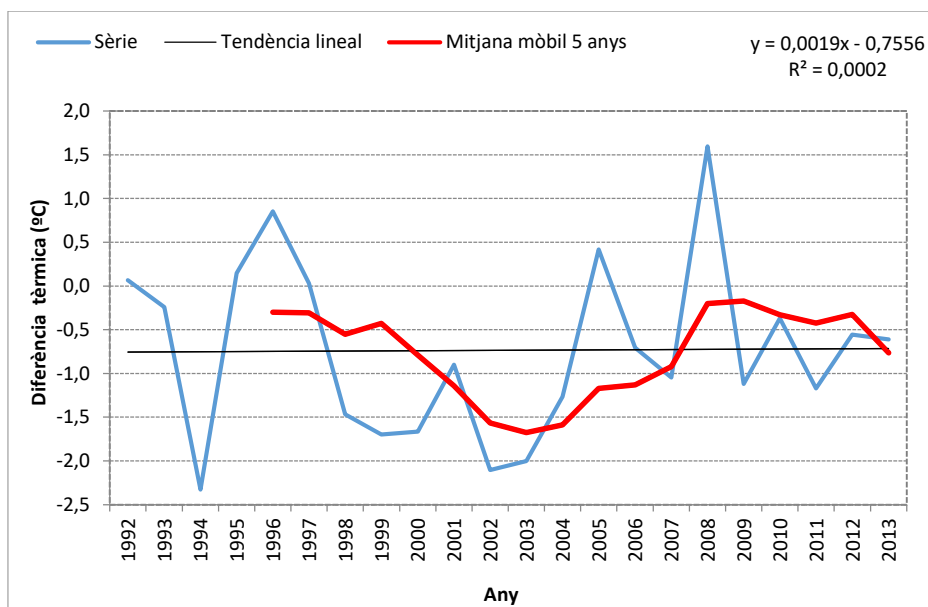


Figura 5.78 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions suburbanes i l'aeroport de Girona. Període 1992-2013.

L'observatori de l'aeroport no presenta un escalfament relatiu tan clar en les màximes amb les estacions suburbanes com amb les estacions rurals i urbanes. La tendència no és significativa estadísticament i té un pendent molt baix ($0,01^{\circ}\text{C}/\text{dècada}$). Per aquest motiu potser s'hauria de qualificar com a estació suburbana, abans que rural. No obstant si analitzem la mitjana mòbil de 5 anys hi ha un descens de les diferències urbano-rurals en els primers anys, des de 1992 fins a 2003, això significaria un augment de l'efecte urbà de l'aeroport que tendiria a escalfar-se respecte aquest tipus d'observatoris, després s'observa un clar escalfament de les estacions suburbanes i en canvi en els últims anys hi ha un estancament de les diferències.

La majoria d'estacions meteorològiques presenten un refredament envers l'aeroport pel que fa a les temperatures mínimes. Els observatoris que presenten tendències negatives en les mínimes en comparació amb l'aeroport (per tant tenen un refredament relatiu) són els de Bescanó, Celrà, Fornells de la Selva-centre, Fornells de la Selva-centre, Girona-la Vall de Sant Daniel, Girona-Universitat, Girona-Vicens Vives, Salt-centre i Vilablareix. D'altra banda els observatoris de Cassà de la Selva-centre, Girona (Bell-lloc), Salt-AEMET i Sarrià-XVPCA presenten un escalfament relatiu en les mínimes en comparació amb l'aeroport. Es pot deduir dels 2 comportaments tèrmics, escalfament i refredament, que algunes estacions suburbanes presenten una tendència d'escalfament en comparació amb l'aeroport probablement associat a la

urbanització de l'entorn, mentre que la majoria de les estacions rurals i urbanes tenen un refredament relatiu. Altres estacions suburbanes també presenten un refredament relatiu respecte l'aeroport, especialment les situades en els centres dels pobles de l'àrea urbana (Bescanó, Celrà i Fornells), l'única excepció és la de Sarrià de Ter.

Si tenim en compte les temperatures màximes hi ha una majoria d'estacions que presenten un refredament relatiu en comparació amb l'aeroport. Així Cassà de la Selva-centre, Celrà, Fornells de la Selva-SMC, Girona-Bell-lloc, Girona-centre (que inclou les estacions de Girona-Francesc Rogés i Girona-Sèquia), Girona-la Vall de Sant Daniel, Girona-Universitat, Salt-AEMET, Salt-centre i Vilablareix. Bescanó, Fornells de la Selva-centre, Girona-Vicens Vives i Sarrià de Ter-XVPCA presenten un escalfament en les màximes respecte l'aeroport, però els pendents de la sèrie de les diferències són molt menys pronunciats que en les sèries on tenim un refredament relatiu dels observatoris envers l'aeroport.

Taula 5.52. Valor de R^2 de les diferències dels observatoris en comparació amb l'aeroport de Girona

	Màximes	Mínimes
Bescanó	0,0414	0,2231
Cassà-centre	0,6914	0,0709
Celrà	0,0153	0,1654
Fornells-centre	0,0008	0,1829
Fornells-SMC	0,2023	0,0391
Girona-Bell-lloc	0,0124	0,8262
Girona-centre	0,166	0,1788
Girona-Sant Daniel	0,1699	0,3723
Girona-Universitat	0,2403	0,0875
Girona-Vicens Vives	0,1106	0,4359
Salt-AEMET	0,0047	0,0115
Salt-centre	0,1343	0,43
Sarrià de Ter-XVPCA	0,0002	0,7365
Vilablareix	0,5868	0,7084

En negreta tendència estadísticament significativa ($p < 0,05$)

En negreta i cursiva tendència estadísticament significativa ($p < 0,01$)

Taula 5.53 Tendència en les temperatures màximes i mínimes respecte l'aeroport de Girona. Període 1998-2020.

Observatori meteorològic	Màximes	Mínimes
Bescanó	0,02	-0,0727
Cassà-centre	-0,035	0,1531
Celrà	-0,0099	-0,0338
Fornells de la Selva-centre	0,0007	-0,0317
Fornells de la Selva-SMC	-0,0578	-0,0116
Girona-Bell-lloc	-0,0156	0,2138
Girona-Sèquia	-0,0292	-0,0180
Girona-Sant Daniel	-0,0509	-0,0864

Girona-Universitat	-0,0508	-0,0195
Girona-Vicens Vives	0,0604	-0,1101
Salt-Aemet	-0,0077	0,0066
Salt-centre	-0,0396	-0,0523
Sarrià-XVPCA	0,0018	0,1915
Vilablareix	-0,1445	-0,1681

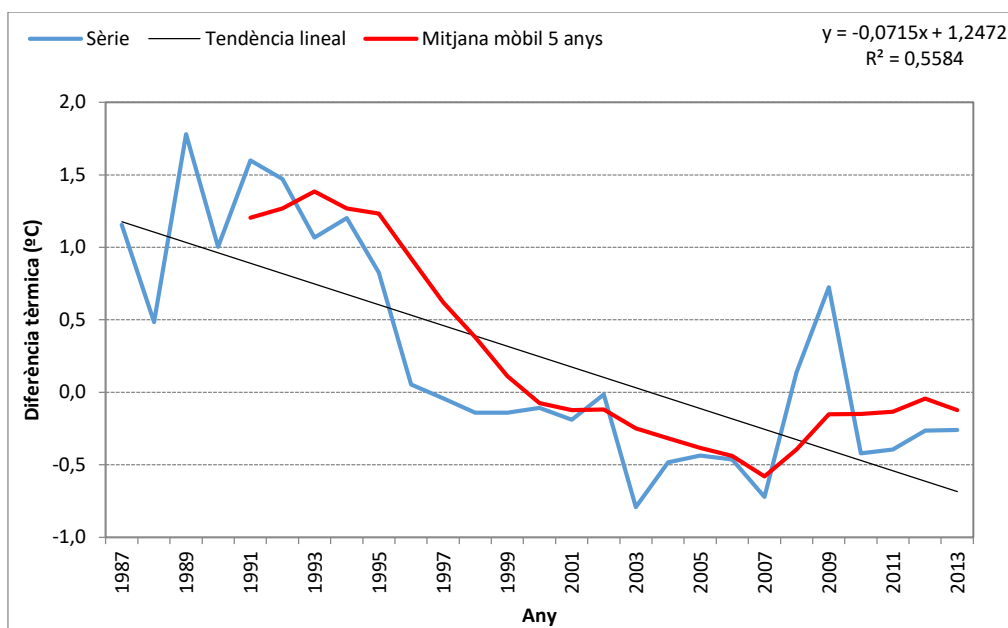


Figura 5.79 Diferència en les temperatures màximes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport de Girona. Període 1987-2013.

Les diferències en les màximes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport tendeixen a disminuir, i fins i tot fer-se negatives, mentre que a l'inici del període 1987-2013 el centre de Fornells de la Selva tenia unes màximes clarament més altes que l'aeroport, al final de l'interval temporal l'estació meteorològica del poble de Fornells és més freda. Una possible causa seria el canvi de l'entorn de l'observatori de l'aeroport, que es trobi envoltada d'asfalt, i la reverberació del terra calent afecti les mesures tèrmiques, especialment les màximes de l'aeroport. En tot cas es pot observar com el creixement urbà de Fornells de la Selva no produeix un increment de l'illa de calor urbana diürna, sinó a la inversa, que implica la formació del fenomen de l'illa de frescor diürna, aquesta seria una hipòtesi alternativa per explicar el descens de les diferències urbano-rurals.

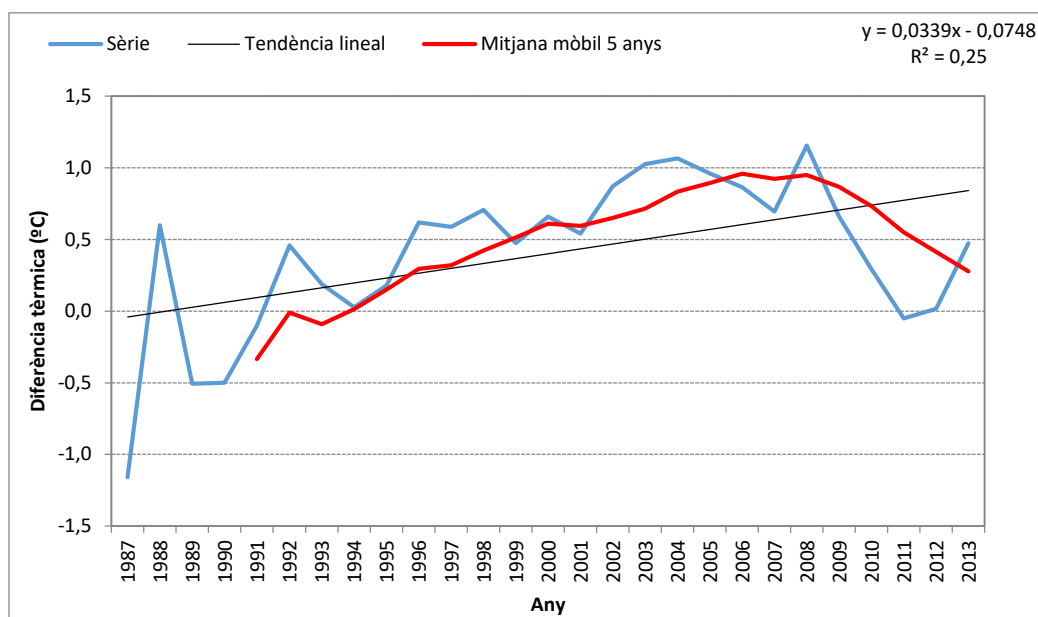


Figura 5.80 Diferència en les temperatures mínimes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport de Girona. Període 1987-2013.

La tendència en la diferència en les temperatures mínimes entre Fornells de la Selva-centre i l'aeroport de Girona és d'un increment de l'estació suburbana de Fornells, $0,34^{\circ}\text{C}/\text{dècada}$ i és estadísticament significativa, $p < 0,05$. Això és conseqüència del creixement urbà de Fornells de la Selva i també de l'increment de la calor antropogènica generada pel poble, en part degut al creixement demogràfic i també causat per la millora de la qualitat de vida amb més despesa de calefacció a l'hivern i de refrigeració a l'estiu.

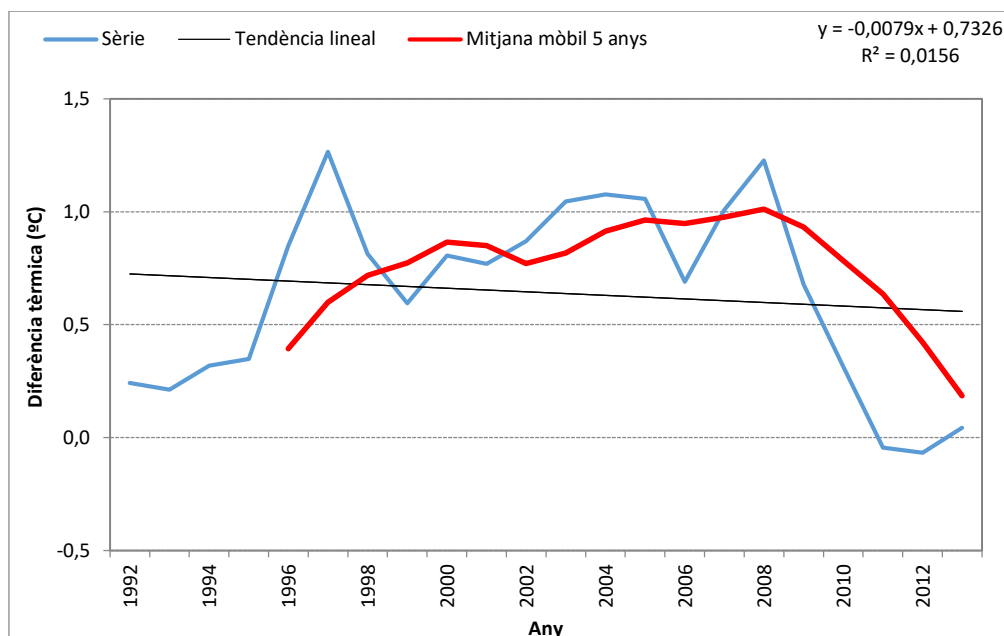


Figura 5.81 Diferència en les temperatures mínimes entre les estacions suburbanes i l'aeroport de Girona. Període 1992-2013.

S'ha calculat la sèrie de diferències urbano-rurals de 1992-2013 entre les estacions suburbanes i l'aeroport de Girona. S'ha de remarcar que algun observatori suburbà com és el cas de Sarrià de Ter-XVPCA comença a funcionar l'any 1992, 6 anys abans de l'any inicial (1998) de la sèrie de 1998-2020 on analitzem la major part dels

observatoris suburbans i la seva sèrie no acaba el 2013 sinó l'any 2003. No obstant, almenys disposem d'almenys 10 anys de dades de cada observatori suburbà. La tendència és pot clara en el conjunt del període, (-0,079°C/dècada). La tendència de les diferències entre els observatoris suburbans i l'aeroport de Girona no és estadísticament significativa, ja que el valor de R^2 és molt baix, 0,0156, només explica l'1,156 % de la variància. D'altra banda, si observem la mitjana mòbil de 5 anys observem un comportament molt diferent fins a 2008 i en el tram final de la sèrie, des de 2008 fins el 2013. Així fins el 2008 hi ha una tendència clara a l'increment (de 0,4°C a 1°C des de 1996 fins 2008), i en canvi en els últims anys, es passa d'una diferencia de 1°C a 0,2°C. Aquest refredament de les sèries d'observatoris suburbans no creiem que estiguin causades per un canvi de l'entorn de les estacions suburbanes, que més aviat hauria de ser menys urbà, o per tant una modificació de localització, sinó probablement un canvi en l'entorn de l'aeroport que en els últims anys de la sèrie està més urbanitzat. Hi hagut un augment de les superfícies pavimentades, amb major superfície amb asfalt, hi hagut la construcció d'edificis de serveis annexos a l'aeroport i d'aparcaments i també pot haver contribuït en molt menor mesura el major trànsit aeri dels últims anys de la sèrie 1992-2013.

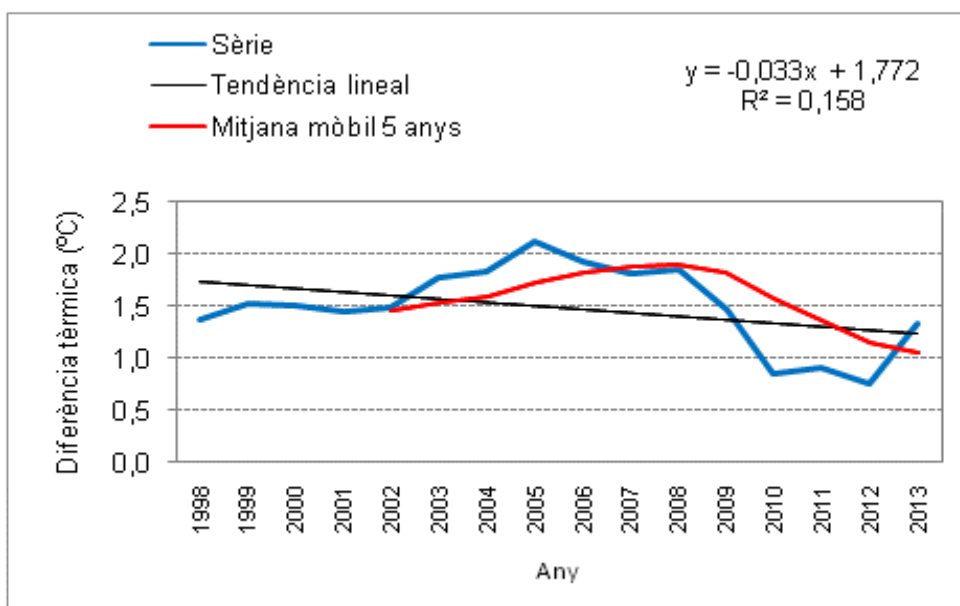


Figura 5.82 Diferència en les temperatures mínimes entre les estacions urbanes i l'aeroport de Girona. Període 1998-2013.

Les diferències urbano-rurals en les mínimes tendeixen a disminuir, això significa que la intensitat de l'illa de calor urbana ha disminuït en els últims anys. Això pensem que és incompatible amb el comportament tèrmic de la ciutat de Girona, ja que en el període esmentat no s'ha observat una davallada de la població de la ciutat de Girona, ni un descens tant de l'activitat econòmica, com de la calor antropogènica generada per la ciutat que expliqui un refredament urbà. Això es deu sobretot a una urbanització de l'entorn de l'aeroport que fa que en els propers anys sigui cada cop més complicat de considerar-lo com a observatori rural de referència per tal de comparar-lo amb la resta d'estacions.

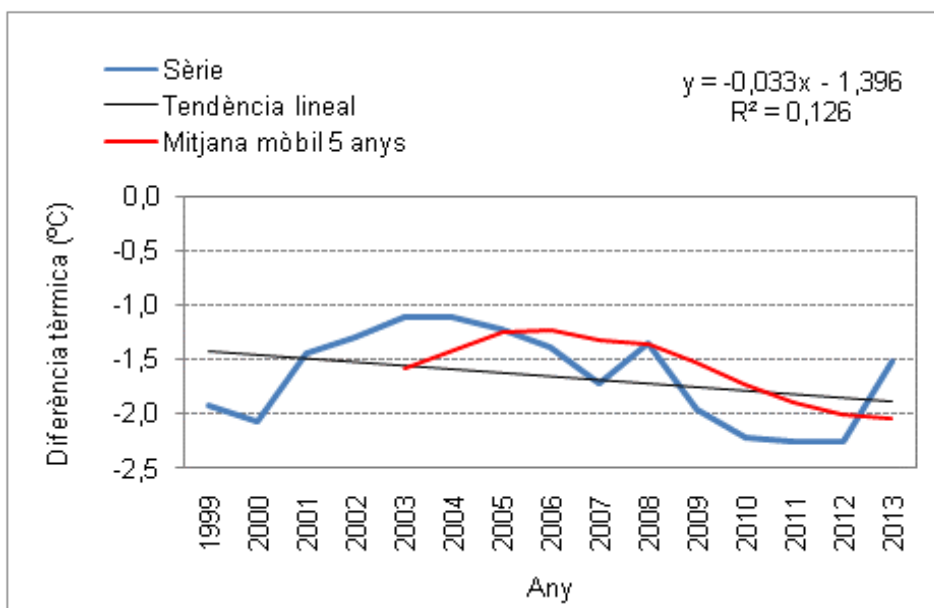


Figura 5.83 Diferència en les temperatures mínimes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona. Període 1999-2013.

La comparació de les temperatures mínimes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona en el període 1999-2013 permet observar una tendència idèntica respecte les estacions urbanes, un descens de $-0,033^{\circ}\text{C}/\text{any}$, l'única cosa que canvia és el valor del coeficient de determinació R^2 . S'observa una disminució dels valors tèrmics de les estacions rurals en els últims anys de la sèrie respecte l'aeroport de Girona. Aquest refredament dels observatoris rurals és estadísticament significatiu, $p < 0,05$. Això fa emetre una hipòtesi, el canvi en l'entorn de l'estació de l'aeroport de Girona permet de qualificar-la en els últims anys de la sèrie (2010-2021) com a suburbana abans que rural, per efecte especialment de l'increment de les superfícies asfaltades i no tant pel trànsit aeri.

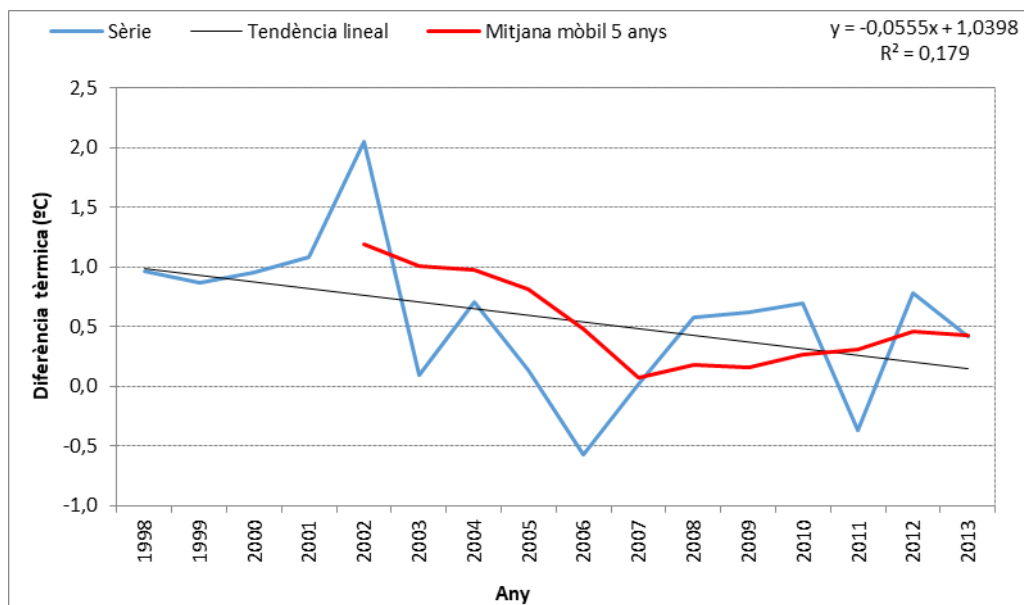


Figura 5.84 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions urbanes i l'aeroport de Girona. Període 1999-2013.

Hi ha una tendència clara al refredament urbà, $-0,55^{\circ}\text{C}/\text{dècada}$, respecte l'aeroport, respecte les temperatures màximes. L'illa de calor urbana per tant només es presenta durant el dia ja que a la nit tenim una illa de frescor diürna, més perceptible a l'hivern, o en tot les cas les diferències tèrmiques urbano-rurals són nul·les o poc significatives. Aquest descens de les diferències entre els observatoris es pot atribuir a la urbanització de l'entorn de l'aeroport, amb una presència més elevada de superfícies asfaltades que incrementen el calor sensible emesa pel sòl, cosa que afecta a les temperatures de l'aeroport que pugen per efecte antròpic. Tot i això hem consultat amb diverses persones d'AEMET i ens han dit que l'observatori no es troba damunt d'asfalt, però probablement el seu entorn ho estigui, i això afecti a les mesures.

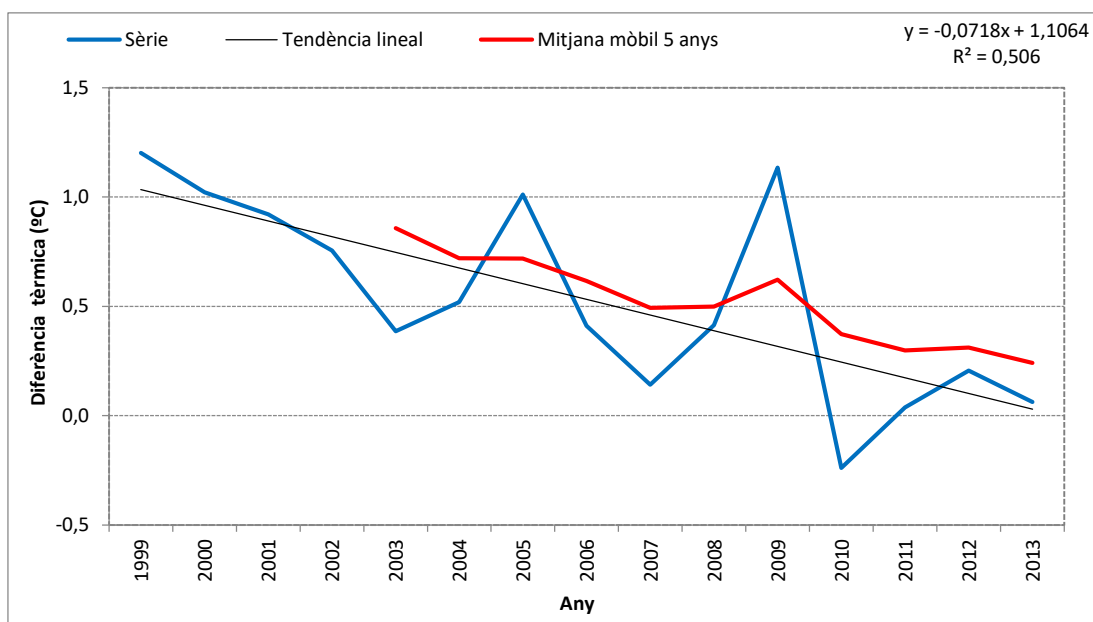


Figura 5.85 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona. Període 1999-2013.

La comparació de les temperatures màximes entre les estacions rurals i l'aeroport de Girona ens permet detectar un comportament tèrmic força homogeni en el curs de la sèrie 1999-2013, així hi ha un descens sostingut de les diferències, amb un ritme molt clar, la tendència és de $-0,071^{\circ}\text{C}/\text{any}$, que és estadísticament significativa al nivell de confiança del 99 %. Això significa que els observatoris rurals es refreden respecte l'aeroport. Teòricament no hi hauria d'haver-hi diferències en la sèrie, o s'haurien de compensar ja que considerem l'aeroport com estació rural, però com ja hem esmentat abans, l'activitat de l'aeroport, juntament amb la urbanització del seu entorn ha afectat tant les màximes com les mínimes, implicant un escalfament antropogènic

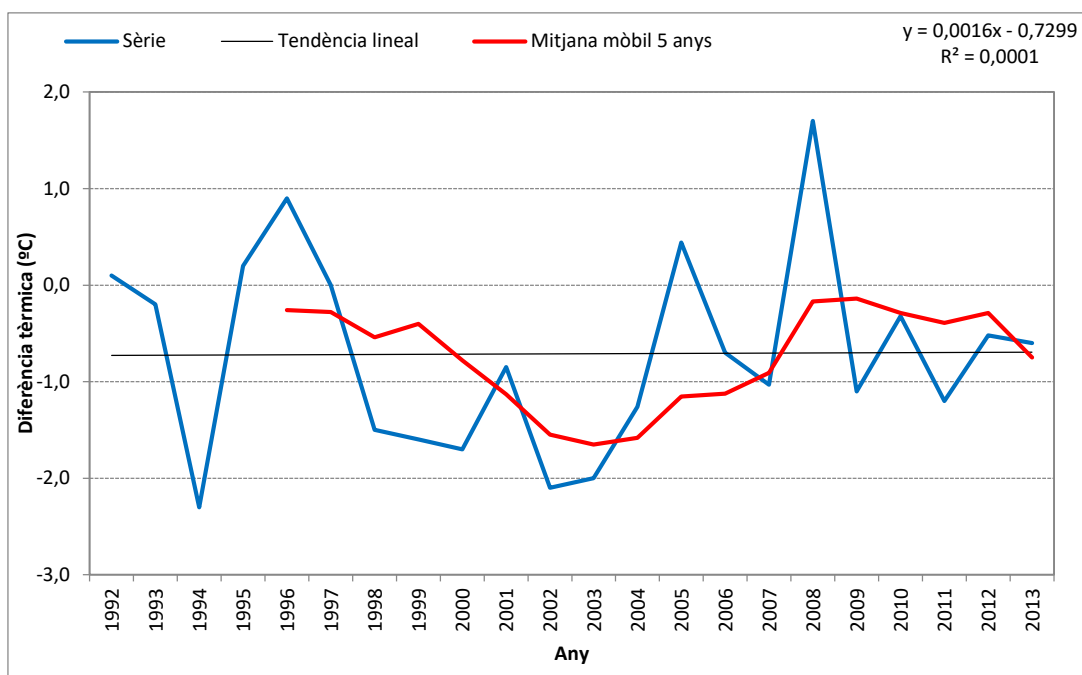


Figura 5.86 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions suburbanes i l'aeroport de Girona. Període 1992-2013.

L'observatori de l'aeroport no presenta un escalfament relatiu tan clar en les temperatures màximes amb les estacions suburbanes com amb les rurals i urbanes. La tendència no és significativa estadísticament i té un pendent molt baix (0,016C/década). Per aquest motiu potser s'hauria de qualificar com a estació suburbana, abans que rural. No obstant si analitzem la mitjana mòbil de 5 anys hi ha un descens de les diferències urbano-rurals en els primers anys, des de 1992 fins a 2003, això significaria un augment de l'efecte urbà de l'aeroport que tendria a escalfar-se respecte aquest tipus d'observatoris, després s'observa un clar escalfament de les estacions suburbanes i en canvi en els últims anys del període 1992-2013 hi ha un estancament de les diferències.

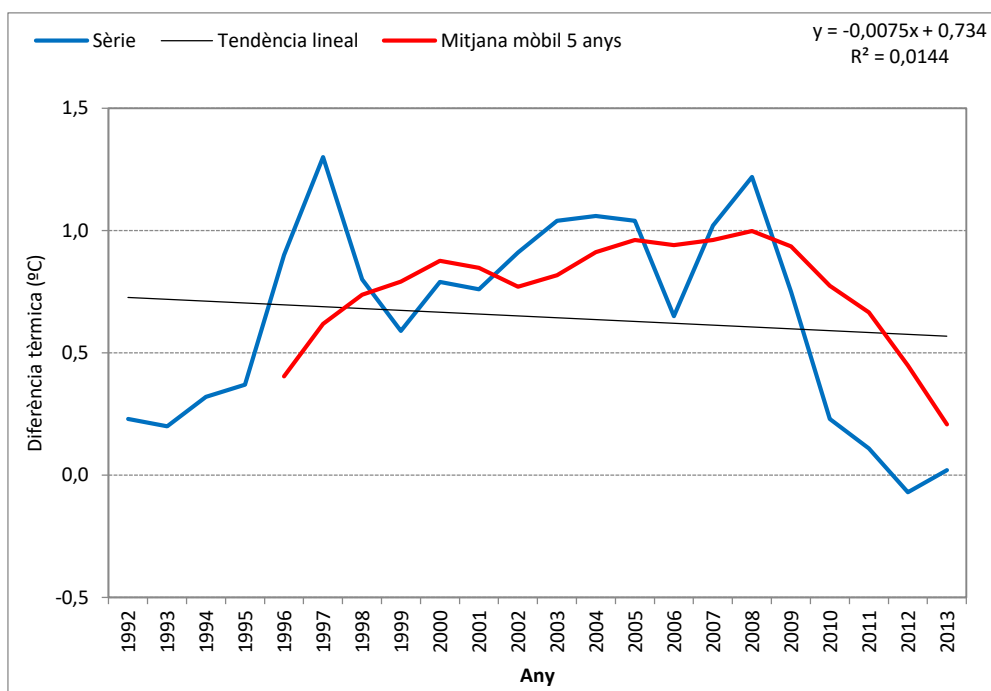


Figura 5.87 Diferència en les temperatures màximes entre les estacions urbanes i l'aeroport de Girona. Període 1992-2013.

La gràfica de les diferències entre l'aeroport de Girona i les estacions urbanes no presenta un descens tan clar en les màximes amb les estacions suburbanes com amb les estacions rurals i urbanes en el període 1992-2013. La tendència no és significativa estadísticament al nivell de significació del 95 % i té un pendent molt baix (-0,075°C/dècada). L'anàlisi de la mitjana mòbil de 5 anys mostra un increment progressiu de les diferències positives dels observatoris urbans fins a l'any 2008 i un descens sobtat a partir de l'any 2009. Aquest diferent comportament probablement significa que no només les diferències urbano-rurals es deuen a la urbanització de l'entorn de l'aeroport sinó també a canvis en les temperatures màximes dels observatoris urbans.

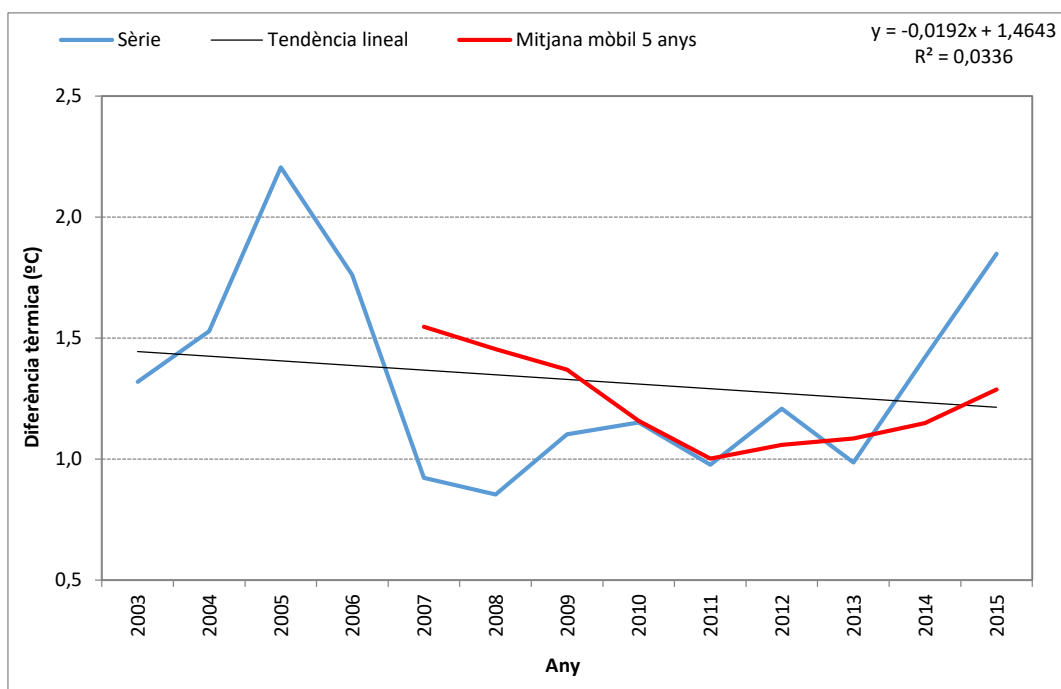


Figura 5.88 Gràfica de la intensitat mitjana anual de l'illa de calor. Diferència en les temperatures mínimes. Girona-Sèquia-Girona-Universitat. . Període 2003-2015.

L'observatori suburbà de la universitat de Girona s'escalfa respecte l'urbà de Girona-Sèquia pel que fa a les temperatures mínimes. Tot i que l'entorn més immediat de la universitat, situada al campus de Montilivi, no ha canviat, hi hagut un canvi que pot explicar el refredament relatiu de l'observatiu de Girona-Sèquia com és la metodologia de presa de dades de temperatures extremes en aquesta estació meteorològica. A partir de l'any 2007 l'observador agafa les dades de temperatura mínima fins a les 24 hores, fins aquell any les observava fins a les 9 hores. Això ha provocat un descens tèrmic relatiu que no s'ha d'atribuir tant a un refredament de l'observatori de Girona-Sèquia com al canvi en la metodologia. No obstant, és cert que en els últims anys de la sèrie torna a haver-hi un escalfament de Girona-Sèquia, des de l'any 2013 fins l'any 2015.

Es produeix un descens molt significatiu ($p < 0,01$) de gairebé $-0,1^{\circ}\text{C}/\text{any}$ pel que fa a les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC, . Hi ha un descens de la diferència que no es pot atribuir tant a un canvi en la modificació de l'entorn rural de Fornells de la Selva (SMC) com a un canvi en les situacions atmosfèriques que han provocat una disminució de la intensitat de l'illa de calor

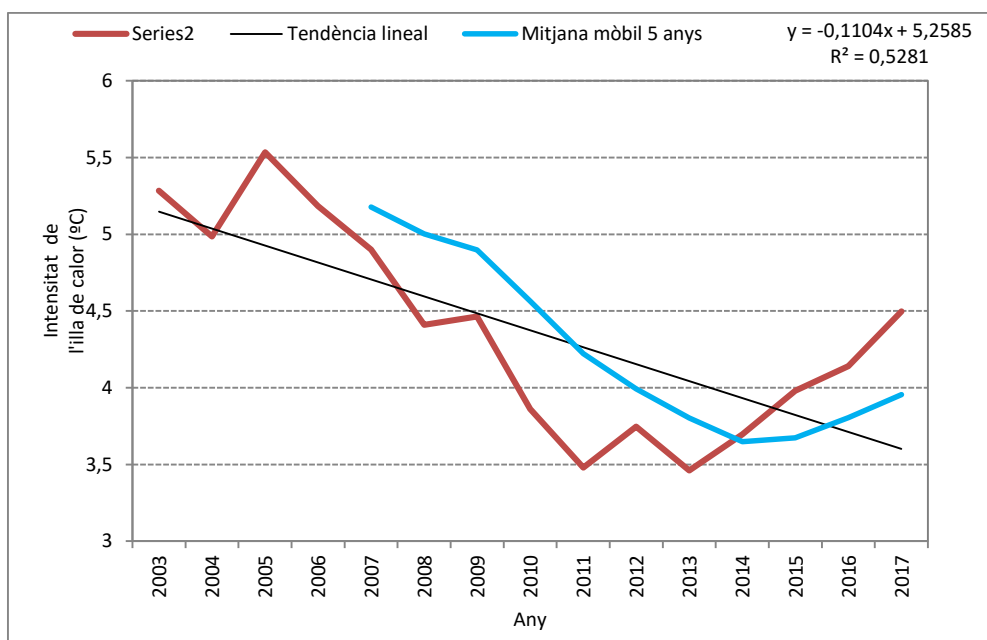


Figura 5.89 Gràfica de la intensitat mitjana de l'illa de calor urbana de Girona. Diferència en les temperatures mínimes Girona-Sèquia i Fornells de la Selva (SMC). Període 2003-2017.

L'efecte de l'illa de calor urbana ha minvat si comparem les temperatures mínimes de l'observatori rural de les Deveses de Salt amb l'estació urbana de Girona-Sèquia en el període 2005-2014. Probablement el descens tèrmic relatiu de l'estació situada a l'Eixample de Girona no només es pot atribuir a un estancament de l'efecte de l'illa de calor urbana de Girona al centre urbà sinó també a un descens en les situacions sinòptiques favorables a les elevades diferències tèrmiques entre ambdós observatoris. La gràfica presència una tendència similar a la gràfica comparativa de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC, per tant al centre de la ciutat de Girona no hi ha una tendència a l'increment de l'efecte de l'illa de calor urbana en comparació amb les estacions meteorològiques rurals més fredes dels afores, sinó un descens.

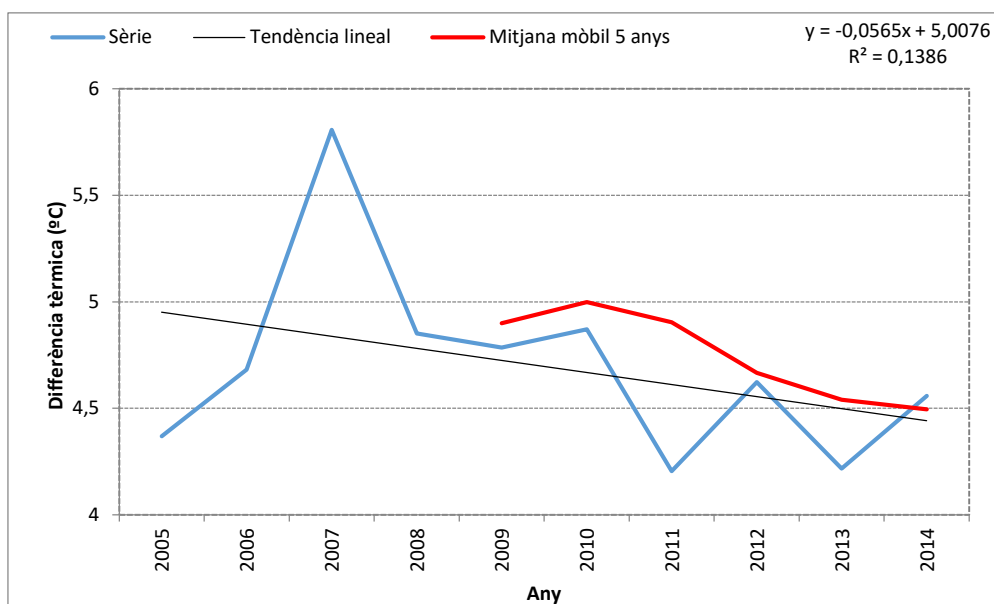


Figura 5.90 Gràfica de la intensitat mitjana anual de l'illa de calor. Diferència en les temperatures mínimes. Girona-Sèquia-Deveses de Salt. Període 2005-2014.

A diferència del que succeeix entre Girona-Sèquia i altres estacions rurals més allunyades del centre urbà de Girona, tals com les Deveses de Salt, que està uns 5 Km a l'oest de l'observatori de Girona-Sèquia, o Fornells de la Selva-SMC, ubicada uns 9 km al SE, l'observatori rural proper de Girona-la vall de Sant Daniel, 2,1 Km al NE, té una evolució de les temperatures mínimes que no presenta una tendència significativa en relació amb Girona-Sèquia. Com en aquest observatori també s'ha canviat la metodologia d'agafar les temperatures mínimes a partir de 2009, i no s'observa un *break point* en els anys posteriors, podem deduir que és complicat d'admetre una evolució negativa de l'illa de calor urbana de la ciutat de Girona, almenys si comparem el centre urbà i els afores de la ciutat més propers a aquest. Podem atribuir el descens de les diferències entre l'estació de Girona-Sèquia i els observatoris de les Deveses de Salt i Fornells-SMC potser a canvis microclimàtics en aquestes estacions, malgrat que no hi hagut una urbanització del seu entorn, o potser els canvis en les situacions atmosfèriques només afecten les diferències en la intensitat de l'illa de calor en distàncies importants entre el centre de Girona i els afores de la ciutat, no pas a la rodalia més immediata de la ciutat.

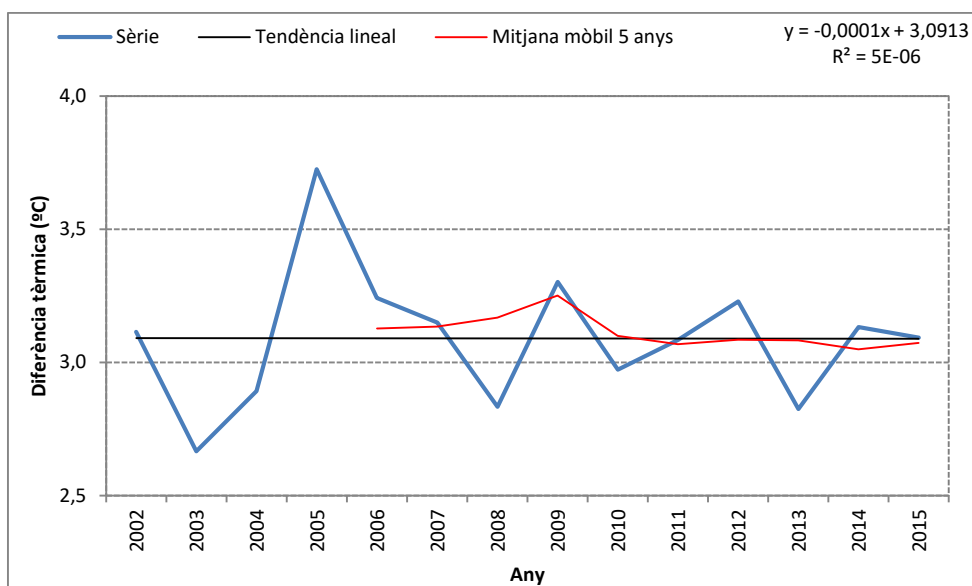


Figura 5.91 Diferència tèrmica Girona (Sèquia)-Girona (la vall de Sant Daniel). Període 2002-2015.

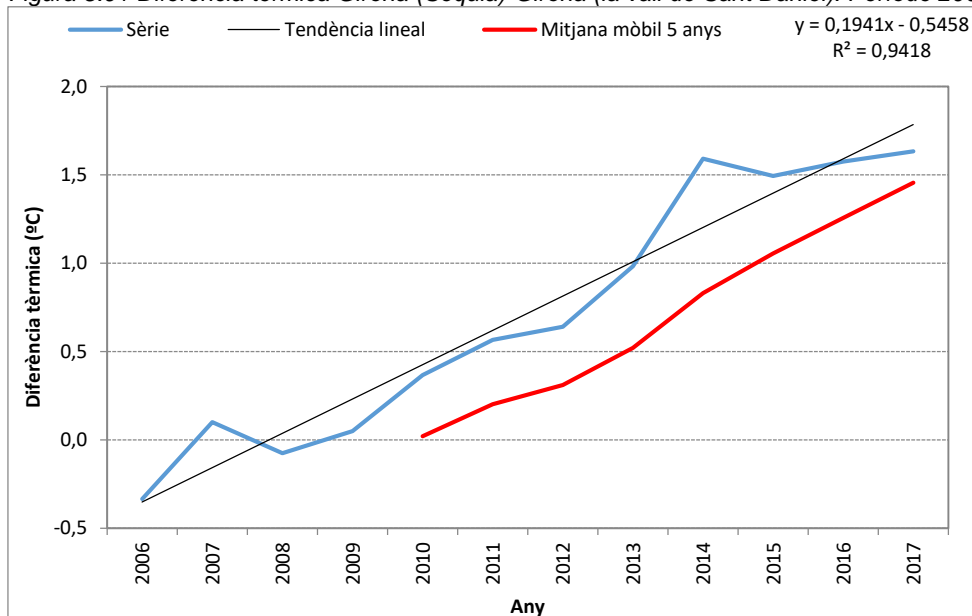


Figura 5.92 Diferència tèrmica Salt (Plaça Sant Cugat)-Girona (Bonastruc). Temperatures màximes. Període 2006-2017.

Les dades de temperatura màxima de l'estació meteorològica de Salt-Plaça Sant Cugat són molt fiables, són idèntiques a Salt-XOM, observatori que està situat al Parc Monar en un terreny natural, damunt d'herba. L'escalfament que s'observa en aquesta estació de Salt respecte Girona-Bonastruc no és per efectes urbans, sinó per un canvi en la instal·lació de l'observatori de Girona-Bonastruc a partir de l'any 2013. Abans d'aquest any l'observatori del carrer Bonastruc està damunt d'un màstil perpendicular a la paret de la façana sud de l'edifici, mentre que a partir del març de 2013 l'observatori està damunt d'un màstil que està situat damunt de l'edifici, està més airejat i per això les màximes són inferiors. No obstant s'observa un refredament continuat entre 2006 i 2013, per tant probablement hi ha altres causes que expliquen el descens relatiu de les màximes de l'observatori de Girona-Bonastruc respecte Salt. Aquest descens és molt important, 0,19°C/any, i estadísticament significatiu ($p < 0,01$). Aquesta modificació en les màximes de Girona-Bonastruc complica més l'estudi de les temperatures de la part nord de l'Eixample de Girona, indret on es troba l'estació de Girona-Bonastruc.

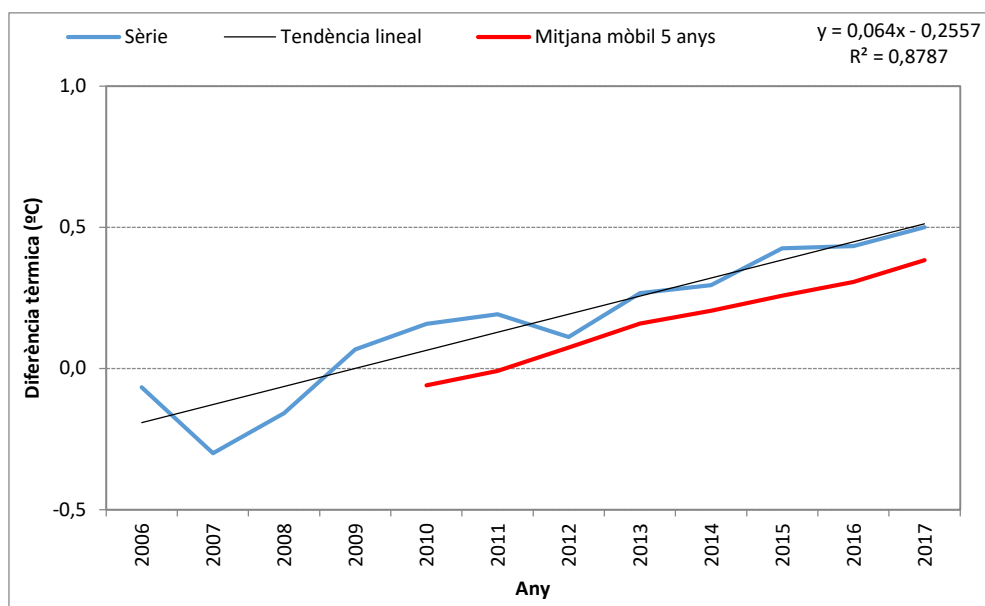


Figura 5.93 Diferència tèrmica Salt (Plaça Sant Cugat)-Girona (Bonastruc). Temperatures mínimes. Període 2006-2017.

L'evolució de la diferència anual entre Salt-Plaça Sant Cugat i Girona-Bonastruc és estadísticament significativa ($p < 0,02$), ja que el valor de la variància explica el 88 % de la tendència. No obstant, la tendència és molt menor respecte les màximes, $0,064^{\circ}\text{C}/\text{any}$. El diferent comportament de les màximes i mínimes probablement s'explica per modificacions microclimàtiques en aquest període 2006-2017 en els dos observatoris que són difícils d'explicar. En tot cas l'efecte d'illa de calor urbana tendeix a disminuir en aquesta zona de Girona i augmentar a Salt, segons les dades de temperatura màxima i mínima, però probablement no hi ha una variació tan important com assenyalen els valors de les tendències, sinó pot ser per descalibració de l'estació automàtica de Girona-Bonastruc i l'esmentat canvi en l'any 2013 en la instal·lació d'aquest observatori Davis.

5.5 Anàlisi dels factors de l'illa de calor urbana

La intensitat de l'illa de calor està modulada per factors meteorològics i urbans. Entre els primers destaquen la nuvolositat, la pressió atmosfèrica, la velocitat del vent i les temperatures, mentre que en els segons inclouen els usos del sòl i el factor de visió del cel. La taula 5.14. mostra aparentment una dèbil correlació entre la majoria de variables meteorològiques de l'observatori de Girona-Sèquia i la intensitat de l'illa de calor dels transectes. Tot i que la gran dimensió de la mostra (808 transectes) implica que moltes correlacions siguin significatives, el valor absolut de la correlació sovint és inferior a 0,30, per tant es tracta d'un valor força aparentment baix, però, com el p-valor es menor de 0,05, i, fins i tot, de 0,01, això significa que hi ha una correlació molt alta en molts casos. S'ha de destacar, però, que a l'estiu la correlació és més elevada entre els paràmetres meteorològics de Girona-Sèquia i la intensitat. Hem d'esmentar que la correlació més elevada es dona amb l'amplitud mitjana diària, amb un valor de 0,56. Per tant en els dies amb fortes oscil·lacions tèrmiques la intensitat de l'illa de calor observada durant la nit és molt elevada. D'altra banda també tenim una correlació significativa amb les temperatures màximes, 0,35, per tant els dies molt calorosos afavoreixen la formació d'una illa de calor intensa.

Taula 5.54 Correlació entre les variables meteorològiques de Girona-Sèquia del dia del transectes i la intensitat de l'illa de calor del transecte.

	Tmax	Tmín	Tmitj	HR 7h	HR 15h	HR 21h	HRmitj	Amplitud
Any	-0,14	-0,27	-0,21	-0,05	-0,25	-0,10	-0,13	0,20
Hivern	0,00	-0,32	-0,18	0,06	-0,26	-0,02	-0,11	0,31
Primavera	-0,08	-0,21	-0,15	-0,10	-0,28	-0,21	-0,26	0,14
Estiu	0,35	0,18	0,27	-0,14	-0,25	-0,33	-0,28	0,56
Tardor	-0,06	0,01	-0,02	-0,10	0,16	0,13	0,08	-0,22

En negreta correlació significativa $p < 0,05$

Aclariment: T = temperatura; HR = humitat relativa; mitj = mitjana

La variable del moment del transecte que presenta millor correlació amb la intensitat és la nuvolositat, -0,48, mentre que la velocitat del vent és la que té una correlació més baixa, -0,24. Durant la primavera la correlació de la intensitat és més bona amb la nuvolositat i el vent, -0,61 i -0,73, respectivament, mentre que a l'estiu és més baixa (-0,36 i -0,14). Les correlacions entre la pressió i la intensitat tenen el mateix signe positiu en totes les estacions, per tant les situacions anticiclòniques afavoreixen el fenomen de l'illa de calor urbana de Girona. La correlació amb les temperatures màximes de Girona-Sèquia és força baixa, excepte a l'estiu en què r val 0,35. Això significa que les temperatures anormalment altes de l'estiu, per exemple durant una onada de calor, afavoreixen les intensitats elevades de l'illa de calor. La correlació amb les temperatures mínimes és significativa en totes les estacions, excepte la tardor, i de signe negatiu. Així les temperatures mínimes baixes afavoreixen el fenomen de l'illa de calor, excepte a l'estiu, on les mínimes elevades donen lloc a intensitats altes. Pel que fa a la humitat relativa cal destacar que les humitats baixes afavoreixen les intensitats altes ja que r és negatiu, només durant la tardor tenim que les humitats altes donen lloc a intensitats elevades (15 hores i 21 hores, no pas les 7 hores). És important d'assenyalar que les correlacions són baixes entre humitat i illa de calor. L'amplitud tèrmica es correlaciona bé amb la intensitat de l'illa de calor urbana i és de signe positiu, excepte durant la tardor, en què r és negativa. És molt significatiu el valor de r a l'estiu ja que és molt elevat, 0,56. Això implica que els dies estiuenecs amb forta oscil·lació tèrmica donen lloc a nits amb forta intensitat de l'illa de calor.

Taula 5.55 Correlació entre les variables meteorològics del moment del transecte i la intensitat de l'illa de calor observada.

	Nuvolositat	Vent	Pressió
Any	-0,48	-0,24	0,31
Hivern	-0,48	-0,31	0,30
Primavera	-0,61	-0,73	0,28
Estiu	-0,36	-0,14	0,24
Tardor	-0,39	-0,35	0,19

En negreta correlació significativa ($p < 0,05$)

La correlació entre la intensitat de l'illa de calor urbana i la nuvolositat és de 0,44, per tant durant els mesos en què la nuvolositat és abundant tenim unes diferències més dèbils en les temperatures mínimes entre Girona (Sèquia) i Girona (la Vall de Sant Daniel) en comparació amb els mesos amb escassa nuvolositat. Així les diferències urbano-rurals volten els 4,5°C amb unes 3,5 octes de fracció de cel cobert (mitjana de nuvolositat mensual), en canvi quan la mitjana de nuvolositat és de 4,5 octes la intensitat disminueix fins a 2,2°C.

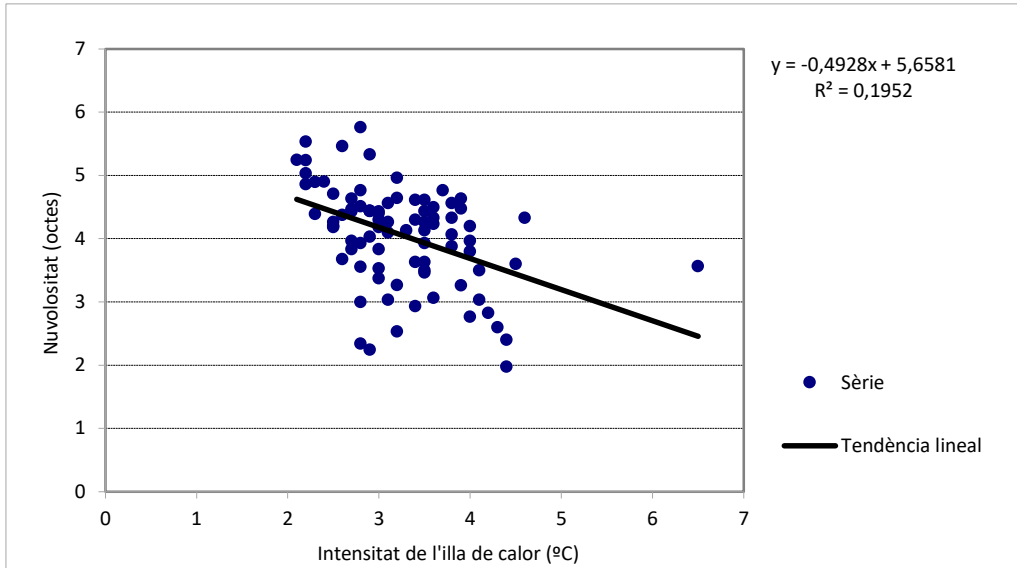


Figura 5.94 Gràfica de regressió nuvolositat-intensitat illa de calor tenint en compte la diferència urbano-rural mensual en les temperatures mínimes. Girona (Sèquia)-Girona (la vall de Sant Daniel). Període 2002-2011.

La intensitat de l'illa de calor és més elevada en els transsectes efectuats amb cel serè respecte els recorreguts realitzats amb cel núvol o cel tapat. Així la intensitat mitjana de l'illa de calor és de 9,0°C en les nits amb escassa nuvolositat o cel ras, mentre que en els transsectes nocturns amb cel tapat la diferència Urbà-rural és de només 5,0°C, valor idèntic als recorreguts amb cel núvol.

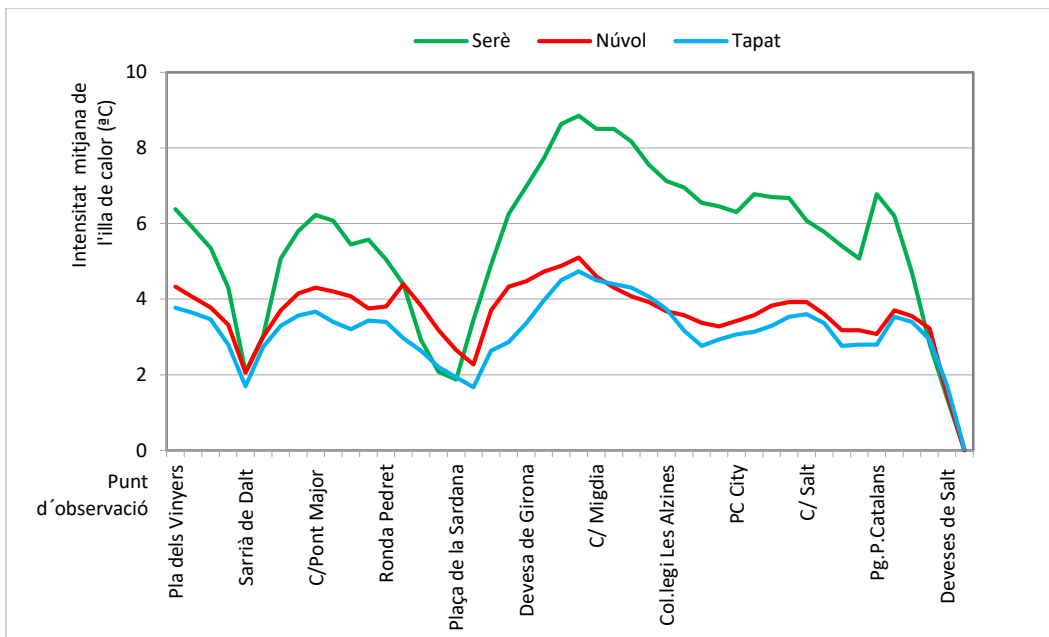


Figura 5.95 Intensitat mitjana de l'illa de calor del transsecte 3 en funció de la nuvolositat.

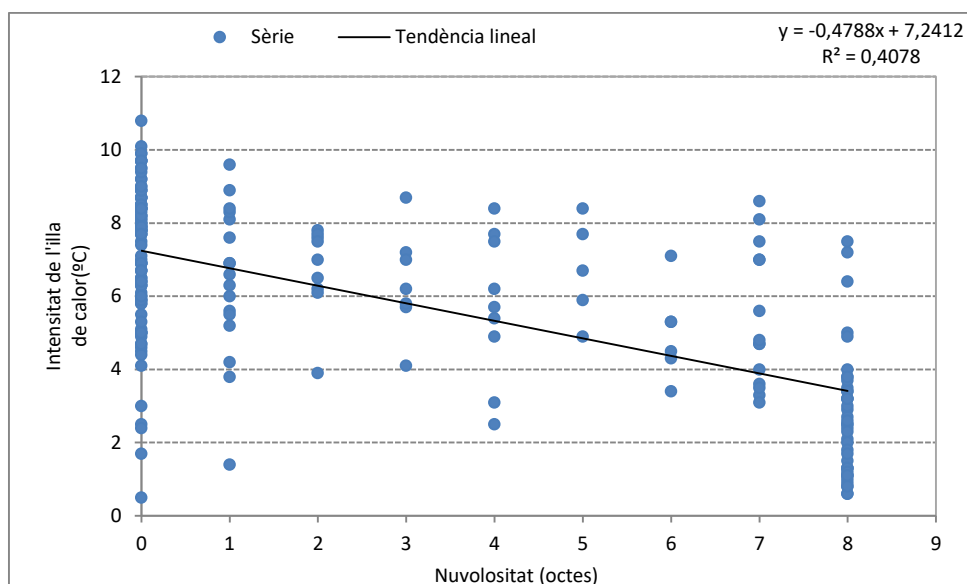


Figura 5.96 Gràfica de regressió de la intensitat en funció de la nuvolositat. Transsecte 5. Hivern.

La correlació entre la intensitat de l'illa de calor de l'hivern i la nuvolositat del transsecte 5 és força elevada, 0,64, per tant hom pot admetre que la cobertura nuvolosa és un factor explicatiu de la intensitat, així segons la recta de regressió es pot observar una illa de calor de 9,2°C en nits serenes, intensitat molt superior a nits amb cel tapat, 0,5°C.

La distribució dels usos del sòl es pot veure a la figura 4 i les correlacions a la taula 3. El centre de l'àrea urbana de Girona presenta un percentatge més elevat d'ús del sòl edificat i menor ús del sòl verd, mentre que les zones rurals que envolten la ciutat presenten un menor percentatge de sòl edificat i una major ocupació de sòl verd. El factor de visió del cel presenta valors més elevats a les àrees rurals que tenen un SVF proper a 1, mentre al centre de la ciutat de Girona els valors oscil·len entre 0,1 i 0,6, amb un SVF més baix al Barri Vell de Girona. El sòl que té menys correlació amb la temperatura és l'industrial (r anual de 0,0), mentre que els sòls verd i edificat són els tipus de sòl que presenten una millor correlació, -0,73 i 0,65 respectivament. La fracció de sòl ocupada per asfalt també té una relativa importància (r anual de 0,43) en la distribució de la temperatura, mentre que les superfícies aquàtiques tenen una correlació molt baixa (r anual de 0,03). Una variable urbana significativa per determinar la distribució de la temperatura a l'àrea urbana de Girona és la distància del punt del transsecte al carrer Juli Garreta, ja que aquest és el punt més càlid dels transsectes, i és una correlació negativa, -0,67, per tant a més distància del centre urbà de Girona s'observa un descens de la temperatura. També el factor de visió del cel (SVF) és una variable força significativa, amb r de -0,37, per tant quan augmenta l'SVF la temperatura tendeix a davallar, així els indrets de la perifèria urbana, sobretot si són àrees rurals tenen unes temperatures més baixes respecte els indrets urbans centrals on l'SVF és més baix. En canvi la distància als rius no té importància a l'hora d'explicar la distribució de la temperatura (r val 0,02). Cal remarcar que les variables geogràfiques de la latitud i la longitud tenen una debil correlació amb la temperatura, però significativa estadísticament ($p < 0,05$) en el cas de l'estiu, la tardor i l'any (latitud), l'hivern, la primavera, l'estiu i l'any (longitud).

Taula 5.56 Correlacions entre els usos del sòl i la temperatura dels punts d'observació dels transsectes.

	Industrial	Sup. verda	Asfalt	Sòl edificat	Sup. aquàtiques
Hivern	0,00	-0,67	0,42	0,59	-0,02
Primavera	0,01	-0,72	0,38	0,66	-0,05
Estiu	-0,02	-0,70	0,40	0,64	0,01
Tardor	0,01	-0,71	0,47	0,63	-0,07
Any	0,00	-0,73	0,43	0,65	-0,03

Taula 5.57 Correlacions entre els factors geogràfics, factor de visió del cel (SVF) i temperatura dels punts d'observació dels transectes.

	Dist. a Dev,	Dist. a J.G.	Dist. rius	SVF	Latitud	Longitud
Hivern	-0,17	-0,71	0,01	-0,35	0,05	0,28
Primavera	-0,10	-0,64	0,06	-0,33	0,09	0,25
Estiu	0,12	-0,62	-0,03	-0,36	0,31	0,25
Tardor	0,05	-0,59	0,02	-0,40	0,21	0,11
Any	-0,03	-0,67	0,02	-0,37	0,17	0,24

En negreta correlació significativa ($p < 0,05$)

Aclariment:

Dist. a Dev. = Distància a les Deveses de Salt

Dist. a J.G. = Distància al carrer Juli Garreta (centre de Girona)

Dist. rius = Distància a rius i rieres

El factor de visió del cel (SVF) i la seva influència en la intensitat de l'illa de calor ja han estat estudiats per diversos autors (BARRING et al, 1995; LINDBERG et al., 2003; SVENSSON, 2004; UNGER, 2004). Com el SVF està íntimament relacionat amb la geometria urbana és un dels factors urbans més importants de l'illa de calor. En l'estudi de l'illa de calor urbana de Girona la correlació entre els factors geomètrics de la ciutat, tals com el factor de visió del cel (SVF) i la intensitat de l'illa de calor no és bona en el conjunt dels nou transectes, -0,46, tot i que és significativa al nivell de confiança del 95 %. Només el transecte número nou té una correlació bona amb la intensitat, -0,67, mentre que la correlació és regular (0,4 a 0,6) en el cas dels transectes dos i quatre. Els transectes 1, 3, 5, 7, 7 i 8 presenten una correlació dolenta amb un valor de r inferior a 0,4. Els transectes que presenten una significació estadística (al nivell de confiança del 95 %) entre el SVF i la intensitat de l'illa de calor són el número 1, 3, 7 i 9, mentre que els transectes 2 i 5 presenten significació estadística al nivell del 99 %. Els altres transectes no presenten una correlació estadísticament significativa. La justificació dels baixos valor de correlació de molts transectes és perquè tot i que predominen els valors del factor de visió del cel baixos al centre urbà on les temperatures són altes hi ha indrets rurals o suburbans amb valors de SVF moderats ja que hi ha turons pròxims o vegetació que disminueixen el factor de visió del cel (per exemple la Plaça de la Sardana a Sant Daniel amb un SVF de 0,45 o el Safareig de les Dones a les Deveses de Salt amb SVF de 0,45). També a la inversa hi ha indrets urbans amb valors del SVF moderats o elevats, per exemple la Plaça Sant Cugat de Salt amb un SVF de 0,84, ja que les cases són de baixa altura i els carrers són amples, però les temperatures són relativament elevades tot i el valor alt del factor de visió del cel ja que estan en un indret urbà on hi ha un elevat percentatge de sòl edificat. El factor de visió del cel és un factor urbà que té una gran importància en la distribució de les temperatures a la ciutat de Girona i les seves rodalies. Així les àrees rurals tenen un SVF proper a 1, la qual cosa determina unes temperatures més baixes. En canvi el centre de Girona és una àrea urbana amb un SVF que fluctua entre 0,6 i 0,1, amb valors més baixos al Barri Vell de Girona. Aquest fet provoca que hi hagi una menor pèrdua de radiació d'ona llarga al centre urbà de la ciutat de Girona i això té com a conseqüència unes temperatures més elevades. No

obstant no s'aprecia unes temperatures més elevades on el SVF és més baix, al Barri Vell, sinó a l'Eixample de Girona on tenim un SVF que oscil·la entre 0,4 i 0,6, probablement com a conseqüència d'un major trànsit de vehicles, i una major emissió de calor antropogènica.

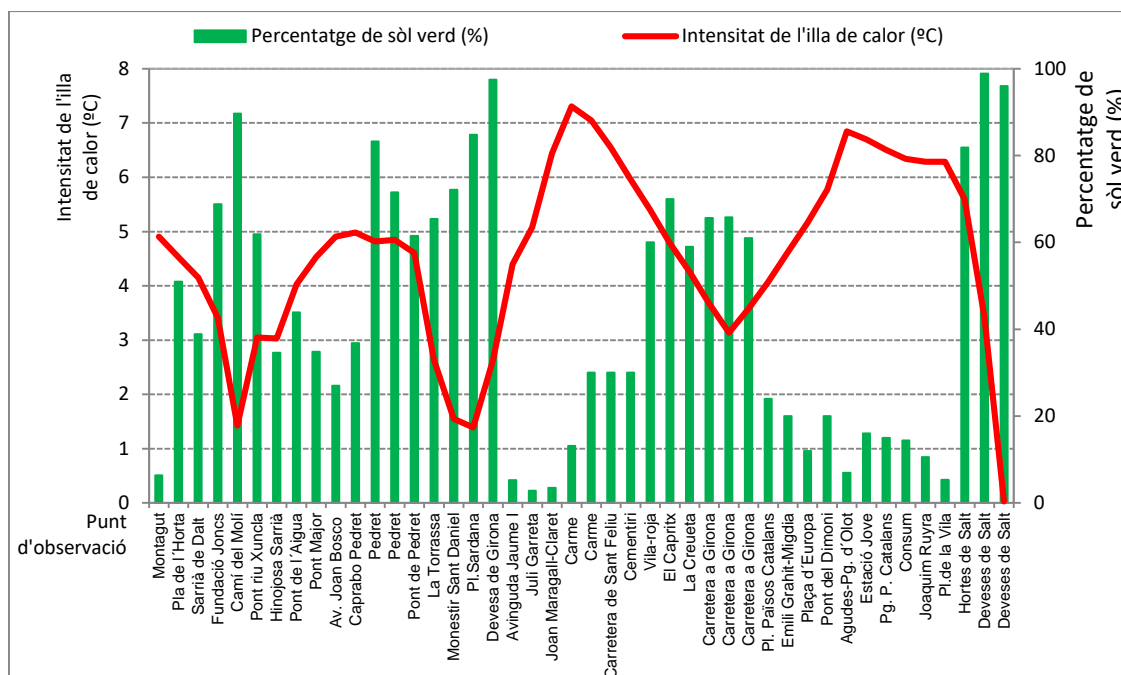


Figura 5.97. Intensitat mitjana de l'illa de calor urbana del transecte 3 i percentatge de superfície ocupada per l'ús del sòl verd.

La proporció de sòl verd és un dels factors urbans més importants que controlen tant la temperatura i la intensitat de l'illa de calor nocturna a l'àrea urbana de Girona. El màxim tèrmic de l'illa de calor es situa a l'Eixample de Girona on tenim més fracció de sòl coberta per vegetació, inferior al 10 %, mentre que les temperatures més baixes se situen en les àrees rurals on gairebé tenim un 100 % de la superfície vegetal. No obstant es pot observar com la correlació no és perfecta entre la temperatura i la superfície de sòl vegetal, ja que hem de tenir en compte altres factors que modulen la temperatura de l'aire, com són la distància al centre urbà de Girona.

Taula 5.58 Correlació entre l'illa de calor i l'illa de sequedat de Salt amb diferents variables meteorològiques. Transecte 5.

Variables correlacionades	Any	Hivern	Estiu	Tardor	Primavera
Illa de calor-illa de sequedat	0,44	0,50	0,40	0,25	0,92
Illa de calor-humitat de Salt	0,01	-0,14	-0,83	0,31	0,14
Illa de calor-humitat de Deveses	0,38	0,38	-0,58	0,32	0,21
Illa de calor-pressió atmosfèrica	0,34	0,24	0,42	0,53	0,20
Illa de calor-velocitat del vent	-0,23	-0,18	0,14	-0,55	0,08
Illa de calor-nuvolositat	-0,41	-0,50	-0,29	-0,07	-0,34
Illa de sequedat-pressió	0,06	0,08	0,00	0,05	0,20
Illa de sequedat-nuvolositat	0,00	-0,10	-0,17	-0,10	-0,20
Illa de sequedat-velocitat del vent	0,08	0,28	-0,47	0,02	0,03
Illa de sequedat-humitat de Salt	-0,61	-0,76	-0,98	-0,60	-0,71
Illa de sequedat-humitat de Deveses	0,07	0,03	-0,64	0,31	0,14

En negreta correlació significativa ($p < 0,05$). En negreta i cursiva correlació significativa ($p < 0,05$).

L'illa de calor mesurada en els transectes entre Salt i les Deveses de Salt té una correlació moderada-baixa però estadísticament significativa amb les diferents variables meteorològiques, especialment amb la nuvolositat, amb un r anual de

Pearson de -0,41. No obstant, la correlació amb la velocitat del vent és dolenta, -0,23, tot i que és significativa. Hi ha una reciprocitat entre l'illa de calor i l'illa de sequedat que es determina per una moderada correlació (0,44) que s'observa entre els dos elements climàtics. Així en les nits amb elevada illa de calor l'illa de sequedat també tendirà a ser elevada. Això és particularment cert en el cas de la primavera on la correlació és molt bona, 0,92. L'illa de calor es correlaciona millor amb la humitat relativa de les Deveses que amb la humitat del centre de Salt (observatori de la plaça Sant Cugat). Així, en les nits amb baixa humitat relativa en el parc periurbà l'illa de calor tendirà a ser elevada, mentre que a la inversa en dies d'elevada humitat relativa en les Deveses l'illa de calor serà poc important. L'illa de sequedat no es correlaciona molt bé amb cap variable climàtica, però durant l'hivern la correlació és relativament elevada respecte la velocitat del vent, -0,47, per tant amb velocitats relativament elevades l'illa de sequedat tendeix a ser escassa. Això és conseqüència de l'efecte d'escombrat del vent respecte a la massa d'aire humida que hi ha a les Deveses durant les nits estables. Així el vent homogeneïtza la humitat entre la zona urbana i el parc de les Deveses de Salt, per tant en les nits ventoses hivernals hi ha poca variació urbano-rural en la humitat relativa. També és important de destacar que a la inversa del que succeeix amb l'illa de calor, l'illa de sequedat es correlaciona millor amb la humitat relativa de Salt que amb la humitat relativa de les Deveses. Així en les nits humides de Salt (preferentment associades a temps inestable durant tot l'any i també durant les nits serenes i estables de tardor i hivern) encara que hi hagi més humitat a les Deveses la diferència de humitat relativa entre el nucli urbà i les Deveses tendirà a ser menor que en nits en què l'aire estigui sec en el centre de Salt.

L'illa de sequedat es correlaciona molt bé amb l'illa de calor de Girona. Així quan la intensitat de l'illa de calor és dèbil (dia) l'illa de sequedat és molt dèbil, mentre que durant la nit els valors de intensitat de l'illa de calor són elevats, la qual cosa implica una illa de sequedat elevada. La correlació entre la intensitat de l'illa de calor és significativa al nivell de confiança del 95 %

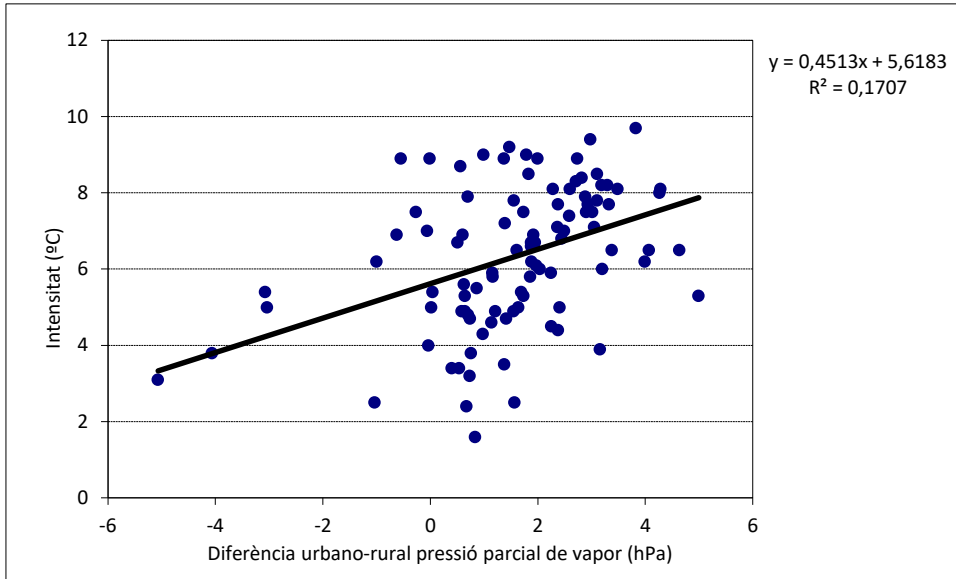


Figura 5.98 Regressió entre la intensitat de l'illa de calor i la diferència urbano-rural de pressió parcial de vapor. Transsecte 5.

La intensitat de l'illa de calor del municipi de Salt s'incrementa a mesura que augmenta la diferència urbano-rural de pressió parcial de vapor entre el centre de Salt i les Deveses de Salt. L'explicació d'aquest fenomen és que quan augmenta l'illa urbana humida s'incrementa l'absorció de la calor pel vapor d'aigua a la ciutat. Quan hi ha un superàvit urbà important de pressió de vapor això implica que la calor emesa per les superfícies urbanes és absorbida en part per l'aire que la remet al sòl.

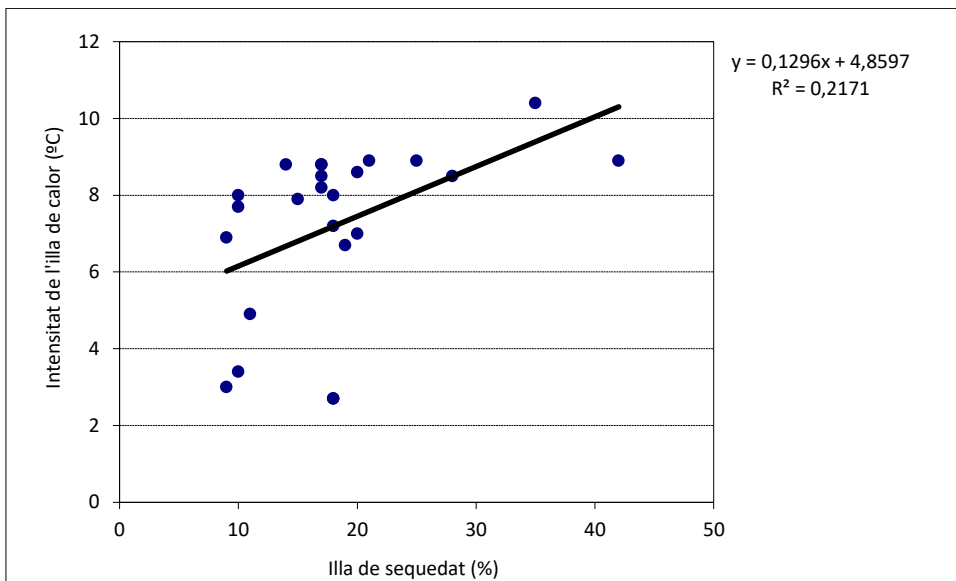


Figura 5.99 Gràfica de regressió entre la intensitat de l'illa de calor i l'illa de sequedat. Transsectes de l'àrea urbana de Girona (intensitat) i diferents observatoris meteorològics (humitat relativa).

La intensitat de l'illa de calor de la ciutat de Girona s'incrementa a mesura que augmenta l'illa de sequedat. Això també s'explica pel fet que a la ciutat augmenta l'emissió de calor sensible en comparació amb el camp quan les diferències en la humitat relativa són importants.

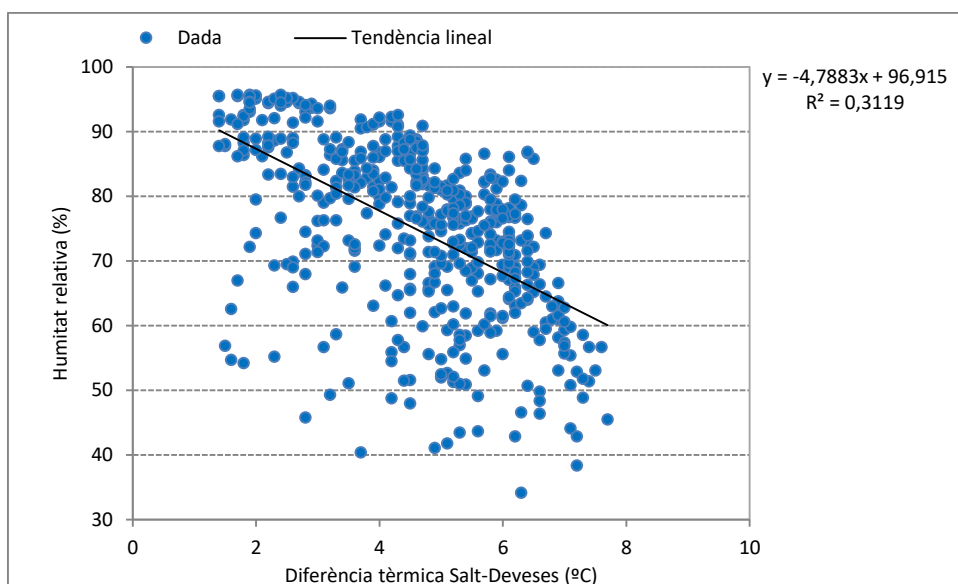


Figura 5.100 Gràfica de regressió de la diferència tèrmica semihorària nocturna entre Salt i les Deveses de Salt (intensitat de l'illa de calor urbana) i la humitat relativa de Salt. Juny 2012.

La intensitat de l'illa de calor tendeix a augmentar a mesura que la humitat relativa de Salt disminueix. Així amb humitats relatives elevades (al voltant del 90 %) tenim una intensitat de l'illa de calor de 1,6°C, mentre que per humitats del 60 % la intensitat és de 7,8°C.

El model que reproduïx més fidelment l'illa de calor de la ciutat de Girona (diferència tèrmica en les mínimes entre Girona-Sèquia i la Vall de Sant Daniel) és el model 1 que té en compte els valors mensuals de la temperatura de superfície, 1000 hPa i de 850 hPa i el geopotencial de 500 hPa de la reanàlisi de NOAA, juntament amb la nuvolositat de Salt. Així el valor de R2 és de 0,2715. No obstant, tenim un altre model el 2, que dona valors força satisfactoris, amb un valor de R2 lleugerament inferior, 0,2396, aquest model té en compte la temperatura de superfície i la nuvolositat. El model número 3 té un valor de R2 lleugerament inferior al 2, i només contempla els valors de geopotencial de 500 hPa i la insolació a la ciutat de Girona. Finalment tenim un model que no té en compte dues o més variables, sinó només una, la insolació, que presenta un valor modest de R2 (0,1010).

Taula 5.59 Models multivariants de la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona predita a partir de diferents variables de la reanàlisi i alguns paràmetres meteorològics de l'observatori de Salt. Període 1998-2011.

Model (número)	R ²	R ² ajustat	Error estàndard	Equació del model multivariant
1	0,2715	0,2390	0,4915	Illa calor = 6,9234 + 0,0177392*temperatura superfície+ 0,0999379*temperatura 850 hPa - 0,142355*temperatura 1000 hPa - 0,000223241*geopotencial 500 hPa - 0,303586*nuvolositat
2	0,2396	0,2263	0,4956	Illa calor = 4,80971 - 0,0143448*temperatura superfície - 0,343834*nuvolositat
3	0,1637	0,1492	0,5197	Illa calor = 12,9928 - 0,00194189*geopotencial 500 hPa + 0,00639616*insolació
4	0,1010	0,1010	0,5365	Illa calor = 2,55411 + 0,00344642*insolació

Els models estacionals que estimen millor la intensitat de l'illa de calor són l'hivern (0,6570) i la primavera (0,6237), mentre que el model de l'estiu presenta el menor valor de R^2 (0,6093). El model de l'any presenta un valor molt inferior de R^2 en comparació amb els models estacionals, R^2 val 0,1213.

Taula 5.60 Models estacionals de la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona. Període 1998-2011.

Estació	R^2	R^2 ajustat	Error estàndard	Equació del model multivariant
Hivern	0,6570	0,6447	1,0513	$\text{hivern} = 6,05716 - 0,000558933 \cdot \text{dist juli garreta} - 0,0296883 \cdot \text{svf} + 0,00895006 \cdot \text{edifici} + 0,0451101 \cdot \text{asfalt} - 0,0145606 \cdot \text{verd}$
Primavera	0,6237	0,6100	0,9090	$\text{primavera} = 4,63057 - 0,000300114 \cdot \text{dist juli garreta} + 0,334174 \cdot \text{svf} + 0,0125519 \cdot \text{edifici} + 0,023438 \cdot \text{asfalt} - 0,0174271 \cdot \text{verd}$
Estiu	0,6093	0,5952	0,9419	$\text{estiu} = 4,91983 - 0,000285807 \cdot \text{dist juli garreta} + 0,0139115 \cdot \text{edifici} + 0,336483 \cdot \text{svf} - 0,0161908 \cdot \text{verd} + 0,0320461 \cdot \text{asfalt}$
Tardor	0,6018	0,5875	0,9396	$\text{tardor} = 4,67411 - 0,000225421 \cdot \text{dist juli garreta} + 0,0803403 \cdot \text{svf} + 0,013388 \cdot \text{edifici} + 0,0490609 \cdot \text{asfalt} - 0,0149127 \cdot \text{verd}$
Any	0,1213	0,0892	1,5151	$\text{any} = 5,3284 - 0,000185586 \cdot \text{dist juli garreta} - 0,103507 \cdot \text{svf} - 0,00293182 \cdot \text{edifici} - 0,00873826 \cdot \text{asfalt} - 0,0156266 \cdot \text{verd}$

Dist juli garreta= Distància al carrer Juli Garreta

L'ús del sòl verd és el factor més important que condiciona l'illa de calor urbana, en segon lloc tenim l'ús "edifici". La distància al carrer Juli Garreta és una variable urbana que té una importància decisiva en la temperatura, així a més distància d'aquest carrer, on tenim el màxim tèrmic de l'illa de calor urbana nocturna de Girona, la temperatura és més baixa o el que és el mateix la intensitat de l'illa de calor és més dèbil.

El model 1 té en compte la influència de la població en l'illa de calor (diferència en les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i les Deveses de Salt). Així el valor de R^2 és força elevat, amb un valor de 0,87, pot considerar-se un model que dona una estimació força versemblança de la intensitat de l'illa de calor en funció de la població. Així l'equació és la següent $\text{Illa calor} = 2,76076 + 0,0000130765 \cdot \text{població}$.

Taula 5.61 Correlació entre la població i la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona. Període 1998-2011.

	R^2	R^2 ajustat	Error estàndard	Model
Any	0,7568	0,8700	0,4250	$\text{Intensitat de l'illa calor} = 2,76076 + 0,0000130765 \cdot \text{població}$

Hem creat a partir del software Statgraphics un model multivariant per explicar la temperatura mitjana de les mínimes de Girona-Sant Daniel, el primer té en compte la temperatura a 850 hPa i la insolació. Les temperatures elevades a 850 hPa estan correlacionades positivament amb la temperatures mínimes, mentre que la insolació presenta una correlació negativa. Així quan un període de temps (dia, mes o any) és assolat la temperatura mínima tendeix a ser més baixa. Això es deu a la situació topogràfica de Sant Daniel, al fons d'una vall, cosa que afavoreix la irradiació tèrmica durant les nits i la formació de inversions tèrmiques amb cels serens i per això en dies

assolellats les temperatures mínimes tendeixen a ser més baixes en comparació amb les dates amb poca insolació.

Taula 5.62 Models multivariant de la temperatura mínima de l'observatori de Girona-la vall de Sant Daniel en funció de la temperatura a 850 hPa i la insolació a l'aeroport de Girona. Període 1998-2011.

	P valor	R ² múltiple	R ² múltiple ajustat	Error absolut	Model multivariant
Temp 850 hPa	0,0000	0,9597	0,9590	1,2213	Tmín Girona-Sant Daniel = -1,46478+1,01187*Temp 850 hPa-0, 817744*Insolació
Insolació	0,0000				

Taula 5.63 Valors del coeficient de correlació de Pearson entre la concentració de diferents contaminants atmosfèrics de Sarrià de Ter-XVPCA i la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona calculada a partir de les diferències de temperatura mínima entre Girona-Devesa i Girona-Bell-lloc. Període 1998-2003.

	SO2	NO	NO2	O3	H2S
Hivern	0,21	0,16	0,21	-0,08	0,05
Primavera	0,07	0,10	-0,07	-0,07	-0,09
Estiu	-0,14	0,05	-0,10	0,02	-0,03
Tardor	0,11	0,04	0,07	0,06	0,07
Any	-0,03	0,11	0,05	-0,03	-0,02

La correlació entre la contaminació i la intensitat de l'illa de calor urbana ens permet observar dos efectes contradictoris. Així les correlacions de la taula 5.28 ens poden fer interpretar que la contaminació no modifica substancialment la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona. Així la correlació entre la intensitat de l'illa de calor i les concentracions de diferents gasos contaminants és molt dèbil, aquesta no assoleix valors absoluts superiors a 0,21, que és la màxima correlació entre el diòxid de sofre (SO₂) i la intensitat de l'illa de calor urbana de l'hivern.

Taula 5.64 Correlació entre la contaminació diària a l'estació de contaminació de Girona-Devesa i la intensitat màxima de l'illa de calor dels transectes. Març-Agost 2011. Valors mensuals i estacionals.

Mes	SO ₂	NO	NO ₂	CO
Març	0,32	0,11	0,58	0,39
Abril	0,66	0,52	0,80	0,68
Maig	0,66	0,91	0,99	0,80
Juny	0,24	0,28	0,42	0,39
Juliol	0,46	-0,08	0,43	-0,18
Agost	-0,01	0,25	0,10	0,00
Estació				
Primavera	0,55	0,51	0,79	0,62
Estiu	0,23	0,15	0,32	0,07

La contaminació té una clara influència en la intensitat de l'illa de calor mesurada en els transectes de l'any 2011 si considerem especialment el diòxid de nitrogen amb una correlació de 0,99 al mes de maig, tot i que a l'agost el valor de r és molt baix, 0,10. D'altra banda l'estació de l'any sembla que té una influència clara en la contaminació, així a la primavera una concentració alta de contaminació elevada afavoreix més les elevades intensitats de l'illa de calor que a l'estiu, perquè en aquesta última estació la pol·lució és més dèbil i per tant les variacions de la concentració dels contaminants no afecten tant la intensitat de l'illa de calor com a la primavera. Així la intensitat de l'illa de calor urbana de Girona està moderadament condicionada per la contaminació, mentre que els factors més influents són la calor antropogènica emesa

pels habitatges, la calor sensible emesa pel sòl urbà i per la geometria urbana que impedeix que hi hagi una emissió de radiació d'ona llarga tant important a la ciutat com el camp. També una hipòtesi justificadora d'aquesta moderada correlació és que la ciutat de Girona no és una ciutat gaire contaminada, amb molt poques indústries contaminants. Per tant l'illa de calor urbana és conseqüència del diferent balanç energètic de la ciutat i el camp, mentre que la contaminació juga un paper important, però creiem que és secundari.

No s'observa una correlació significativa entre la diferència de les temperatures mínimes de Girona-Francesc Roges i l'aeroport de Girona i la concentració dels 4 gasos contaminants esmentats anteriorment a Sarrià de Ter. No obstant tenim una correlació significativa entre temperatura mínima de la tardor a l'observatori de Francesc Roges i la concentració del monòxid de nitrogen (NO). Probablement l'increment de contaminació no està causat per un descens de les temperatures, sinó per una atmosfera més estable quan les temperatures són més baixes (finals de tardor), amb una freqüència més elevada de inversions tèrmiques, cosa que impedeix la difusió de la contaminació. Hi ha un efecte sinèrgic per tant entre inversió tèrmica, contaminació atmosfèrica i temperatura.

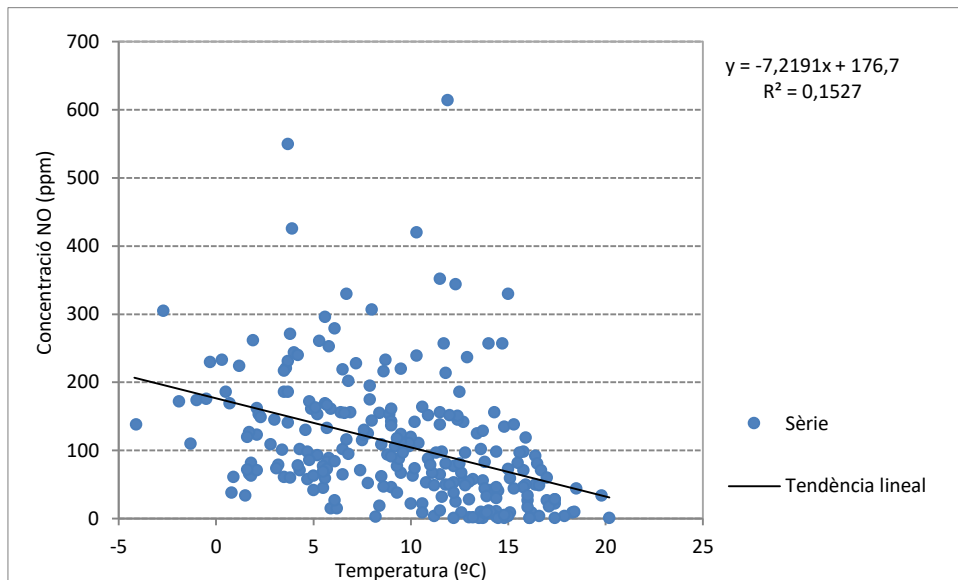


Figura 5.101 Gràfica de regressió entre la concentració de diòxid de nitrogen (NO) a Sarrià de Ter i la temperatura mínima de Girona-Francesc Roges. Tardor. Període 1998-2002.

5.6 L'illa de frescor urbana diürna

L'objectiu d'aquest subcapítol és analitzar el fenomen de l'illa de frescor urbana diürna a través del mètode dels transsectes tèrmics, recorreguts realitzats de forma pedestre, en gran part, i alguns amb automòbil que permeten realitzar una radiografia tèrmica de la ciutat de Girona i les seves rodalies al migdia. L'illa de frescor urbana diürna (IFUD) consisteix en un fenomen invers de l'illa de calor urbana nocturna, així la ciutat és més freda que els afores durant el migdia. La principal causa que explica aquesta anomalia tèrmica és la geometria urbana en canyons que implica un menor factor de visió del cel (SVF, *Sky View Factor*) en els canyons urbans (carrers) que a les àrees rurals que envolten la ciutat, per la qual cosa els carrers de la ciutat reben menys insolació i no s'escalfen tant com els afores durant el dia. L'illa de frescor urbana gironina és més intensa durant l'hivern respecte l'estiu. A les ciutats de Girona i Salt no només hem

trobat una illa de frescor diürna, sinó també una illa de calor diürna als carrers amb major SVF i més oberts, i preferentment amb orientació est-oest, com és el cas del Passeig dels Països Catalans (Salt) i el carrer de Santa Eugènia i el Passeig d'Olot (Girona) i L'àrea urbana més freda als migdies és el Barri Vell de Girona mentre que la part nova de la ciutat presenta una menor IFUD, com a conseqüència d'uns majors SVF i calor antropogènica emesa. La màxima IFUD s'observa quan tenim anticicló, cel serè i poc vent, en alguns migdies l'IFUD pot ser inferior a -5°C . Tanmateix amb onades de calor a l'estiu s'ha observat una IFUD compresa entre -2°C i -4°C . D'altra banda a l'estiu s'observa una illa de frescor als parcs urbans, com la Devesa de Girona, o en arbredes als afores de la ciutat, com les Deveses de Salt.

Els parcs urbans com el de la Devesa de Girona o el de les Deveses de Salt són oasis de frescor, la temperatura als migdies d'estiu és clarament inferior als dels centres urbans de Girona i Salt. No obstant l'estació meteorològica ubicada al parc del Migdia (Girona-AEMET) té una de les temperatures mitjanes de les màximes més elevades de l'àrea urbana ($23,0^{\circ}\text{C}$ en el període 2010-2020), com a conseqüència de la seva posició perifèrica dins del parc i la poca extensió d'arbrat en aquest parc situat al centre urbà de Girona.

L'illa de frescor urbana diürna consisteix en un fenomen invers a l'illa de calor urbana nocturna, així la ciutat és més freda que els afores durant el migdia. La principal causa que explica aquesta anomalia tèrmica és per la geometria urbana en canyons que implica un menor factor de visió del cel (SVF) en els canyons urbans que a les àrees rurals que envolten la ciutat, per la qual cosa els carrers de la ciutat reben menys insolació i no s'escalfen tant com els afores durant el dia. L'illa de frescor urbana és particularment intensa en ciutats amb carrers estrets, per exemple les urbs nord-africanes, on s'observa una temperatura fisiològica equivalent (PET) entre 6°C i 10°C inferior al centre urbà respecte els afores. L'illa de frescor urbana gironina és més intensa durant l'hivern respecte l'estiu, ja que a l'hivern el sol està més baix i alguns carrers del Barri Vell no reben insolació durant varis mesos seguits. Quan tenim anticicló i poc vent l'illa de frescor urbana hivernal es reforça, i en alguns migdies la intensitat de l'illa de frescor al Barri Vell pot ser inferior a -5°C respecte els voltants de la ciutat (posar exemple dels dies amb illa de frescor urbana). Tanmateix amb onades de calor a l'estiu també s'ha enregistrat un mínim important tèrmic al Barri Vell, amb una illa de frescor urbana en aquesta àrea compresa entre -2°C i -4°C . En els carrers de la part nova de la ciutat s'observa un dipol tèrmic en les vies urbanes amb orientació oest-est amb SVF superior a 0,4 entre la part nord del carrer (més càlida ja que és assolellada) i la part sud (més freda ja que és ombrívola).

Com a referència, s'observa una illa de frescor urbana de $-4,5^{\circ}\text{C}$ en els parcs urbans a Londrina Paraná, Barsil) en comparació de les àrees amb vegetació dels voltants (MENDONÇA, 2009), especialment durant la collita de l'estiu, quan el terreny dels voltants és nu i sec. En aquesta ciutat hi ha simultàniament una illa de frescor (zones verdes de la ciutat afectades per l'efecte urbà i efecte oasis) i illa de calor en les zones mineralitzades i sota la concentració de les activitats urbanes. Segons MENDONÇA la formació de les illes de calor urbanes i illes de frescor està controlada fortament pel calendari agrícola (inèrcia tèrmica del terra); l'illa de frescor es forma quan el terra és despullada (collita anual) i l'illa de calor urbana quan està cobert pels cultius.

Les ciutats de Dubai i Abu Dhabi són illes de frescor urbana superficials en relació als seus medis desèrtics secs. La ciutat d'Abu Dhabi mostra temperatures superficials similars a les àrees de manglar (FREY, 2012).

Les ciutats situades en deserts tenen una illa de frescor urbana intensa durant el migdia com a conseqüència de la quantitat de vegetació elevada en el centre urbà que s'escalfa menys que els voltants desèrtics sorrencs de la ciutat, que s'escalfen molt més, això s'observa en la temperatura superficial. En canvi durant la nit es torna a formar l'illa de calor urbana. El gradient de la vegetació és confirmat per l'anàlisi de NDVI, amb quantitats significatives d'àrees verdes en la zona central (LAZZARINI et al., 2009)

L'illa de frescor urbana diürna (*cool urban heat island*) consisteix en un fenomen invers a l'illa de calor urbana nocturna, així la ciutat és més freda que els afores durant el migdia. La principal causa que explica aquesta anomalia tèrmica és per la geometria urbana en canyons que implica un menor factor de visió del cel (SVF) en els canyons urbans que a les àrees rurals que envolten la ciutat, per la qual cosa els carrers de la ciutat reben menys insolació i no s'escalfen tant com els afores durant el dia. L'illa de frescor urbana és particularment intensa en ciutats amb carrers estrets, per exemple les urbs nord-africanes, on s'observa una temperatura fisiològica equivalent (PET) entre 6° i 10° inferior al centre urbà respecte els afores. L'illa de frescor urbana gironina és més intensa durant l'hivern respecte l'estiu, ja que a l'hivern el sol està més baix i alguns carrers del Barri Vell no reben insolació durant varis mesos seguits. Quan tenim anticicló i poc vent l'illa de frescor urbana hivernal es reforça, i en alguns migdies la intensitat de l'illa de frescor al Barri Vell pot ser inferior a -5°C respecte els voltants de la ciutat (posar exemple dels dies amb illa de frescor urbana). Tanmateix amb onades de calor a l'estiu també s'ha enregistrat un mínim important tèrmic al Barri Vell, amb una illa de frescor urbana en aquesta àrea compresa entre -2° i -4°. En els carrers de la part nova de la ciutat s'observa un dipol tèrmic en les vies urbanes amb orientació oest-est amb SVF superior a 0,4 ¿ entre la part nord del carrer (més càlida ja que és assolada) i la part sud (més freda ja que és ombrívola).

S'observa una illa de frescor urbana de -4,5° en els parcs urbans a Londrina en comparació de les àrees amb vegetació dels voltants (MENDONÇA, 2009), especialment durant la collita de l'estiu, quan el terreny dels voltants és nu i sec. En aquesta ciutat hi ha simultàniament una illa de frescor (zones verdes de la ciutat afectades per l'efecte urbà i efecte oasis) i illa de calor en les zones mineralitzades i sota la concentració de les activitats urbanes. Segons MENDONÇA la formació de les illes de calor urbanes i illes de frescor està controlada fortament pel calendari agrícola (inèrcia tèrmica del terra); l'illa de frescor es forma quan el terra és despullada (collita anual) i l'illa de calor urbana quan està cobert pels cultius.

Les ciutats de Dubai i Abu Dhabi són illes de frescor urbana superficials en relació als seus medis desèrtics secs. La ciutat d'Abu Dhabi mostra temperatures superficials similars a les àrees de mangrove i mud (Frey, 2004).

La ciutat de Girona presenta una illa de frescor urbana que pot ser entre fresca, moderada o intensa durant els matins i migdies de totes les estacions de l'any si es compleixen certes condicions atmosfèriques, cels serens, vents fluixos o encalmats, forta amplitud tèrmica diària i baixa humitat relativa. Si considerem el mètode dels transectes s'han observat illes de frescor diürnes intraurbanes de 8,9°C, i si

comparem la temperatura de la ciutat amb els afores, fins i tot han superat els 10,1°C. A l'annex podem observar com les temperatures màximes de l'observatori de Salt-Barri Vell poden ser entre 10° i 11°C més baixes alguns dies d'hivern i tardor en comparació amb altres observatoris propers del municipi de Salt. En aquest cas d'illa de frescor excepcional d'un observatori meteorològic, que es dona també en altres estacions, tals com Girona-Francesc Roges, la causa de les baixes temperatures diürnes és la manca d'insolació, especialment quan el sol està baix. S'ha de remarcar però que l'àrea afectada per intenses illes de frescor urbanes tant pel cas d'observatoris meteorològics com pel cas dels transsectes és relativament reduïda. Així, pel cas de l'observatori de Salt-Barri Vell l'àrea afectada per la temperatura màxima no arriba ni a una dècima part d'una hectàrea, ja que és un jardí particular. Hem realitzat transsectes tèrmics prop de l'observatori de Salt-Barri Vell i l'illa de frescor és molt reduïda al Barri Vell de Salt en els carrers adjacents a l'estació, al voltant d'1-2°C, en canvi és més intensa a l'Eixample de Salt, amb edificis més elevats, on l'IFUD pot assolir els 3-4°C en alguns migdies hivernals. En el cas del Barri Vell de Girona no hi ha una homogeneïtat tèrmica a tots els carrers, com s'observa en els mapes tèrmics diürns que hi ha en aquest subcapítol, tot i que és la superfície urbana més extensa amb baixes temperatures de tota l'àrea d'estudi. L'illa de frescor urbana ha estat documentada en altres ciutats (PÉREZ *et al.*, 2003, YANG *et al.*, 2016) i està provocada per la singular geometria urbana, amb carrers estrets i edificis alts, la qual cosa impedeix l'arribada de la radiació solar directa en alguns carrers, sobretot al Barri Vell de la ciutat on hi ha el nucli principal de l'illa de frescor. El Barri Vell de Girona és la part de la ciutat de Girona més freda en els transsectes de tot l'any, hem de remarcar però que a l'estiu s'observa una illa de frescor diürna extraurbana a les zones arbrades dels voltants de la ciutat de Girona (Devesa de Girona, Deveses de Salt, vall de Sant Daniel) que en alguns dies ha superat els 6°C. A l'observatori de l'AEMET de Girona situat al Parc del migdia no s'observa una illa de frescor urbana diürna, fins i tot les temperatures màximes són més elevades que en altres observatoris propers. No obstant en alguns transsectes nocturns hem observat una illa de frescor molt feble en aquest parc, que en cap cas ha assolit els 3,0°C. L'illa de frescor urbana diürna no té res a veure amb l'illa de frescor estiuenca dels parcs, sobretot el de les Deveses de Salt, ja que té un origen antropogènic, per efecte de les ombres dels edificis, mentre que l'ambient més fresc dels parcs i arbredes dels voltants de la ciutat de Girona s'explica pel microclima natural més fresc de les zones verdes amb arbres elevats durant l'estiu com a conseqüència de l'evapotranspiració de les fulles. Amb ambient sec i temperatures elevades l'illa de frescor de les arbredes és més intens, per tant és a l'estiu quan les arbredes tenen el major efecte refrigerant. A l'hivern les temperatures de les arbredes són idèntiques o fins i tot més elevades que en algunes parts ombrejades de la ciutat, ja que com són boscos de fulla caduca la radiació solar penetra fins a la superfície, provocant temperatures molt semblants als camps que les rodegen (Hortes de Santa Eugènia o de Salt). Tot i això ambdues illes de frescor tenen un punt en comú, es produeixen per la menor arribada de radiació solar directa a la superfície.

El microclima del Barri Vell de Girona segurament té relació amb la geometria urbana, ja que el factor de visió del cel que és molt baix, entre 0,00 (hi han carrers que no es veu el cel, són galeries) i 0,35. Aquest SVF és més baix que al Barri Vell de Salt, per això l'efecte d'illa de frescor urbana dels carrers del Barri Vell de Girona és molt més

intens que als carrers del Barri Vell de Salt. Hem de tenir en compte que al Barri Vell els carrers són molt més estrets que a la part nova de Girona, en alguns casos no arriben a 3 metres d'amplada. En aquests carrers la insolació rebuda per la superfície és molt minsa a l'hivern, precisament pel baix factor de visió del cel, que en alguns carrers és inferior a 0,10, essent el SVF de 0,08 a la travessia Auriga.

La zona nova de Girona i Salt han estat construïdes al segle XX quan ja s'ha introduït l'automòbil i la planificació s'ha realitzat en funció d'aquest factor, i per tant els carrers són més amples, afavorint que arribi més radiació solar al pal·li urbà, hi ha més insolació als carrers. La intensitat de l'illa de calor presenta una correlació acceptable, 0,68, en relació al factor de visió del cel. Les temperatures oscil·len al llarg del transsecte en funció del factor de visió del cel, essent més elevades en els carrers més amples i assolellats, preferentment les vies amb orientació est-oest, mentre que les temperatures són més baixes en els carrers més estrets amb orientació nord-sud. Dins del terme municipal de Salt cal remarcar una illa de frescor de 2,4°C a la Plaça de Catalunya, on trobem una temperatura més baixa tot i estar en una plaça, ja que el transsecte segueix a la part meridional on l'ombra dels edificis provoca una temperatura més baixa.

A l'estiu i a la primavera l'efecte de l'illa de frescor urbana es manté força elevada durant els episodis càlids. Així durant les onades de calor la intensitat de l'illa de frescor pot superar els 5°C. Així els carrers de l'Eixample presenten temperatures força elevades, amb temperatures properes a 40°C, valors similars a les estacions meteorològiques, mentre aquestes temperatures contrasten amb les assolides al Barri Vell de Girona, que són inferiors a 35°C. A l'estiu hem de remarcar que es forma una cèl·lula de frescor a les Deveses de Salt. Així el parc de les Deveses té temperatures més baixes durant el migdia i la tarda dels dies assolellats, com a conseqüència de dos factors, l'efecte d'ombra dels arbres, i l'elevada evapotranspiració dels vegetals.

Hem calculat la temperatura mitjana dels punts d'observació dels transsectes del migdia a l'hivern 2011-2012. S'observa una important illa de frescor al Barri Vell de Girona, amb temperatures entre 4 i 5°C més baixes que als punts més càlids de les ciutats de Girona i Salt. També hem de remarcar l'asimetria tèrmica dels carrers de Girona, així als transsectes estiuencs hem observat diferències tèrmiques de fins a 2°C entre la part assolellada del carrer (més càlida) i la zona obaga de la via urbana (més fresca).

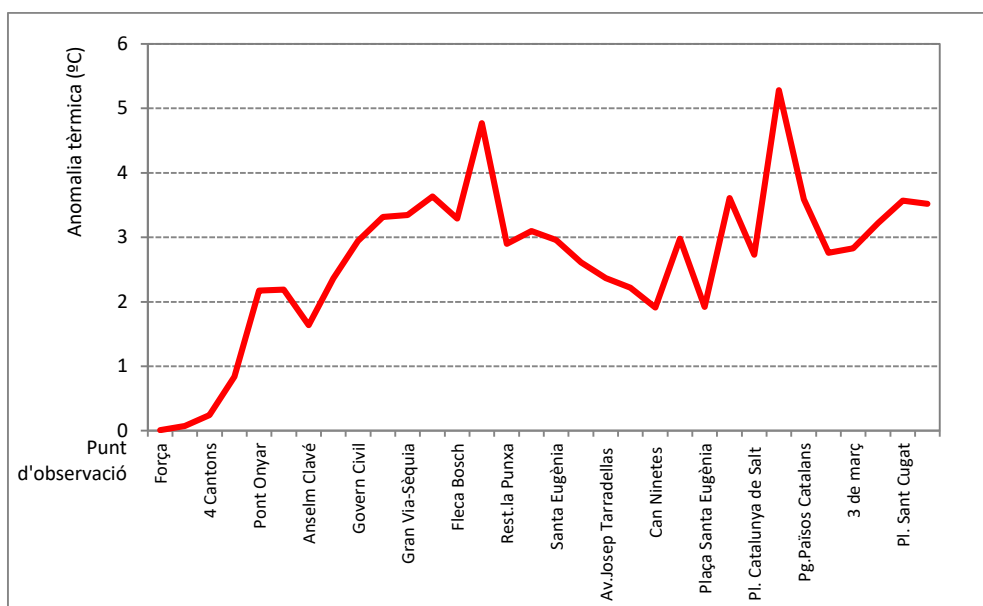


Figura 5.102 Anomalies mitjana de temperatura dels transsectes del migdia. Hivern 2011-2012. Transsecte Girona-Salt.

El punt més fred és el carrer de la Força amb 0°C, al Barri Vell de Girona. L'escassa insolació d'aquest carrer impedeix que la temperatura pugui pujar als migdies d'hivern. Tenim una intensa illa de frescor a la part antiga de Girona amb 3,5°C menys que l'estació meteorològica de referència de la Plaça Sant Cugat de Salt. D'altra banda el màxim tèrmic de la ciutat de Girona el tenim a la Farinera, amb 4,8°C. També tenim un màxim secundari a la Plaça Marquès de Camps, amb 3,6°C. A Salt el punt d'observació de l'Estació Jove és l'indret més càlid de tot el transsecte, amb 5,3°C. S'ha de remarcar que les variacions tèrmiques no es restringeixen a l'inici entre la part antiga de la ciutat (més freda) i l'Eixample (més càlid), sinó també a la resta del transsecte. Els punts d'observació assolellats tenen temperatures força més elevades que els llocs més ombrejats.

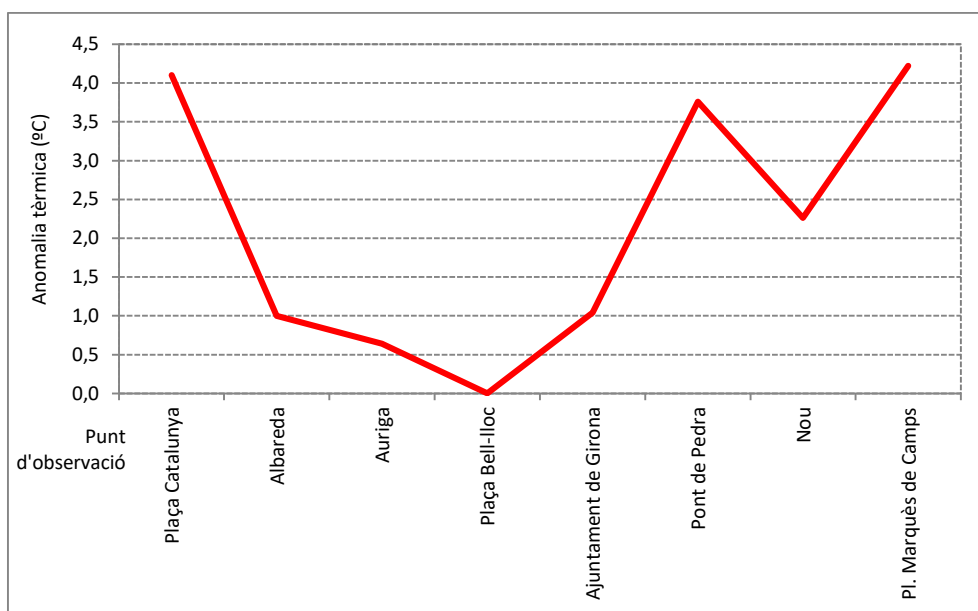


Figura 5.103 Anomalies mitjana de temperatura dels transsectes del migdia. Hivern 2011-2012. Transsecte de la ciutat de Girona. Barri Vell-Eixample.

El lloc més càlid és la Plaça Marquès de Camps, situada a l'Eixample de Girona, amb 4,2°C. La reflexió de la radiació solar de les parets, juntament amb la insolació intensa, afavoreix que les temperatures siguin relativament altes en aquest indret. La Plaça de Catalunya és el segon indret més càlid dels transsectes del migdia, amb 4,1°C, gràcies a l'elevada insolació d'aquest indret que està al cantó del riu Onyar. D'altra banda, el mínim tèrmic està situat a la Plaça Bell-lloc, a l'extrem sud del Barri Vell, amb 0°C. El baix factor visió del cel, 0,18, juntament amb la poca radiació solar que hi arriba a aquesta plaça implica unes temperatures diürnes molt més baixes que els afores de la ciutat i altres carrers de la ciutat de Girona amb un factor de visió més elevat. Tenim un mínim tèrmic secundari al carrer Nou, que és un carrer del barri del Mercadal poc assolat, i per tant amb temperatures diürnes relativament baixes en comparació amb d'altres indrets propers com la Plaça Marquès de Camps.

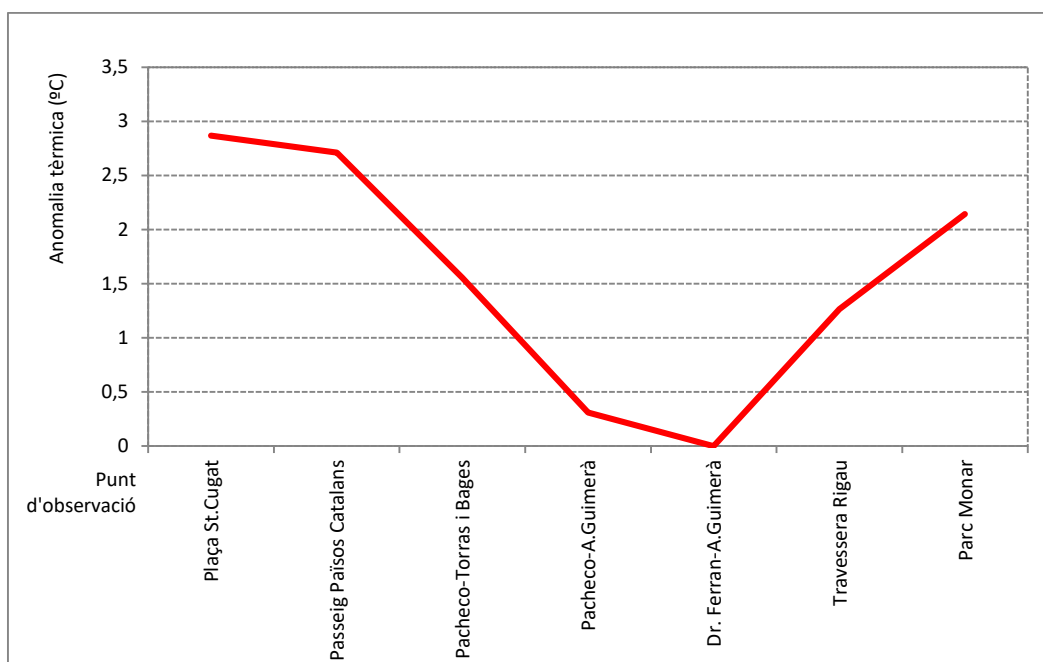


Figura 5.104 Anomalies mitjanes de temperatura dels transectes del migdia. Hivern 2011-2012. Transecte intraurbà de Salt.

L'illa de frescor urbana és moderada a Salt, 2,1°C, és la diferència tèrmica entre l'observatori meteorològic de Salt-XOM i el carrer Àngel Guimerà amb Doctor Ferran. Així el mínim tèrmic és a la cruïlla del carrer Àngel Guimerà amb Doctor Ferran, amb 0°C, Aquest carrer es troba a l'Eixample de Salt, i té un factor de visió del cel força baix, 0,35. La temperatura més elevada és a la Plaça Sant Cugat, 2,9°C, i també tenim un valor tèrmic similar al Passeig dels Països Catalans. L'orientació d'aquest carrer, est-oest, juntament amb l'elevat factor de visió del cel, 0,81, implica que la radiació solar arribi a la superfície del carrer, provocant un increment de la temperatura.

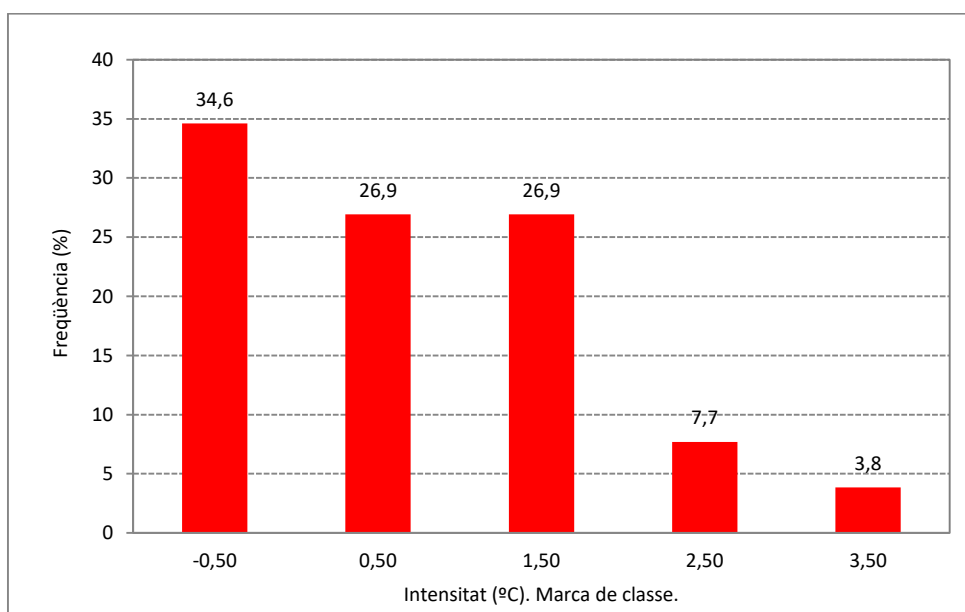


Figura 5.105 Freqüència de la intensitat dels transectes amb una illa de calor positiva al migdia segons la seva intensitat. Període 2011-2012.

part més freda de la ciutat de Girona es situa al Barri Vell, a la Plaça de les Olles, amb una temperatura de 13,0°C, en aquest punt l'illa de frescor és important, 6,5°C. D'altra banda la temperatura no és tan baixa com al Barri Vell, als barris de l'Eixample i Santa Eugènia. Així als carrers ombrejats tenim temperatures al voltant dels 17-18°C, com és el cas de la benzineria de Santa Eugènia (17°C) o 18°C a la Plaça de la Rodona. A Salt tenim el mínim tèrmic a la Plaça de Catalunya de Salt (17,1°C), mentre que a 300 metres tenim l'indret més càlid, amb 19,5°C a l'estació Jove. Com es pot veure a la gràfica les variacions que experimenta temperatura són similars a les del factor de visió del cel, amb valors tèrmics més elevats on els carrers són més amples o el factor de visió del cel és més alt. El recorregut de les 12,20 hores presenta menys illa de frescor, 5,4°C. El màxim tèrmic és a la Plaça de Catalunya, 16,5°C, on la temperatura és elevada ja que hi arriba força radiació solar, mentre el lloc més fred és la Pujada de Sant Domènec, amb 11,0°C. S'ha de remarcar l'important variació tèrmica que trobem al Barri Vell, ja que els carrers més assolellats les temperatures són més altes que als carrers obacs, per exemple, 14°C a la Rambla i 12,4°C a la Plaça del Vi, enfront els esmentats 11°C de la Pujada de Sant Domènec.

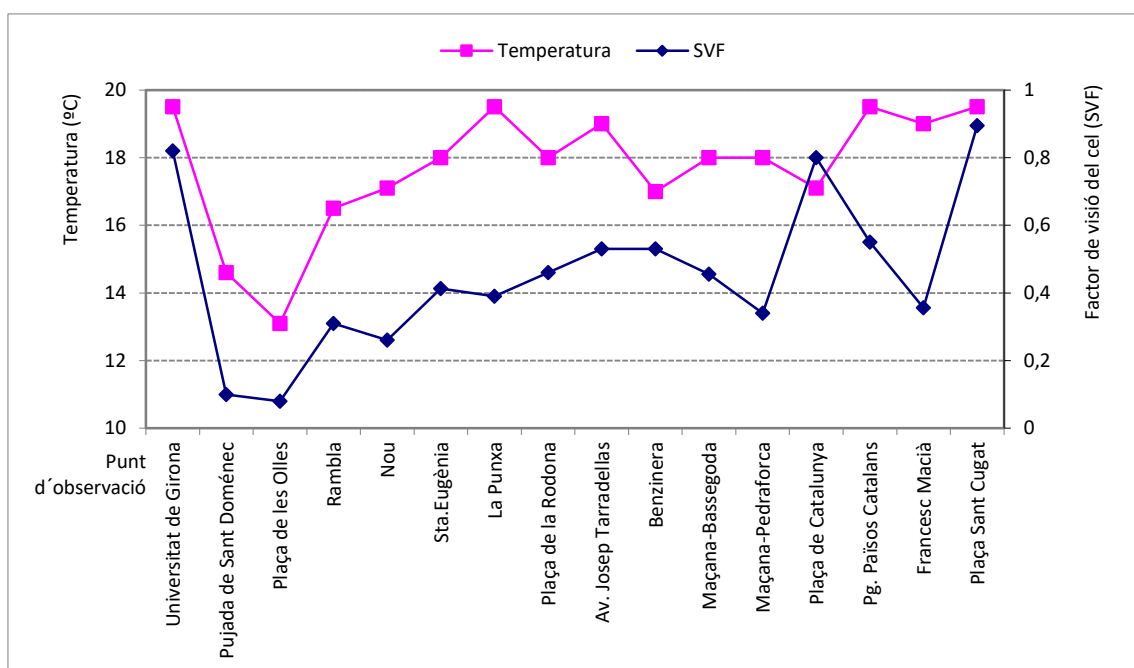


Figura 5.107 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 6 de febrer de 2008. 14 hores. Transsecte Universitat de Girona (Barri Vell)-Plaça Sant Cugat (Salt).

Taula 5.65 Dades meteorològiques del 6 de febrer de 2008. 12,20 hores.

Nuvolositat	1/8 Ci
Vent	S f.1 Beaufort
Situació sinòptica	Anticicló
Pressió	1031 hPa

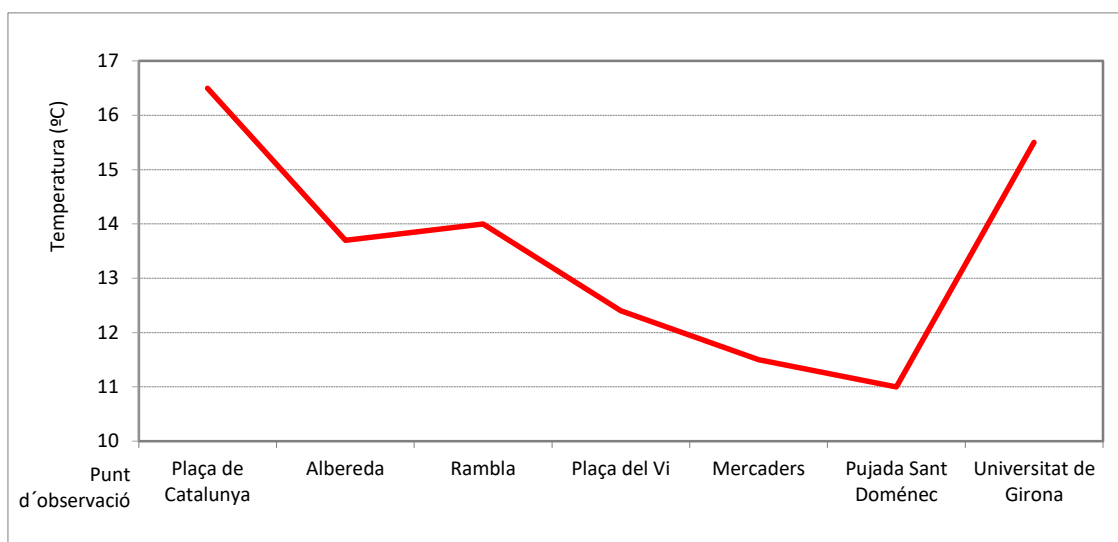


Figura 5.108 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 6 de febrer de 2008. 12:20 hores. Transsecte pel Barri Vell de Girona. Plaça de Catalunya-Universitat de Girona.

Taula 5.66 Dades meteorològiques del 6 de febrer de 2008. 14 hores.

Nuvolositat	1/8 Ci
Vent	S força 1 escala Beaufort
Situació sinòptica	Anticicló
Pressió	1031 hPa

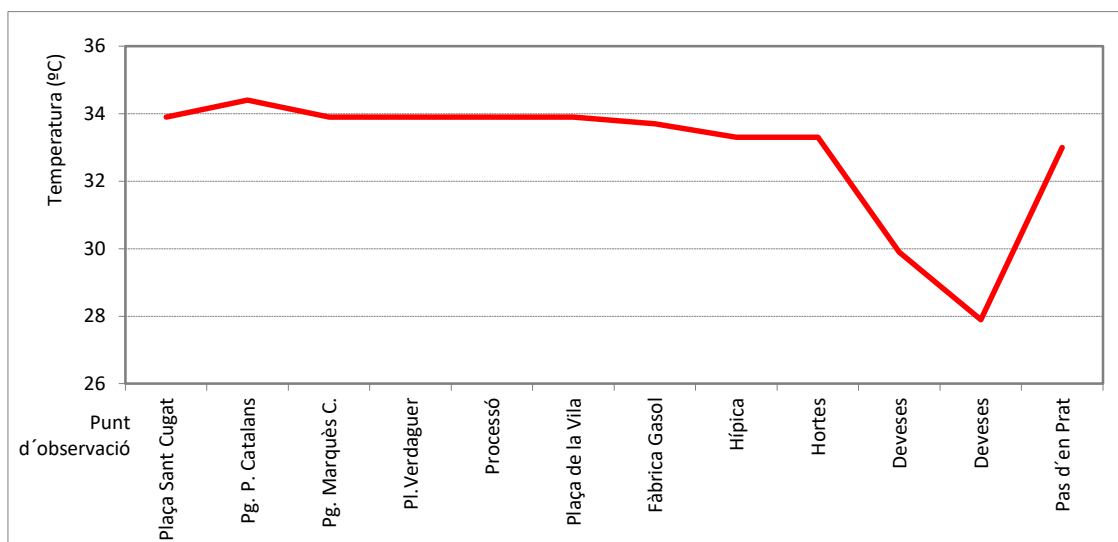


Figura 5.109 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna a les Deveses de Salt. 31 de juliol de 2004. 18:25 hores. Transsecte 5.

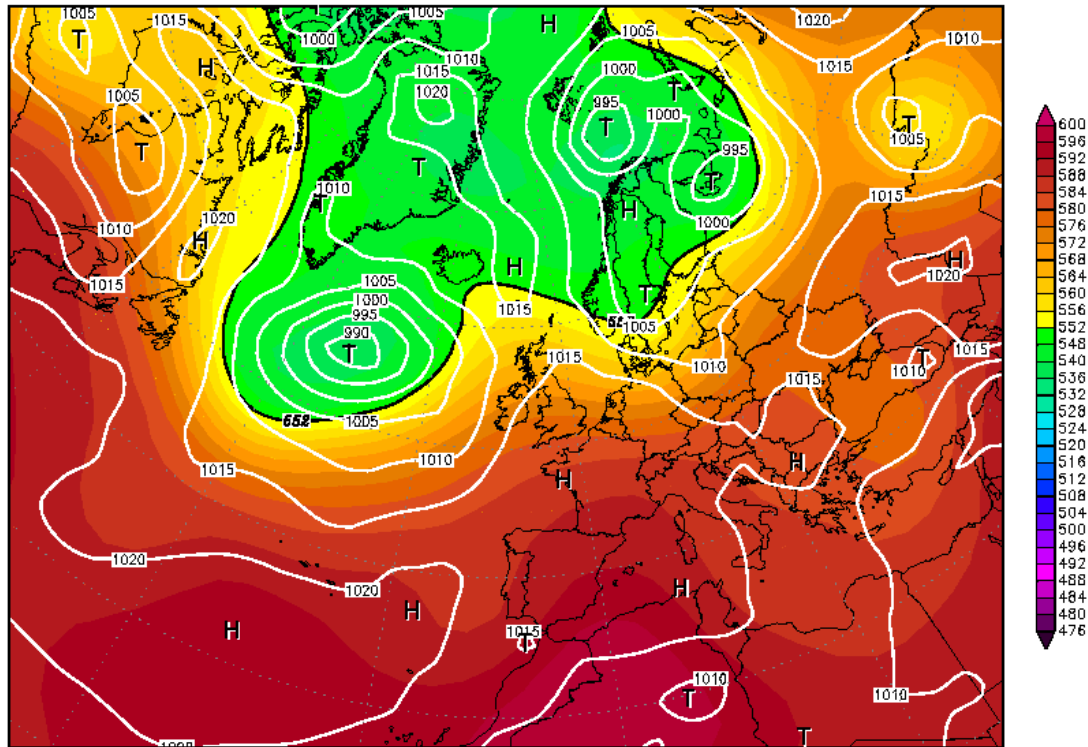
Taula 5.67 Dades meteorològiques del 31 de juliol de 2004. 18,25 hores.

Nuvolositat	1/8 Cu
Vent	S força 2 escala Beaufort
Situació sinòptica	Pantà baromètric
Pressió	1017 hPa

L'illa de frescor de les Deveses de Salt és de 6,5°C a les 18:25 hores del 31 de juliol de 2004. Així vam mesurar una temperatura de 27,9°C a les Deveses en una àrea propera a Els Tres Pins, en canvi al centre de Salt tenien uns 34,4°C al Passeig dels Països Catalans, carrer orientat amb sentit oest-est, i amb un factor de visió del cel de 0, Durant la primavera també es forma una cèl·lula de frescor, si bé és més dèbil que a l'estiu. A l'hivern la radiació solar pot arribar fàcilment fins al terra d'aquest parcs ja que els arbres són de fulla caduca, per tant les temperatures no són menors al migdia respecte l'entorn, així no es forma una illa de frescor diürna hivernal a les

18AUG2009 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.110 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 18 d'agost de 2009. Font: www.wetterzentrale.de

El 18 d'agost de 2009 tenim una situació pantà baromètric. Un anticicló es troba situat a l'Atlàntic, amb nucli al sud-oest de les Illes Açores (30°C N, 33°W). Aquesta alta envia una falca Anticiclònica fins a Europa Occidental. Hi ha una depressió (990 hPa) situada al sud de Groenlàndia, al nord de l'Atlàntic (56°N, 36°W). S'observa una altra depressió a l'Oceà Glacial Àrtic, prop de les Illes Spitzbergen, amb 995 mb. És una situació típica d'estiu, amb l'anticicló subtropical en nivells troposfèrics mitjans i alts en latituds mitjanes-baixes i subtropicals, i amb el pas de depressions en latituds elevades. El geopotencial és de 5890 metres. Tenim una advecció càlida, amb 24°C a 850 hPa.

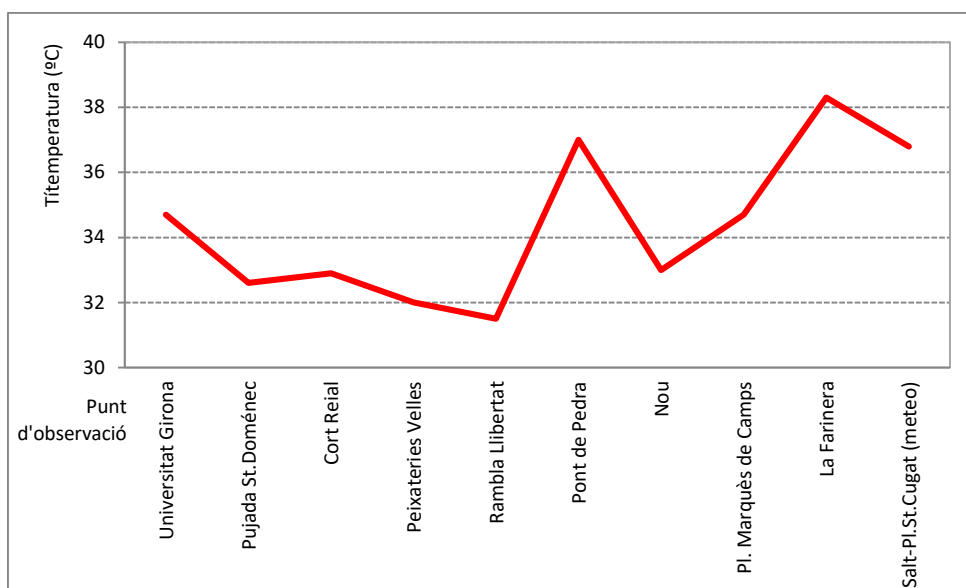


Figura 5.111 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 18 d'agost de 2009. 14:10 hores. Transsecte 9.

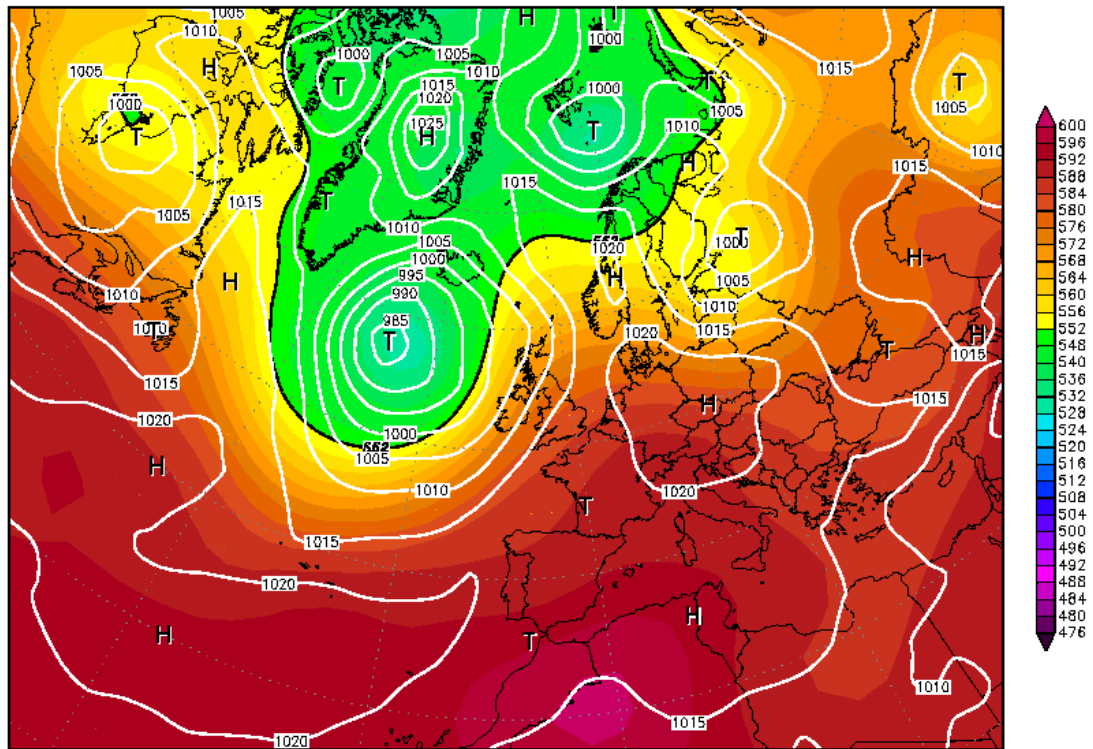
Taula 5.68 Dades meteorològiques del 18 d'agost de 2009.

Pressió	1015 hPa
Situació sinòptica	Pantà baromètric
Vent	SW força 2 escala Beaufort
Nuvolositat	1/8 Cb, Ci

La ciutat de Girona té una important illa de frescor urbana el 18 d'agost 2009, 5,3°C a les 14,10 hores. El mínim tèrmic està situat al Barri Vell, en el sector nord de la Rambla de la Llibertat tenim 31,5°C, mentre l'observatori meteorològic de la Plaça Sant Cugat de Salt enregistra 36,8°C. És molt important d'assenyalar que als indrets assolellats de la ciutat, especialment la part solell dels carrers amb orientació est-oest enregistra temperatures molt elevades, 38,3°C a la Farinera, a la part oriental del carrer Santa Eugènia. Per tant tindriem una illa de calor urbana en aquests carrers on el sol hi incideix directament. Els rius no tenen el mateix rol que a la nit, mentre que en hores nocturnes la temperatura davalla de forma important al voltant del riu Onyar en aquest transsecte la insolació que rep aquest indret provoca una important pujada tèrmica, fins a 37°C.

19AUG2009 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.112 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 19 d'agost de 2009. Font: www.wetterzentrale.de

El 19 d'agost de 2009 la situació atmosfèrica és de pantà baromètric. Tenim una falca anticiclònica que afecta Europa Occidental i Europa Central, amb un anticicló damunt Txèquia (pressió lleugerament superior a 1020 hPa). S'ha de remarcar però que el gradient bàric és molt dèbil damunt el Mediterrani Occidental i la Península Ibèrica. Les depressions circulen al nord de l'àrea anticiclònica, així tenim una borrasca profunda amb pressió inferior a 985 mb al SW d'Islàndia, (57°C N, 32°C W). Hi ha una advecció càlida, ja que el geopotencial és de 5890 metres a 500 hPa, i tenim la isoterma a 850 hPa damunt de Catalunya.

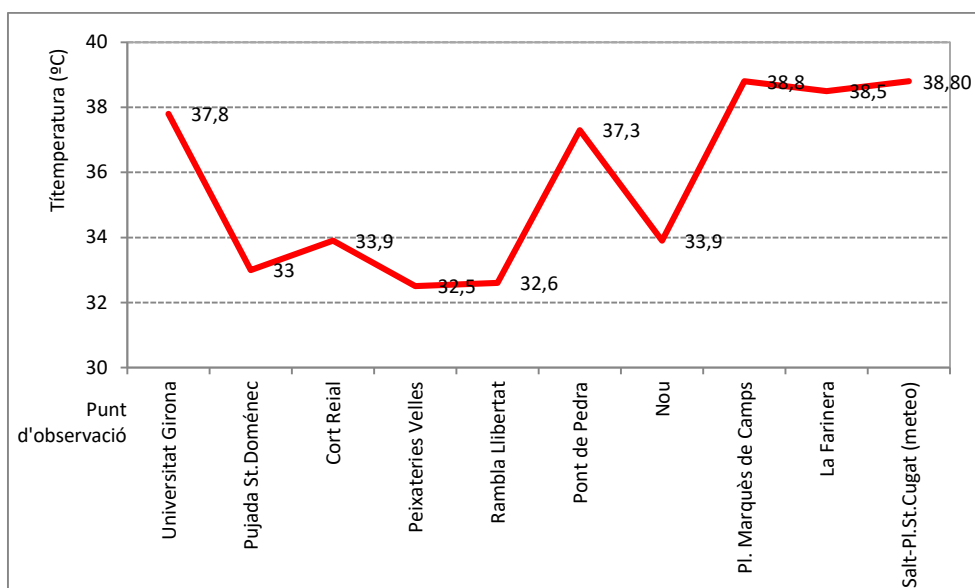


Figura 5.113 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 19 d'agost de 2009. 14:10 hores. Transsecte Universitat de Girona-Plaça Sant Cugat (Salt).

Taula 5.69 Dades meteorològiques del 19 d'agost de 2009. 14,10 hores.

Pressió	1015 hPa
Situació sinòptica	Pantà baromètric
Vent	SW 2
Nuvolositat	1/8 Cu

Les temperatures foren molt elevades durant el 19 d'agost com a conseqüència de l'onada de calor que afectà la ciutat de Girona durant els dies 18-20 d'agost de 2009. La intensitat de l'illa de frescor és de $-6,6^{\circ}\text{C}$ a les 14,10 hores. No obstant el nucli antic de Girona és un refugi per tal de protegir-se de la intensa calor. Així els carrers Peixateries Velles i la Rambla de la Llibertat tenen valors tèrmics al voltant de 32°C ($32,2^{\circ}\text{C}$ el mínim a les Peixateries Velles, $32,3^{\circ}\text{C}$ a la Rambla). El baix factor visió del cel és el principal responsable d'aquestes relativament baixes temperatures, ja que la vegetació consisteix en una filera d'arbres que en el moment de l'observació es troben sota l'ombra dels edificis. S'ha de remarcar que al barri del Mercadal, molt a prop de l'Eixample, tenim carrers obacs relativament frescos, com és el cas del carrer Nou, amb $33,9^{\circ}\text{C}$. No obstant aquest sector nou de la ciutat de Girona té llocs molt càlids, on les temperatures són idèntiques a l'estació meteorològica de Salt-Plaça Sant Cugat, és el cas del carrer Santa Eugènia, davant de la Farinera, on la temperatura és de $38,8^{\circ}\text{C}$.

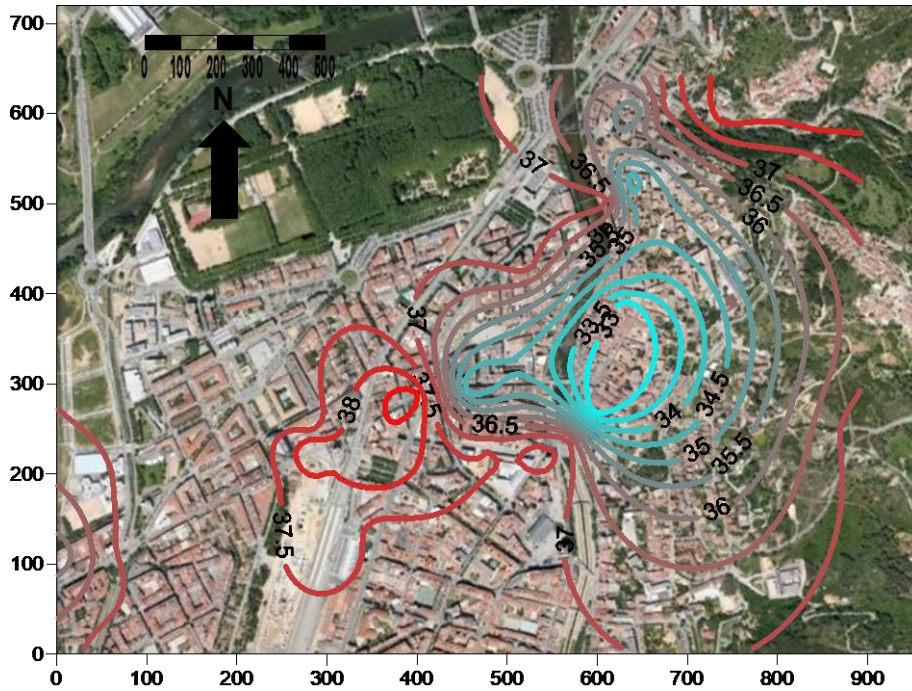
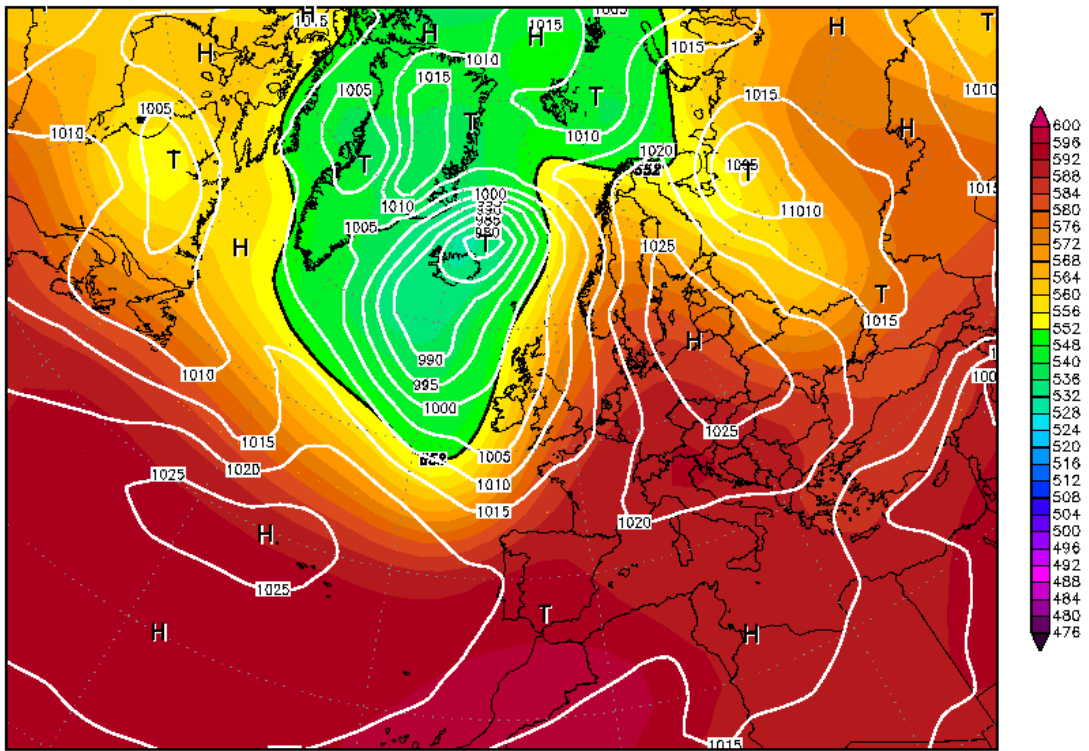


Figura 5.114 Mapa d'isotermes de la ciutat de Girona. 19 d'agost de 2009. 14:10 hores.

S'observa perfectament l'illa de frescor urbana de Girona en el mapa d'isotermes del 19 d'agost de 2009. El mínim tèrmic és al Barri Vell, 32,2°C a les Peixateries Velles, mentre en canvi el màxim tèrmic es dona tant a l'edifici de la Farinera com a la Plaça de Marquès de Camps, amb 38,8°C en els dos punts d'observació. És important d'assenyalar el fort gradient tèrmic entre el barri del Mercadal i el nord de l'Eixample, amb 33,9°C al carrer Nou, i els 38,8°C de la Plaça Marquès de Camps. Hi ha 4,9°C de diferència tèrmica en només 200 metres de distancia, per tant el gradient tèrmic s'acosta a 2,5°C/100 metres. La temperatura també és força elevada a la vall de Sant Daniel, al nord-est de la ciutat de Girona, amb 38,2°C, segons les dades obtingudes pel termochron que hem instal·lat dins l'estació meteorològica en aquest moment del dia.

20AUG2009 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.115 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 20 d'agost de 2009. Font: www.wetterzentrale.de

El mapa isobàric del 20 d'agost de 2009 correspon a una situació sinòptica de pantà baromètric. La pressió és lleugerament superior a la normal, 1017 hPa. El gradient de pressió és molt dèbil damunt de Catalunya i el Mediterrani Occidental. Hi ha un pont anticiclònic entre una alta situada al nord-oest de les Illes Açores i un anticicló situat al nord de Polònia. Hi ha una advecció càlida o onada de calor, arriba a Catalunya la isoterma de 24°C a 850 hPa, amb un geopotencial de 5890 metres a 500 hPa.

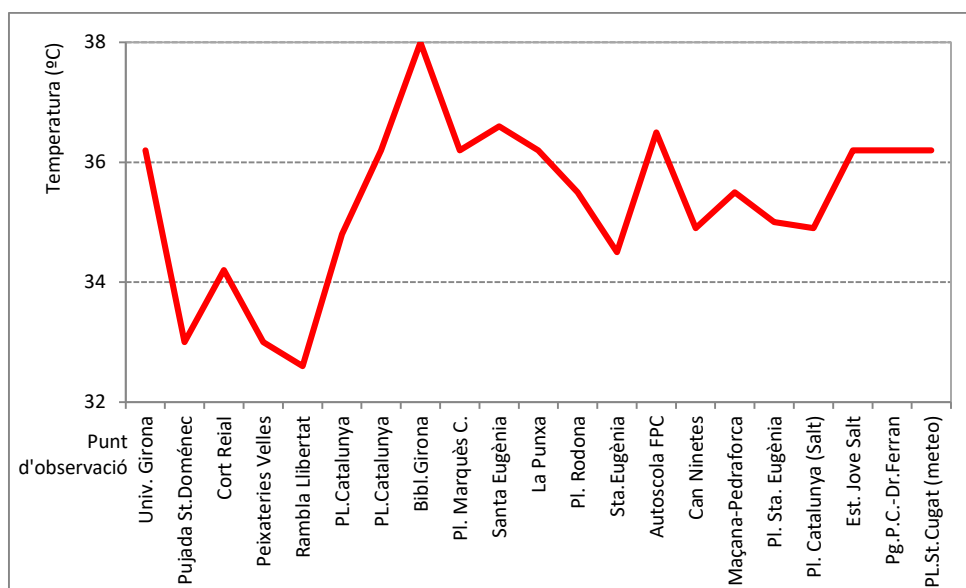


Figura 5.116 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 20 d'agost de 2009. 14:03 hores. Transsecte Universitat de Girona-Plaça Sant Cugat (estació meteorològica).

Taula 5.70 Dades meteorològiques del 20 d'agost de 2009. 14,03 hores.

Pressió	1017 hPa
Situació sinòptica	Pantà baromètric
Vent	SW força 2 escala Beaufort
Nuvolositat	1/8 Cu

En el dia 20 d'agost de 2009 les parts més ombrejades de les ciutats de Girona i Salt tenien una illa de frescor relativament menys important que en els 2 dies anteriors, 3,4°C a les 14,10 hores. Es pot observar com la temperatura assoleix un màxim a la Plaça Pompeu Fabra, a l'altura de la biblioteca de Girona, 38,0°C. Aquesta és una plaça dura on el termòmetre assoleix valors molt elevats. En aquest punt es pot estimar una intensitat màxima de l'illa de calor urbana de 2,0°C a les 14,10 hores, ja que en el mateix moment tenim 36,0°C a l'observatori meteorològic de Salt-Plaça Sant Cugat. D'altra banda el mínim no es troba a gaire distancia (400 metres), al nucli antic de Girona. Així la temperatura més baixa es produeix a l'inici de la Rambla Llibertat (nord del carrer), amb 32,6°C. Aquest indret és força fresc a causa del baix factor visió del cel, mentre que tenim una filera d'arbres que proporcionen una certa ombra. La temperatura és força elevada fora del Barri Vell, fins i tot en els carrers més ombrejats el mercuri no baixa dels 34,5°C (carrer Santa Eugènia, prop de la Plaça Rodona) en el municipi de Girona, i 34,9°C a la Plaça Catalunya de Salt. Els carrers assolellats de Salt i Girona tenen temperatures lleugerament més elevades que l'estació meteorològica de la Plaça Sant Cugat, 36,6°C a l'inici del carrer Santa Eugènia, prop de la Plaça Marquès de Camps o valors idèntics, 36,2°C a l'estació Jove de Salt i a la cruïlla del carrer Doctor Ferran amb el passeig Països Catalans. En els carrers ombrejats el mercuri no baixa dels 34,5°C (carrer Santa Eugènia, prop de la Plaça Rodona) en el municipi de Girona, i 34,9°C a la Plaça Catalunya de Salt. Els carrers assolellats de Salt i Girona tenen temperatures lleugerament més elevades que l'estació meteorològica de la Plaça Sant Cugat, 36,6°C a l'inici del carrer Santa

Eugènia, prop de la Plaça Marquès de Camps o valors idèntics, 36,2°C a l'estació Jove de Salt i a la cruïlla del carrer Doctor Ferran amb el passeig Països Catalans. S'observa una illa de calor urbana de 1,8°C, ja que la temperatura és de 38°C a la Biblioteca de Girona, valor que contrasta amb els 36,2°C de l'estació meteorològica de Salt-Plaça Sant Cugat.

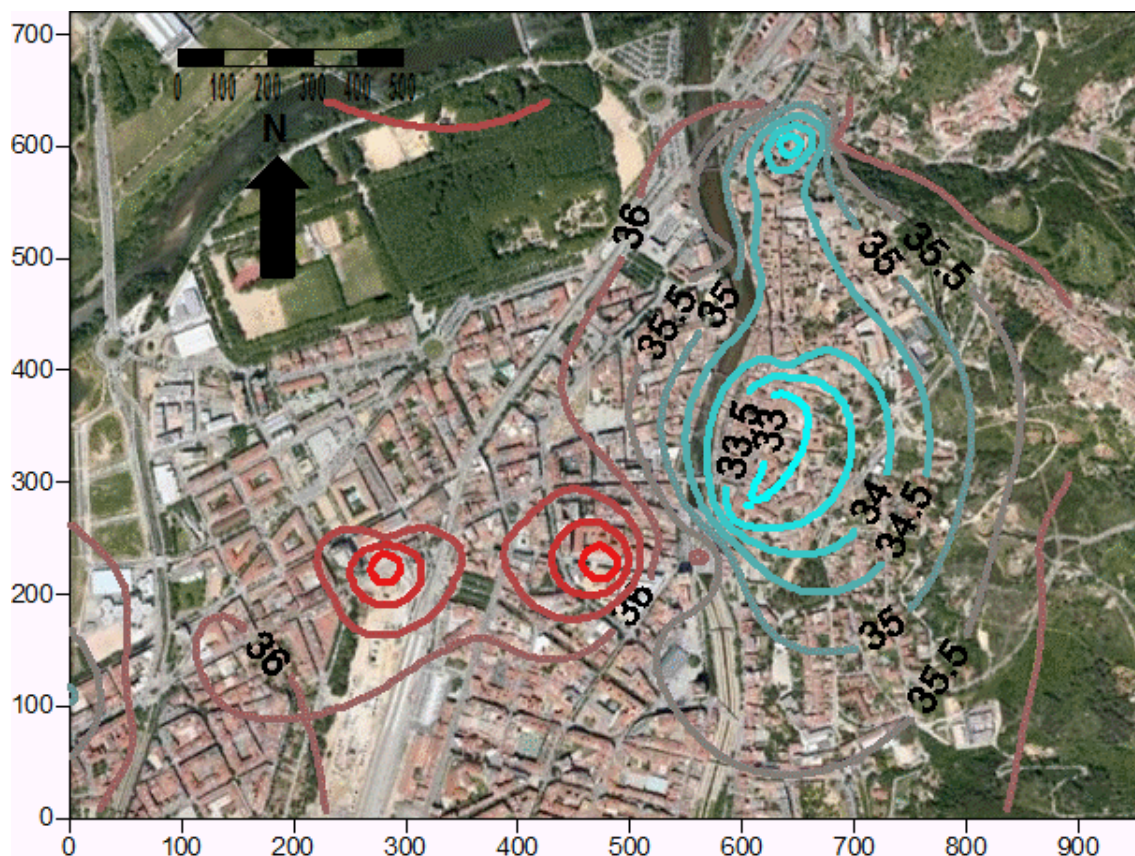
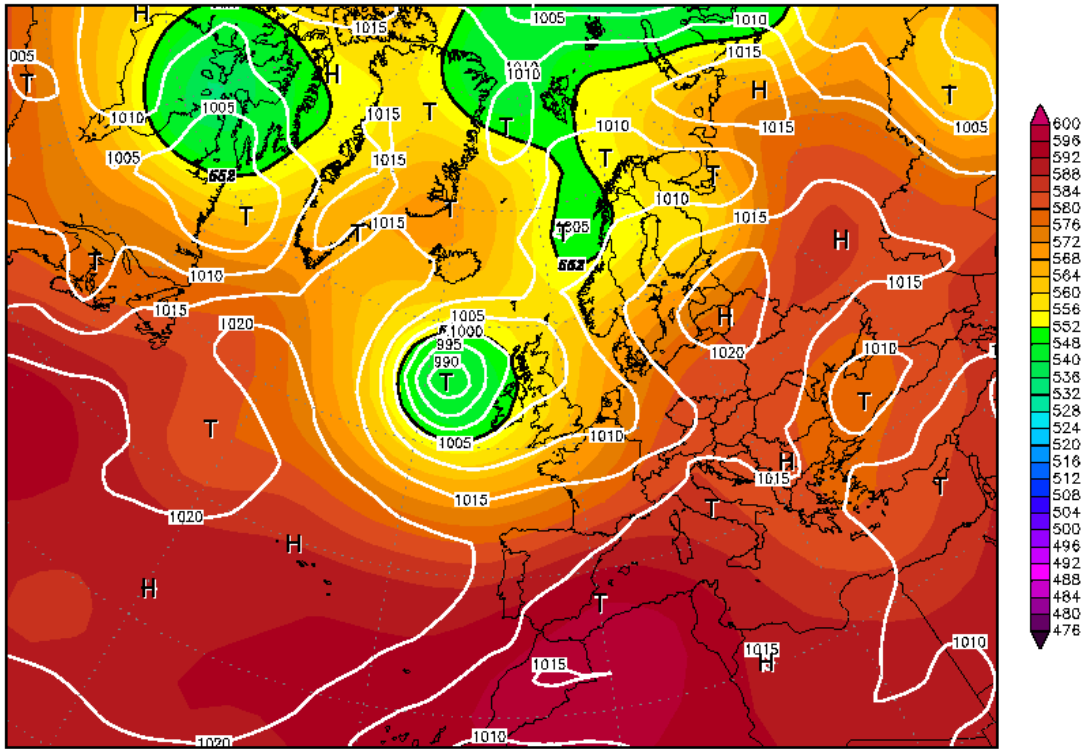


Figura 5.117 Mapa d'isotermes de les 14,30 hores del 20 d'agost de 2009. Font: Elaboració a partir de Google Earth.

02AUG2012 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.118 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 2 d'agost de 2012. Font: www.wetterzentrale.de

La situació sinòptica del 2 d'agost de 2012 es pot definir com a pantà baromètric. Hi ha una àrea extensa d'altres pressions damunt de l'Atlàntic que envia una falca fins al NE d'Europa. Tenim una depressió (990 hPa) situada a l'Atlàntic, prop de l'oest d'Irlanda (55°N, 15°W). El gradient bàric és dèbil a la Península Ibèrica i el Mediterrani Occidental.

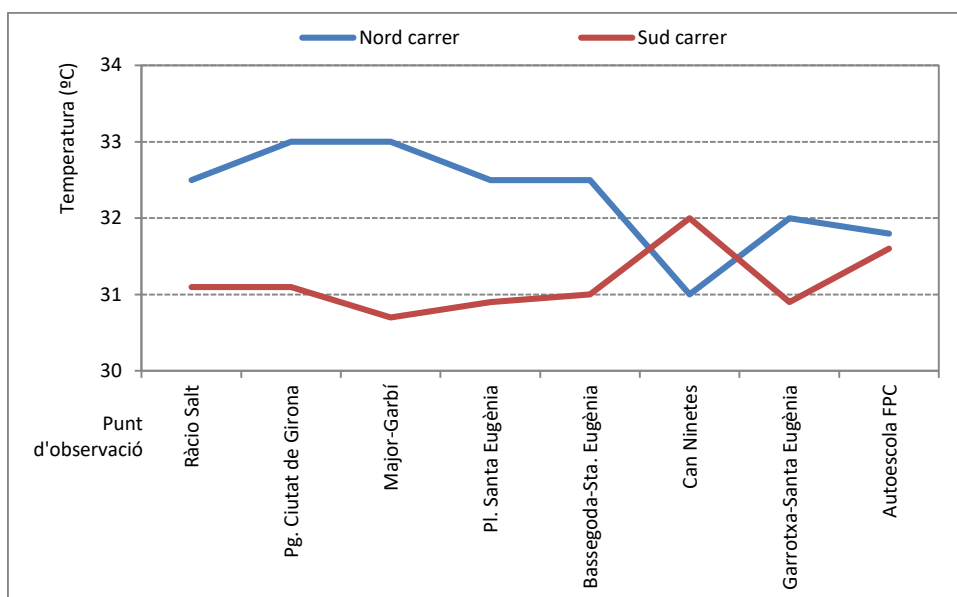


Figura 5.119 Transsecte amb illa de frescor diürna. 2 d'agost de 2012. 16:50 hores. Transsecte Ràdio Salt-Autoescola FPC (barri de Sant Narcís de Girona).

Taula 5.71 Dades meteorològiques del 2 d'agost de 2012. 16,50 hores.

Pressió	1014 hPa
Situació sinòptica	Pantà baromètric
Vent	S 2
Cel	0/8

·El 2 d'agost la intensitat de l'illa de frescor és de $-2,5^{\circ}\text{C}$ a les 16,50 hores. La temperatura dels carrers del municipi de Salt i el barris de Santa Eugènia i de Sant Narcís de Girona varia en funció del lloc que ens trobem dins de la via urbana. Les diferències en la radiació solar rebuda per les superfícies urbanes provoca unes temperatures més elevades a la part nord del carrer (part solell) que a la meitat sud (part obaga). Així el marge nord del carrer la temperatura és entre $1,5^{\circ}\text{C}$ i $2,0^{\circ}\text{C}$ més alta que al marge sud, amb l'excepció de Can Ninetes, així en aquest punt del carrer Santa Eugènia l'orientació nord-oest-sud-est de la via urbana juntament amb la inclinació del sol a les 16,50 hores d'aquest dia d'estiu, que incideix en sentit WSW, provoca unes temperatures més elevades al sud del carrer que a la part nord. S'observa una lleu illa de frescor urbana, $2,5^{\circ}\text{C}$, del punt més fred, Major-Garbí, $30,7^{\circ}\text{C}$, en comparació amb l'estació de Salt-Plaça Sant Cugat, $33,2^{\circ}\text{C}$.

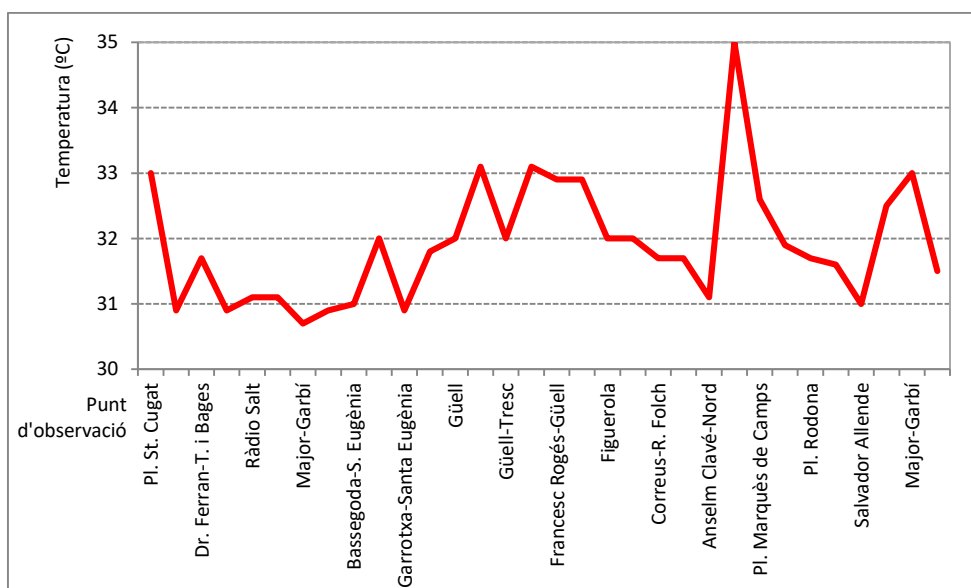


Figura 5.120 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 2 d'agost de 2012. 16:50 hores. Transsecte Plaça Sant Cugat-Girona-Passeig ciutat de Girona (Salt).

El transsecte del 2 d'agost de 2012 ens mostra una illa de frescor en els carrers obacs, però tenim un punt calent del recorregut, la Plaça de la Constitució, on la temperatura és força elevada, 35,0°C, essent 1,8°C superior a l'aire de l'estació més propera, Girona-Bonastruc. Per tant tenim 2°C d'illa de calor localitzada en aquest sector on la insolació és intensa juntament amb el caràcter de plaça dura d'aquest sector, implica unes temperatures més altes que a la resta de les ciutats de Girona i Salt, segons les observacions del nostre transsecte.

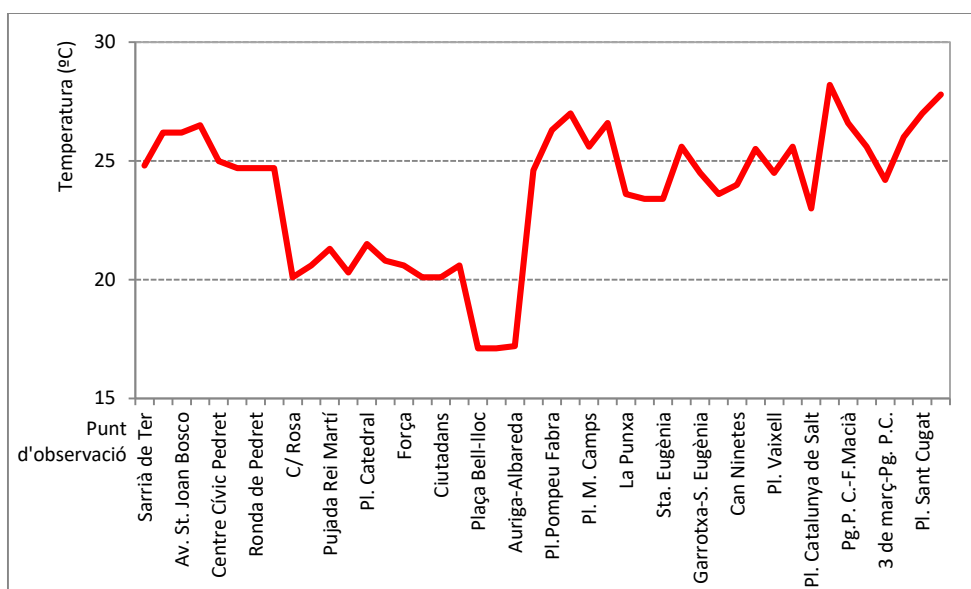


Figura 5.121 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. Sarrià de Ter (carrer Montagut)-Girona-Salt (Plaça Sant Cugat, estació meteorològica). 30 de març de 2012.

Taula 5.72 Dades meteorològiques del 30 de març de 2012. 14 hores.

Pressió	1024 mb
Situació sinòptica	Advecció del nord-est anticiclònica

Vent	S força 1 Beaufort
Nuvolositat	0/8

El recorregut del 30 de març de 2012 és el que presenta l'illa de frescor més exagerada, 10°C. Així la temperatura era de 17,1°C al carrer Auriga a les 14 hores, que es troba al nucli antic de Girona, mentre a l'observatori del parc del Migdia d'AEMET enregistrava 27,1°C. S'ha de remarcar el descens tèrmic d'1,8°C produït per la vegetació en el barri de Pedret, al nord de la ciutat, amb 24,7°C, mentre a la benzinera dels Salesians tenien 26,5°C. Així el tram cobert per una filera d'arbres és més fresc. No obstant també pot influir l'efecte refrescant del riu Ter en aquesta reducció tèrmica, que es troba ben a prop del punt d'observació. És molt significativa la davallada tèrmica quan entrem al barri de Pou Rodó, amb temperatures al voltant de 20-21°C, entre 3 i 4°C més baixes que al barri de Pedret i 6°C més baixes que a l'estació del parc del Migdia. No obstant el mínim es dona al Barri Vell on l'estretor dels carrers impedeix que l'escalfor del sol pugui incrementar gaire la temperatura, amb els 17,1°C esmentats del carrer Auriga, situat uns 100 metres al sud de la plaça del Vi, on s'ubica l'Ajuntament de Girona. El riu Onyar marca una frontera tèrmica molt clara, així a l'oest del riu les temperatures són molt més elevades a la part nova de la ciutat de Girona i a Salt. Així tenim un primer màxim a la plaça de la biblioteca de Girona, amb 27,0°C, mentre que al carrer Santa Eugènia davant de la Farinera tenim un segon pic, amb 26,6°C. Els carrers obacs de l'Eixample són més frescos que els assolellats però amb uns valors tèrmics clarament superiors a la part antiga de la ciutat. Així s'enregistren 23,6°C a la Punxa, situada uns 100 metres a l'oest de la Farinera. La part més càlida de l'àrea urbana és a Salt, amb 28,2°C a l'estació Jove, valor tèrmic 5,2°C més elevat que a la Plaça de Catalunya de Salt, on tenim una important illa de frescor, amb una temperatura de 23,0°C. Les temperatures varien molt en indrets propers. Per exemple tenim 24,6°C a la Plaça de Catalunya, valor tèrmic 7,5°C més elevat que al carrer Auriga, situat a 200 metres a l'est. El carrer més càlid és amb 27°C la Plaça Pompeu Fabra, davant de la biblioteca pública. Un altre punt calent de la ciutat és davant de l'edifici de la Farinera, amb 26,6°C. No obstant un altre punt pròxim de l'Eixample només enregistra 23,6°C, és davant de l'edifici de la Punxa. Al final del transsecte tenim 27,8°C a l'estació meteorològica de la Plaça Sant Cugat, 3,6°C més que a la cruïlla del passeig dels Països Catalans amb el carrer 3 de març. En aquesta via ampla de Salt (Pg. P. Catalans) es produeixen forts contrastos tèrmics entre la part obaga i assolellada del carrer, 4,6°C, que es deuen a la diferent radiació solar rebuda per les superfícies urbanes que provoquen un escalfament diferent de l'aire.

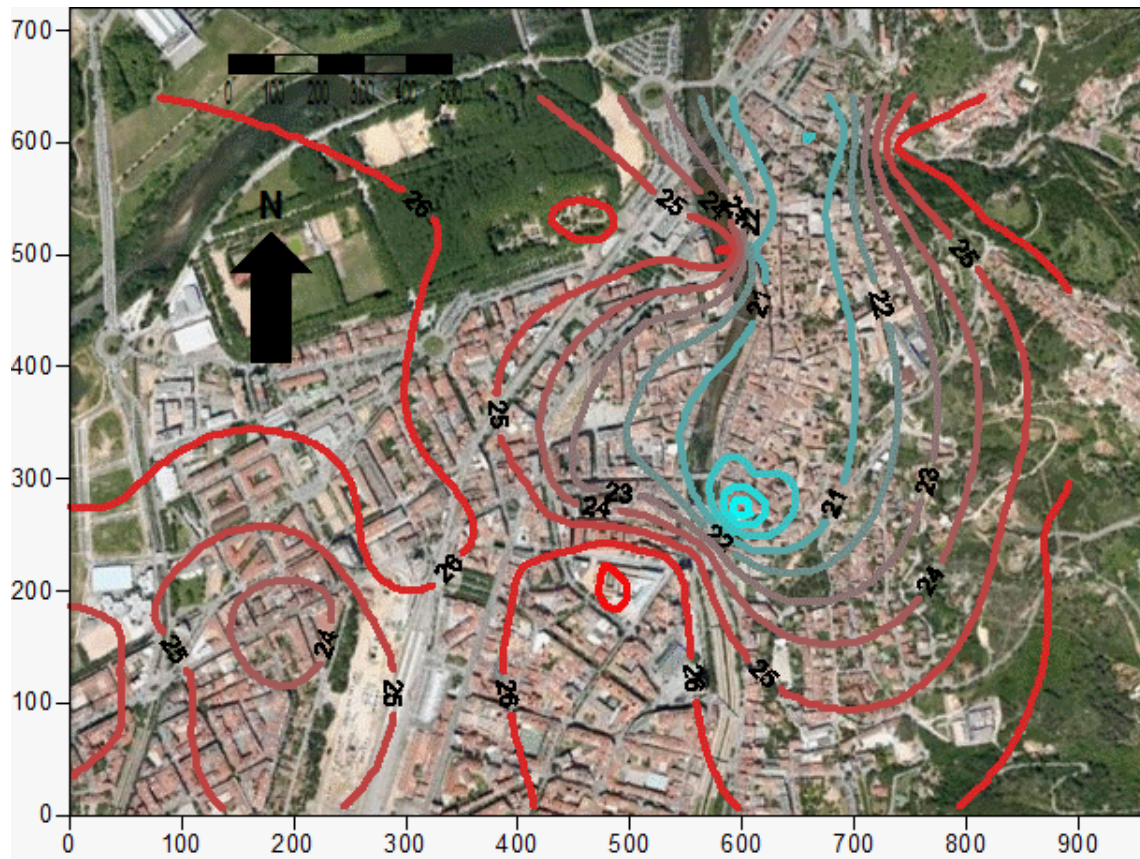
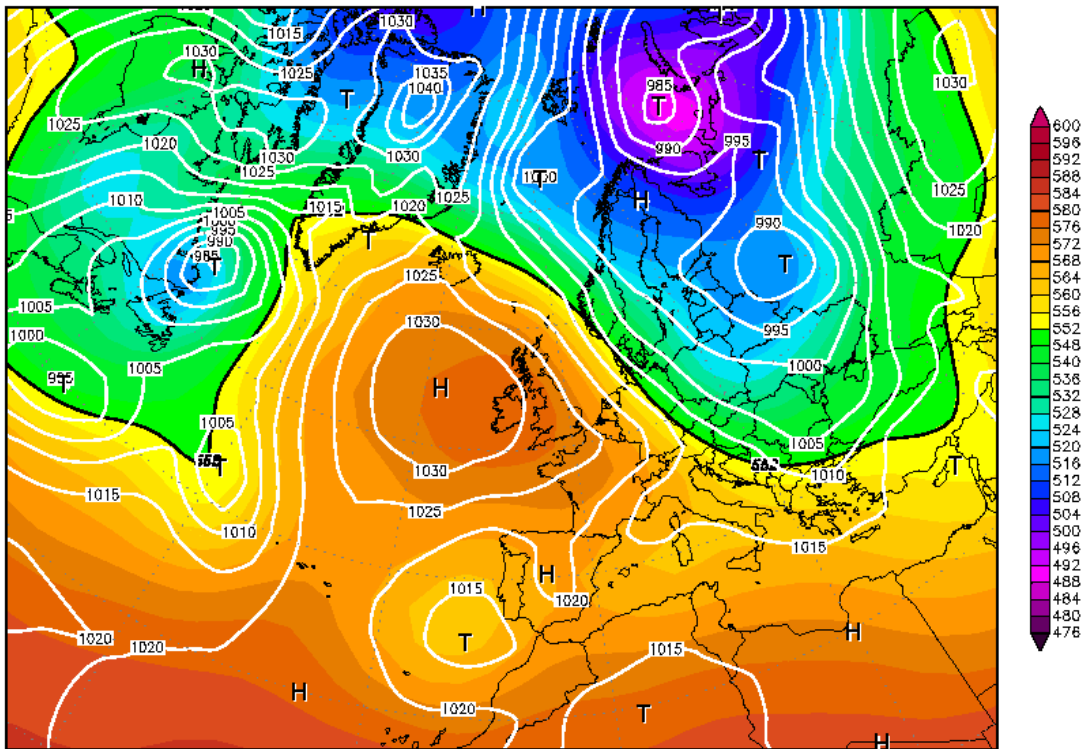


Figura 5.122 Mapa d'isotermes del 30 de març de 2012 a les 14 hores. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth.

30MAR2012 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.123 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 30 de març de 2012. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

La situació sinòptica de les 0 hores solars del 30 de març de 2012 és d'advecció del nord-est. És una configuració típica en omega. Hi ha un anticicló amb nucli a l'oest d'Irlanda situat al nord de la depressió aïllada en nivells alts (DANA) amb pressió superior a 1030 hPa i una depressió centrada a l'oest de Rússia, entre els dos centres d'acció es genera un flux del nord-est que arriba fins a Catalunya. D'altra banda tenim una gota freda o una DANA situada al Golf de Cadis. Es pot parlar de gota freda ja que la pressió atmosfèrica en superfície és molt semblant a l'estàndard, 1013 hPa, però en nivells troposfèrics mitjans (500 hPa) s'observa un embossament fred en el mateix indret que s'ubica la baixa en superfície.

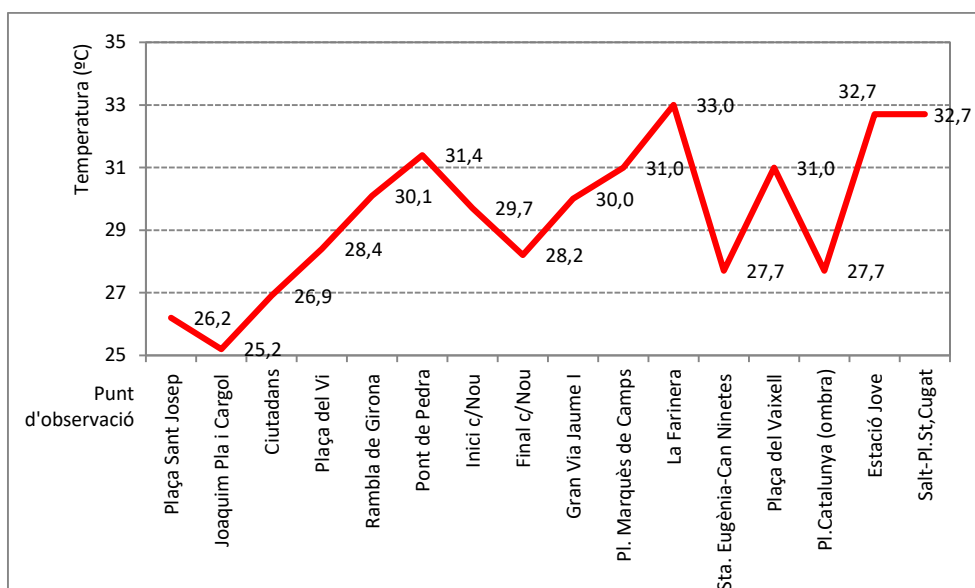
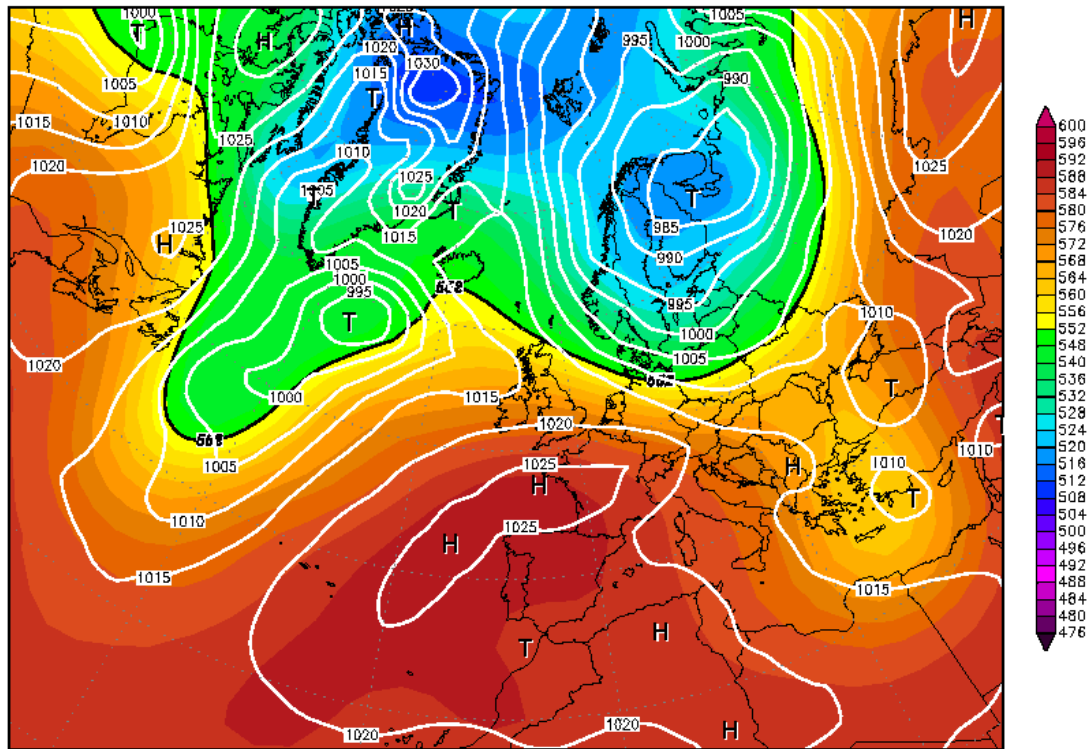


Figura 5.124 Transsecte tèrmic amb illa de frescor diürna. 12 d'octubre de 2011. 14:45 hores. Girona (Barri Vell), Plaça de Sant Josep-Plaça Sant Cugat (Salt).

El 12 d'octubre de 2011 tenim un anticicló damunt del Cantàbric que afecta la Península Ibèrica amb pressions superiors a 1025 hPa al seu nucli. El vent geotròfic és del nord-est damunt de Catalunya, això implicava que la massa d'aire fos molt seca, i per tant que les humitats relatives en superfície fossin molt baixes al migdia a la ciutat de Girona. L'estabilitat atmosfèrica és elevada, tenim un geopotencial molt elevat, 5900 metres a 500 hPa. Hi ha una depressió damunt de Lapònia (985 hPa). Es pot parlar d'una situació amb un índex de circulació alt, amb una advecció càlida en tots els nivells de la troposfera damunt de Catalunya.

12OCT2011 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.125 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 12 d'octubre de 2011. 0 hores solars.
Font: www.wetterzentrale.de

Taula 5.73 Dades meteorològiques del 12 d'octubre de 2011. 14,45 hores.

Pressió	1023 hPa
Situació sinòptica	Anticicló
Vent	SW força 1 escala Beaufort
Nuvolositat	0/8

L'illa de frescor urbana diürna de Girona assoleix unes intensitats molt elevades quan tenim una advecció càlida. Així és el cas del dia 12 d'octubre de 2011 quan la intensitat màxima de l'illa de frescor fou de 7,8°C. Així el punt més fred està al carrer Joaquim Pla i Cargol del Barri Vell de Girona, 25,2°C, mentre l'indret més càlid es troba a la Farinera, al carrer Santa Eugènia (Eixample), amb 33,0°C. S'ha de remarcar que fins i tot fora del Barri Vell s'observa una illa de frescor moderada a la part nova de la ciutat de Girona i al nucli urbà de Salt amb temperatures més baixes als carrers ombrejats que a les vies urbanes assolellades. Aquest és el cas del carrer Santa Eugènia, a davant de can Ninetes amb 27,7°C, o la Plaça Catalunya de Salt amb idèntica temperatura. Els punts d'observació del riu Onyar són un dels punts més càlids del transecte, mentre que a l'estiu succeeix a la inversa quan comparem les màximes d'observatoris propers al riu Onyar (temperatures màximes més baixes) amb estacions meteorològiques més allunyades d'aquest curs fluvial, gràcies a l'efecte refrescant de la marinada. S'ha de remarcar que si considerem la temperatura màxima

de Girona-la vall de Sant Daniel, 34,5°C, l'illa de frescor urbana era de 9,3°C a aquesta hora, per tant, amb una intensitat molt elevada.

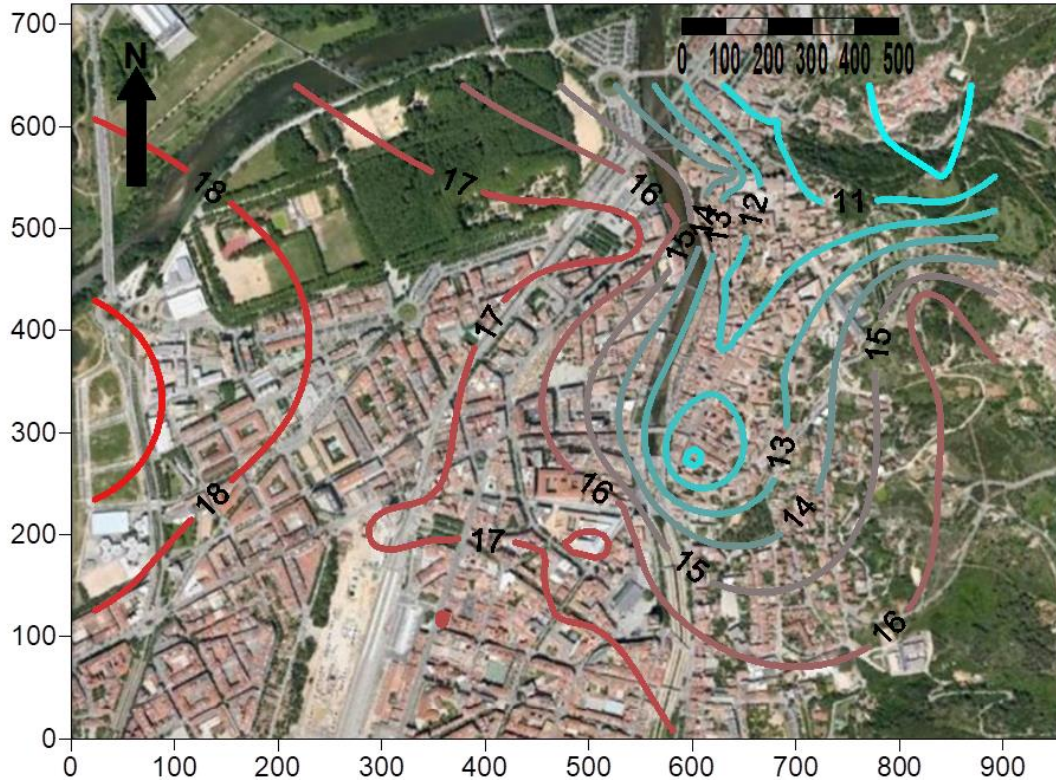


Figura 5.126 Mapa d'isotermes. 17,05 hores. 5 gener de 2013. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth.

Taula 5.74 Dades meteorològiques del 5 de gener de 2013. 17,05 hores.

Pressió	1026 hPa
Situació sinòptica	Anticicló
Vent	Calma
Nuvolositat	1/8 Ci

L'illa de frescor diürna no només es presenta al migdia, sinó que a l'hivern pot presentar-se a finals de la tarda, gairebé al mateix moment que a la posta del sol, com és el cas del dia 5 de gener de 2013. S'observa una forta illa de frescor intraurbana a les 17,05 hores, 8,9°C. Aquesta és la diferència tèrmica intraurbana entre el carrer Joan Maragall (prop de la Plaça Miquel Santaló), amb 18,3°C, a l'Eixample i el carrer Auriga, al Barri Vell, amb 9,4°C. El contrast tèrmic és molt important entre dues àrees rurals, una a l'oest de la ciutat, que es troba fora del mapa (a l'extrem occidental del municipi de Girona, amb 19,4°C a l'observatori rural de les hortes del barri de Santa Eugènia, Girona-SMC) i l'estació meteorològica de Girona-la Vall de Sant Daniel amb 10,0°C a la mateixa hora, que es troba a l'extrem nord-oriental del mapa. L'explicació d'aquest fort contrast tèrmic entre aquestes dues àrees rurals a les 16,38 hores és que

la Vall de Sant Daniel de Girona és una cubeta rodejada de turons, on la temperatura davalla molt ràpidament al solstici d'hivern en dies amb forta amplitud tèrmica. El sol en aquesta època de l'any es pon força més aviat que a la resta de la ciutat, segons les nostres observacions, al voltant de les 15 hores, i per això la temperatura descendeix més ràpidament que en altres indrets rurals de la perifèria de Girona. És important de remarcar la variació tèrmica entre el Portal de Sobreportes del Barri Vell, 14,3°C, i la part baixa de la Torrassa, a la zona oest de la Vall de Sant Daniel, amb 9,8°C. Tenim un important gradient tèrmic intraurbà que és perceptible especialment en les rodalies del riu Onyar on les diferències de la radiació solar que arriba a la superfície són importants al migdia entre el Barri Vell i aquest sector riberenc, així tenim 9,4°C al carrer Auriga les 17,05 hores, i la Plaça de Catalunya amb 13,3°C a les 17,07 hores. D'altra banda a les 16,45 hores tenim 17,4°C a l'Avinguda Ramon Folch, al nord de l'Eixample, per 13,6°C a la Pujada de Sant Feliu, a la part antiga de Girona. El Barri Vell de la ciutat de Girona té una important illa de frescor, les ombres projectades pels edificis en són la causa. La ciutat de Girona presenta dues cares tèrmiques oposades, temperatures suaus a l'Eixample on l'illa de frescor és poc important i valors tèrmics molt baixos al Barri Vell. El riu Onyar és la frontera tèrmica entre els dos sectors.

Taula 5.75 Dades meteorològiques del 25 de gener de 2012. 14 hores.

Nuvolositat	0/8
Vent	S 1
Situació sinòptica	Anticicló
Pressió atmosfèrica	1024 hPa

L'illa de frescor urbana és de 3,9°C a les 14 hores del 25 de gener de 2012. La temperatura més baixa és als carrers Auriga i Força amb 12,4°C, mentre el punt més càlid és la Farinera, al cantó del carrer Santa Eugènia, amb 18,6°C. La temperatura és de 16,3°C a la Plaça Catalunya. Així el barri de l'Eixample és força més càlid que la part vella de la ciutat, com a conseqüència de la major presència d'ombres projectades pels edificis ja que el factor del visió del cel és més alt a l'Eixample respecte el Barri Vell. El nord-est de la ciutat (la vall de Sant Daniel), juntament amb la Devesa de Girona i Torre Gironella són àrees poc urbanitzades on la temperatura és molt similar a la Plaça de Catalunya.

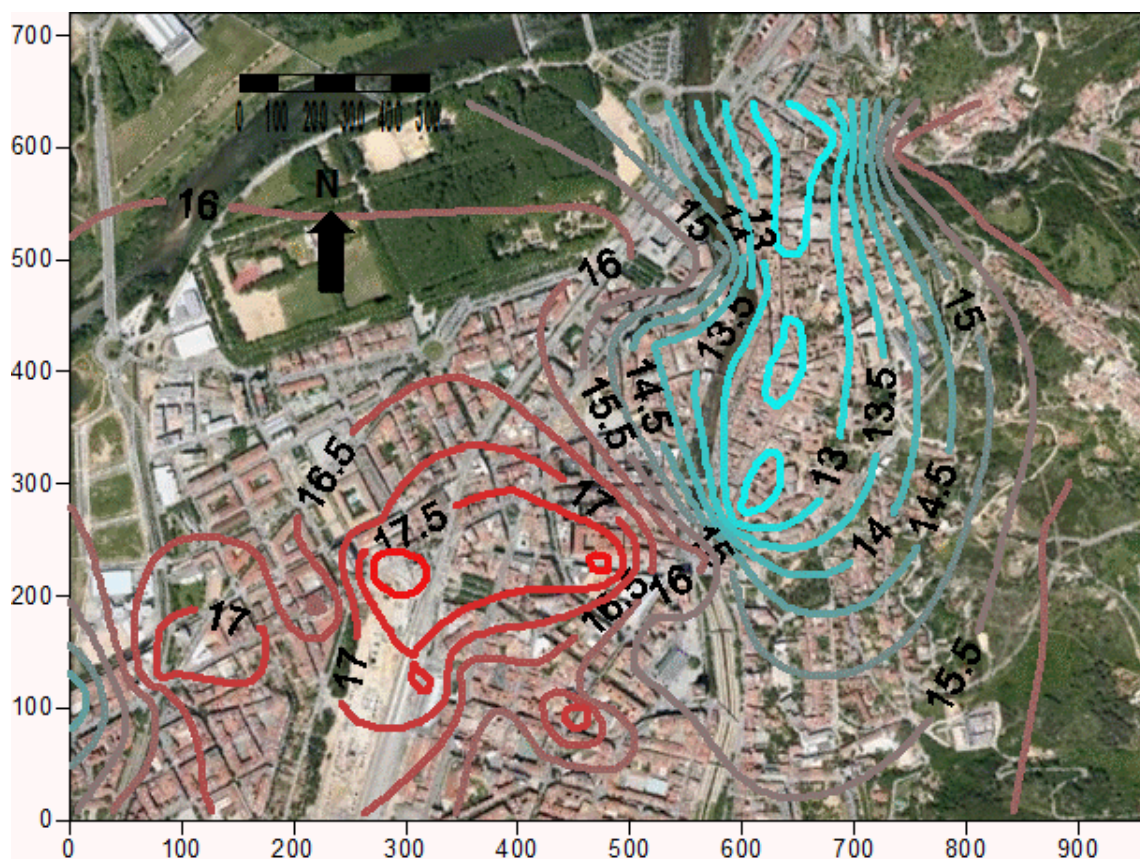


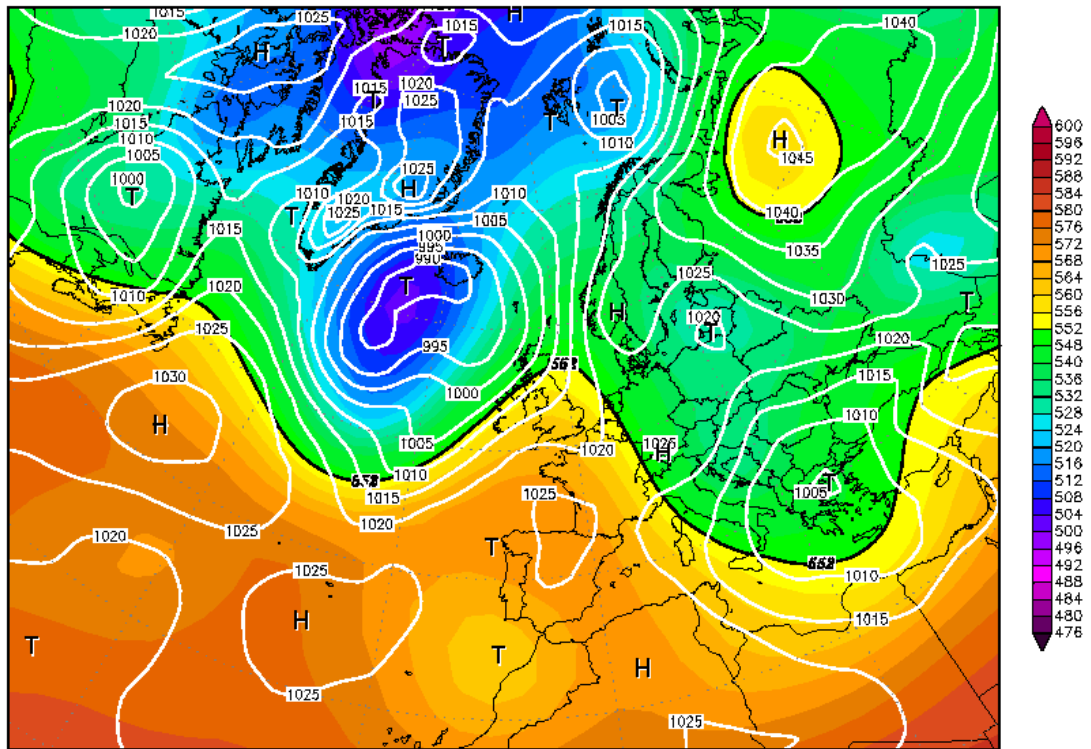
Figura 5.127 Mapa d'isotermes del 25 de gener de 2012 a les 14 hores. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth.

Taula 5.76 Dades meteorològiques del 25 de gener de 2012. 14 hores.

Vent	S força 1 Beaufort
Situació sinòptica	Anticicló
Pressió	1024 hPa
Cel	0/8

25JAN2012 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 5.128101 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 25 de gener de 2012. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

El 25 de gener de 2012 tenim una situació sinòptica que es pot qualificar d'anticiclònica. Catalunya està sota un pont anticiclònic, entre un anticicló centrat al SW de les Açores i un potent anticicló rus, 1045 hPa. D'altra banda s'observa una gota freda a l'Atlàntic, que esta propera al nord-oest del Marroc, una depressió profunda al sud-oest de Islàndia, Als nivells mitjans de la troposfera hi ha una dorsal a la vertical de Catalunya. El geopotencial és de 5620 m a 500 hPa.

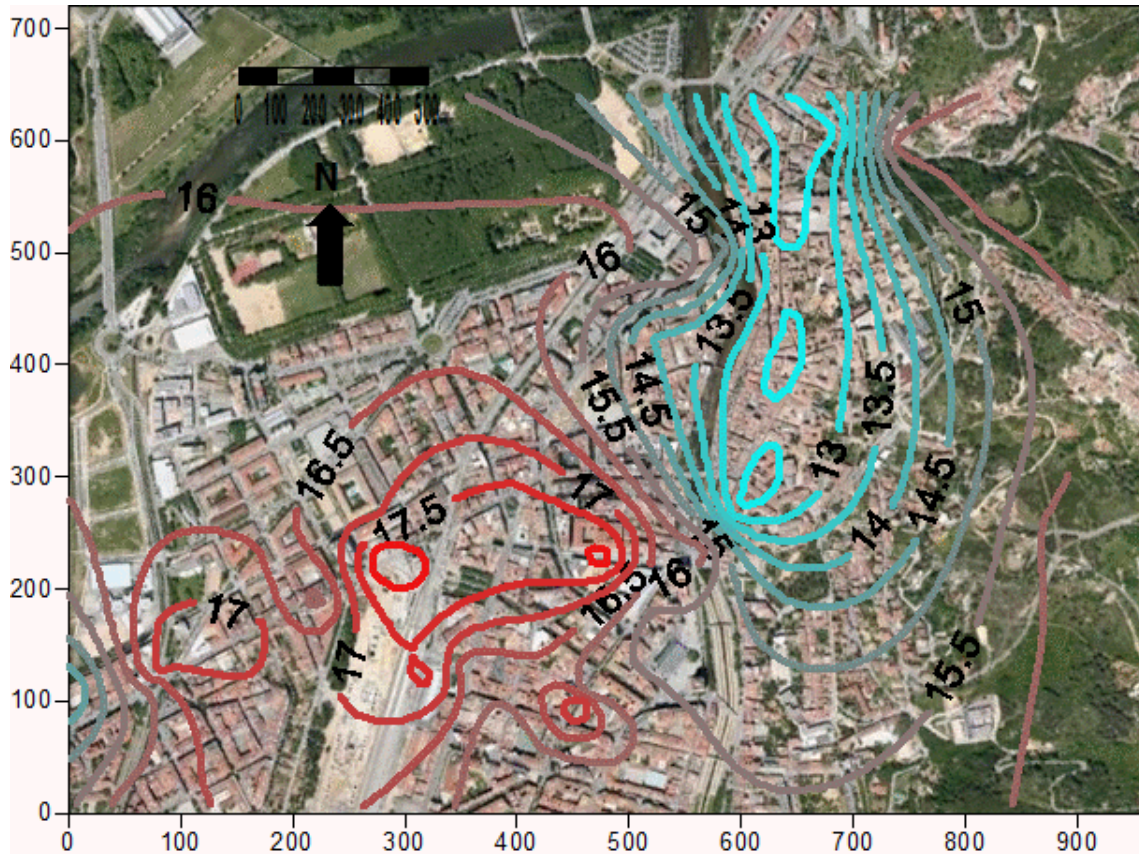


Figura 5.129 Mapa d'isotermes del 25 de gener de 2012 a les 14 hores. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth.

L'illa de frescor urbana és de 3,9°C, la temperatura més baixa és als carrers Auriga i Força amb 12,4°C, mentre el punt més càlid és la Farinera, al cantó del carrer Santa Eugènia, amb 18,6°C. La temperatura és de 16,3°C a la Plaça Catalunya. Així el barri de l'Eixample és força més càlid que la part vella de la ciutat, com a conseqüència de la major presència d'ombres projectades pels edificis ja que el factor del visió del cel és més alt a l'Eixample respecte el Barri Vell. El nord-est de la ciutat (la vall de Sant Daniel), la Devesa de Girona i Torre Gironella són àrees poc urbanitzades on la temperatura és molt similar a la Plaça de Catalunya.

Taula 5.77 Dades meteorològiques del 6 de febrer de 2012. 14 hores.

Nuvolositat	0/8
Vent	N 4
Situació sinòptica	Advecció del nord-est
Pressió atmosfèrica	1016 hPa

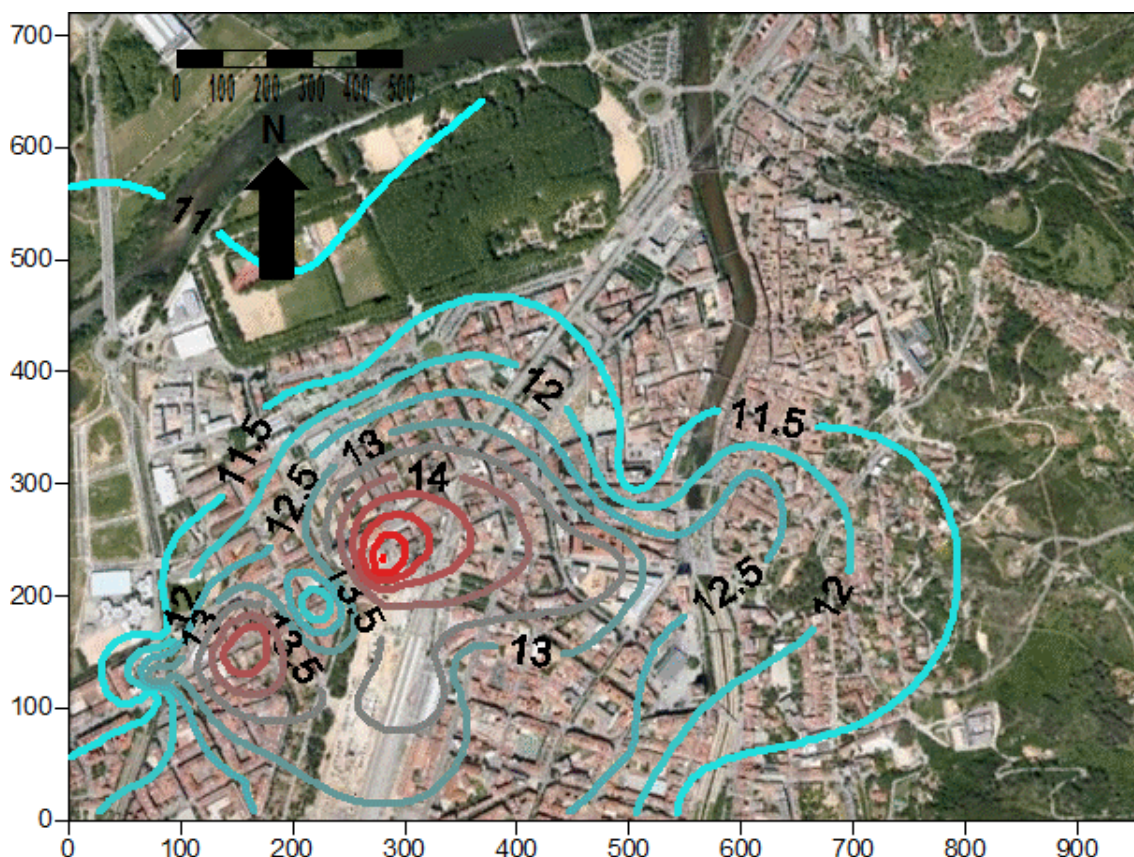


Figura 5.130 Mapa d'isotermes de les 14 hores del 6 de febrer de 2012. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth.

El 6 de febrer de 2012 al migdia s'observa una molt dèbil illa de frescor urbana, amb temperatures compreses entre 11,0°C i 11,5°C en una àrea molt extensa al nord de la ciutat, que comprèn els barris de l'Eixample, Barri Vell i Mercadal, mentre la temperatura és de 11,5°C a l'observatori meteorològic de Girona-Barri Vell. L'illa de calor és de 4,5°C, amb el màxim tèrmic a la Farinera, 16,0°C. Els carrers obacs presenten una temperatura idèntica als afores de la ciutat, mentre els carrers assolats amb orientació oest-est, com és el carrer Santa Eugènia tenen temperatures força més altes que els afores, ja que estan a recés de la tramuntana. Aquest dia el vent del nord bufava amb força 4 escala Beaufort i el cel era serè. El vent moderat del nord provoca un efecte de disminució de l'illa de frescor urbana a Girona ja que remou l'aire dels carrers més estrets del Barri Vell, augmenta la turbulència vertical del vent, cosa que homogeneïtza el camp tèrmic de la ciutat.

Taula 5.78 Dades meteorològiques del 13 de març de 2012. 14 hores.

Nuvolositat	0/8
Vent	S 1
Situació sinòptica	Anticicló
Pressió atmosfèrica	1025 hPa

El 13 de març de 2012 l'illa de frescor urbana del migdia és una de les més intenses de tots els transectes analitzats, 7,5 °C. S'observa una estructura bipolar de l'illa de calor urbana, l'Eixample és força més càlid que el barri vell, ja que les ombres projectades pels edificis en aquest sector no provoquen un descens tèrmic tan acusat

com a la part vella urbana on el factor de visió del cel és menor. El riu Onyar fa de separació entre la part càlida de la ciutat (on l'illa de calor però és poc important) i la zona freda del Barri Vell on l'illa de frescor és molt intensa. La temperatura més baixa és a la Plaça Bell-lloc, amb 15,5°C, mentre la temperatura voltava els 23,2°C a la biblioteca de Girona. A l'observatori meteorològic de la vall de Sant Daniel (nord-est de la imatge) tenien 23,5°C D'altra banda, els carrers menys assolellats del 'Eixample tenen una temperatura al voltant dels 18-19°C, per exemple 18,8°C al carrer Francesc Ciurana. Els punt més càlids de l'Eixample són al davant de la Farinera i la biblioteca de Girona.

Taula 5.79 Dades meteorològiques del 21 d'agost de 2012. 14 hores.

Nuvolositat	0/8
Vent	S força 1 escala Beaufort
Situació sinòptica	Pantà baromètric
Pressió atmosfèrica	1013 hPa

L'illa de frescor urbana és de 5,8°C a les 14 hores del dia 21 d'agost de 2012, la temperatura més elevada és de 37,7°C a la Casa de Cultura de Girona, a la Plaça Pompeu Fabra, mentre en canvi el mínim tèrmic és de 31,9°C a la Plaça Bell-lloc, al sud del Barri Vell de la ciutat. Els carrers més assolellats i amb major SVF són els més càlids (Plaça Catalunya, Plaça Pompeu Fabra i la Plaça Marquès de Camps), especialment els situats a l'Eixample, mentre els indrets més obacs i amb menor SVF enregistren les temperatures més baixes, especialment al Barri Vell, amb 31,9°C a la Plaça Bell-lloc, valor que contrasta amb els 34,0°C de la cruïlla del carrer Nou amb Gran Via. Aquest últim punt d'observació rep poca insolació en aquest moment del dia, ja que és un carrer amb orientació oest-est i amb baix SVF, 0,43.

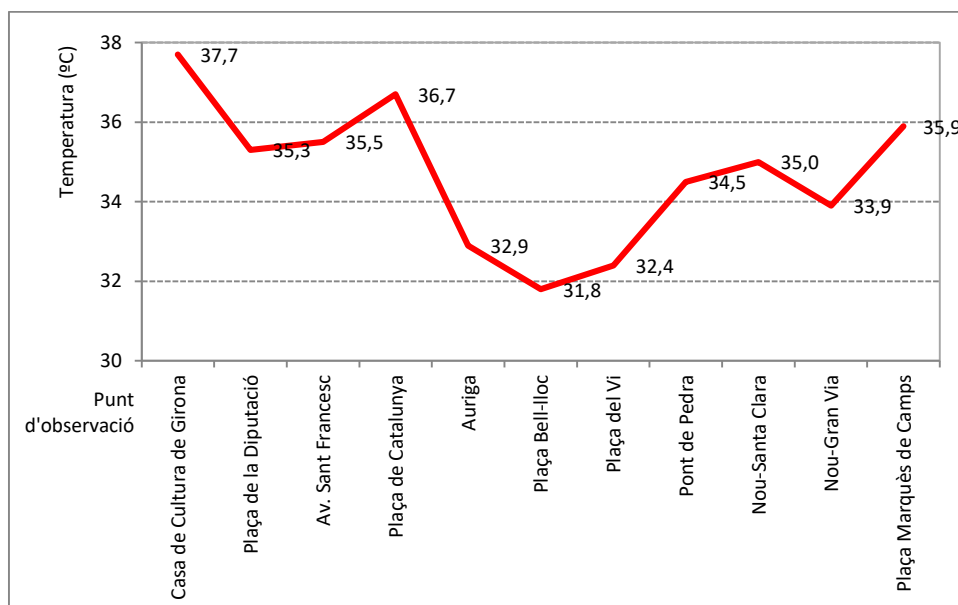


Figura 5.131 Transsecte intraurbà de Girona. Casa de Cultura (Eixample)-Barri Vell-Plaça Marquès de Camps (Eixample).

Taula 5.80 Dades meteorològiques de l'11 de gener de 2011.

Situació sinòptica	Advecció de l'oest anticiclònica
Vent	Calma
Pressió	1015 hPa
Nuvolositat	1/8 Ac, Ci

Durant el migdia de l'11 de gener de 2011 el punt més càlid del transecte és la Farinera amb 18,2°C, mentre que l'indret més fred és el carrer Albereda amb 13,9°C. La temperatura és de 16,3°C a l'estació meteorològica de Salt-Plaça Sant Cugat. L'illa de calor urbana diürna és moderada, 2,3°C. Hi ha la formació d'una illa de frescor urbana al Barri Vell per causa de la menor insolació, amb 1,9°C d'anomalia negativa respecte a l'estació meteorològica de Salt, mentre als carrers amb orientació oest-est presenten una illa de calor dèbil, l'illa de frescor urbana diürna és de 1,9°C a les 14,03 hores.

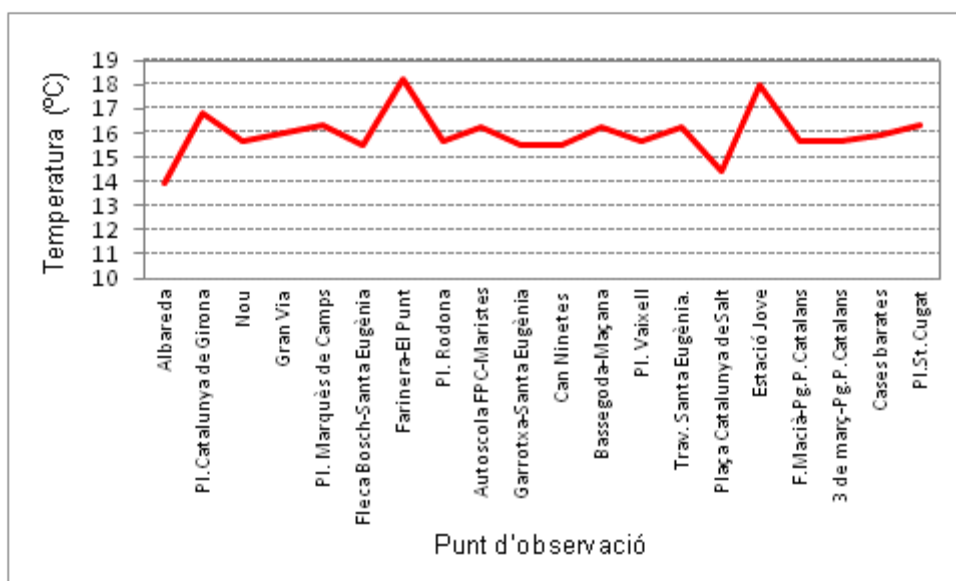


Figura 5.132 Transecte tèrmic 9. 11 de gener de 2011. 14:03 hores.

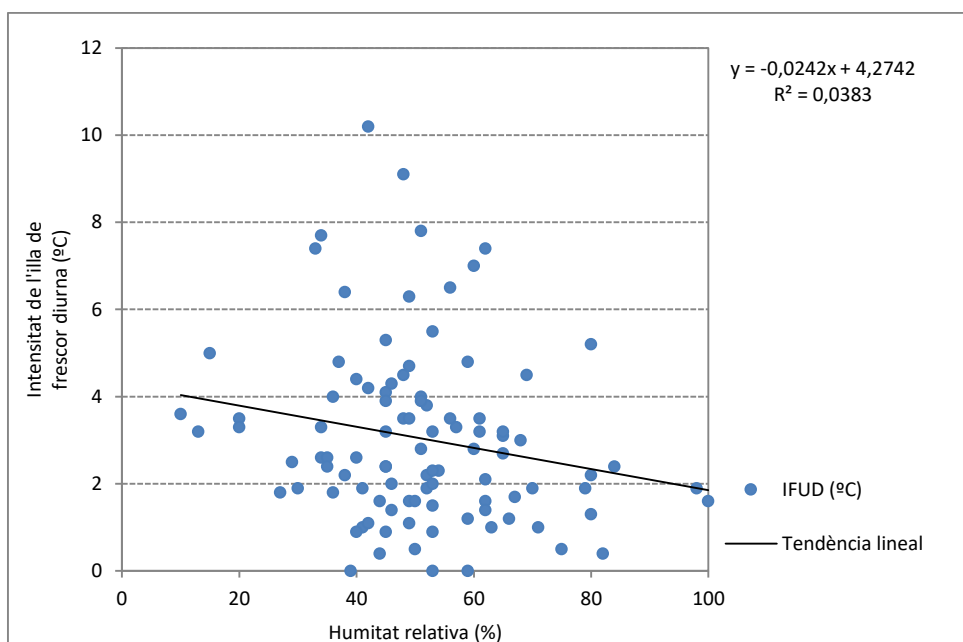


Figura 5.133 Equació de regressió. Intensitat de l'illa de frescor màxima del migdia en funció de la humitat relativa (%).

S'observa una correlació negativa i molt dèbil entre l'illa de frescor diürna i la humitat relativa, $-0,20$, tot i que és estadísticament significativa ($p=0,05$), Així els migdies amb major humitat relativa presenten una menor intensitat illa de frescor, i a la inversa, els migdies amb una humitat relativa més baixa l'illa de frescor urbana és més elevada. Aquesta anomalia higromètrica probablement està associada amb l'efecte urbà de la ciutat en les temperatures urbanes i rurals. Així en els dies més secs l'amplitud diürna és més forta a les àrees rurals, el cel és més transparent, cosa que afavoreix un contrast més gran en el balanç energètic camp-ciutat en comparació amb altres dies amb humitat relativa més alta. Això significa que les diferències tèrmiques urbano-rurals en les mínimes són més elevades envers la mitjana mensual o anual. En canvi durant el migdia es produeix el fenomen invers, les parts obagues de la ciutat es mantenen força més fredes que els afores ja que no reben radiació solar, i la humitat baixa afavoreix els contrastos tèrmics entre el camp i la ciutat, amb un efecte tèrmic negatiu en les zones amb temperatures amb menor SVF de la ciutat.

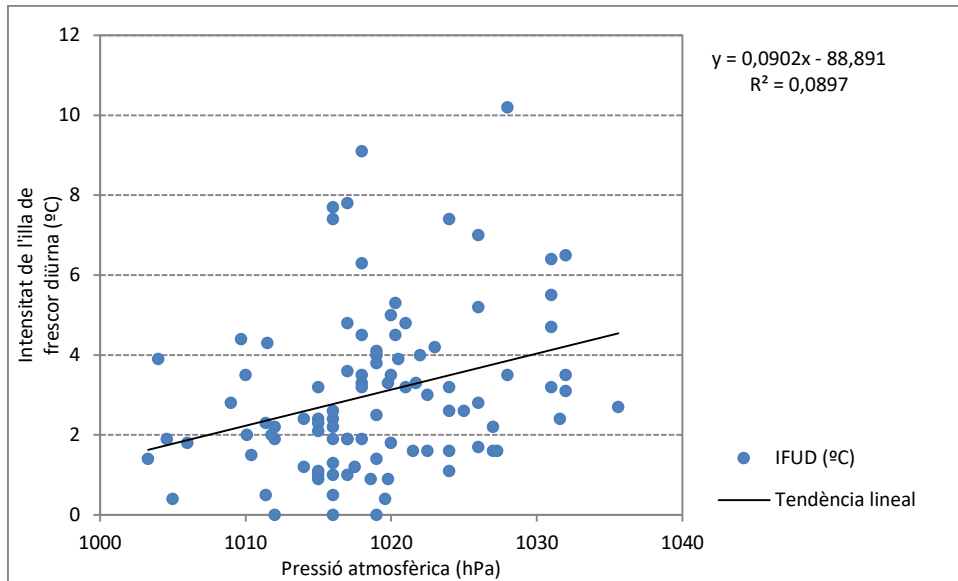


Figura 5.134 Equació de regressió. Intensitat de l'illa de frescor màxima del migdia en funció de la pressió atmosfèrica (hPa).

La correlació entre l'illa de frescor i la pressió atmosfèrica és positiva i poc important, ja que el coeficient de determinació R^2 és força baix, 0,0897, però malgrat això és estadísticament significativa ($p < 0,05$). En els migdies anticiclònics l'efecte urbà en les temperatures és més important que en aquelles jornades amb adveccions o depressions, això s'explica en part per la menor nuvolositat i la major radiació solar dels dies anticiclònics cosa que afavoreix que les parts obagues de la ciutat siguin força més fredes que els afores. En canvi en dies amb temps inestable (adveccions o depressions) la nuvolositat sovint és més abundant i la radiació solar menys intensa, cosa que provoca una homogeneïtzació tèrmica entre el camp i la ciutat. No obstant en alguns dies amb pressions molt altes l'illa de calor és força dèbil (dia x, la pressió), mirar nuvolositat, així la nuvolositat, la pressió i la humitat actuen de forma sinèrgica, si la pressió és baixa però la radiació solar és alta s'observa una major diferència tèrmica urbano-rural, amb una major illa de frescor, que en el cas que tinguem un temps anticiclònic però amb núvols baixos i vent. No obstant en la majoria de casos els dies anticiclònics són tipus de temps propicis per a la formació d'una illa de frescor intensa ja que la radiació solar és intensa, i l'efecte d'ombrivament dels edificis en els carrers amb baix SVF afavoreix unes temperatures força més baixes en aquests carrers en comparació amb els afores.

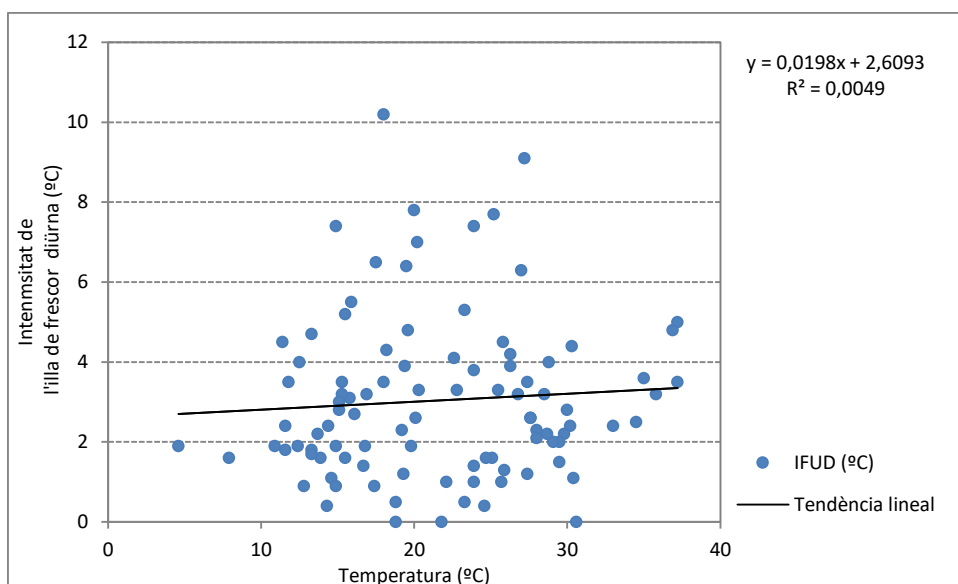


Figura 5.135 Equació de regressió. Intensitat de l'illa de frescor màxima del migdia en funció de la temperatura (°C).

La correlació és gairebé nul·la (0,06) entre l'illa de frescor i la temperatura. No obstant, és positiva, això és sorprenent, tenint en compte la hipòtesi inicial que l'illa de frescor urbana al migdia és més forta a l'hivern. Les causes més probables d'aquesta anomalia probablement es deuen a una major nuvolositat en els transectes d'hivern, i també a la major humitat relativa a l'hivern, en comparació amb l'estiu. Així aquests dos elements meteorològics (nuvolositat i humitat relativa) compensarien en part l'efecte de major ombrivament dels edificis en els carrers a l'hivern. No obstant, hem de tenir en compte que els carrers més frescos de la ciutat durant el migdia tampoc reben gaire radiació solar a l'estiu ja que són molt estrets. Així podem emetre una hipòtesi, la temperatura té un efecte molt poc important en el camp tèrmic de la ciutat durant la nit.

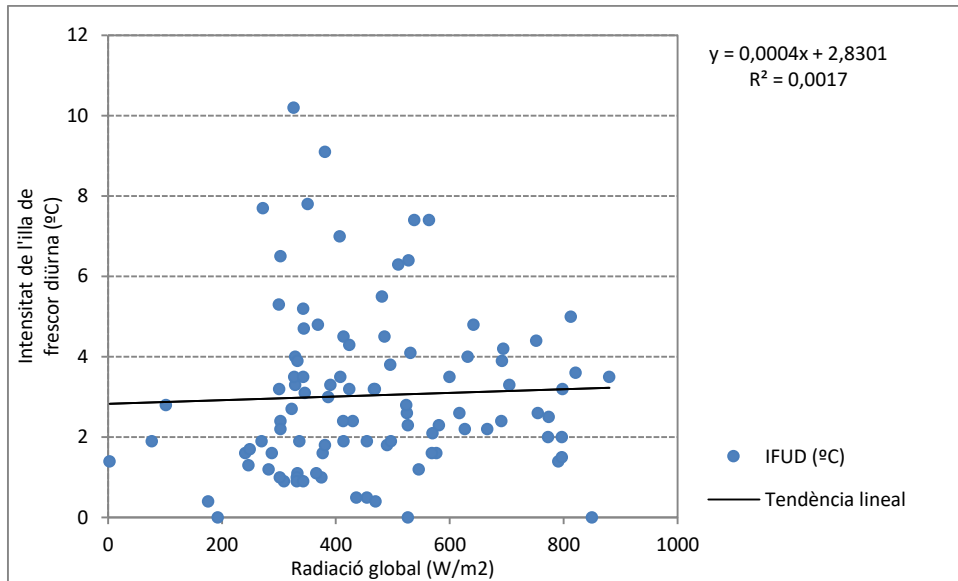


Figura 5.136 Recta de regressió. Intensitat de l'illa de frescor màxima del migdia en funció de la radiació solar (W/m²).

L'illa de calor urbana no està gens correlacionada amb la radiació global o la radiació solar (suma de la radiacions directa i de la difusa). Això significa que l'època de l'any probablement no influeix en una major illa de frescor, perquè si tinguéssim una correlació estadísticament significativa aquesta recta de regressió presentaria un pendent. No s'observen diferències significatives entre l'estiu (radiació més elevada) i l'hivern (radiació més baixa), tot i que a l'hivern és quan es produeixen les intensitats més fortes, però això es contraresta amb dies amb poca intensitat de l'illa de frescor, dies ventosos o amb molta nuvolositat.

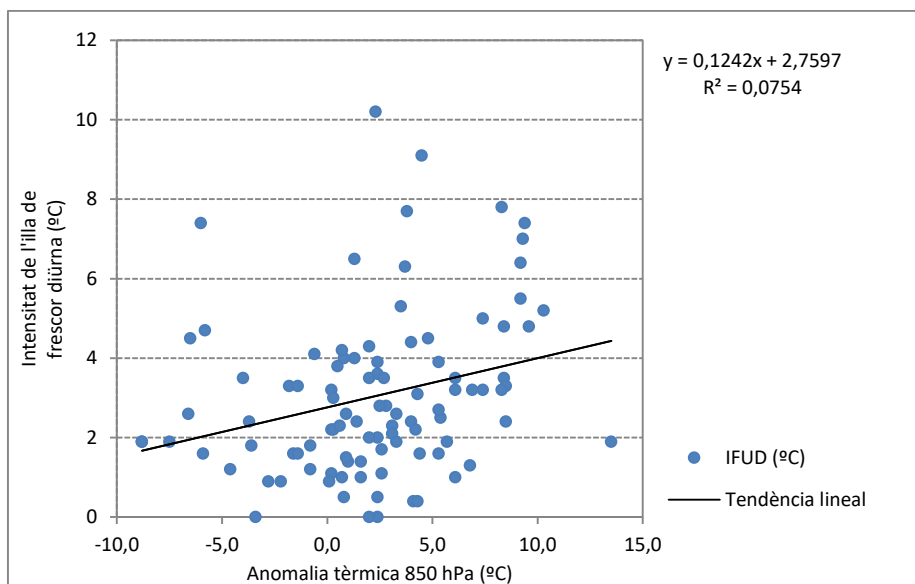


Figura 5.137 Equació de regressió. Intensitat de l'illa de frescor màxima del migdia en funció de l'anomalia tèrmica a 850 hPa (°C).

L'anomalia tèrmica a 850 hPa, que és calculada tenint en compte la temperatura mitjana en aquell nivell en el mes considerat a partir de les dades proporcionades per la CRU, té una correlació dèbil, 0,27, però positiva amb l'illa de frescor urbana. Així els dies amb una advecció càlida al nivell de 850 hPa (per exemple anticiclons o adveccions meridionals) són més favorables per tenir una important illa de frescor

urbana que els dies amb una advecció d'aire fred (anomalies tèrmiques negatives a 850 hPa). Les causes que expliquen la correlació positiva són vàries, probablement la radiació solar és més elevada i la nuvolositat més escassa durant molts dies amb anomalies positives en comparació amb anomalies negatives, cosa que afavoreix els contrastos tèrmics urbano-rurals. Així l'illa de frescor urbana més forta s'explica probablement per una major nuvolositat en dies amb anomalia tèrmica negativa en comparació amb els migdies amb una anomalia tèrmica positiva. D'altra banda la velocitat del vent sovint és més forta en dies amb anomalia tèrmica negativa (pas de fronts freds, adveccions fredes amb important gradient bàric) en comparació amb els migdies amb anomalies tèrmiques positives. L'excepció es trobaria en dies amb advecció càlida a l'estiu però amb fortes marinades, cosa que implicaria una disminució de l'illa de frescor urbana.

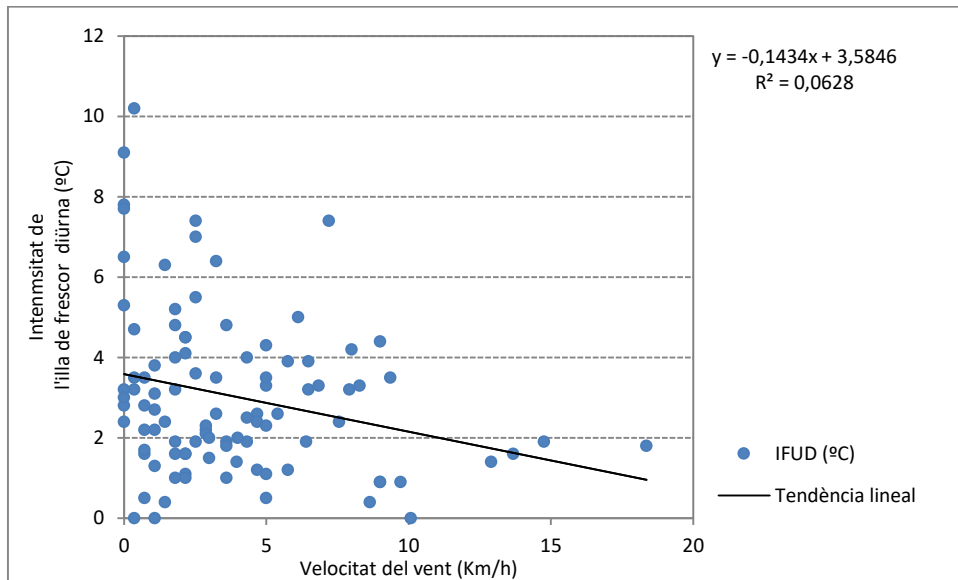


Figura 5.138 Recta de regressió. Intensitat de l'illa de frescor màxima del migdia en funció de la velocitat del vent (km/h).

La intensitat màxima de l'illa de frescor no està molt ben correlacionada amb la velocitat del vent (R^2 és de -0,25), no obstant aquesta correlació és estadísticament significativa. Això significa que els migdies més ventosos acostumen a tenir una intensitat màxima de l'illa de frescor inferior a migdies amb menys vent, sobretot amb vent encalmat o vents fluixos (inferiors a 1 m/s). Així la capa d'aire freda dels carrers en dies assolellats i amb forta inversió tèrmica a l'hivern en el pal·li urbà, molt més càlid en la seva part superior, es remou quan bufa vent la qual cosa provoca un ascens tèrmic i per tant això implica una illa de frescor diürna menor. D'altra banda en migdies assolellats però sense vent l'aire fred del carrer provocat per l'efecte d'ombra dels edificis es manté durant el migdia implicant fortes diferències tèrmiques. Aquestes són les causes que expliquen que hi hagi migdies amb núvols i poc vent amb més diferències tèrmiques que dies assolellats i amb molt vent. No obstant la nuvolositat i la mínima del mateix dia i l'illa de calor nocturna del mateix dia també condicionen i modulen l'illa de frescor diürna que serà més baixa quan menys accentuats siguin els contrastos tèrmiques a la nit anterior entre el centre de Girona i els afores.

Taula 5.81 Correlació entre l'illa de frescor diürna i altres variables meteorològiques i temporals

Variable	Correlació (r)	R2	Valor p	Significació (p< 0,05)
Anomalia temperatura (850hPa)	0,27	0,0754	0,0062	Si
Velocitat vent (km/h)	-0,25	0,0628	0,0127	Si
Direcció vent (°C)	-0,05	0,0023	0,6358	No
Temperatura (°C)	0,07	0,0049	0,4914	No
Humitat (%)	-0,20	0,0383	0,0533	No
Pressió atmosfèrica (hPa)	0,27	0,0706	0,0076	Si
Radiació global (W/m2)	0,04	0,0017	0,6898	No
Nuvolositat (octes)	-0,22	0,0479	0,0303	Si
Mes de l'any	-0,10	0,0101	0,3258	No

Hi ha 8 clústers segons l'anàlisi d'anàlisi components principals en el comportament de la temperatura dels punts d'observació en els transectes realitzats al migdia. Hi ha per tant una elevada dispersió i poca homogeneïtat espacial. No obstant els transectes amb un clúster 2 pertanyen al sud del Barri Vell i tenen temperatures força baixes al migdia, per efecte d'un factor de visió del cel (SVF) més baix que impedeix que la radiació solar arribi durant molts dies de la tardor i l'hivern. D'altra banda, els clústers més elevats, 7 o 8 pertanyen a l'Eixample de Girona o el centre de Salt i tenen temperatures més elevades al migdia com a conseqüència d'una major insolació i un major SVF.

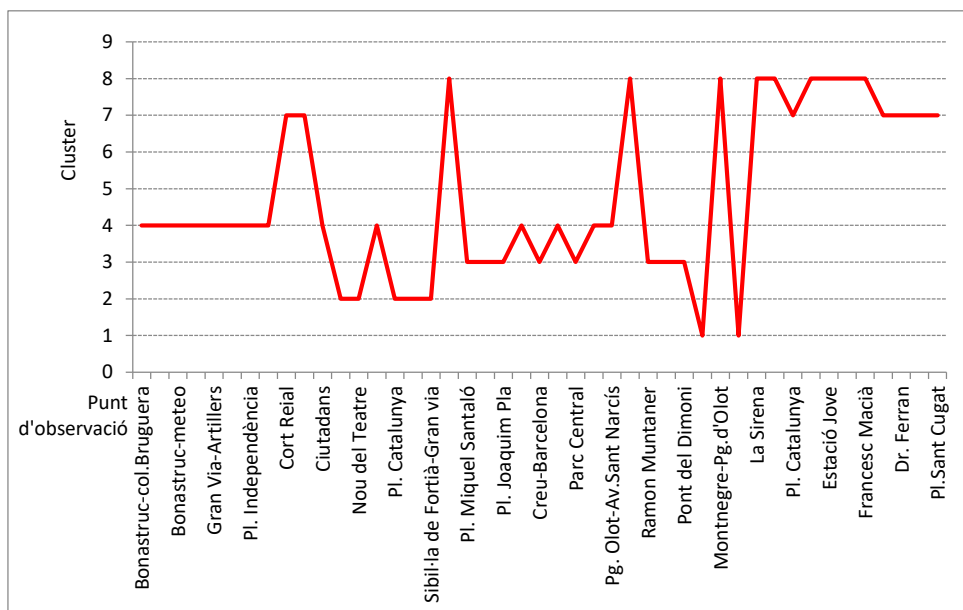


Figura 5.139 Definició dels clústers de cada punt d'observació segons la temperatura mitjana del migdia i l'anàlisi dels components principals del transecte 1. Transectes del migdia. Tardor-hivern 2011-2012.

La gràfica del transecte termohigromètric fet al migdia del 17 de juliol de 2015 mostra un màxim tèrmic a la Plaça Marquès de Camps, 35,7°C i un mínim en una galeria, l'edifici del carrer Albereda, número 3, amb 28,0°C. Hi ha per tant una important illa de frescor urbana, 6,1°C, ja que la temperatura és de 34,1°C a Girona-Hortes de Santa Eugènia, mentre l'illa de calor és poc elevada. Els carrers de la part antiga de la ciutat són més frescos que els carrers de la part nova amb idèntiques condicions de SVF, pel major trànsit automobilístic i també perquè els carrers de la part antiga de la ciutat

tenen llambordes en la seva superfície, que s'escalfen menys durant el migdia per l'absorció de la radiació solar que els materials, formigó i asfalt, de la part nova de Girona. D'altra banda la humitat relativa segueix una evolució inversa a la humitat relativa, amb un màxim del 33 % a la Travessia Auriga i un valor mínim del 29 % a la Plaça Marquès de Camps, hi ha poc contrast higromètric, tenint en compte l'elevat contrast tèrmic entre els carrers més càlids i els més frescos.

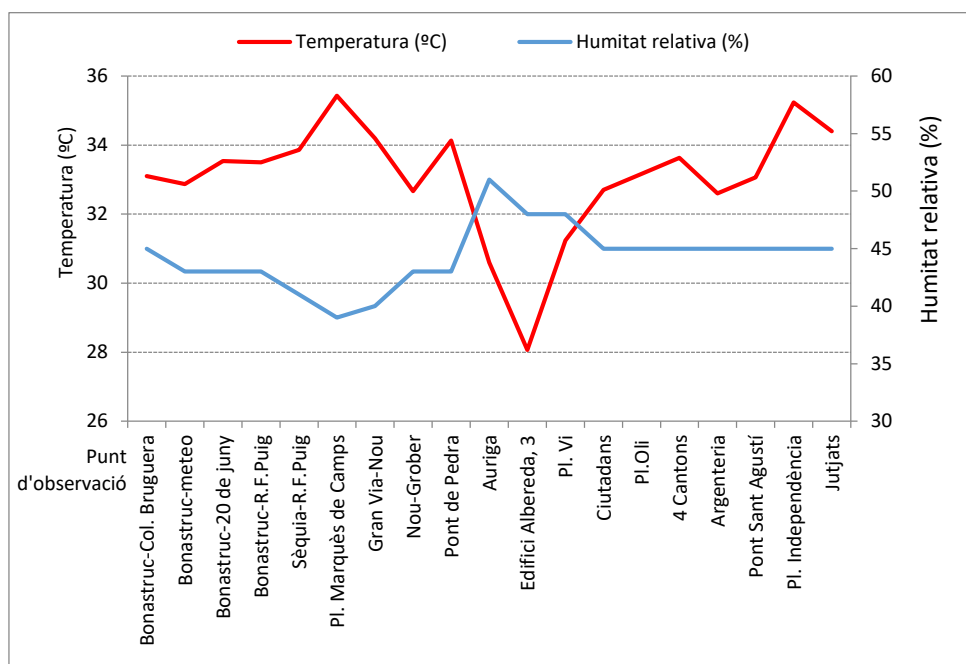


Figura 5.140 Transsecte termohigromètric del migdia del 17 juliol 2015. Col·legi Bruguera-Barri Vell-Jutjats.

Taula 5.82 Transsecte del migdia del 17 de juliol de 2015. Col·legi Bruguera (Girona)-Barri Vell de Girona-Jutjats.

Nuvolositat	Pressió	Vent	Situació sinòptica
1/8 Cu	1015 hPa	S f. 2 (Beaufort) a	Pantà baromètric
Hores d'inici i fi del transecte. 13,10 h-13,57 h			
Punt d'observació	Temperatura (°C)	Humitat relativa (%)	
Bonastruc-Col.legi Bruguera	33,1	45	
Bonastruc-meteo	32,9	43	
Bonastruc-20 de juny	33,5	43	
Bonastruc-R.F.Puig	33,5	43	
Sèquia-R.F.Puig	33,9	41	
Pl. Marquès de Camps	35,4	39	
Gran Via-Nou	34,2	40	
Nou-Grober	32,7	43	
Pont de Pedra	34,1	43	
Auriga	30,6	51	
Edifici Albereda, 3	28,1	48	

Pl. Vi	31,2	48	
Ciutadans	32,7	45	
Pl.Oli	33,2	45	
4 Cantons	33,6	45	
Argenteria	32,6	45	
Pont Sant Agustí	33,1	45	
Pl. Independència	35,2	45	
Jutjats	34,4	45	

5.7 Peculiaritats de l'illa de calor urbana

En aquest apartat donem alguns exemples de les configuracions tèrmiques una mica excepcionals de l'illa de calor de Girona, ja que el comportament tèrmic de la ciutat no és homogeni amb totes les situacions meteorològiques, i la morfologia de l'illa de calor varia en funció de diferents aspectes meteorològics, com són la direcció i força del vent, la nuvolositat i també respecte de la situació sinòptica. També les isoterms de l'illa de calor tenen una forma lleugerament diferent en funció de l'hora del dia. Així el màxim tèrmic té un desplaçament cap al nord-est, es situa sobre Montjuïc, a la matinada respecte les primeres hores de la nit, quan es localitza a l'Eixample.

L'illa de calor urbana de Girona presenta 6 tipus de peculiaritats pel que fa a la distribució de la morfologia de l'illa de calor i la situació del màxim tèrmic de la zona d'estudi:

- El màxim tèrmic se situa bastant allunyat del centre urbà de Girona durant les matinades d'hivern amb situacions atmosfèriques estables, amb cel serè i vent encalmat per efecte de la inversió tèrmica. No només amb anticicló sinó amb adveccions septentrionals tenim desplaçat el màxim tèrmic de la seva posició habitual. El turó de Montjuïc és el lloc amb les mínimes més altes de l'àrea urbana de Girona. Quan tenim inversió tèrmica el màxim tèrmic es produeix molt sovint als turons que envolten la ciutat de Girona, l'estació meteorològica de Girona-Montjuïc té les temperatures més elevades de la ciutat quan tenim forta inversió tèrmica. En els transectes nocturns d'hivern amb inversió tèrmica el centre de la ciutat enregistra temperatures més baixes en comparació amb el turó de Montjuïc que enregistra les temperatures més elevades de l'àrea urbana de Girona). No obstant, en algunes nits amb inversions tèrmiques el màxim tèrmic es dona al centre urbà de Girona, a l'Eixample.
- Durant les onades de fred el màxim tèrmic es desplaça cap al nord de la ciutat de Girona, a sobrevent d'aquesta, al centre del poble de Sarrià de Ter i al barri gironí del Pont Major, especialment els casos en què el vent bufa moderat de tramuntana o gregal durant tot el dia, per exemple el dia 26 de gener de 2005. Amb vent encalmat no es produeix aquesta anomalia de la localització del màxim tèrmic.
- La configuració de l'illa de calor urbana de Girona és asimètrica amb vents moderats o dèbils. La intensitat de l'illa de calor nocturna o matinal pot ser més intensa amb vents dèbils respecte altres nits amb vents encalmats. Per exemple quan tenim vents de força Beaufort compresos entre 0 i 3 en funció de l'indret i de direccions del nord i nord-est l'illa de calor urbana és més intensa a

l'oest de la ciutat, a la ciutat de Salt, respecte la part oriental de l'àrea urbana, especialment la ciutat de Girona. Això significa que els contrastos tèrmics urbano-rurals més importants es donen a Salt ja que el vent és encalmat mentre a Girona i la part oriental de l'àrea urbana l'illa de calor urbana és molt menor. Amb vents fluixos i moderats d'altres direccions també es produeix una illa de calor asimètrica. Com hem observat anteriorment la matinada del 28 d'octubre de 2013 amb vent del sud, l'illa de calor fou molt més intensa del normal, amb una temperatura clarament inferior a la vall de Sant Daniel (10,2°C) respecte el centre urbà de Girona, i també respecte Sarrià de Ter. El 10 d'octubre de 2004 amb vent de ponent també l'illa de calor urbana fou molt intensa, i la temperatura fou molt inferior a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC respecte Girona-Sèquia. El 7 de gener de 2016 el màxim tèrmic es va produir a sobrevent pel que fa a la temperatura mínima es va produir a l'observatori de Bescanó, mentre que les Deveses de Salt no van ser la zona més freda de l'àrea d'estudi, amb temperatures molt més baixes a sotavent dels turons de les Gavarres (Celrà i Medinyà), a la part nord-oriental de l'àrea urbana de Girona. A la ciutat de Lisboa també s'observa aquesta anomalia segons Lopes *et al.* (2013). A Lisboa amb vents del N, NW i SW i velocitats compreses entre 2 i 6 metres/segon s'intensifica l'illa de calor urbana nocturna respecte altres nits amb vents encalmats.

- d) Els anticiclons provoquen un increment important de la intensitat de l'illa de calor en qualsevol època de l'any, principalment a l'hivern i a la primavera, amb diferències urbano-rurals en les temperatures mínimes que assoleixen valors superiors a 8°C. Aquesta intensificació de l'illa de calor urbana amb situacions anticiclòniques s'observa en totes les ciutats del món (LANDSBERG, 1981, OKE, 1987 i MORENO,1999).
- e) Durant les onades de calor estiuenques les temperatures mínimes més elevades es produeixen al turó de Montjuïc, per efecte de la inversió tèrmica. Les onades de calor són les situacions atmosfèriques de l'estiu amb més illa de calor urbana.
- f) Les onades de calor són les situacions atmosfèriques de l'estiu amb més intensitat de l'illa de calor urbana. Aquesta intensificació de l'illa de calor urbana durant les onades de calor s'observa en altres ciutats espanyoles, com Madrid (FERNÁNDEZ i RASILLA, 2009) i Saragossa (CUADRAT *et al.*, 2021).
- g) Amb boira l'illa de calor urbana es debilita i és asimètrica, amb temperatures mínimes més baixes a l'oest de l'àrea urbana. També les inversions tèrmiques són més febles que amb cel serè.

Cas 1. El màxim tèrmic se situa bastant allunyat del centre urbà de Girona durant les matinades d'hivern amb situacions atmosfèriques estables, amb cel serè i vent encalmat per efecte de la inversió tèrmica

El mapa del 25 de desembre de 2001 té una peculiaritat en relació amb la localització del màxim tèrmic, que està allunyat del centre de Girona, on habitualment s'enregistren les temperatures mínimes més elevades de l'àrea urbana. És el mapa d'isotermes de les temperatures mínimes. Així s'observa una important inversió tèrmica a la ciutat de Girona, amb -3,3°C a Montjuïc (184 m) i -10°C a la vall de Sant Daniel (91 m). El màxim tèrmic es dona a l'observatori de Girona-Montjuïc, -3,3°C,

mentre que al centre de Girona (Francesc Rogés) la mínima fou de $-6,7^{\circ}\text{C}$. Cal remarcar que el mínim tèrmic típic de les Deveses es va veure reforçat, amb $-12,8^{\circ}\text{C}$, valor que contrasta amb altres àrees rurals, -8°C a Fornells de la Selva, -10°C a la vall de Sant Daniel i -10° a la vall de la riera Xuncla a Sarrià de Dalt. Al nord de la ciutat de Girona, a sotavent, la temperatura fou més elevada respecte el centre (Girona-Francesc Rogés), $-6,3^{\circ}\text{C}$, a l'observatori de Sarrià de Ter-XVPCA, mentre que a sobrent la temperatura mínima fou de $-7,7^{\circ}\text{C}$ al centre de Fornells de la Selva, al sud de la ciutat. El dia 24 de desembre va bufar una mica de tramuntana que va continuar en les parts altes del municipi de Girona durant la nit, per aquesta causa la mínima va ser tan elevada a Girona-Montjuïc. En canvi a les àrees rurals es va formar una important inversió tèrmica, cosa que també va influir en l'important illa de calor urbana pel que fa a la temperatura mínima, $9,5^{\circ}\text{C}$, ja que la temperatura més baixa de la zona d'estudi es va produir a les Deveses de Salt, $-12,8^{\circ}\text{C}$.

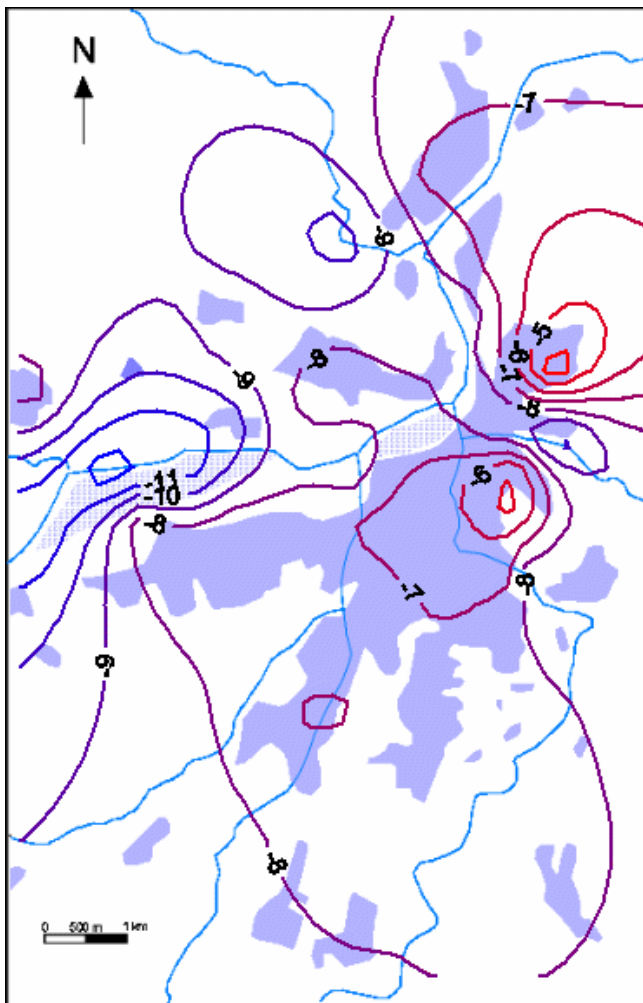


Figura 5.14145 Mapa d'isotermes de l'àrea urbana de Girona. Temperatures mínimes del 25 de desembre de 2001. Intensitat màxima de l'illa de calor: $6,4^{\circ}\text{C}$. Inversió tèrmica màxima: $9,4^{\circ}\text{C}$. Vent encalmat. Cel serè. Advecció del nord-oest. 1017 hPa .

El mapa d'isotermes de l'1 de març de 2004 és el de la segona peculiaritat el típic d'una nit moderadament ventosa amb predomini dels vents del nord o nord-est. Així s'observa una important illa de calor asimètrica. Les temperatures són molt homogènies a l'est de l'àrea urbana de Girona, ja que hi bufa el vent de gregal

moderat, mentre que a l'oest el vent està encalmat o flux, la qual cosa provoca una important illa de calor. Així en aquest moment del dia es pot parlar d'una intensa illa de calor a la ciutat de Salt, amb temperatures 6,4°C superiors a les Deveses de Salt (4,7°C al centre de Salt enfront els -1,7°C del parc). En canvi a Girona no tenim 1,2°C de intensitat, amb 5,4°C al carrer Juli Garreta per 4,2°C a la vall de Sant Daniel. És típic de nits amb força vent del nord que la inversió tèrmica sigui intensa a les Deveses de Salt ja que l'aire sec i els cels clars afavoreixen aquest fenomen. En canvi la turbulència de l'aire és important a la vall de Sant Daniel ja que el vent del nord-est hi bufa amb una certa intensitat, i per aquest motiu desapareix la inversió tèrmica.

Cas 2. Durant les onades de fred el màxim tèrmic es desplaça cap al nord de la ciutat de Girona, a sobrevent d'aquesta, al centre del poble de Sarrià de Ter i al barri gironí del Pont Major, especialment els casos en què el vent ha bufat o moderat de tramuntana o gregal durant tot el dia, com en el dia 26 de gener de 2005, amb vent encalmat no es produeix aquesta anomalia de la localització del màxim tèrmic.

La intensitat de l'illa de calor és força elevada (6,0°C) en el conjunt de l'àrea urbana el 26 de gener de 2005. Cal remarcar que el màxim tèrmic de la illa de calor es desplaça cap al nord de la ciutat de Girona, que correspon a la zona de sobrevent en aquest dia, ja que el vent va bufar durant tot el dia amb direcció nord a nord-est, només en el moment del transecte el vent era flux de ponent, 2,4 Km/h de mitjana a Girona-Parc de Bombers. Tenim una anomalia tèrmica, així el màxim tèrmic no es dona al lloc habitual, l'Eixample de Girona, sinó al nord de la ciutat, en una zona suburbana. Així la temperatura més elevada, 1,2°C, es dona al barri del Pont Major, 3 qm al N del centre de Girona. També hem de destacar que la diferència tèrmica entre l'àrea urbanitzada i no urbanitzada és més forta (5,7°C) en aquesta àrea del N de Girona que entre Girona-Sèquia i Sant Daniel (1,8°C) tot i que el N de Girona està menys urbanitzat que el centre de Girona. Així la temperatura és de -4,5°C a Sarrià de Dalt, 1,5 qm a l'oest del Pont Major. El màxim tèrmic es dona al nord de la ciutat de Girona, a sobrevent, segurament per la influència de la tramuntana, aquest vent deixa de bufar més tard al nord que al sud de la ciutat, i com l'efecte d'aquest vent (com es podrà veure en el mapa d'isotermes de la nit de l'1 de març de 2004) és impedir que la temperatura baixi, per aquest factor tenim el màxim tèrmic desplaçat a sobrevent. En canvi el sud-oest del poble Sarrià de Dalt al estar protegit de la tramuntana per uns turons, la temperatura baixa més ràpidament (-4,5°C) que la vall de Sant Daniel (-1,8°C), on el vent que és de gregal hi arriba rescalfat perquè descendeix de turons de les Gavarres com la muntanya de Sant Miquel (385 metres), i es produeix la paradoxa de Shaw, al descendir l'aire i comprimir-se s'escalfa en superfície. Tot i això el mínim tèrmic de l'àrea urbana es produeix a l'àrea on normalment es dona la temperatura més baixa de la zona dels voltants de Girona, les Deveses de Salt, -4,8°C, indret on la tramuntana normalment deixa de bufar després de la posta de sol, la qual cosa afavoreix la irradiació tèrmica ràpida del sòl i una important baixada de la temperatura de l'aire.

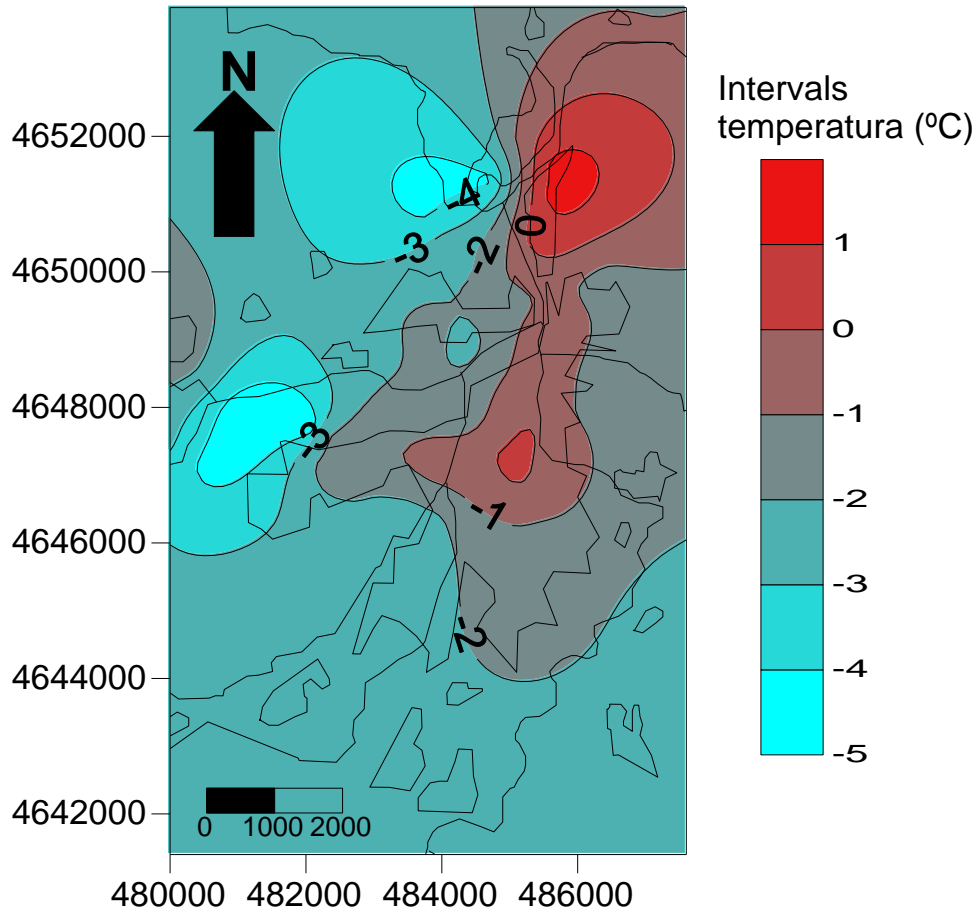
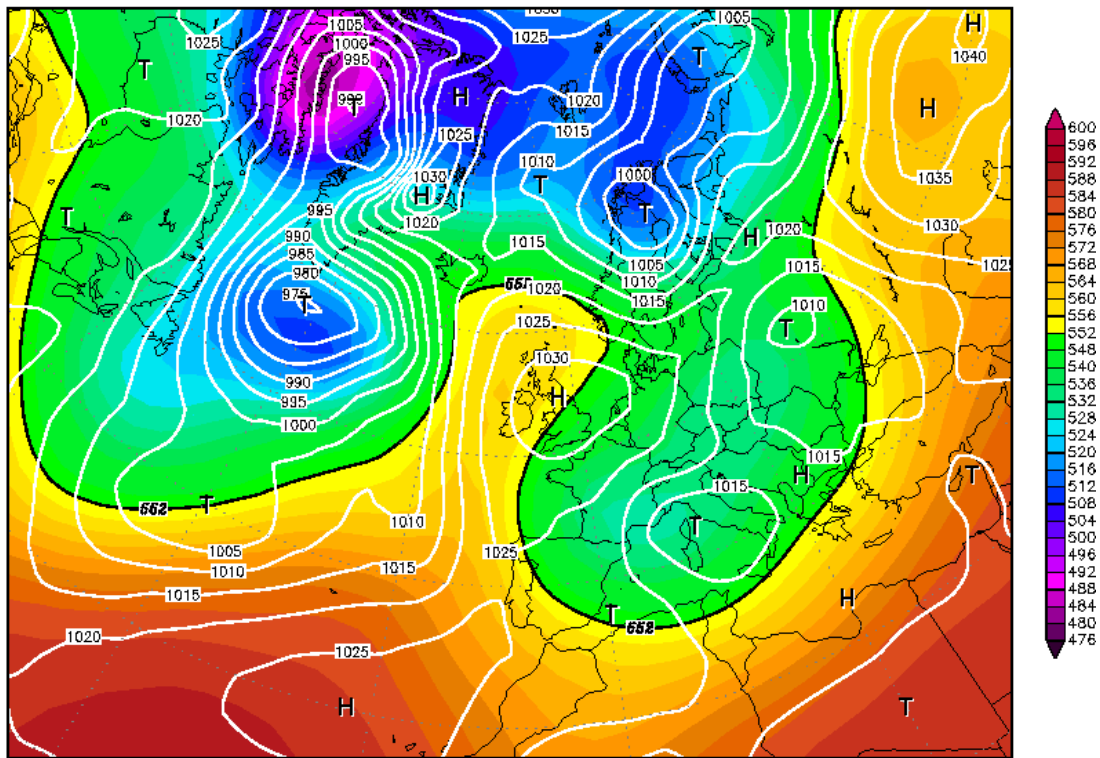


Figura 5.142 Mapa d'isotermes de l'àrea urbana de Girona del 26 de gener de 2005. Intensitat màxima de l'illa de calor: 6,0°C.

Cas 3. La configuració de l'illa de calor urbana de Girona és asimètrica amb vents moderats o dèbils

L'1 de març de 2004 La situació és d'advecció del nord-est en superfície. Tenim dos centres d'acció, un anticicló damunt el Regne Unit, amb pressions elevades, superiors a 1030 hPa i una depressió relativa (1015 hPa) damunt del nord-oest d'Itàlia. Catalunya es troba dins una falca anticiclònica, però amb un fluxe important del NE. Les pressions són elevades al Principat, entre 1020 i 1025 hPa. En la topografia de 500 hPa s'observa una depressió damunt de Catalunya. Així el geopotencial és inferior a 5360 m en aquest nivell, amb temperatures inferiors a -35°C. Tenim una advecció d'aire fred, ja que tenim temperatures molt baixes, inferiors a -5°C en la topografia de 850 hPa. L'aire és força sec, amb valors de la humitat relativa del 30 % en el nivell de 700 hPa. La situació atmosfèrica és d'advecció del nord-est.

01MAR2004 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Figura 5.143 Mapa isobàric de superfície i geopotencial de 500 hPa. 1 de març de 2004. 0 hores solars.
 Font: Reanàlisi de NOAA. Disponible a:
<https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2007&maand=12&dag=31&uur=1800&var=1&map=1&model=noaa>

El mapa de l'1 de març de 2004 és típic d'una nit amb tramuntana o gregal. s'observa una illa de calor asimètrica, la diferència tèrmica urbano-rural és molt més important a Salt (6,4°C) on el vent és flux al nucli urbà (força 2) o el vent és encalmat en la zona de les Deveses, que a Girona (1,2°C) on el vent bufava moderat arreu (força 3). En el cas de Girona (SMC) tenim una velocitat mitjana del vent de 15,8 quilòmetres/hora a les 20 hores, moment en què realitzàvem el transecte. Aquest diferent comportament de l'illa de calor es produeix perquè el vent gairebé provoca la desaparició de l'illa de calor en el municipi de Girona on les temperatures són homogènies, mentre que a Salt passa tot el contrari, el vent encalmat de les Deveses permet un refredament intens de l'aire que encara no s'ha produït al centre urbà. La intensitat global de l'illa de calor de l'àrea urbana és molt elevada, 6,7°C, tot i això hem de prendre amb precaucions aquest valor ja que la diferència tèrmica en part és produïda per la diferència en la velocitat del vent en els diferents sectors.

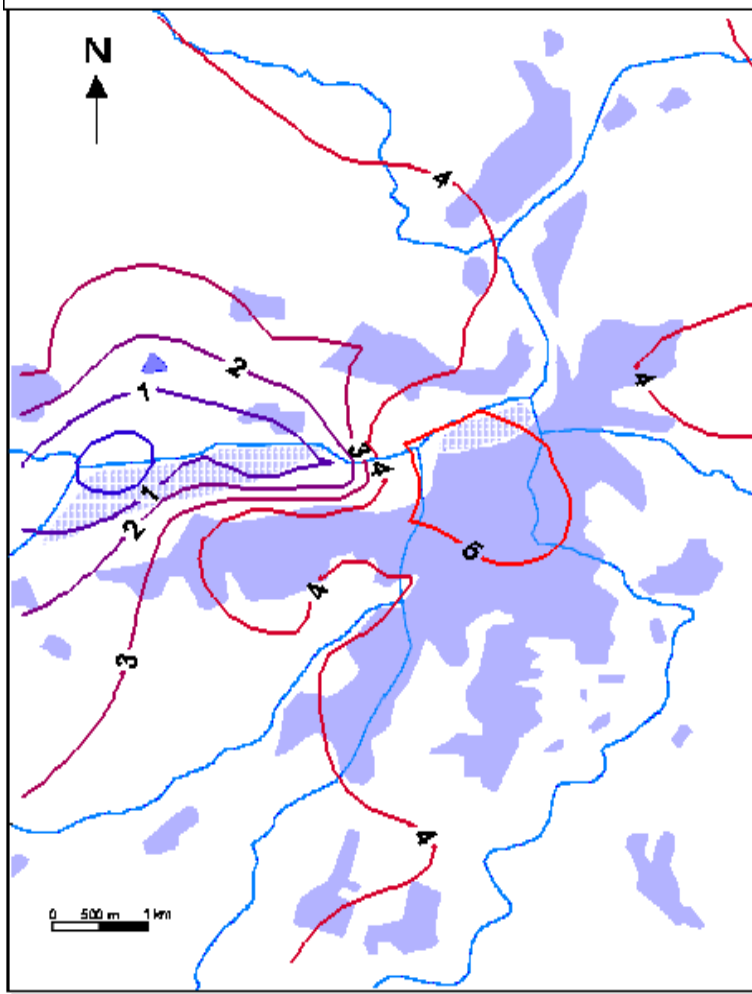


Figura 5.146 Mapa de l'àrea urbana de Girona. 1 de març de 2004. Intensitat màxima de l'illa de calor: 5,7°C (20,20 hores). Advecció del nord-est. 1017 mb. Cel serè. Vent del NE de 14,4 Km/h. Font: Elaboració pròpia a partir del mapa 1:50000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. 2002.

En el mapa isobàric de superfície del 31 de desembre de 2007 observem una situació anticiclònica damunt la Península Ibèrica, amb el nucli anticiclònic damunt el nord-est de França i un lleuger flux del nord-est. El vent geostrofic a 500 hPa és del nord, amb una dorsal anticiclònica en aquest nivell de pressió, això significa que la massa d'aire és estable i força seca, la qual cosa afavoreix la formació de fortes inversions tèrmiques. en superfície. El cel va estar serè en les tres observacions, 7, 15 i 21 hores, de l'observatori de Girona-Sèquia. La humitat relativa era força baixa al migdia a l'observatori de Girona-Sèquia, 36 % a les 15 hores, la qual cosa va afavorir un fort descens tèrmic durant la nit a les zones rurals dels voltants de la ciutat, especialment a les Deveses de Salt i a la vall de Sant Daniel de Girona. L'amplitud tèrmica fou força elevada al centre de Girona, 15,8°C a Girona-Sèquia, amb 15,3°C de màxima i -0,5°C. Les nits hivernals precedides de dies amb forta amplitud tèrmica i amb cel serè acostumen a tenir importants intensitats de l'illa de calor, que sovint superen els 7°C i excepcionalment els 10°C, com és aquest cas.

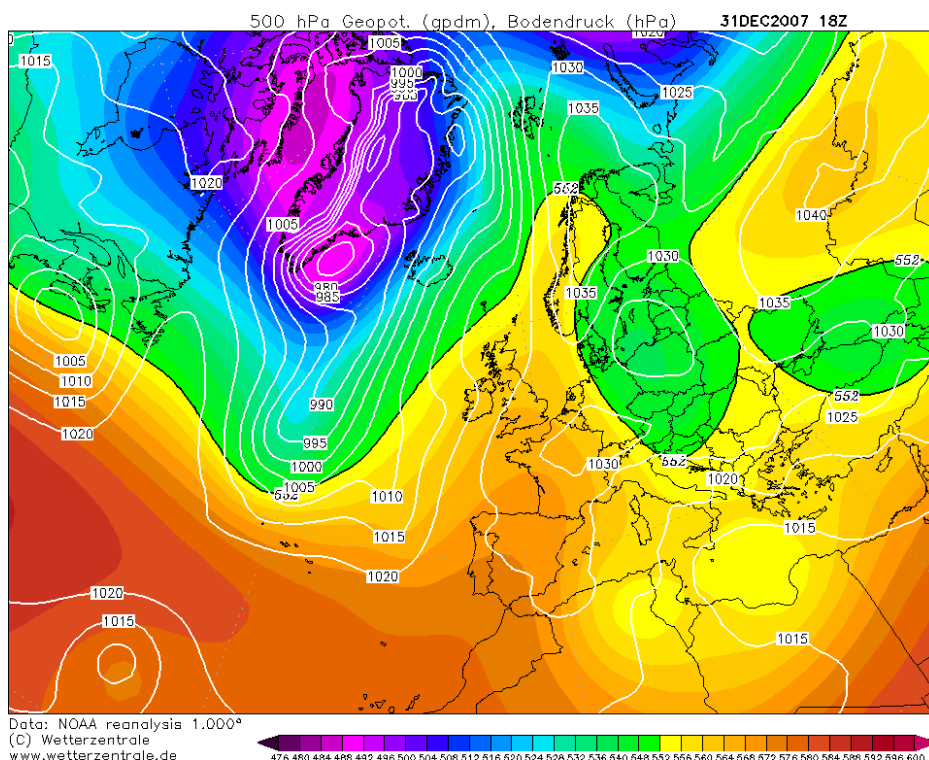


Figura 5.147 Mapa sinòptic, mapa isobàric a superfície i geopotencial a 500 hPa del 31 de desembre de 2007. Font: Reanàlisi de NOAA. Disponible a: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2007&maand=12&dag=31&uur=1800&var=1&map=1&model=noaa>

Taula 5.84 Dades meteorològiques de Girona-Sèquia, excepte el vent que és de Girona-Parc de Bombers, i dades sinòptiques del 31 de desembre de 2007

Data	Temperatures (°C)		Precipitació (mm)	Humitat (%)			Vent (direcció i velocitat en qm/hora)		
	Màxima	Mínima		7 h	15 h	21 h	7 h	15 h	21 h
31/12/2007	15,3	-0,5	0,0	83	36	75	0	2,3 S	0
Nuvolositat (octes)				Pressió atmosfèrica (hPa)					
7 h	15 h	21 h	7 h			15 h	21 h		
0/8	0/8	0/8	1028			1028	1029		
Situació sinòptica		Geopotencial 500 hPa (m)		Temperatura 500 hPa (°C)			Geopotencial 850 hPa (m)		
Anticicló		5700		-17			1520		

La nit del el 31 de desembre de 2007 tenim la màxima intensitat de l'illa de calor de tota la campanya de transectes (període 2002-2021) a les 20,20 hores, 12,1°C. El màxim tèrmic és al carrer Juli Garreta, carrer que està situat al centre de l'Eixample de Girona, amb 7,1°C, mentre el mínim tèrmic està situat a les Deveses de Salt, -5°C. S'observa un màxim tèrmic secundari al nord-est de la ciutat, 6,3°C a l'estació meteorològica de Girona-Montjuïc, a 184 metres. D'altra banda hi ha una forta inversió tèrmica a la capa límit rural de la ciutat de Girona, 8,6°C, aquesta és la diferència entre

Montjuïc i el monestir de la vall de Sant Daniel, 91 m, amb $-2,3^{\circ}\text{C}$. Tenim un màxim tèrmic secundari a Fornells de la Selva, amb $2,8^{\circ}\text{C}$ al nord del nucli urbà, mentre a l'est del municipi, al límit amb el municipi de Llambilles, la temperatura és de $0,6^{\circ}\text{C}$. La vall de la riera Xuncla a Sarrià de Ter és un altre indret rural força fred, amb $-0,4^{\circ}\text{C}$, que està situat al sud-oest del municipi, és el punt d'observació del camí del Molí. S'observa un illot càlid al poble de Sarrià de Ter, al nord de la ciutat de Girona, a sotavent d'aquesta, amb $4,3^{\circ}\text{C}$ al punt d'observació del carrer Montagut, al barri del Pla dels Vinyers, mentre que a l'ajuntament de Sarrià de Ter la temperatura és de $5,1^{\circ}\text{C}$. Hi ha un fort gradient tèrmic entre la Devesa de Girona i les Deveses de Salt. Així la temperatura és de $2,6^{\circ}\text{C}$ a l'estació meteorològica de Girona-Devesa, que pertany a la Direcció General de Qualitat Ambiental, que està situada a l'extrem sud-occidental de la Devesa, i el Pas d'en Prats, $-5,0^{\circ}\text{C}$. D'altra banda aquest punt d'observació del Pas d'en Prats és un illot fred dins les Deveses de Salt, amb temperatures clarament inferiors respecte els voltants.

Els anticiclons hivernals provoquen una forta illa de calor urbana. El dia 25 de desembre de 2001 ens permet detectar una forta illa de calor urbana en la temperatura mínima, amb una mínima de $-6,3^{\circ}\text{C}$ a Girona-Francesc Roges, i en canvi $-12,8^{\circ}\text{C}$ a les Deveses de Salt. Hi ha un important gradient tèrmic entre les àrees rurals i les ciutats de Girona i Salt, excepte al sud de la ciutat de Girona. on la mínima al centre de Fornells de la Selva va ser de $-7,7^{\circ}\text{C}$. S'observa un increment relatiu de la temperatura al nord de la ciutat i a sotavent d'aquesta, on Sarrià de Ter-XVPCA va enregistrar la mateixa mínima que al centre de Girona, $-6,3^{\circ}\text{C}$. el 25 de desembre de 2001. La temperatura mínima de la vall de Sant Daniel de Girona fou força baixa, $-10,0^{\circ}\text{C}$, a 91 metres d'altitud, valor que contrasta amb els $-3,3^{\circ}\text{C}$ de l'observatori de Montjuïc, més enlairat que a la ciutat de Girona, a 184 metres, per tant hi havia una forta inversió tèrmica.

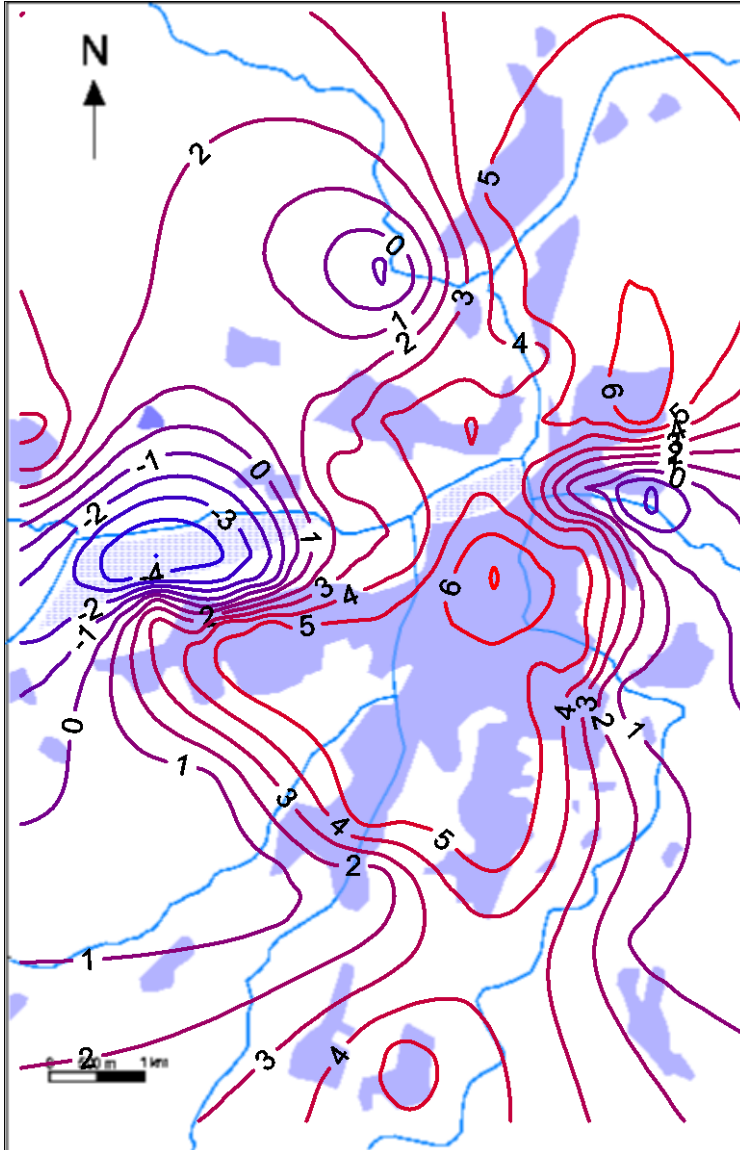


Figura 5.148 Mapa d'isotermes de les 20:20 hores del 31 de desembre de 2007. Àrea urbana de Girona.

Cas 3. Els anticiclons i els pantans baromètrics provoquen un increment important de la intensitat de l'illa de calor en qualsevol època de l'any, principalment a l'hivern i a la primavera, amb diferències urbano-rurals en les temperatures mínimes que assoleixen valors superiors a 8°C.

En el mapa isobàric de superfície hi ha una àrea extensa al sud d'Europa amb un escàs gradient bàric. Un anticicló centrat sobre Escandinàvia envia una falca fins al Mediterrani. Al nord de les Açores hi ha una depressió profunda. La situació sinòptica és de pantà baromètric. Hi ha una dorsal anticiclònica damunt de Catalunya al nivell de 500 hPa, on el flux d'aire és del sud-oest. El geopotencial és de 5765 metres al nivell troposfèric de 500 hPa que correspon a la mitjana troposfera, aquest és un valor elevat, la qual cosa afavoreix la subsidència de l'aire

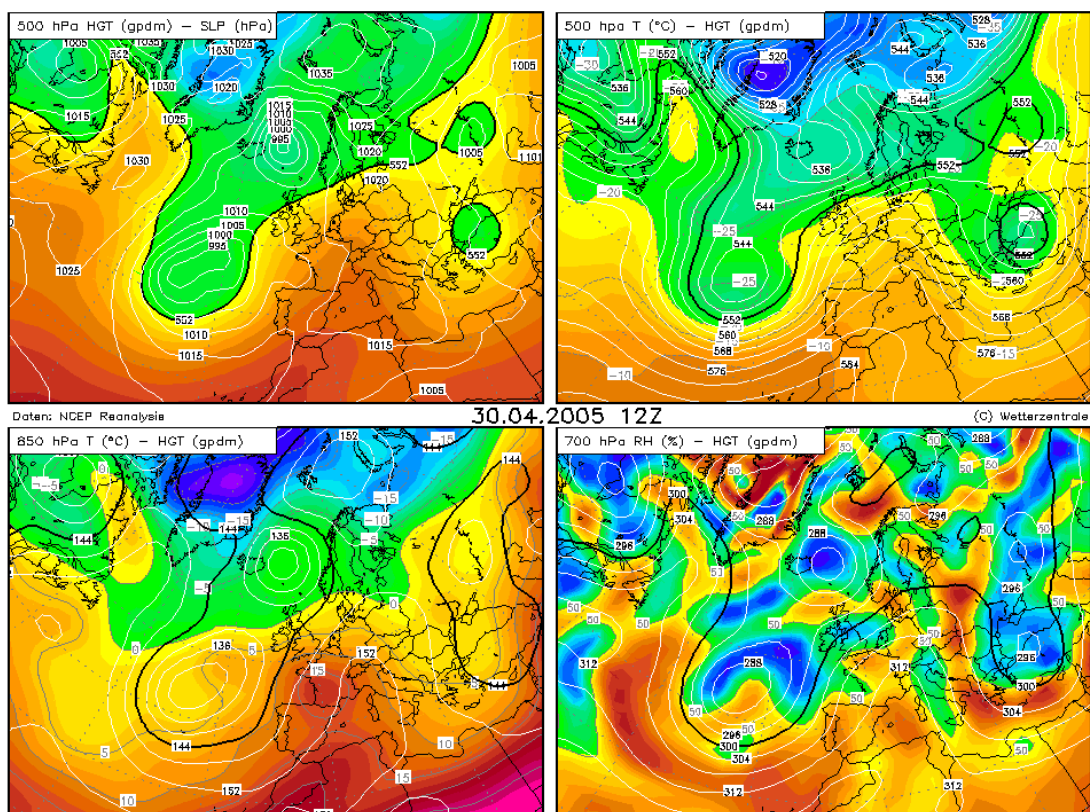


Figura 5.15.1440 Mapa isobàric de superfície del 30 d'abril de 2005. Topografia de 500 hPa. Isotermes de la topografia de 850 hPa. Mapa de humitat relativa de 700 hPa. Font: Reanàlisi de www.wetterzentrale.de

Taula 5.83 Dades meteorològiques de Girona-Sèquia i dades sinòptiques del 30 d'abril de 2005

Data	Temperatures (°C)		Precipitació (mm)	Humitat (%)			Vent (direcció i velocitat en qm/hora)		
	Màxima	Mínima		7 h	15 h	21 h	7 h	15 h	21 h
30/04/2005	28,4	10,5	0,0	66	24	27	2,9 SSW	14,8 S	15,5 SSE
Nuvolositat (octes)				Pressió atmosfèrica (hPa)					
7 h	15 h	21 h	7 h			15 h	21 h		
2/8 Ci	1/8 Ci	1/8 Ci	1016			1013	1013		
Situació sinòptica		Geopotencial 500 hPa (m)		Temperatura 500 hPa (°C)			Geopotencial 850 hPa (m)		
Pantà baromètric		5765		-13,1			1501		

La distribució de les temperatures mínimes del dia 30 d'abril de 2005 permet observar una intensitat màxima de l'illa de calor que és molt elevada, la diferència és de 8,7°C en la temperatura mínima entre Girona (Sèquia) amb 10,5°C i Fornells de la Selva (SMC) que va tenir 1,8°C de mínima. Aquest valor de 8,7°C és una de les diferències en les mínimes més elevats en les mínimes entre els dos observatoris mencionats en el període maig 2002-octubre 2021. Hi ha un important descens tèrmic en totes les direccions des del centre de Girona. La temperatura mínima és de 6,9°C a la Universitat de Girona, situada al SE de la ciutat, en una zona suburbana, valor força inferior als 10,5°C del carrer Sèquia, Fins i tot indrets suburbans com Salt-AEMET presenten temperatures molt més baixes que el centre de Girona, amb 5,5°C. S'observa una inversió tèrmica, la mínima fou de 11,8°C a Girona-Montjuïc (184 m), mentre a Girona-Sèquia (71 m) va ser de 10,5°C. La diferència tèrmica és molt

elevada entre Girona-Sèquia i Girona-Sant Daniel, on la mitjana anual de la diferència entre les mínimes anuals d'ambdós observatoris és de 3,3°C. En aquest dia va haver-hi 7,1°C de diferència, amb 3,4° de mínima a Girona-la vall de Sant Daniel. S'ha de remarcar l'illot de calor de Fornells de la Selva, amb 7,2°C més al centre urbà, 9°C, mentre que 3 Km al SE del nucli urbà a Fornells-SMC la mínima és d'1,8°C. A les Deveses de Salt la mínima fou de 2,1°C. En aquest dia s'ha de remarcar la forta amplitud tèrmica dels observatoris rurals, per exemple 26,3°C a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC, amb 28,1°C de màxima i 1,8°C de mínima. Les fortes oscil·lacions tèrmiques típiques dels dies estables de la primavera afavoreixen una important illa de calor urbana nocturna i a la matinada, amb forts contrastos tèrmics en les temperatures mínimes entre el centre urbà de Girona i la rodalia rural. Les temperatures màximes foren molt elevades per l'època, properes als 30°C, per exemple 28,4°C a Girona-Sèquia. L'oscil·lació tèrmica de l'àrea rural superà els 25°C amb escreix. Això fa pensar en què l'amplitud tèrmica elevada diürna de la zona rural és un dels factors que afavoreixen les elevades intensitats de l'illa de calor de Girona.

El 30 d'abril de 2005 tenim 1,8°C de mínima a Fornells de la Selva-SMC mentre hi ha 10,5°C a Girona-Sèquia, aquest és l'observatori més càlid del barri de l'Eixample i del centre de la ciutat. Per tant. Hi ha observatoris suburbans com Salt-AEMET que presenten temperatures molt més baixes que el centre de Girona, amb 5,5°C. S'observa una inversió tèrmica entre els turons que envolten la ciutat i el centre urbà, la temperatura mínima fou de 11,8°C a Girona-Montjuïc (184 m), mentre a Girona-Sèquia (71 m) la mínima fou de 10,5°C. La diferència tèrmica és molt elevada entre Girona-Sèquia i l'observatori de Girona-la vall de Sant Daniel (91 m), on el mitjana de la diferència entre els dos observatoris és de 3,2°C, aquest dia va haver-hi 7,1°C, amb 3,4°C de mínima a Girona-la vall de Sant Daniel. S'ha de remarcar l'illot de calor de Fornells de la Selva, amb 7,2°C més al centre urbà respecte els afores del poble, 9° al centre del poble, mentre que a Fornells de la Selva-SMC, estació meteorològica situada uns 3 km al sud-est del nucli urbà, la temperatura mínima fou de 1,8°C.

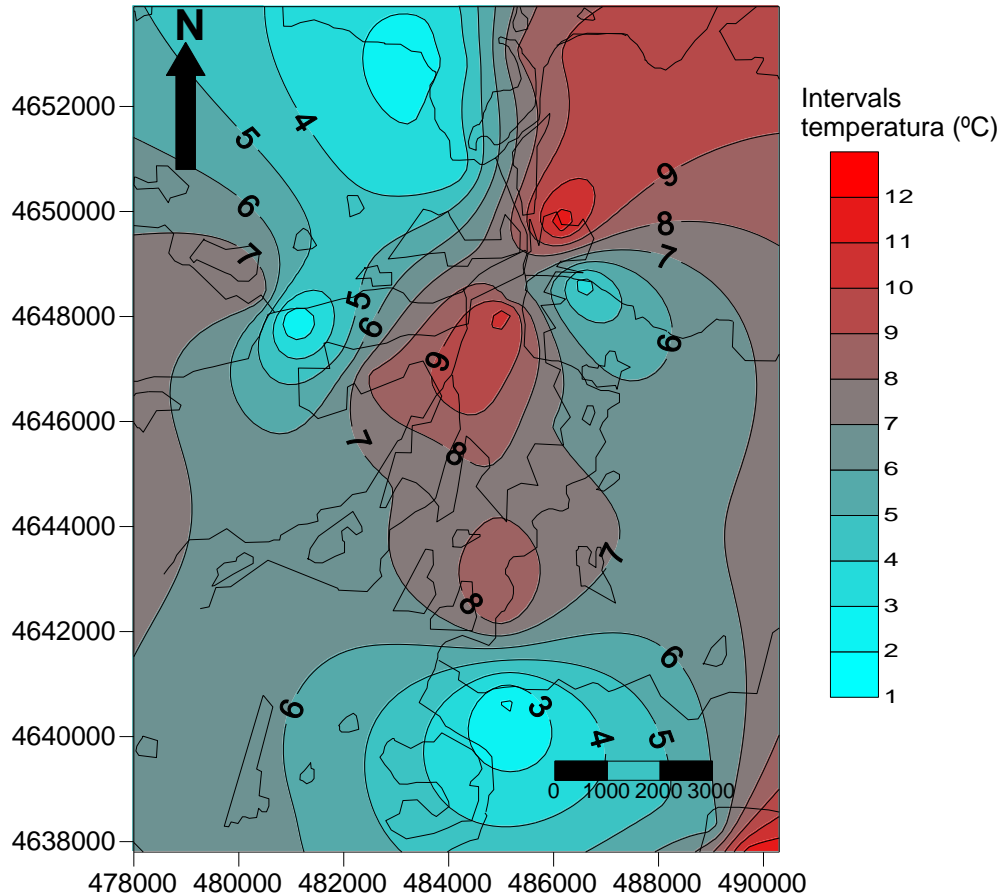


Figura 5.151 Mapa d'isotermes. Temperatures mínimes del 30 d'abril de 2005. Àrea urbana de Girona.

La figura 5.7 és una gràfica de l'evolució horària de la intensitat de l'illa de calor, considerant la diferència tèrmica de dos observatoris del SMC, un de suburbà, el de Girona (Parc de Bombers) i un de rural, Fornells de la Selva. La intensitat de l'illa de calor és molt dèbil durant el dia, amb valors inferiors a 1°C, però dues hores i mitja abans de la posta de sol (18 hores) s'observa com es forma l'illa de calor, ja que hi ha un increment moderat amb el pas del temps de la intensitat de l'illa de calor. A les 21 hores la intensitat és de 5°C. El ritme de creixement de la intensitat de l'illa de calor davalla a partir de les 23 hores, i la intensitat assoleix el seu màxim nocturn a les 1 hores, 4,30 hores després de la posta de sol (8,3°C). Després d'aquest moment la intensitat de l'illa de calor es manté força constant durant tota la nit, tot i que té una molt lleugera tendència al descens. A les 7 hores la diferència tèrmica és de 7,6°C, la diferència en la mínima és de 7,3°C. A partir de l'alba la radiació solar provoca un escalfament molt més ràpid de les superfícies rurals respecte les urbanes i suburbanes i per aquesta causa la intensitat de l'illa de calor disminueix ràpidament fins a desaparèixer a les 10 hores.

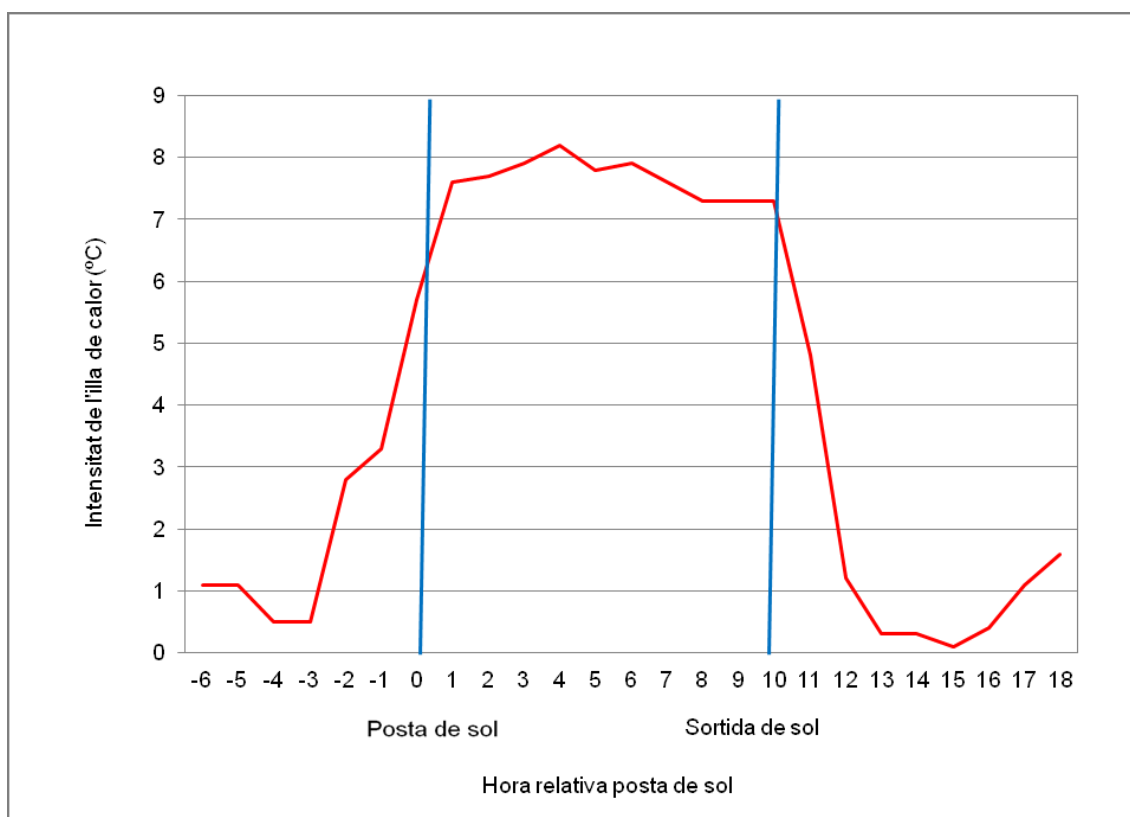


Figura 5.152 Intensitat de l'illa de calor relativa a l'hora de la posta de sol. Diferència tèrmica entre Girona-Parc de Bombers i Fornells de la Selva-SMC. 15 hores dia 29 abril 2005-14 hores 30 abril 2005.

El mapa del 22 de juny de 2003 ens mostra la distribució de temperatures mínimes durant una onada de calor. Així l'àrea més càlida no coincideix amb la zona més densament poblada (Eixample de Girona) i on normalment es dona el màxim tèrmic, sinó a una àrea suburbana elevada, Girona-Montjuïc, amb 24,8°C de mínima. Aquesta anomalia es deu a l'advecció càlida en nivells alts que genera fortes inversions tèrmiques. D'altra banda tenim dos zones on es dona el mínim tèrmic, les Deveses de Salt, 14,7°C i Girona-la Vall de Sant Daniel, 14,8°C. Per tant la inversió tèrmica és intensa, entre les Deveses (81 m) i Montjuïc (185 m) trobem 10,1°C de inversió. També trobem un illot càlid al nord de la ciutat, 19,4°C a Sarrià de Ter, amb temperatures lleugerament inferiors al centre de Girona, 21,3°C a l'observatori de Girona-Sèquia. S'observa l'apèndix de l'illa de calor de Girona que afecta Salt, amb 20,3°C de mínima. Al nord-oest de la ciutat de Girona s'observa una àrea rural fresca, Sarrià de Dalt amb 15,8°C. En canvi una mica al sud d'aquest mínim hi ha un illot càlid al barri de Germans Sàbat i Fontajau, 20,3°C. Les àrees industrials són càlides, així al sud-oest de Girona tenim un illot càlid al polígon industrial Mas Xirgu amb on l'estació meteorològica de Girona-Parc de Bombers té 21,2°C de mínima. D'altra banda, el poble de Sant Gregori, a l'extrem oest de l'àrea urbana, també té un petit màxim, 18,2°C.

Cas 6. Durant les onades de calor estiuenques les temperatures mínimes més elevades es produeixen al turó de Montjuïc, per efecte de la inversió tèrmica

Hem analitzat la influència de les onades de calor en la intensitat de l'illa de calor. Així es pot definir una onada de calor com un període d'almenys 3 dies en què s'assoleix el percentil 98 de temperatura màxima, 37,1°C a la ciutat de Girona, segons dades de l'observatori de Girona de l'SMC en el període 2011-2021. El dia 18 de juliol de 2012 es va produir una flaix de calor, la temperatura màxima va ser de 38,1°C el dia 18 a l'observatori de Girona-Parc del Migdia (AEMET). No obstant, a l'estació de Girona-Hortes la màxima fou inferior al llindar de 37,1°C. Un flaix de calor segons Mazón *et al.* (2014) és un període curt d'elevades temperatures que superen el llindar d'onada de calor, però que tenen una persistència inferior al definit per una onada de calor, entre 2 hores i 2 dies i afecten a una escala espacial menor, entre 20 i 200 km.

La ciutat de Girona es caracteritza per uns estius calorosos, les màximes són força elevades, així se superen els 30°C durant 20 dies tant juliol i agost, però les mínimes baixen força, especialment a les àrees rurals i amb cel serè, essent rars els dies per sobre de 20°C als afores de la ciutat. No obstant el centre urbà enregistra nombroses nits tropicals, tot i que els valors tèrmics passen poc sovint de 22,0°C, així tenim una mitjana de 28,8 nits amb mínima igual o superior a 20°C a Girona-Sèquia en el període 1998-2020. D'altra banda, la mitjana de nits anuals tropicals oscil·la entre els 4,3 dies de Girona-Sant Daniel, 0,1 dies a Fornells-SMC i 0,1 dies a les Deveses de Salt. Durant les onades de calor la intensitat de l'illa de calor és més intensa que en altres dies amb cel serè però amb absència de valors tèrmics molt elevats. Així el 18 d'agost de 2009 la intensitat màxima de l'illa de calor fou de 9,8°C, o el mateix 18 de juliol de 2012 amb 11,5°C de intensitat màxima. Quan analitzem la influència dels factors meteorològics que afavoreixen una elevada intensitat de l'illa de calor a la ciutat de Girona ens adonem que no és tan important el valor la temperatura màxima absoluta assolida com altres factors, com una humitat relativa baixa, inferior al 30 % al migdia i en les primeres hores de la tarda, vents encalmats durant la nit, una humitat relativa inferior al 60 % durant bona part de la nit al centre urbà de Girona i que el cel sigui serè o amb núvols alts a l'hora del transsecte. Així transsectes realitzats amb onada de calor tindran diferents intensitats en funció de la humitat, així la intensitat serà més elevada en recorreguts realitzats amb baixa humitat que amb humitats més elevades. També és crucial que tinguem poc vent ja que si el vent bufa de marineda això homogeneïtza les temperatures de l'àrea urbana de Girona durant la nit, tot i que s'observen diferències aquestes no assolixen els valors molt elevats com amb vents encalmats.

L'onada de calor és el factor meteorològic més remarcable del 22 de juny de 2003 que influeix en les elevades temperatures i també en les intensa illa de calor i la forta inversió tèrmica en hores nocturnes i a l'alba. Aquest dia s'assoleix una de les màximes més altes durant un mes de juny a la ciutat de Girona, 38,8°C al centre urbà, a l'observatori del carrer Sèquia i 39,7°C a Girona-la vall de Sant Daniel, valor que iguala el rècord del 12 de juny de 1931 assolit a Girona-Institut Vell. La màxima de 39,7°C és la temperatura màxima absoluta en un mes de juny de la ciutat de Girona de tota la sèrie, que comprèn el període 1884-2021. La isoterma és de 24°C a 850 hPa, és una forta onada de calor, la més intensa en un mes de juny del segle XXI fins l'any 2021. La intensitat de l'illa de calor urbana és important pel que fa a les temperatures mínimes, 6,7°C. El contrast tèrmic urbano-rural és elevat malgrat el cel ennuvolat poca

estona després de l'alba, 6/8 Ci a les 7 hores a l'observatori del carrer Sèquia. Els núvols alts no influeixen gaire en la intensitat de l'illa de calor urbana nocturna i de la matinada. Probablement el cel s'haurà ennuvolat a les últimes hores de la nit, i per aquest motiu la intensitat de l'illa de calor és tan important. Així tenim una mínima de Girona (Sèquia) de 21,0°C i a Girona (Sant Daniel) fou de 14,3°C. Però encara és més destacable la inversió tèrmica, 10,3°C, entre els observatoris de Girona-la vall de Sant Daniel, a 91 metres d'altitud, i l'observatori de Montjuïc, 24,6°C de mínima, que està a 184 metres d'altitud. Així el màxim tèrmic no es produeix en els llocs clàssics, els més urbanitzats, sinó en els turons adjacents de la ciutat, com a conseqüència de l'advecció càlida en nivells alts. El factor més destacable de l'illa de calor és l'important gradient tèrmic observat entre les zones urbanes i les rurals. En dies d'onada de calor segurament els vents fluïxos durant la nit i l'estabilitat atmosfèrica, amb fortes inversions tèrmiques, afavoreixen aquestes diferències urbano-rurals tan importants. Varis investigadors com Rasilla et al. (2019) afirmen que les inversions tèrmiques afavoreixen les intenses illes de calor urbana, per exemple en el cas de la ciutat de Madrid. En relació amb aquest article científic la nostra hipòtesi que explica la forta intensitat de l'illa de calor urbana de la ciutat de Girona és que el tap que forma la inversió tèrmica per efecte dels contaminants en la capa límit urbana impedeix la pèrdua de calor de la ciutat i en canvi als afores d'aquesta es produeix un fort descens tèrmic durant la nit en la capa límit rural ja que no hi ha tanta contaminació com a la ciutat. Per aquesta causa tant la inversió tèrmica com la intensitat de l'illa de calor urbana són molt més intenses durant les onades de calor estiuenques que en situacions sinòptiques sense una advecció càlida. També s'ha de destacar que certes àrees perifèriques tenen mínimes molt altes, 20,1°C que és el valor mínim de l'observatori de Girona-Parc de Bombers (SMC). Aquest observatori estava situat al polígon Mas Xirgu, situat a una distància de 2,5 km respecte el centre i en una posició meridional, al SSW de la ciutat. de Girona. Va deixar de funcionar el setembre de 2010, quan va ser substituït per les Hortes de Santa Eugènia que és l'actual observatori de Girona que pertany al Servei Meteorològic de Catalunya (SMC). Es pot afirmar que durant les onades de calor la ciutat de Girona agreuja la sensació d'absència de confort produïda per les temperatures màximes excessivament elevades, aquest és un factor bioclimàtic a tenir en compte, ja que té conseqüències en la salut de les persones. Com veurem en l'últim subcapítol relacionat amb les temperatures durant les onades de calor s'observa un increment important de la mortalitat de les persones majors de 65 anys respecte un dia tèrmicament normal d'estiu.

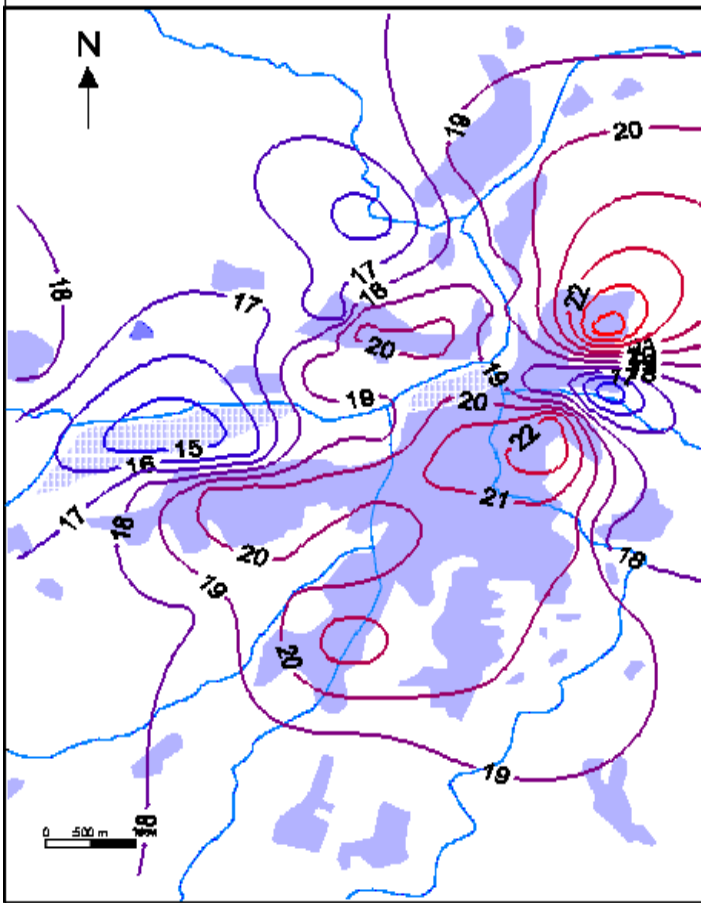


Figura 5.10 Mapa d'isotermes. Temperatures mínimes del 22 de juny de 2003. Àrea urbana de Girona. Intensitat màxima de l'illa de calor: 8,9°C Inversió tèrmica màxima: 10,1°C. Pantà baromètric i onada de calor. 1015 hPa. Cel serè. Vent encalmat. Font: Elaboració pròpia a partir del mapa 1:50000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. 2002.

Taula 5.84 Dades meteorològiques de Girona i sinòptiques del 22 de juny de 2003.

Data	Temperatures (°C)		Precip. (mm)	Humitat relativa (%)			Vent (direcció i velocitat en qm/hora)			
	Màxima	Mínima		7 h	15 h	21 h	7 h	15 h	21 h	
22/6/2003	38,8	21,0	0,0	60	16	40	SW 3,2	S 15,5	S 18	
Nuvolositat (octes)				Pressió atmosfèrica (hPa)						
7 h		15 h		21 h		7 h		15 h		21 h
6/8 Ci		6/8 Ci		1/8 Ci		1009		1007		1008
Situació Sinòptica			Geopotencial 500 hPa (m)		Temp. 500 hPa (°C)		Geopotencial 850 hPa (m)			
Pantà baromètric i onada de calor			5844		-9,9		1509			

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades meteorològiques de Girona-Sèquia, amb l'excepció de les dades de velocitat i direcció del vent de Girona-Parc de Bombers. Dades de temperatura i geopotencial a partir de la reanàlisi de NCEP <www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml>

El mapa de superfície del dia 22 de juny de 2003 s'observa una situació

d'estancament, tenim pantà baromètric a Catalunya i en tot el Mediterrani Occidental. No obstant, tenim un solc al nord-oest de la Península que és pròxim al Pirineu Occidental. En el nivell de 500 hPa les isohipses mostren una corbatura anticiclònica, amb un fluxe del sud-oest. El valor del geopotencial és força elevat, 5840 m, mentre que la temperatura és força elevada, -10°C . Tenim una onada de calor, ja que en la topografia de 850 hPa la isoterma de 20° arriba fins al nord de França, Catalunya té uns valors tèrmics al voltant de 22° en aquest nivell. L'aire és força sec al nivell de 700 hPa, la humitat relativa és del 30 %. La situació atmosfèrica és de pantà baromètric.

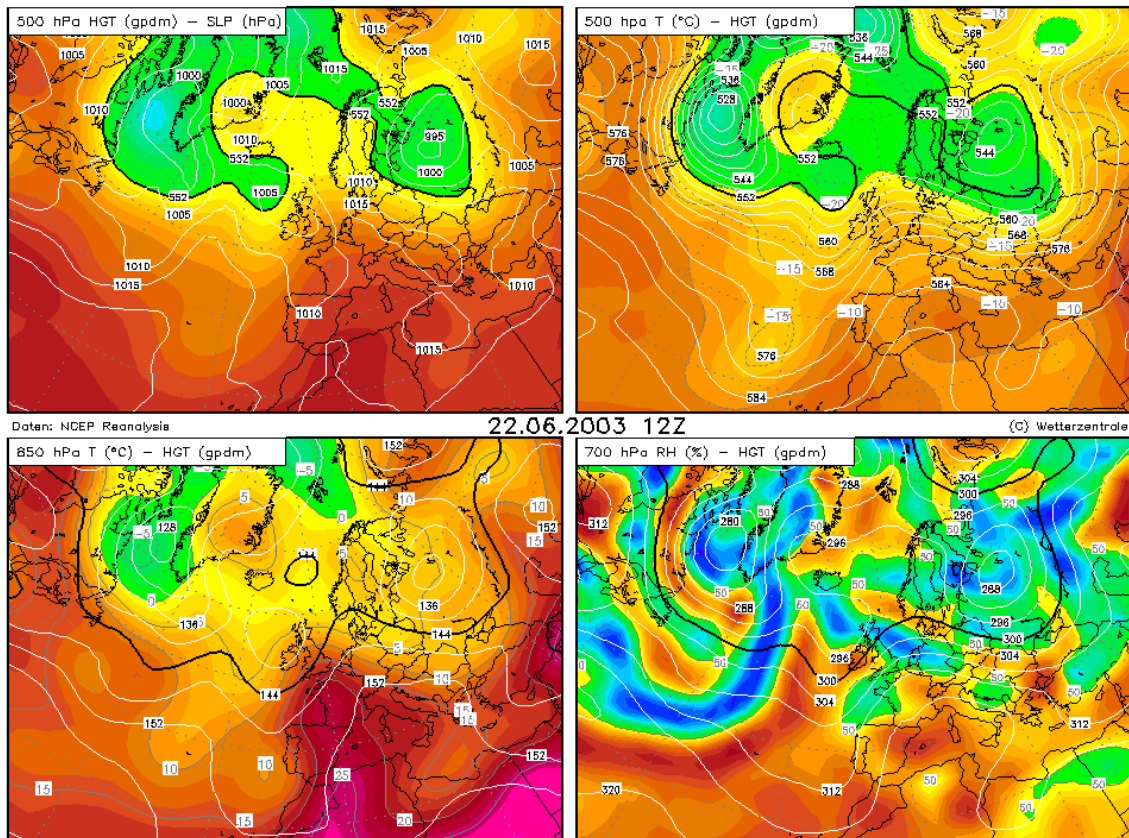


Figura 6.56 Mapa isobàric de superfície del 22 de juny de 2003. Topografia de 500 hPa. Isotermes de la topografia de 850 hPa. Mapa de humitat relativa de 700 hPa. Font: Reanàlisi de www.wetterzentrale.de

El 27 de juliol de 2006 tenim dos màxims tèrmic de la ciutat de Girona, el més important però amb extensió reduïda al barri de Montjuïc per efecte de la inversió tèrmica, amb $23,2^{\circ}\text{C}$ de mínima, i el segon tèrmic ocupa una zona relativament extensa, que abasta els barris de l'Eixample, sud del Barri Vell, barris de Santa Narcís, sud-est del barri de Santa Eugènia i Can Gibert del Pla, delimitat per la isoterma de 21°C . Aquesta zona càlida s'estèn fins a Celrà on la temperatura mínima és de $20,2^{\circ}\text{C}$. La ciutat de Salt també té una temperatura força elevada, $19,6^{\circ}\text{C}$ al centre urbà. D'altra banda, a l'oest i al sud i sud-est d'aquesta àrea càlida trobem una zona rural força extensa amb temperatures mínimes força més baixes. Les Deveses de Salt tenen $11,8^{\circ}\text{C}$ de mínima i $13,6^{\circ}\text{C}$ l'estació de Fornells de la Selva-SMC. També en una zona rural propera a Girona, al nord-est, tenim una àrea reduïda amb una temperatura mínima força baixa, $15,6^{\circ}\text{C}$ a Girona-la vall de Sant Daniel.

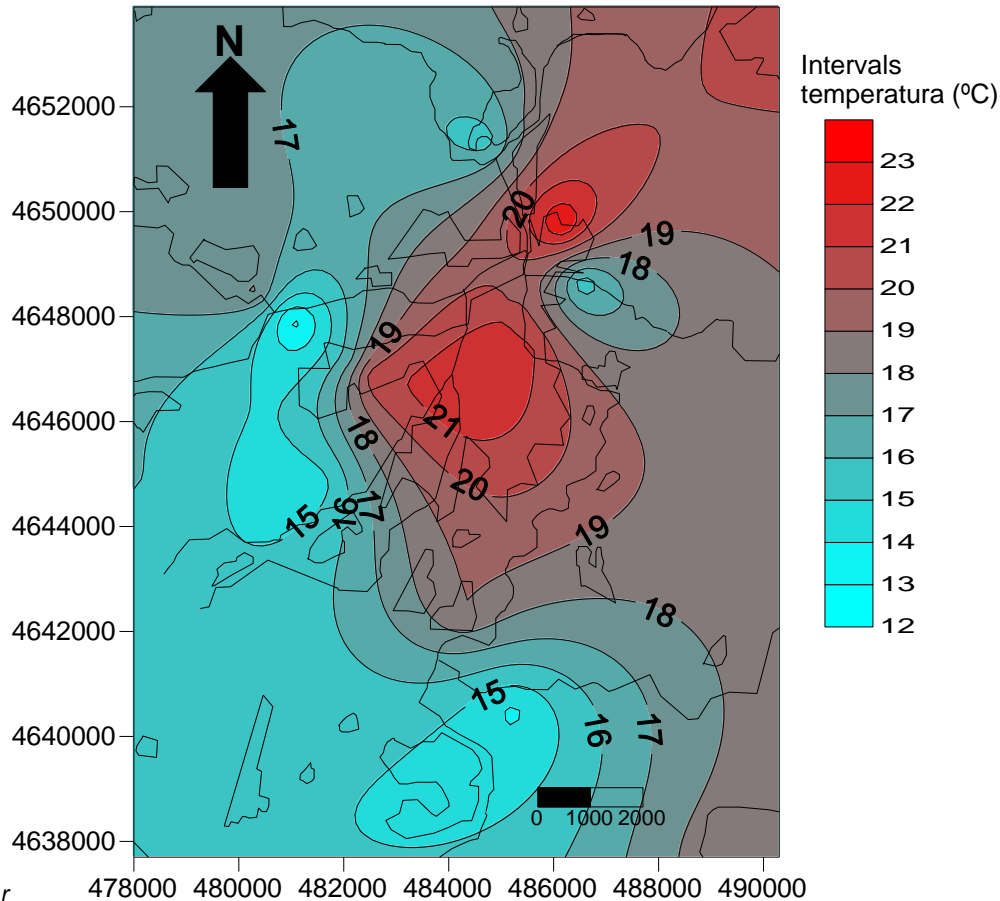


Figura 5.154 Mapa d'isotermes. Temperatures mínimes del 27 de juliol de 2006. Àrea urbana de Girona.

Cas 7. Les onades de calor i els flaixos de calor són les situacions atmosfèriques de l'estiu amb més intensitat de l'illa de calor urbana.

La taula de les temperatures extremes del 18 de juliol de 2012 permet observar com les temperatures mínimes no foren molt elevades, no es va enregistrar cap nit tropical en un observatori de l'àrea urbana, però sí que ho van ser les temperatures màximes, superiors a 37,1°C, que és el llindar que estableix el Servei Meteorològic com a onada de calor a l'observatori de Girona-Hortes de Santa Eugènia (període 2011-2020, font: SMC) per al període 2001-2011. Les amplituds tèrmiques foren molt elevades a les àrees rurals, superiors als 25°C en alguns observatoris, per exemple 26,5°C a les Deveses de Salt, ja que les temperatures mínimes no van ser altes per ser d'un dia d'estiu, sinó relativament baixes. Les temperatures mínimes de les estacions rurals van estar compreses entre els 10,5°C de les Deveses de Salt i els 16,5°C de l'aeroport de Girona.

Taula 5.85 Temperatures extremes del 18 de juliol de 2012. Àrea urbana de Girona.

Observatori	Temperatura màxima	Temperatura mínima
Girona-Universitat	37,5	16,0
Sarrià de Ter	37,2	16,2
Salt-Cugat	37,9	17,5
Girona-Sèquia	38,0	18,4
Girona-Barri Vell	36,1	17,4
Girona-Bonastruc	36,7	17,1
Celrà	35,4	16,9

Bescanó	35,0	17,6
Fornells-XOM	38,0	12,8
Salt-XOM	36,4	13,6
Girona-Hortes Sta. Eugènia (SMC)	36,3	12,4
Fornells-SMC	36,0	11,9
Vilablareix (El Perelló)	38,0	18,3
Vilablareix-SMC	36,3	13,0
Deveses de Salt	37,0	10,5
Girona-Montjuïc	37,0	19,9
Aeroport de Girona	35,9	16,5
Girona-Sant Daniel	37,2	11,9
Girona-Parc del Migdia	38,1	17,6
Sant Gregori	35,7	16,7

El mapa de temperatures mínimes permet observar com a la matinada els gradients tèrmics horitzontals entre els nuclis urbans i les àrees rurals van ser molt intensos, fins a 8°C/Km a Salt. La temperatura mínima fou de 17,5° a l'observatori de Salt-Plaça Sant Cugat, mentre que a una distància en línia recta de 500 metres la temperatura mínima fou de 13,6°, per tant 3,9° més baixa a l'estació de Salt-XOM, que es troba al parc de la Sèquia Monar. La temperatura mínima més alta de l'àrea urbana, 19,9°C, es va produir a Girona-Montjuïc, estació situada damunt d'un turó a 184 m. En canvi a Girona-Sèquia la mínima fou de 18,4°, és l'observatori urbà del pla de Girona amb la mínima més elevada. S'ha de remarcar la forta inversió tèrmica de l'àrea rural de Girona. Així la temperatura mínima fou de 19,9°C a l'observatori de Girona-Montjuïc, 184 metres, mentre en canvi a les Deveses de Salt, 81 m, la mínima fou de 10,5°C, 9,4°C menys. Però la inversió assolí els 13,3°C entre les Deveses de Salt i un observatori de les Gavarres, Juià-Els Àngels, 23,8°C. Juià-Els Àngels es troba a una altitud de 406 m, i pertany a la xarxa de Meteoclimatic, actualment no està disponible a la xarxa de Meteoclimatic. La majoria d'observatoris meteorològics situats en nuclis urbans dels pobles i ciutats de l'àrea urbana de Girona van tenir mínimes compreses entre 16°C i 18°C, mentre que en canvi les estacions rurals d'aquests municipis van tenir mínimes que van oscil·lar entre 12°C i 14°C.

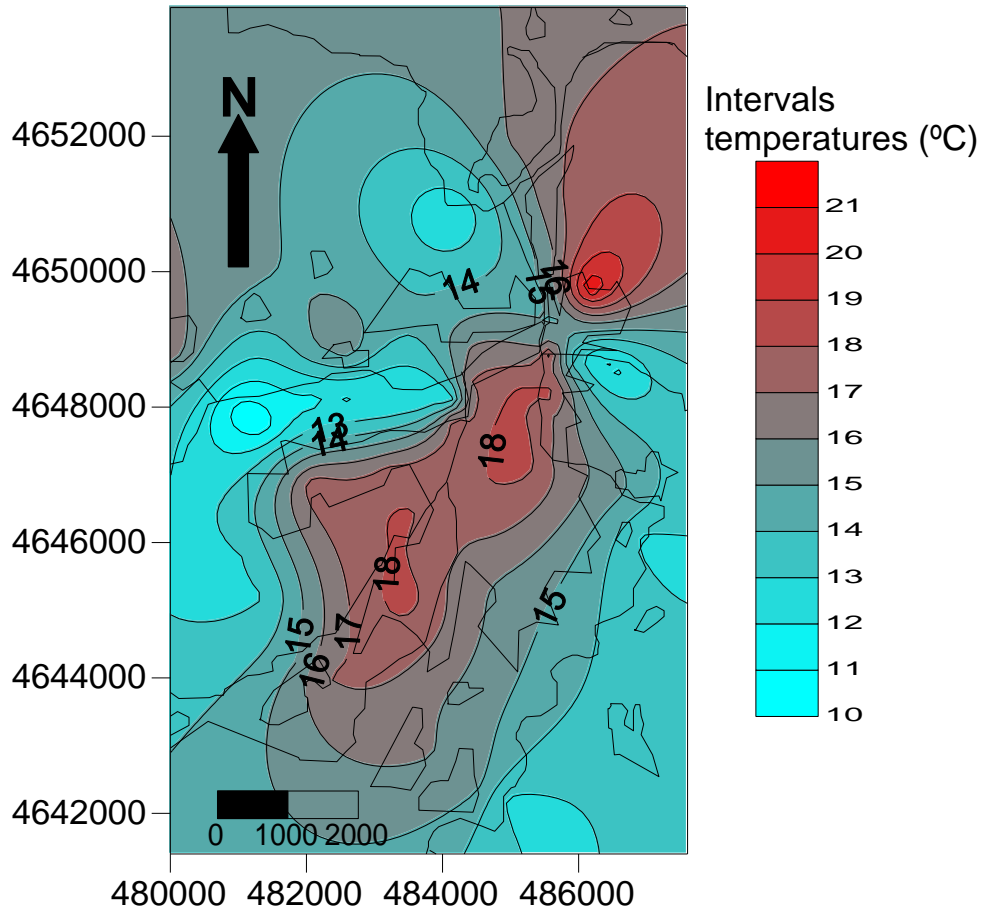


Figura 5.145 Mapa d'isotermes. Temperatures mínimes del 18 de juliol de 2012. Àrea urbana de Girona.

El mapa a més petita escala permet observar durant la matinada (mapa de temperatures mínimes) un fort contrast tèrmic entre la vall de Sant Daniel i el turó de Montjuïc i entre la vall de Sant Daniel i el centre urbà de Girona, en el primer cas per la inversió tèrmica i en el segon cas per l'illa de calor urbana. S'ha de remarcar que la vall de Sant Daniel és un illot rural fred ja que és una cubeta envoltada d'àrees més elevades, turons, amb mínimes més altes per efecte de la inversió tèrmica, i també s'ha d'afegir que la morfologia de l'illa de calor urbana del nucli urbà de Girona és en forma de punxa, amb una àrea allargada entre el Barri Vell, l'Eixample nord i l'Eixample centre, que està delimitada per l'isoterma de 18°C.

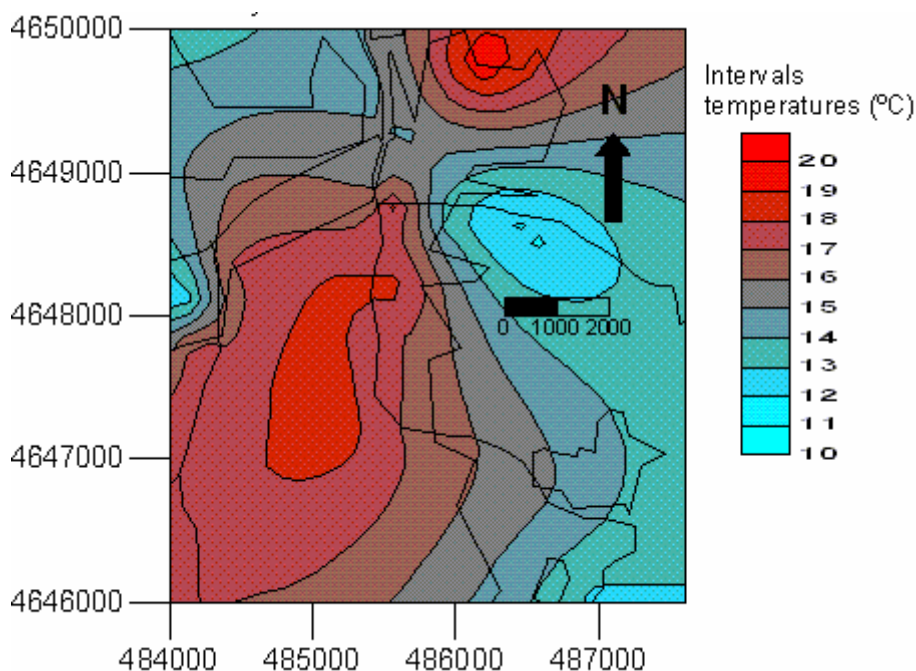


Figura 5.146 Mapa d'isotermes a més petita escala que el de l'àrea urbana. Temperatures mínimes del 18 de juliol de 2012 a petita escala. Part nord del barri de l'Eixample de Girona, Barri Vell, Pedret i vall de Sant Daniel.

Taula 5.86 Dades meteorològiques de Girona i sinòptiques del 18 de juliol de 2012.

Data	Temperatures (°C)		Precipitació (mm)	Humitat (%)			Vent (direcció i velocitat en qm/hora)		
	Màxima	Mínima		7 h	15 h	21 h	7 h	15 h	21 h
18/07/2012	37,0	18,0	0,0	54	14	30	1,9 W	9,7 S	9,7 S
Nuvolositat (octes)			Pressió atmosfèrica (hPa)						
7 h		15 h	21 h	7 h			15 h	21 h	
0/8		0/8	1/8 Ci	1020			1017	1017	
Situació sinòptica		Geopotencial 500 hPa (m)		Temperatura 500 hPa (°C)			Geopotencial 850 hPa (m)		
Pantà baromètric		5920		-9,7			1610		

El 18 de juliol de 2012 fou un dia assolellat, amb vents febles del sud, i en un context anticiclònic amb cel serè, només van aparèixer alguns núvols alts, tenim 1/8 Ci a les 21,50 hores, al final del transsecte.

El mapa de les temperatures màximes no mostra un efecte molt important de l'illa de calor, ja que la ciutat durant el dia acumula la calor però no l'allibera a l'atmosfera, sinó que ho fa durant la nit. No obstant si comparem alguns observatoris del municipi de Girona ens adonem d'un petit increment tèrmic a la ciutat respecte els afores, que no es pot afirmar que sigui produït per la urbanització sinó per microclimes locals. Així la màxima fou de 36,3° a Girona-SMC, en un entorn agrari, les hortes de Santa Eugènia, mentre que va ser de 38,1° Girona-AEMET, al Parc del Migdia. Però en canvi la màxima fou més baixa a Girona-Barri Vell, 36,1°C, respecte Fornells de la Selva-Can Toni Manescal (XOM), 38,0°C. L'efecte dels rius és d'un cert increment de la frescor al migdia, així la màxima fou més alta a l'Eixample de Girona en indrets més allunyats de rius (Girona-Sèquia, 38,0°C) que al cantó del riu Onyar, Girona-Barri Vell, situat a la Plaça de St. Agustí va enregistrar una màxima de 36,1°C. Tampoc s'observa un gradient tèrmic sud-nord com a conseqüència de l'escalfament produït per la marinada a través de la superfície urbana, ja que si bé la màxima fou més alta a Sarrià de Ter respecte l'aeroport, 37,2°C versus 35,9°C, en canvi va ser més baixa respecte

Fornells-XOM, 38,0°C. L'increment d'altura provoca un descens tèrmic significatiu en els cims dels turons de les Gavarres respecte el pla de Girona que s'atenua en el cas dels turons que rodegen la ciutat. Així la màxima fou molt més baixa a Els Àngels, 32,3°C, respecte Girona, tot i que la màxima fou idèntica a Girona-Montjuïc, 37°C, respecte Girona-Sant Daniel, 37,2°C, tot i els 94 metres de desnivell

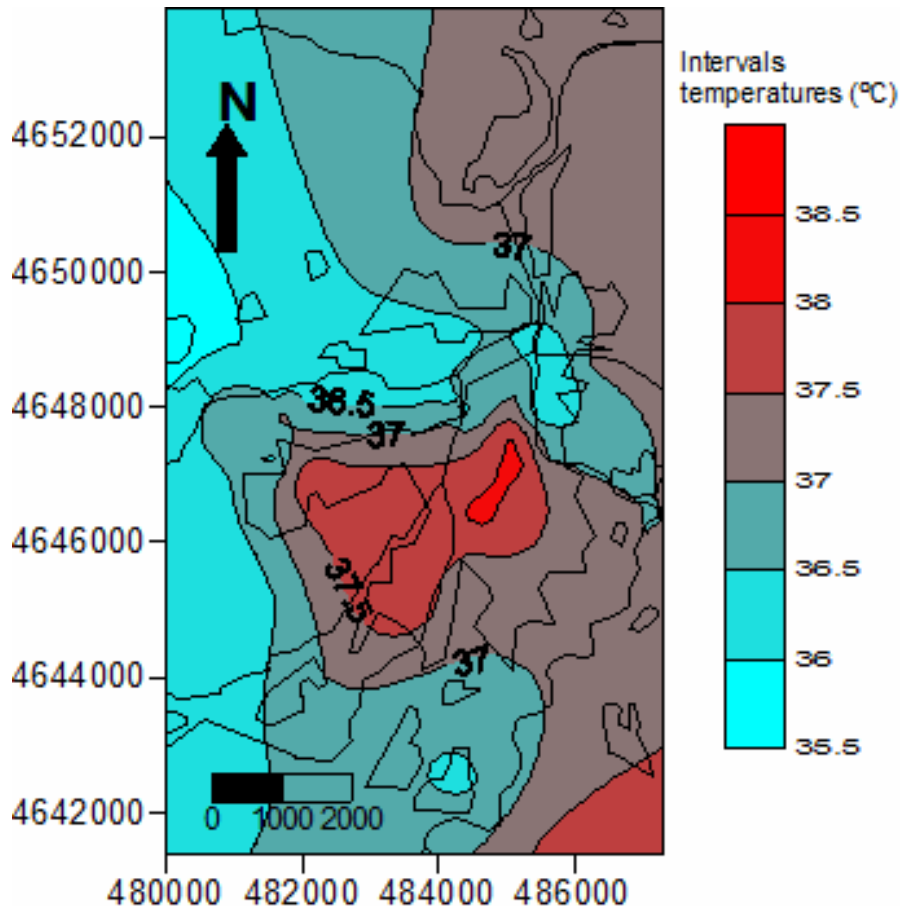


Figura 5.147 Mapa d'isotermes. Temperatures màximes del 18 de juliol de 2012. Àrea urbana de Girona.

El mapa tèrmic de les 21,50 hores del flaix de calor del 18 de juliol de 2012, ja que l'episodi càlid només va durar 1 dia, mostra una elevadíssima intensitat de l'illa de calor a les 21,50 hores, 11,5°C, és la més alta d'un transecte d'estiu fet tant a la posta de sol com a la nit. Aquest moment del dia es considera de la posta de sol, ja que es dona abans de l'hora posterior a la posta de sol. El mapa d'isotermes de la posta de sol ens permet observar unes diferències tèrmiques molt més marcades que durant la matinada, així mentre que a la sortida del sol tenim 7,9°C d'illa de calor si comparem observatoris situats en condicions similars, Girona-Sèquia, 18,4°C, i les Deveses de Salt, 10,9°C, a les 21,50 hores teníem 11,5°C d'intensitat. Així tenim 31,9°C a l'Eixample de Girona, al carrer Migdia amb Creu, mentre a les Deveses la temperatura és de 20,4°C. La calor acumulada a les superfícies asfaltades de la ciutat i als edificis i a les teulades durant el dia se cedeix a l'atmosfera durant la nit i escalfa l'aire del centre de Girona, en canvi a les Deveses de Salt es produeix un fort refredament de l'aire sobretot a les clarianes de l'arbreda, com és el cas del Pas d'en Prats, que és el punt d'observació final del transecte. S'ha de remarcar que les temperatures no foren idèntiques en les àrees rurals, sinó que van fluctuar en funció de si estem en una àrea

boscosa o propera a un riu o torrent, on la temperatura davallava més, com és el cas de les Deveses de Salt, o en canvi estem en una àrea agrícola. Així tenien 25,4°C a Can Toni Menescal, a Fornells de la Selva, mentre en canvi la temperatura era de 23,5°C al cantó del riu Onyar, uns 500 metres al sud-est del nucli urbà de Fornells. Es produeix una inversió tèrmica a l'hora del transecte amb 28°C a Montjuïc (184 m) i 24,5°C al monestir de la Vall de Sant Daniel.. L'elevada temperatura del centre de la ciutat de Girona contrasta amb les temperatures molt inferiors de la rodalia de Girona, no només de les àrees rurals sinó també de les zones suburbanes. Fins i tot la zona de sobrevent té una temperatura força inferior al centre de Girona, amb 28,8°C al punt d'observació del carrer Montagut de Sarrià de Ter. Hi ha un fort gradient tèrmic entre el centre de Salt amb 28,4°C i les Deveses de Salt, 21,5°C, però també entre el centre de Girona i la vall de Sant Daniel, 31,9°C vs 24,5°C.

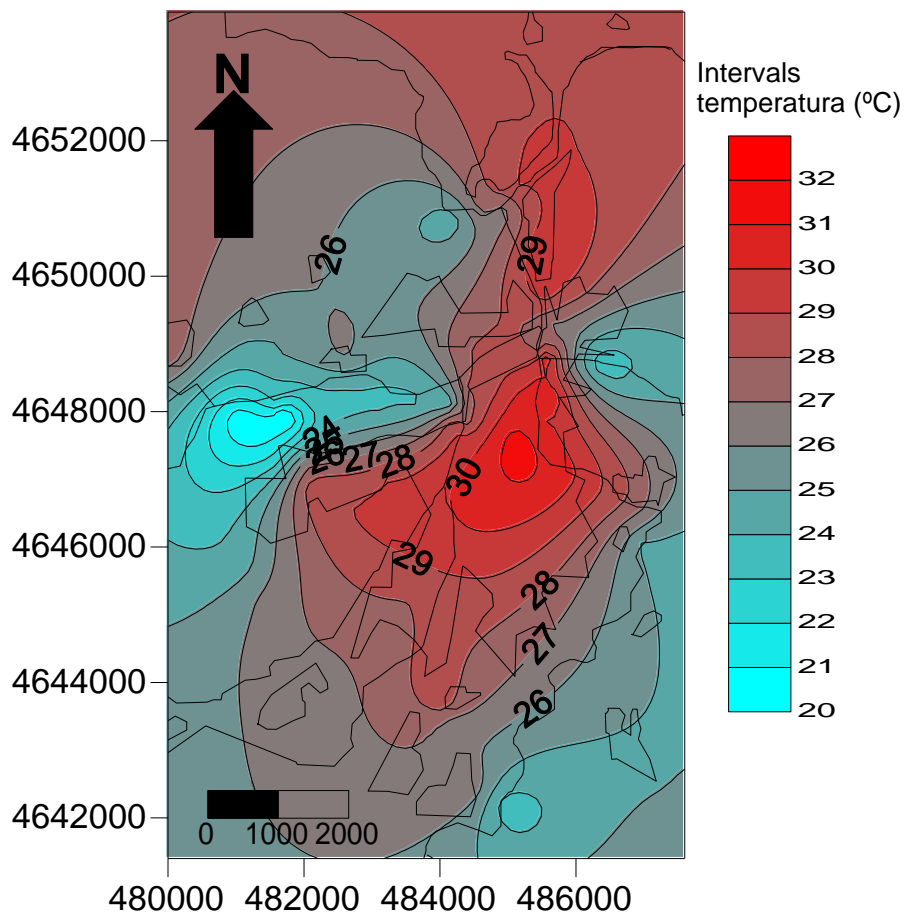


Figura 5.148. Mapa d'isotermes. Temperatura de les 21,50 hores del 18 de juliol de 2012. Àrea urbana de Girona.

La situació sinòptica del 18 de juliol de 2012 és d'anticicló en superfície amb un flaix de calor, ja que no és una onada de calor per la seva poca durada, només un dia. L'anticicló de les Açores envia una falca fins a la Península Ibèrica. D'altra banda una depressió està situada damunt el mar del Nord. El geopotencial és de 5920 metres a

500 hPa. Hi ha una advecció càlida visible a la topografia de 850 hPa, amb 20° a aquest nivell. L'aire és força sec, 40 %, al nivell de 700 hPa.

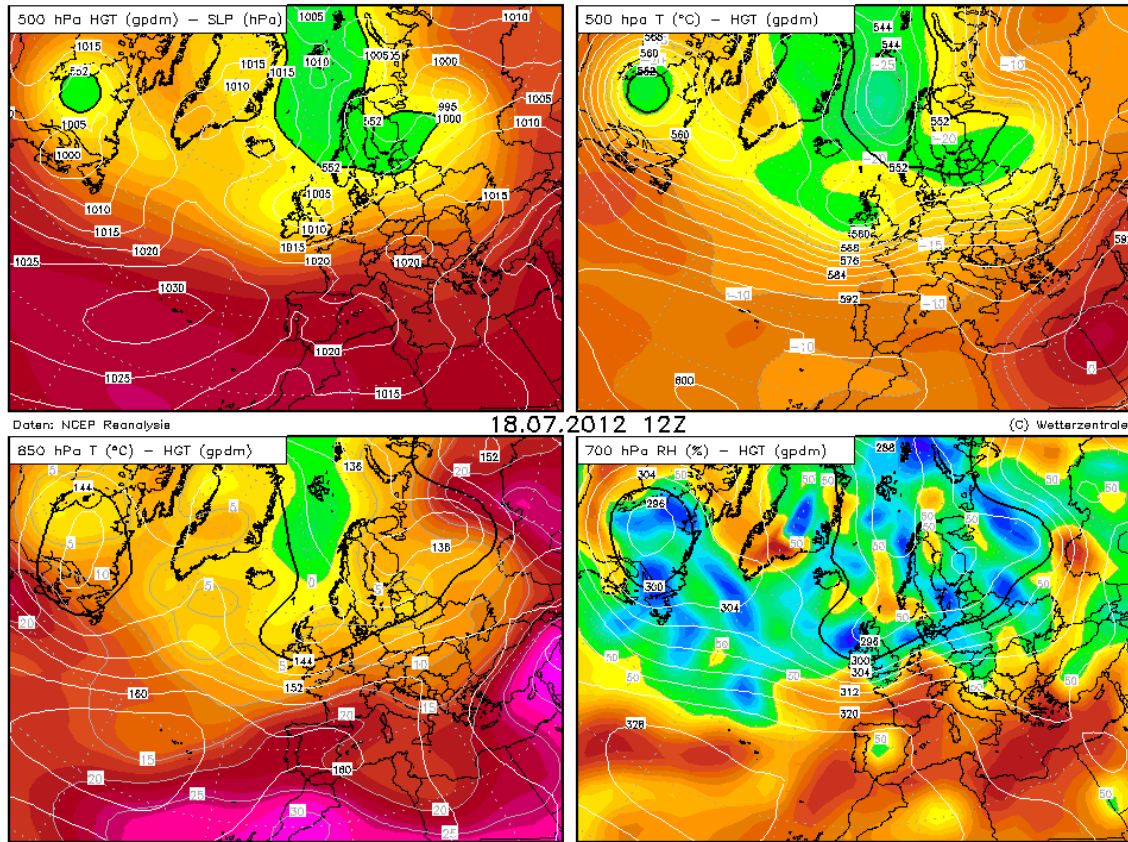


Figura 5.149 Mapa isobàric de superfície del 18 de juliol de 2012. Topografia de 500 hPa. Isotermes de la topografia de 850 hPa. Mapa de humitat relativa de 700 hPa. Font: Reanàlisi de www.wetterzentrale.de

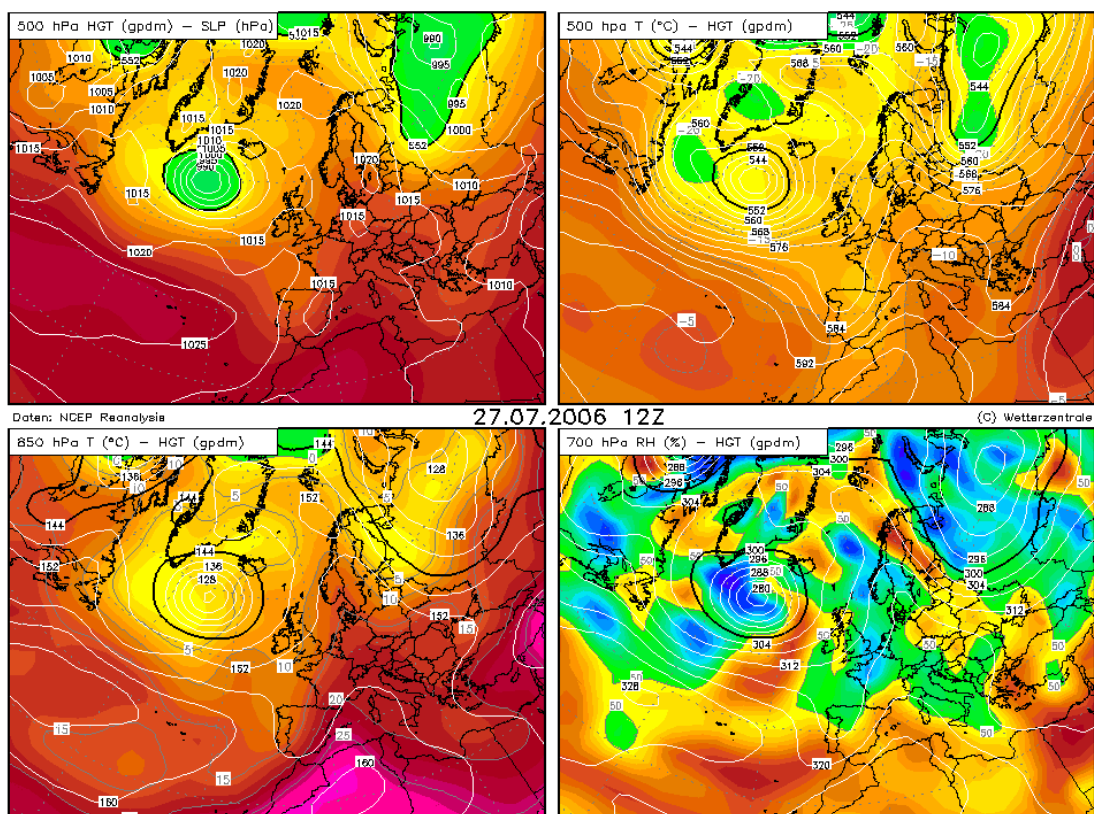


Figura 5.153 Mapa isobàric de superfície del 27 de juliol de 2006. Topografia de 500 hPa. Isotermes de la topografia de 850 hPa. Mapa de humitat relativa de 700 hPa. Font: Reanàlisi de www.wetterzentrale.de

La diferència tèrmica urbano-rural entre Girona (SMC) i Fornells de la Selva (SMC) és de 8,6°C a les 6 hores del dia 27 de juliol de 2006. La temperatura a Girona (SMC) és de 22,9°C i a Fornells de 14,3°C. En aquest dia es va produir la màxima intensitat de l'illa de calor de Girona durant l'estiu, considerant la diferència tèrmica observada entre els observatoris de Girona (SMC) i Fornells de la Selva (SMC) durant l'estiu (període 2001-7). La situació sinòptica, pantà baromètric, afavoreix una important intensitat de l'illa de calor.

La matinada del dia 27 de juliol (4 UTC o 6 hores hora local), es va produir la màxima diferència tèrmica horària, 8,6°C, de l'època estiuenca (1 juny- 31 agost) del període 2001-7 entre els observatoris de Girona (SMC) i Fornells de la Selva (SMC). L'illa de calor per tant en aquest moment és de 8,6°C. L'illa de sequedat també és molt important, ja que la diferència d'humitat entre els 2 observatoris és del 39 %. Les condicions meteorològiques a les 6 hores eren molt favorables per a la formació d'una intensa illa de calor, cel poc núvol, una octa de cel cobert, vent molt fluix, vent de migjorn amb una velocitat mitjana de 0,5 m/s a Girona (SMC).

Taula 5.87 Dades meteorològiques del dia 27 de juliol de 2006 a les 6 hores

Paràmetres	Girona-Parc de Bombers (SMC)	Fornells de la Selva (SMC)
Temperatura (°C)	22,9	14,3
Humitat relativa (%)	56	95
Velocitat del vent i direcció	0,5 m/s, SSW (211°)	No hi ha sensor

La diferència urbano-rural en les temperatures mínimes és molt destacable (veure taula 6.80), hi ha 8,0°C de diferència entre Girona (SMC), 21,8°C i Fornells de la Selva

(SMC), 13,8°C . El màxim tèrmic de la ciutat de Girona (sense tenir en compte els punts afectats per la inversió tèrmica) no es produeix a l'Eixample, a l'esquerra de l'Onyar, sinó al sud de la ciutat, a l'observatori Girona-SMC situat al polígon Mas Xirgu, amb 21,8°C de mínima. També cal remarcar que la inversió tèrmica fou molt marcada (9,4°C entre Girona-Montjuïc i Fornells de la Selva (SMC) o 7,9°C entre Montjuïc i Sant Daniel). Per tant es pot afirmar que durant l'època estiuenca, igualment com a la resta de l'any, la inversió tèrmica pot ser molt elevada durant les matinades, la qual cosa afavoreix la formació de l'illa de calor, ja que impedeix que la calor absorbida durant el dia pels materials urbans pugui escapar-se de la mateixa manera que el sòl natural de les zones rurals.

Les onades de calor són situacions favorables per tenir importants diferències tèrmiques urbano-rurals a Girona. Les causes són principalment les quatre següents:

- La humitat relativa és més baixa al migdia, això provoca una important amplitud tèrmica a les àrees rurals dels voltants de Girona, que sovint supera els 20°C, el diferent refredament de les àrees urbanes i de les zones rurals implica una forta intensitat de l'illa de calor urbana que sovint supera els 6°C, inclús es pot acostar o superar els 10°C. També durant la primera part de la nit la humitat és baixa, especialment a la ciutat, això provoca que a la ciutat predominin els fluxos de calor sensible que escalfin l'aire mentre que a les àrees rurals s'incrementa la irradiació de calor del sòl gràcies a l'aire força sec, tot i que no tant com a la ciutat.
- Predomini del cel serè, per tant es produeix un important escalfament dels materials urbans a la ciutat durant el dia, aquesta calor acumulada es cedeix a l'atmosfera durant la nit implicant uns forts contrastos tèrmics urbano-rurals.
- Increment de el calor antròpica alliberada pels aparells d'aire condicionat. Així en els dies de més calor s'incrementa el consum d'aire condicionat pels ciutadans, aquests aparells generen molta calor que és expulsada des de dins dels edificis cap a l'exterior, la qual cosa implica un escalfament de l'aire de la ciutat.
- Inversió tèrmica important. Tot i que la inversió tèrmica és molt inferior a l'estiu respecte de l'hivern durant les situacions d'onada de calor de l'estiu la inversió tèrmica pot ser molt elevada, 13,3°C entre les Deveses i Els Àngels, el 18 de juliol de 2012.

S'ha de remarcar la forta inversió tèrmica de l'àrea rural de Girona. Així la temperatura mínima fou de 19,9°C a l'observatori de Girona-Montjuïc, 184 metres, mentre en canvi a les Deveses de Salt, 81 m, la mínima fou de 10,5°C, 9,4°C menys. Però la inversió assolí els 13,3°C entre les Deveses i la muntanya d'Els Àngels, 406 m, a les Gavarres, 23,8°C.

El mapa de les temperatures màximes no mostra un efecte molt important de l'illa de calor, ja que la ciutat durant el dia acumula la calor però no l'allibera a l'atmosfera, sinó que ho fa durant la nit. No obstant si comparem alguns observatoris del municipi de Girona ens adonem d'un petit increment tèrmic a la ciutat respecte els afores, que no es pot afirmar que sigui produït per la urbanització sinó per microclimes locals. Així la

màxima fou de 36,3°C a Girona-SMC, en un entorn agrari, les hortes de Santa Eugènia, mentre que va ser de 38,1°C Girona-AEMET, al Parc del Migdia. Però en canvi la màxima fou més baixa a Girona-Barri Vell, 36,1°C, respecte Fornells de la Selva-Can Toni Menescal (XOM), 38,0°C. L'efecte dels rius és d'un cert increment de la frescor al migdia, així la màxima fou més alta a l'Eixample de Girona en indrets més allunyats de rius (Girona-Sèquia, 38,0°C) que al cantó del riu Onyar, Girona-Barri Vell, situat a la Plaça de St. Agustí. Tampoc s'observa un gradient tèrmic sud-nord com a conseqüència de l'escalfament produït per la marinada a través de la superfície urbana, ja que si bé la màxima fou més alta a Sarrià de Ter respecte l'aeroport, 37,2°C versus 35,9°C, en canvi va ser més baixa respecte Fornells-XOM, 38,0°C. L'increment d'altura provoca un cert descens tèrmic en els cims dels turons, així la màxima fou molt més baixa a Els Àngels, 32,3°C, respecte Girona, tot i que la màxima fou idèntica a Girona-Montjuïc, 37°C, respecte Girona-Sant Daniel, 37,2°C, tot i els 94 metres de desnivell. La ciutat de Girona es caracteritza per uns estius calorosos, les màximes són força elevades, superant els 30°C durant 20 dies tant juliol i agost, però les mínimes baixen força, especialment a les àrees rurals i amb cel serè, essent rars els dies per sobre de 20°C als afores de la ciutat. No obstant el centre urbà enregistra nombroses nits tropicals, tot i que els valors tèrmics passen poc sovint de 22,0°C, així tenim una mitjana de 27,7 nits amb mínima igual o superior a 20°C a Girona-Sèquia. Així el mitjana de nits anuals tropicals oscil·la entre els 3 dies de Girona-Sant Daniel, 2 dies a Fornells-SMC i 0,1 dia a les Deveses de Salt-XOM

El 18 de juliol de 2012 fou un dia assolellat, amb poc vent del sud, i en un context anticiclònic amb cel serè, només van aparèixer alguns núvols alts, tenim 1/8 Ci a les 21,50 hores, al final del transsecte.

El transsecte nocturn ens permet observar unes diferències molt més marcades que a la nit, així mentre a la nit tenim 7,9°C d'illa de calor si comparem observatoris situats en condicions similars, Girona-Sèquia, 18,4°C, i les Deveses de Salt, 10,9°C, a les 21,50 hores teníem 11°C d'intensitat. Així teníem 31,4°C a l'Eixample de Girona, al carrer Migdia amb Creu, mentre a les Deveses la temperatura voltava els 20,4°C. La calor acumulada a les superfícies asfaltades de la ciutat i als edificis i a les teulades durant el dia se cedeix a l'atmosfera durant la nit i escalfa l'aire del centre de Girona, en canvi a les Deveses es produeix un fort refredament de les superfícies amb vegetals, sobretot a les clarianes, com és el cas del Pas d'en Prats, final del transsecte. S'ha de remarcar que les temperatures no foren idèntiques en les àrees rurals, sinó que van fluctuar en funció de si estem en una àrea boscosa o propera a un riu o torrent, on la temperatura davallava més, com és el cas de les Deveses de Salt, o en canvi estem en una àrea agrícola. Així tenien 25,4°C a Can Toni Menescal, a Fornells de la Selva, mentre en canvi el mercuri donava 23,5°C al cantó del riu Onyar a Fornells. Es produeix una inversió tèrmica a l'hora del transsecte amb 28°C a Montjuïc (184 m), per 24,5°C al monestir de la Vall de Sant Daniel.

Les onades de calor són els episodis de l'estiu en què la intensitat de l'illa de calor és més accentuada, com va succeir el 18 d'agost de 2009, amb una intensitat de 9,8°C, o el mateix 18 de juliol de 2012. Quan analitzem la influència dels factors meteorològics en la intensitat ens adonem que no és tan important la màxima absoluta assolida sinó el valor baix de humitat relativa que s'assoleix al migdia, el grau d'encaçament de l'aire durant la nit, la humitat relativa del centre urbà de Girona a la nit i evidentment el fet que el cel sigui serè o amb núvols alts a l'hora del transsecte. Així transsectes

realitzats amb onada de calor tindran diferents intensitats en funció de la humitat, així la intensitat serà més elevada en recorreguts realitzats amb baixa humitat que amb humitats més elevades. També és crucial que tinguem poc vent ja que si el vent bufa de marineda això homogeneïtza les temperatures de l'àrea urbana de Girona durant la nit, tot i que s'observen diferències aquestes no assolixen els valors molt elevats com amb vents encalmats.

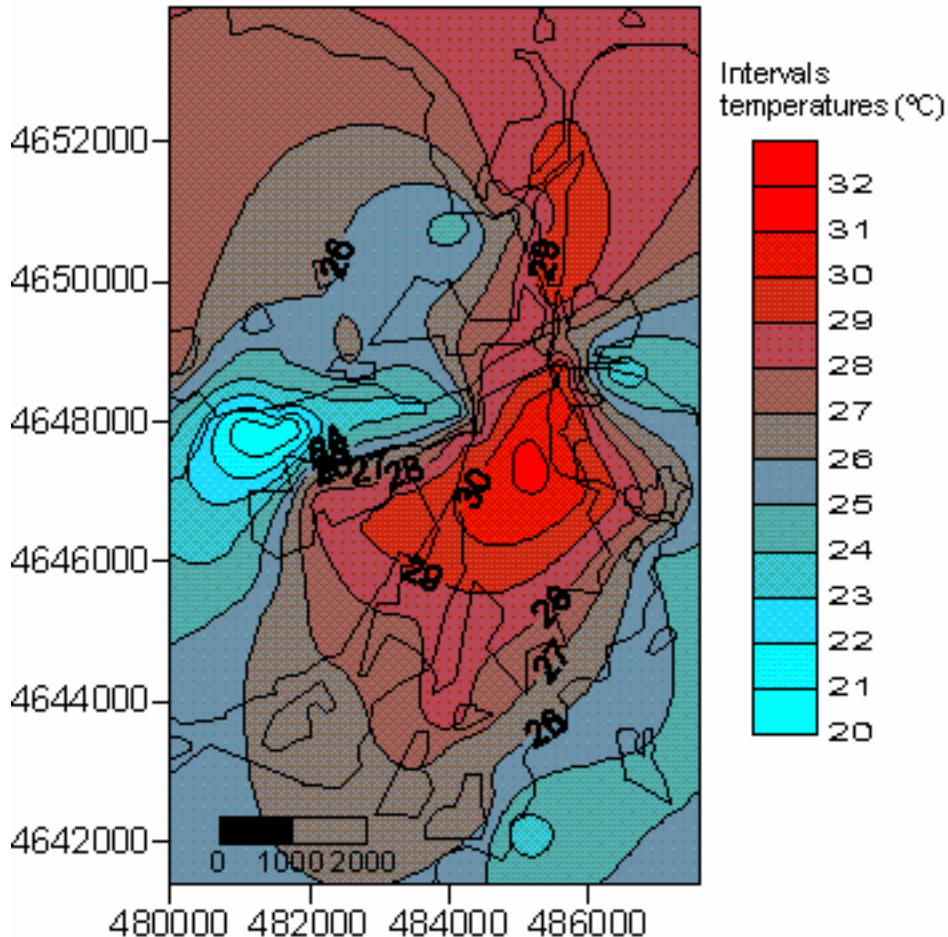


Figura 5.150 Mapa d'isotermes del 18 de juliol de 2012 a les 21,50 hores. Intensitat màxima de l'illa de calor: 11,5°C. Màxim tèrmic: 33,0°C carrers Migdia-De la Creu (Eixample de Girona). Mínim tèrmic: 21,5°C Pas d'en Prats, Deveses de Salt.

Cas 8. Amb boira l'illa de calor urbana es debilita i és asimètrica, amb temperatures mínimes més baixes a l'oest de l'àrea urbana.

La nit del 13 al 14 de desembre de 2021 va tenir la mateixa temperatura mínima al centre de Girona, 6,0°C a Girona-Parc del Migdia (AEMET), que en un observatori rural dels afores de Girona, Fornells de la Selva (SMC), estació situada 9 km al SE de la ciutat de Girona i també l'aeroport de Girona, que està situat 11 km al SW del centre urbà de Girona. En aquella nit es va formar una boira que va impedir que hi haguessin contrastos tèrmics urbano-rurals importants entre el centre i el SE i SW de la ciutat de Girona. A més hem d'afegir que en aquesta nit amb boira va haver-hi una illa de calor asimètrica. La intensitat màxima de l'illa de calor de tota la zona urbana és de 5,6°C, si considerem l'estació més càlida, Cassà de la Selva-centre, amb una mínima de 6,8°C, i l'estació més freda, les Deveses de Salt, 1,2°C. La intensitat de l'illa de calor era més

elevada a l'oest de la ciutat de Girona que a l'est o al sud-est, al centre de Salt la temperatura mínima fou de 4,8°C, mentre que a les Deveses de Salt la mínima fou d'1,2°C, 3,6°C de intensitat de l'illa de calor. Bescanó a l'extrem oest de l'àrea urbana també va tenir una mínima força baixa, 2,1°C. La temperatura mínima més elevada es va produir al sud-est de la ciutat de Girona, a l'observatori de Cassà de la Selva-centre que pertany a la xarxa de Weather Underground, 6,8°C, mentre a Cassà de la Selva-SMC la mínima fou de 6,5°C. La zona més emboirada, el sud-est de la ciutat, fou l'àrea més extensa amb unes temperatures mínimes elevades, delimitada per la isoterma de 6°C, malgrat ésser una zona rural, amb l'excepció de la ciutat de Cassà de la Selva.

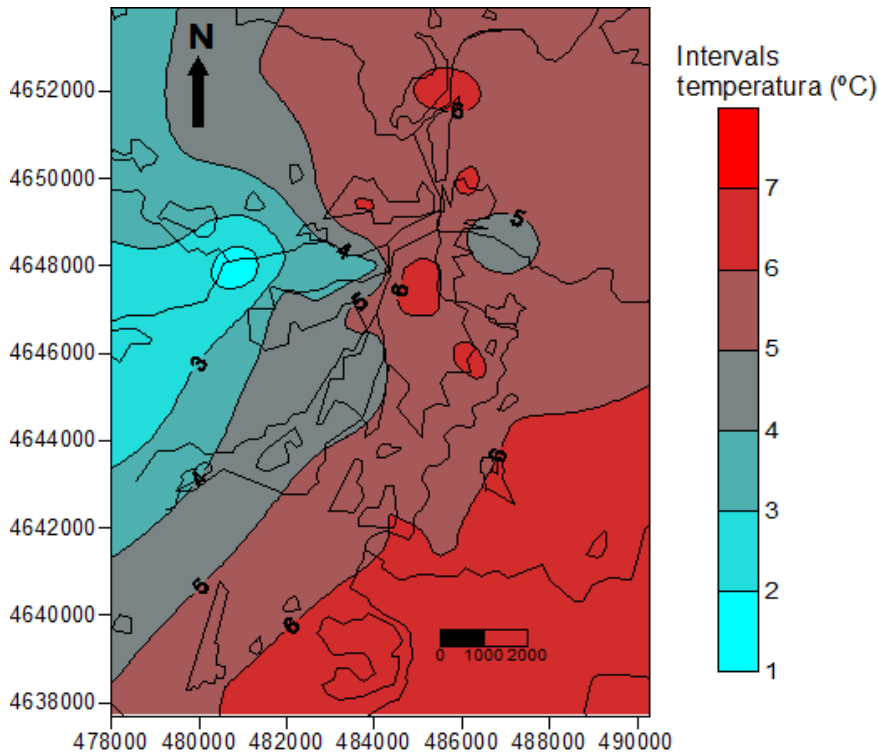


Figura 5.151 Mapa d'isotermes de l'àrea urbana de Girona. Temperatures mínimes de la nit del 13 al 14 de desembre de 2021. Intensitat màxima de l'illa de calor: 5,1°C. Inversió tèrmica màxima: 5,1°C. Vent encalmat. Boira. Anticicló. 1027 hPa.

5.8 El confort tèrmic

El confort tèrmic ha sigut un objecte d'estudi primordial de la climatologia urbana en les últimes dècades, per exemple a Europa Central i Oriental (DUNJÍĆ, 2019). La importància de l'estudi del confort tèrmic a les ciutats s'explica perquè l'illa de calor urbana i els diferents microclimes a dins la ciutat influeixen molt tant en la sensació tèrmica dels ciutadans com en el risc de la mortalitat associat a onades de calor i l'increment tèrmic observat en les últimes dècades. Es preveu un augment de la mortalitat en el futur a les ciutats per efecte de la combinació de l'illa de calor urbana i el canvi climàtic global (MATZARAKIS, 2021).

El clima del pla de Girona es pot caracteritzar pel que fa al confort tèrmic a partir de diferents paràmetres: Temperatura, precipitació, humitat relativa, velocitat del vent i radiació solar.

1. Temperatura

Els mesos càlids (juny a setembre) es caracteritzen per tenir molts dies amb sensacions tèrmiques amb absència de confort a causa de les elevades temperatures (màximes superiors a 30°C de forma freqüent, i més de 35°C al voltant de 12 dies per any) durant les hores centrals del dia i a primeres hores a la tarda. Durant la nit la sensació de confort es present en gairebé tots els dies a les àrees rurals gràcies a l'absència gairebé total de nits tropicals, mentre que a les àrees urbanes i suburbanes, i especialment al centre de Girona la relativament elevada humitat relativa (al voltant del 60-65 %), la baixa velocitat del vent combinades amb unes temperatures altes, especialment en les primeres hores de la nit donen una important sensació de xafogor.

En canvi els mesos freds (novembre a març) molts dies en gran part de l'àrea urbana de Girona presenten confort durant en les hores centrals del dia, ja que les màximes s'acosten als 15°C, el temps és assolellat i el vent és encalmat o fluïx, mentre que durant la nit tenim absència de confort com a conseqüència de les baixes temperatures, amb moltes glaçades en les àrees rurals. En aquest cas les elevades humitats relatives nocturnes accentuen la sensació de fred, especialment en les zones rurals del pla de Girona on les temperatures mínimes tenen sovint valors negatius. No obstant com hem vist en el subcapítol de l'illa de frescor urbana al Barri Vell de Girona i en altres carrers obacs de Girona i Salt als migdies podem tenir força més sensació de fred per efecte d'unes relativament baixes temperatures comparades amb els observatoris oficials del centre de la ciutat i dels afores ubicats en indrets assolellats. Tanmateix en indrets obacs de la vall de Sant Daniel la sensació de fred també pot ser persistent a l'hivern i a la tardor en dies assolellats, ja que les temperatures màximes són clarament baixes respecte altres indrets més assolellats i també per la manca de radiació solar. Hem fet transsectes a l'hivern i a la tardor i hem observat el particular microclima de la vall de Sant Daniel amb fortes variacions tèrmiques als migdies entre els indrets assolellats i obacs de la vall.

En els mesos equinoccials (abril, maig i octubre) la sensació de confort tèrmic és més perllongada que en els altres mesos, però tot i això tenim jornades en què hi ha absència de confort per les elevades temperatures màximes, especialment a principis d'octubre i finals de maig. Durant les nits tenim confort en les primeres hores de la nit, però durant la matinada i primeres hores del matí i a partir de mitja nit la sensació és de fred moderada, especialment a les àrees rurals, on tenim glaçades durant alguns dies aïllats d'aquests 3 mesos.

2. Precipitació

Aquesta variable no està inclosa normalment en els índexs de confort tèrmic. Però els dies de precipitació, especialment a l'estiu, signifiquen un important alleujament en la sensació de calor, especialment si es tracta de dies amb temperatures molt elevades, ja que quan tenim la precipitació normalment tempestuosa, es produeix un fort descens de temperatura, a vegades fins i tot per dessota dels 20°C, la qual cosa dona una important sensació de confort. També cal remarcar que la precipitació està associada a elevades humitats, la qual cosa incrementa la sensació de fred, especialment a l'hivern. Els dies plujosos a més a més incideixen en la sensació humana de la temperatura. Les persones s'abriguen molt més als migdies en dies plujosos amb temperatures mitjanes relativament altes que en dies assolellats.

3. Humitat relativa

La humitat relativa és una variable que augmenta de forma significativa la sensació de calor a l'estiu, mentre que incrementa la sensació de fred a l'hivern, tot i que de forma menys important que el vent. La ciutat de Girona i les seves rodalies es caracteritzen per tenir humitats mitjanes moderades, al voltant del 65-75 % (68 % al centre de Girona). Per tant a priori la humitat no hauria d'influir en la sensació tèrmica. No obstant si desglosem la humitat relativa horària ens adonem que mentre a la nit les humitats són molt elevades, sovint són a prop del punt de saturació (100 %), en canvi durant el dia són molt més baixes, al voltant del 40-60 %, més baixes a l'estiu i a la primavera, més altes a l'hivern i a la tardor. Per tant les durant nits les persones perceben una mica més de fred gràcies a l'elevada humitat relativa, mentre que de dia la sensació de fred, àdhuc a l'hivern, no és incrementada per la humitat, almenys a les hores centrals del dia. Tot i això, a l'hivern la humitat és força elevada, especialment als carrers obacs, per tant la sensació tèrmica, especialment al Barri Vell, és de més fred que l'observada en el termòmetre.

A l'estiu la humitat relativa baixa respecte a l'hivern, tot i això encara presenta valors mitjans força elevats, al voltant del 60 %, sobretot si els comparem amb els de l'interior, per exemple Lleida té 50 %. Durant els migdies i primeres hores de la tarda la humitat relativa no és gaire elevada, fins i tot pot ser molt baixa durant els episodis càlids. Per tant la humitat no afavoreix una sensació de calor molt marcada. En canvi durant la nit i la matinada les humitats són elevades, especialment als afores de la ciutat, la qual cosa dona lloc a importants sensacions de xafogor, especialment dins la ciutat, mentre que les rodalies de Girona tenen temperatures massa baixes per tenir una xafogor destacable.

La ciutat de Girona també té algunes jornades a l'any amb baixes humitats relatives, inferiors al 40 % o fins i tot el 20 % especialment en dies de tramuntana. En aquestes dates la sensació tèrmica de fred no és gaire important si el vent no és destacable. En canvi si tenim vents intensos la sensació de fred és molt elevada.

4. Velocitat del vent

Aquesta és la 2^a variable que influeix més en la sensació tèrmica, per darrera de la temperatura. La sensació tèrmica de fred augmenta clarament quan la velocitat del vent augmenta. Durant les jornades de tramuntana intensa la sensació de fred és molt important a la ciutat de Girona, a més a més que la sensació de fred intens persisteix durant tot el dia. Cal remarcar tot i això que a Girona no s'assoleixen valors de windchill tan baixos com a l'Alt Empordà, ja que la velocitat del vent és menor, i també les temperatures màximes són lleugerament superiors al pla de Girona. Els dies ventosos d'hivern, fins i tot amb temperatures clarament per sobre de la mitjana, són percebuts com a freds per la població, per tant tot i tenir temperatures primaverals la majoria de les persones s'abriguen molt més que en altres dies de la primavera amb temperatures molt més baixes, especialment les temperatures mínimes. D'altra banda a l'estiu és molt important que bufi marinada a partir de les 12 hores ja que en aquest moment del dia la radiació solar intensa juntament amb les elevades temperatures dona una sensació de calor molt important, especialment al sol. Si tenim la brisa marina la sensació tèrmica és molt més lleugera, ja que aquest vent provoca l'evaporació de la calor, fins i tot en dies amb elevada humitat. Cal remarcar, a més a més, que la marinada arriba bastant seca durant els migdies a Girona, amb valors de

humitat compresos entre el 35 i el 50 %. En les jornades en què no tenim marinada fins a les 4 o les 5 de la tarda sovint el termòmetre s'enfila per damunt de 35°C i per tant la sensació de calor és intensa a la ciutat de Girona, afavorida a més a més per l'elevada temperatura radiant en la part del carrer assolellada. En aquests moments del dia la població acostuma a transitar per l'ombra on les sensacions tèrmiques de calor són molt menys elevades.

5. Radiació solar

La radiació solar és una variable meteorològica molt important en el còmput de la sensació tèrmica d'una persona. Però el sol no només té una influència en la sensació tèrmica sinó en les temperatures dels carrers. Així els carrers ombrejats, especialment al Barri Vell de Girona, especialment els carrers amb orientació est-oest i amb SVF molt baixos, presenten unes temperatures diürnes molt inferiors als dels camps que envolten a la ciutat. Aquests carrers també presenten valors tèrmics fins i tot moderadament inferiors a altres carrers adjacents, però amb més radiació solar, com a conseqüència d'un major SVF o una orientació N-S. L'orientació est-oest dels carrers provoca una major sensació d'estrès tèrmic per fred a l'hivern al migdia que l'orientació nord-sud, ja que la insolació és menor en els carrers amb orientació est-oest a l'hivern (HERRMANN i MATZARAKIS, 2010). La ciutat de Girona té alguns carrers que presenten temperatures al migdia que són molt inferiors a les temperatures de les estacions meteorològiques properes a aquesta zona, com són la de Girona-Barri Vell (Meteoclimatic) que està situada a la Plaça de la Independència o la de Girona-carrer Santa Clara. Aquest és el cas dels carrers de la Força, Auriga, Plaça Bell-lloc, Ciutadans, etc. Al pic de l'estiu la sensació tèrmica pot ser relativament agradable en aquests carrers al migdia mentre que a poques desenes de metres podem tenir una sensació de intensa calor en carrers molt més assolellats o en places properes, com és el cas de la Plaça de Catalunya de Girona, que està situada en una plataforma damunt el riu Onyar. En els mapes tèrmics del migdia del subcapítol de l'illa de frescor ja hem observat les importants variacions tèrmiques espacials entre el Barri Vell de Girona i altres barris adjacents (Eixample).

Hem de tenir en compte que la velocitat del vent és dèbil al centre de Girona, especialment a les primeres hores del matí, per aquesta causa la radiació solar afavoreix sensacions tèrmiques de força més calor en aquest moment del dia en la part assolellada dels carrers que la temperatura real presa en un observatori meteorològic. En canvi durant les tardes la velocitat del vent és més elevada, i la sensació tèrmica al sol s'aproxima més a l'observada en les estacions meteorològiques, tot i que encara és superior.

Durant els mesos núvols, especialment si són plujosos, la sensació tèrmica diürna s'aproxima molt a l'observada en les estacions meteorològiques, fins i tot pot ser clarament inferior si la velocitat del vent és remarcable. En canvi en mesos assolellats, com és el cas del març de 2012, amb 282 hores de sol, la sensació tèrmica diürna és clarament més càlida que l'observada en un observatori meteorològic, sobretot a causa de les baixes velocitats del vent del pla de Girona.

La sensació tèrmica amb 15º pot ser de lleugera calor en un dia de primavera o estiu assolellat i poc ventós, però en canvi es pot percebre una moderada sensació de fred si el vent és moderat.

Girona és una ciutat que té un nombre d'hores de sol moderat dins el context de l'estat espanyol. No es troba dins l'àrea més assolellada del país (el sud i centre), amb 2800 hores anuals de sol o més, però tampoc participa de la poca insolació de la façana cantàbrica, amb menys de 1900 hores de insolació.

En resum podem afirmar que durant la nit, la matinada i primeres hores del matí dels mesos freds la sensació tèrmica és lleugerament més freda que l'observada en el termòmetre, gràcies a les elevades humitats, mentre que a l'estiu es dona el fenomen oposat i tenim més sensació de calor gràcies a l'elevada humitat. Durant el dia la influència de la humitat relativa en la sensació tèrmica és menys marcada que durant la nit, en aquests moments el vent té molta més incidència en la sensació tèrmica, com els vents predominants a Girona són fluixos la sensació és de més calor que els valors tèrmics observats

D'altra banda el confort tèrmic varia en els carrers, en funció de l'orientació, l'altura i el factor de visió del cel (SVF). En carrers amb baix SVF i amb orientació est-oest la sensació és de major malestar tèrmic en les hores centrals del dia com a conseqüència d'una major temperatura mitjana radiant (HERRMANN i MATZARAKIS, 2010), que és un paràmetre molt important per determinar la sensació tèrmica a les ciutats. D'altra banda, la presència d'arbres en els carrers disminueix la temperatura superficial de les ciutats (SCHWAAB, MEIER, MUSSETTI *et al.*, 2021), cosa que implica un menor risc de mortalitat i un menor estrès tèrmic en els carrers-

A les ciutats de Girona i Salt hi ha força carrers amb arbrat, en aquestes vies urbanes el confort tèrmic augmenta a l'estiu gràcies a l'efecte d'ombra de la vegetació. El problema és que també hi ha una part significativa de les vies urbanes que no tenen arbres en alguna part de la via urbana o en gran part del traçat del carrer. Així el carrers de la Rutlla i de Barcelona a Girona són un desert vegetal, gairebé no tenen arbres. A Salt un tram força llarg del carrer Pep Ventura no té arbres. Durant les tardes d'estiu, cap a les 18 hores, el sol incideix sobre aquest carrer perpendicularment i l'absència d'ombres juntament amb les altes temperatures crea problemes de malestar per excés de calor.

Els carrers del Barri Vell de Girona tampoc hi ha gaires arbres. En aquests canyons urbans l'explicació de l'absència d'arbres és la justificació de l'escassa amplada dels carrers. A més l'escàs valor del factor de visió dels carrers com a conseqüència dels edificis relativament alts en comparació amb la seva amplada impedeix que la radiació solar sigui un element de malestar tèrmic per calor amb l'excepció del període maig-agost. Així durant l'hivern la falta de sol en alguns carrers crea una illa de frescor que és sobretot important en dies serens precedits de nits amb glaçada, la qual crea una sensació de malestar per fred, que s'afegeix a l'elevada humitat relativa.

Durant l'estiu també s'observa una illa de frescor urbana, si bé no tant important com a l'hivern, però hi ha alguns carrers, com la travessia Auriga, la Plaça Bell-lloc, el carrer Nou del Teatre, el Besadó, o la part nord de la Rambla on les temperatures a les 14 hores són entre 2°C i 6°C més baixes que en altres vies més assolellades, per exemple la plaça de Catalunya, o en comparació amb observatoris meteorològics dels afores.

El confort a Girona es veu afavorit a l'hivern per l'escassa velocitat del vent i l'important radiació solar, en canvi les baixes temperatures nocturnes i l'elevada humitat relativa

ajuden a incrementar la sensació de fred i per tant a disminuir el confort. Cal remarcar que probablement Girona sigui de les ciutats espanyoles on la sensació tèrmica al migdia sigui més càlida en proporció a la seva temperatura, ja que la velocitat del vent hi és escassa, a més a més de tenir una elevada radiació solar.

A l'estiu la velocitat del vent és més elevada que a l'hivern això ajuda a incrementar la sensació de confort tot i que durant els matins (9-13 hores) la velocitat del vent és escassa i la sensació de calor entre 12 i 13 hores pot ser important en les zones assolades. Però a partir de les 13 hores l'arribada de la marinada ajuda a frenar l'increment de sensació de calor. No obstant durant les onades de calor la sensació tèrmica és molt elevada ja que la velocitat del vent és escassa en aquests episodis càlids. Almenys la sensació tèrmica no es dispara molt a l'ombra durant els migdies ja que durant les onades de calor la humitat relativa cau per dessota del 30 % als migdies, però en ocasions la humitat relativa és bastant elevada a la nit, cosa que juntament amb la baixa velocitat del vent pot incrementar la sensació de calor, especialment dins dels habitatges que presenten la temperatura més elevada del dia per el calor acumulada durant tot el dia.

Els dies en què la sensació tèrmica és més baixa del que correspon al termòmetre es donen amb cel tapat i vent, menters que a la tardor i a l'hivern durant les nits la sensació tèrmica pot ser lleugerament més baixa del que marca el termòmetre gràcies a l'elevada humitat relativa. El fred es fica als ossos a Girona segons la sensació popular gràcies a les altes humitats nocturnes que donen el terra moll a primeres hores de la tarda entre novembre i febrer.

En aquest subcapítol hem analitzat el confort tèrmic dels observatoris de la següent taula:

Taula 5.88 Llistat d'observatoris implicats en l'anàlisi del confort tèrmic

Observatori	Període	Resolució temporal
Cassà de la Selva-SMC	2001-2009	Horària
Fornells de la Selva-SMC	2009-2012	Horària
Fornells de la Selva-XVPCA	1994-2001	Semihorària
Girona-Parc de Bombers	2003-2007	Horària
Girona-Bonastruc	2016-2012	Semihorària
Girona-Devesa-XVPCA	2004 i 2008	Semihorària
Girona-Escola de la Música	2012-2015	Semihorària
Girona-Hortes de Santa Eugènia	2011-2014	Horària
Girona-Montjuïc	2001-2006	Semihorària
Girona-Vall de Sant Daniel	2002-2006	Semihorària
Girona-Sèquia	2002-2006	Semihorària
Girona-Universitat	2001-2006, 2009 i 2012	5 minutal
Girona-Vicens Vives	2004-2011	Semihorària
Sarrià de Ter-XVPCA	1992-2003	Semihorària
Vilablareix-SMC	2008-2014	Horària

Hem analitzat el confort tèrmic de les 7, 14 i 21 hores d'algunes de les estacions meteorològiques analitzades mitjançant l'índex de malestar de Thom, i d'altres observatoris meteorològics també hem analitzat el confort tèrmic a les 0 hores. També

hem calculat el confort tèrmic de dues resolucions temporals, mensual i anual, de la majoria d'observatoris estudiats.

L'observatori urbà de Girona-Escola de Música té unes freqüències més elevades de sensació de calor que l'estació rural de Fornells de la Selva-SMC. La diferència màxima es produeix al mes de setembre, on hi ha una diferència urbana-rural de +37,3 % de les hores amb més calor a Girona-Escola de la Música. No obstant, és a l'estiu astronòmic (juliol-setembre) quan les diferències són més elevades, amb percentatges més elevats de sensació de calor a l'estació urbana, i en els mesos contigus (juny i octubre) les diferències urbano-rurals són més minses. D'altra banda cal remarcar l'absència gairebé total de hores amb sensació de molt fred a l'observatori de Girona-Escola de la Música, mentre en canvi a Fornells de la Selva-SMC hi ha percentatges dèbils però significatius amb aquesta sensació als mesos de desembre i gener, i seguidament del febrer i març. L'observatori de Girona-Escola de Música té la freqüència més elevada de sensació tèrmica càlida, el 29,1 % de les hores, seguida de Girona-Parc de Bombers amb el 26,6 % del temps. En canvi Cassà de la Selva-SMC amb el 16,9 % de les hores i Girona-Sèquia amb el 16,8 % del temps són les estacions on tenim menys sensació de molta calor, amb una diferència però important en la sensació molt càlida que és relativament habitual durant tots els anys a Girona-Sèquia, amb el 8,3 % del temps i en canvi és excepcional a Cassà de la Selva-SMC, amb l'1 % de les hores. La sensació tèrmica tòrrida és excepcional a tots els observatoris malgrat que a Girona-Sèquia on tenim un percentatge més elevat, 3,7 %, té una certa presència. En següent lloc tenim Girona-Sant Daniel amb l'1,2 % de les hores. Per tant l'illa de calor urbana provoca una disminució de la sensació freda i molt freda als observatoris urbans i un augment de les sensacions tèrmiques de càlid, molt càlid i tòrrid al centre urbà de Girona.

Taula 5.89 Freqüència relativa anual de les sensacions tèrmiques segons l'índex de malestar de Thom en diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona. Varis períodes d'observació.

Observatori meteorològic/ Sensació tèrmica	Molt fred	Fred	Fresc	Confortable	Càlid	Molt càlid	Tòrrid
Girona-Parc de Bombers (SMC)	0,2	35	10,4	25,3	26,6	2,5	0,0
Sarrià de Ter-XVPCA	0,3	37,6	10,8	26,7	22,2	2,4	0,1
Girona-Bonastruc	0,1	37,7	11	27,9	22,5	0,8	0
Girona-Escola de Música	0,2	27,3	13,2	28,8	29,1	1,5	0
Cassà de la Selva	1,1	46,5	10,3	25	16,9	1,0	0
Vilablareix-SMC	1,4	41,8	11,3	25,1	20,1	0,3	0
Girona-Vicens Vives	0	38,5	11	26,5	23,6	0,3	0
Girona-Montjuïc	0	41,8	10,4	25,8	20,7	1,5	0
Fornells de la Selva-XVPCA	0,4	40,1	11,9	27,8	19,5	0,3	0
Fornells de la Selva-SMC	2,1	42,7	10,5	23,9	20,1	0,7	0
Girona-Vall de Sant Daniel	1,7	38,8	10,7	22,8	18,3	6,4	1,2
Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC)	2,3	40,3	11,7	25	19,6	0,9	0
Girona-Sèquia	0	33,4	10,4	27,4	16,8	8,3	3,7
Girona-Devesa-DGQA	0,8	33,9	10,1	34,1	20,8	0,3	0
Rural	1,7	42,0	10,9	24,4	19,0	1,9	0,2
Suburbà	0,3	37,7	10,7	27,9	22,0	1,4	0,0
Urbà	0,1	34,2	11,4	27,7	23,0	2,7	0,9

Els observatoris urbans tenen la menor freqüència horària de sensació de fred, en el 34,2 % del temps hi ha sensació de fred, mentre en canvi a l'àrea rural hi ha un 7,8 % més d'hores amb fred, que representen el 42 % del còmput anual. En canvi la sensació de calor més freqüent és als observatoris urbans on tenim unes màximes similars a l'àrea rural però amb mínimes força més elevades per tant la sensació de calor s'allarga durant part de la nit a l'estiu. De la mateixa manera la sensació molt càlida és més freqüent en observatoris urbans, on representen el 2,7 % de les hores, mentre en canvi a les estacions suburbanes tenen la freqüència relativa més baixa, només l'1,4 % del temps i als observatoris rurals l'1,9 % de les hores. A l'àrea urbana de Girona malgrat que alguns dies de l'any les màximes superen els 35°C com la humitat relativa és força baixa la sensació tèrmica de tòrrida és rara. Així només tenim unes freqüències inferiors de sensació tòrrida a l'1 % de mitjana a totes les zones, malgrat que a l'àrea urbana tenim la freqüència més elevada, 0,9 % de les hores, a les zones rurals només representen el 0,2 % del temps i a les estacions suburbanes el percentatge és del 0,025 % de les hores.

L'observatori amb més sensació de fred és Cassà de la Selva-SMC, amb el 46,5 % de les hores de l'any amb sensació de fred, les màximes baixes d'aquest observatori durant l'hivern i unes mínimes força baixes, però no pas les temperatures mínimes més baixes de l'àrea urbana de Girona, són la causa principal de l'ambient fred predominant en aquest observatori de Cassà. En canvi a l'observatori de Girona-Sèquia, situat al centre urbà de Girona la sensació tèrmica de fred només es té durant el 27,3 % de les hores.

L'observatori de Girona-Escola de Música té la freqüència més elevada de sensació tèrmica càlida, el 29,1 % de les hores, seguida de Girona-Parc de Bombers amb el 26,6 % del temps. En canvi Girona-Sèquia amb el 16,8 % del temps és l'estació meteorològica en què hi ha menys sensació càlida, amb una diferència però important en la sensació molt càlida que és relativament habitual durant tots els anys a Girona-Sèquia, amb el 8,3 % del temps i en canvi és excepcional a Cassà de la Selva-SMC, amb l'1 % de les hores. La sensació tèrmica tòrrida és excepcional a tots els observatoris malgrat que a Girona-Sèquia on tenim un percentatge més elevat, 3,7 %, té una certa presència. En següent lloc tenim Girona-Sant Daniel amb l'1,2 % de les hores. Per tant l'illa de calor urbana provoca una disminució de la sensació freda i molt freda als observatoris urbans i un augment de les sensacions molt càlida i tòrrida al centre urbà de Girona.

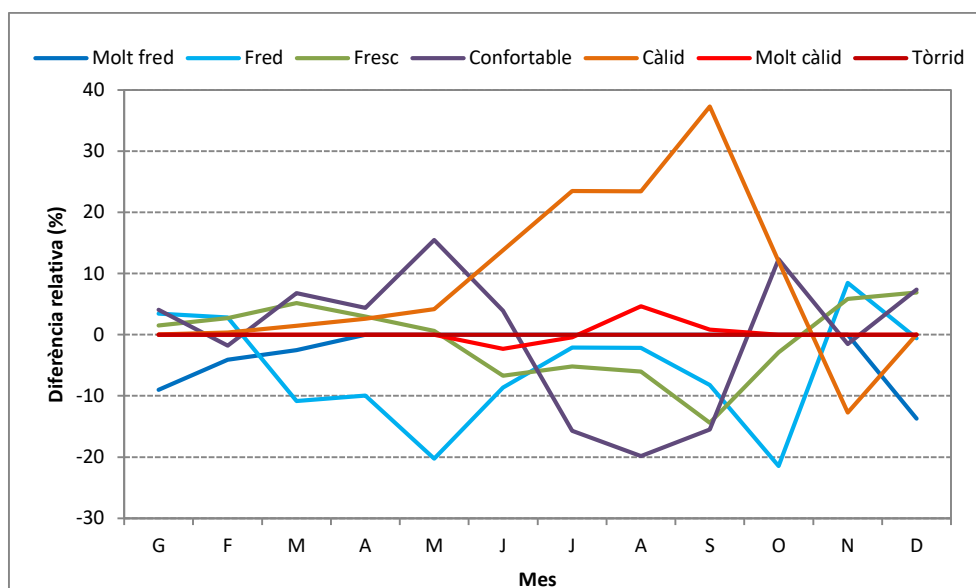


Figura 5.152 Diferències relatives mensuals en la sensació tèrmica segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de la Música-Fornells de la Selva-SMC. Diferents períodes d'observació.

Taula 5.90 Freqüència de les sensacions tèrmiques mensuals de Girona-Escola de la Música segons l'índex de malestar de Thom. Període 2012-15.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Molt fred	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Fred	80,9	78,6	57,9	36,5	14,2	0,6	0,0	0,0	1,4	12,5	42,4	74,7	34,3
Fresc	10,5	11,8	16,5	18,6	13,9	3,4	0,3	0,2	4,0	12,8	21,5	14,1	11,3
Confortable	8,6	8,5	23,1	37,2	46,4	35,2	17,9	16,1	38,1	46,0	32,1	11,2	28,1
Càlid	0,0	0,4	2,5	7,7	25,4	60,1	75,0	73,9	55,7	28,7	4,0	0,0	25,4
Molt càlid	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	6,8	9,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8
Tòrrid	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 5.91 Freqüència mensual de les sensacions tèrmiques de Fornells de la Selva-SMC. Període 2009-2012.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Molt fred	9,0	4,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	2,3
Fred	77,5	75,7	68,7	46,5	34,4	9,3	2,1	2,2	9,6	33,9	33,9	75,2	36,0
Fresc	9,0	9,1	11,3	15,7	13,3	10,1	5,5	6,3	18,4	15,6	15,6	7,2	11,8
Confortable	4,5	10,3	16,3	32,8	30,9	31,3	33,6	35,9	53,6	33,7	33,7	3,8	28,4
Càlid	0,0	0,0	1,1	5,1	21,3	46,3	51,6	50,5	18,4	16,7	16,7	0,0	20,1
Molt càlid	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	7,2	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Tòrrid	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 5.92 Diferència mensual de les sensacions tèrmiques segons l'índex de malestar de Thom. Girona (Escola de la Música)-Fornells de la Selva-SMC. Diferents períodes d'observació.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Molt fred	-9,0	-4,1	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-13,7	-2,2
Fred	3,4	2,8	-10,8	-10,0	-20,2	-8,7	-2,1	-2,2	-8,2	-21,4	8,5	-0,6	-1,7
Fresc	1,5	2,7	5,2	3,0	0,6	-6,7	-5,2	-6,0	-14,4	-2,9	5,9	6,9	-0,5
Confortable	4,1	-1,8	6,8	4,4	15,5	3,9	-15,7	-19,8	-15,5	12,4	-1,6	7,4	-0,3

Càlid	0,0	0,4	1,4	2,6	4,2	13,8	23,5	23,4	37,3	12,0	-12,7	0,0	5,3
Molt càlid	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	-0,4	4,7	0,8	0,0	0,0	0,0	-0,5
Tòrrid	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

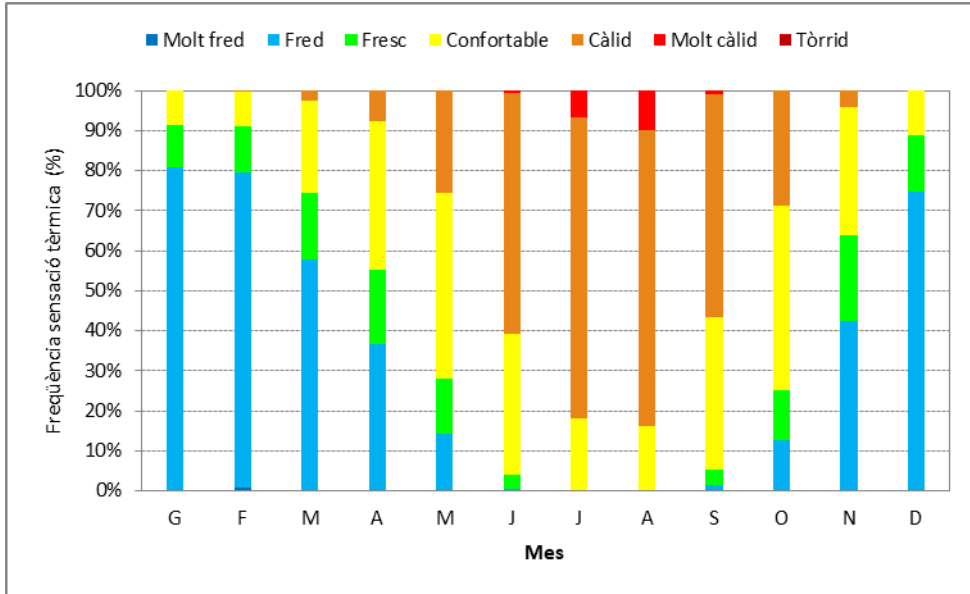


Figura 5.153 Frequència de la sensació tèrmica mensual segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de la Música. Període 2012-2015.

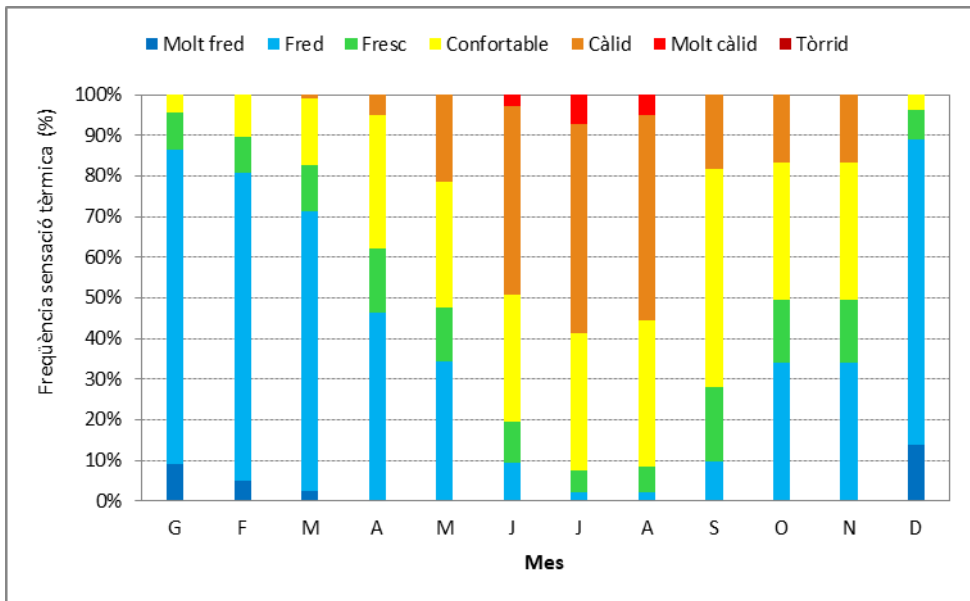


Figura 5.154 Frequència de la sensació tèrmica mensual segons l'índex de malestar de Thom. Fornells de la Selva-SMC. Període 2009-12.

Com s'observa a les figures 5.155 i 5.156 i a les taules 5.72 i 5.73 hi ha una major freqüència relativa de la sensació tèrmica de càlid a l'estiu i en altres mesos de la tardor i la primavera a l'observatori urbà de Girona-Escola de la Música respecte l'estació rural de Fornells de la Selva-SMC i una disminució de les sensacions tèrmiques de fred i molt fred a l'estació de Girona-Música tant a l'hivern com a les estacions equinoccials. La sensació de molt fred és inexistent a Girona-Escola de la

Música, mentre té una freqüència del 9,1 % al mes de gener a l'observatori rural. La sensació tèrmica de càlid és més freqüent a Girona-Escola de la Música per efecte de l'illa de calor urbana que provoca un increment del nombre d'hores amb sensació de calor en hores nocturnes d'estiu i en els mesos de setembre i juny, mentre que per efecte de l'illa de calor en les hores nocturnes la sensació de fred disminueix a l'estació urbana en comparació amb la rural no només a l'hivern sinó també en altres mesos equinoccials. És important de remarcar que fins i tot a l'estiu hi ha sensació de fred però amb una freqüència relativa anecdòtica, que no assoleix el 2 % als mesos de juliol i agost a l'estació rural de Fornells de la Selva, però aquesta sensació de fred és inexistent a Girona-Escola de la Música.

Taula 5.93 Freqüència de la sensació tèrmica de diferents observatoris meteorològics segons l'índex de malestar de Thom. Diferents períodes d'observació.

	Molt fred	Fred	Fresc	Confortable	Càlid	Molt càlid	Tòrrid
Girona-Parc de Bombers (SMC)	0,2	35,0	10,4	25,3	26,6	2,5	0,0
Girona-Universitat	0,7	36,0	9,1	25,7	24,1	4,3	0,1
Sarrià de Ter-XVPCA	0,3	37,6	10,8	26,7	22,2	2,4	0,1
Girona-Bonastruc	0,1	37,7	11,0	27,9	22,5	0,8	0,0
Girona-Escola de Música	0,2	27,3	13,2	28,8	29,1	1,5	0,0
Vilablareix-SMC	1,4	41,8	11,3	25,1	20,1	0,3	0,0
Girona-Vicens Vives	0,0	38,5	11,0	26,5	23,6	0,3	0,0
Girona-Montjuïc	0,0	41,8	10,4	25,8	20,7	1,5	0,0
Fornells de la Selva-XVPCA	0,8	40,1	12,0	26,7	20,0	0,3	0,0
Fornells de la Selva-SMC	2,1	42,7	10,5	23,9	20,1	0,7	0,0
Girona-Sant Daniel	1,7	38,8	10,7	22,8	18,3	6,4	1,2
Girona-Santa Eugènia	2,3	40,3	11,7	25,0	19,6	0,9	0,0
Girona-Sèquia	0,0	33,4	10,4	27,4	16,8	8,3	3,7
Girona-Devesa-XVPCA	0,8	33,9	10,1	34,1	20,8	0,3	0,0
Rural	1,9	40,9	11,1	24,2	19,5	2,1	0,3
Suburbà	0,5	37,2	10,3	27,1	22,6	2,2	0,0
Urbà	0,1	34,2	11,4	27,7	23,0	2,7	0,9

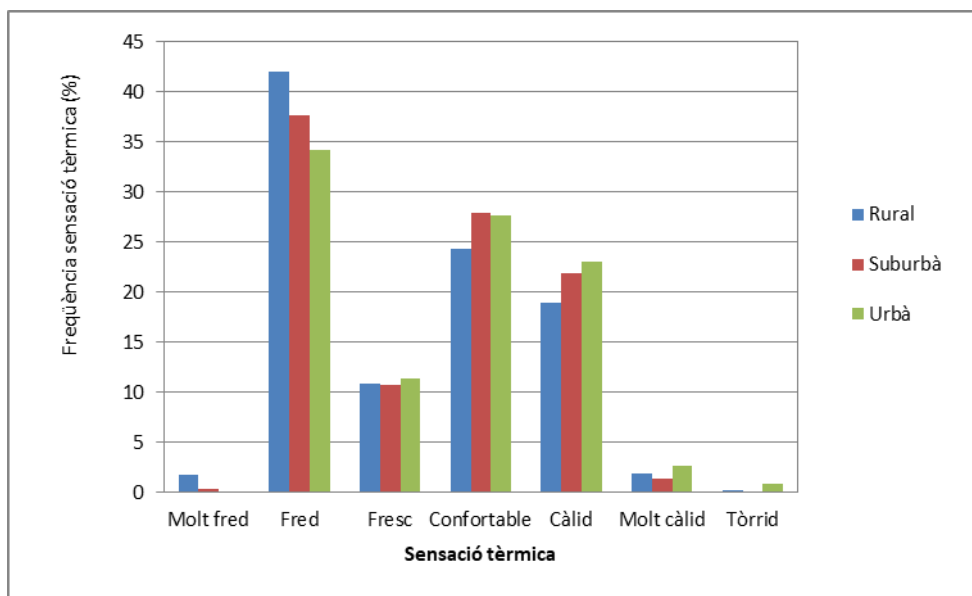


Figura 5.155 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mitjana anual dels observatoris segons l'índex de malestar de Thom. Sòl rural, suburbà i urbà. Diferents períodes d'observació.

La gràfica de les sensacions tèrmiques anuals tenint en compte l'ús del sòl predominant (rural, suburbà o urbà) permet observar la influència de les temperatures i de l'illa de calor urbana en la sensació tèrmica. Els observatoris amb sòl rural tenen la major freqüència de la sensació tèrmica de fred, 42,0 %, mentre que els observatoris urbans la menor, el 34,2 %, mentre que a les suburbanes el percentatge és del 37,7 %. També la sensació de molt fred és més elevada a les estacions meteorològiques rurals, 1,7 %, respecte les suburbanes, 0,8 %, i les urbanes el 0,1 %. D'altra banda la sensació càlida és més elevada en estacions meteorològiques urbanes (23,0 %) respecte les altres estacions, amb un 22 % a les estacions suburbanes, 22,0 % i el 19 % a les estacions rurals. Aquestes diferències en la sensació tèrmica càlida s'expliquen per efecte d'un major nombre d'hores amb sensació de calor durant la nit a l'estiu i en altres mesos adjacents a l'estiu climatològic (maig i setembre). Malgrat que l'efecte de l'illa de calor no és gaire important al migdia els observatoris urbans tenen unes freqüències relatives de sensacions molt càlides i tòrrides lleugerament superiors als altres tipus d'observatoris. És per tant necessària la mitigació de l'illa de calor urbana a Girona i Salt, on hi han els observatoris urbans, amb l'objectiu de disminuir les sensacions tèrmiques de calor i els riscos de salut per a les persones.

L'efecte de l'illa de calor urbana té una influència clara en la sensació tèrmica dels observatoris en funció del mes de l'any. Així a l'estiu s'allarga la sensació de calor durant gran part de la nit al centre de la ciutat de Girona mentre que a les estacions rurals a partir de mitjanit tenim una sensació de confort. A l'hivern el microclima urbà més càlid afavoreix una sensació tèrmica de major confort en àrees urbanes on la sensació tèrmica és de benestar durant més hores del matí i de primeres hores de la tarda, fins i tot després de la posta de sol, mentre que a les àrees rurals el fort descens tèrmic amb la posta de sol garanteix que hi hagi una sensació de fred poc després de la posta de sol.

A l'estiu la sensació és molt càlida a les hores centrals del dia en tots els observatoris, rurals i urbans, i aquesta sensació tèrmica es manté fins i tot durant força hores de la tarda, mentre el descens tèrmic garanteix una sensació de "càlid" en comptes de "molt

càlid” a les zones rurals en les hores properes a la posta de sol, mentre al centre urbà encara es percep molta calor gràcies a l'emissió de calor sensible per l'asfalt i les parets dels edificis. Durant la nit les temperatures baixen durant força hores dels 20°C als observatoris rurals permetent el descans a les persones, amb sensacions tèrmiques de confort, mentre en canvi encara al centre urbà de Girona es té una sensació tèrmica de calor. La tardor és una estació similar a la primavera en quant a la sensació tèrmica. Així la sensació confortable és la més freqüent a l'octubre, mentre que al setembre predomina la sensació de calor i al novembre el fort descens tèrmic garanteix un increment de la sensació de fred que predomina a tots els observatoris amb l'excepció de Girona-Escola de Música on tenim més freqüència de sensació confortable, 48,5 % i en següent lloc la sensació de fresca, 46,5 %.

L'hivern és l'època de l'any en què la sensació predominant és freda, malgrat que amb diferències importants segons els observatoris, amb el 90 % de les hores a Fornells de la Selva-SMC, i en canvi amb el valor mínim absolut del desembre a Girona-Escola de Música amb el 71 % de les hores. S'ha de remarcar que la sensació de molt fred és excepcional en tots els observatoris, inclosos els de l'àrea rural, i només té una presència relativament important a Cassà de la Selva al mes de febrer amb el 4,4 % del temps. A l'hivern la sensació de fred només té un breu parèntesi en observatoris rurals durant les hores centrals del dia quan les temperatures superen els 10°C (12-16 hores), mentre en canvi la resta del jorn com el mercuri es troba per dessota dels 10°C la sensació és de fred. En canvi al centre urbà de Girona l'illa de calor urbana provoca unes temperatures força més altes durant la tarda i la nit que garanteix que fins a les 18 hores durant alguns dies es tingui sensació de fresca en detriment de la sensació de fred de les primeres hores de la nit,

La primavera és una estació astronòmica on les temperatures suaus provoquen un fort increment de les hores amb confort tèrmic que supera el 30 % en observatoris urbans i suburbans, mentre en alguns observatoris rurals no s'arriba a aquest llindar, ja que tenim, especialment en hores nocturnes i la primera meitat del matí una sensació de fresca, fins i tot de fred. A l'estiu la sensació d'absència de confort per calor es té en més del 80 % de les hores als observatoris urbans al mes de juliol i en canvi només se supera lleugerament la meitat del temps (55 %) a Fornells de la Selva-SMC.

Durant les nits estiuenques (observació de les 0 hores) la sensació d'absència de confort per calor s'incrementa considerablement a les zones suburbanes i urbanes respecte les àrees rurals. Així el 84,5 % dels dies es té sensació de calor a Girona-Escola de la Música al mes de juliol, en canvi a Fornells de la Selva-SMC només el 41 % dels dies tenim calor. A l'estiu l'increment de la sensació de calor en aquesta hora pot provocar 3 efectes, increment de necessitat de refrigeració a les zones urbanes, insomni en els habitants, i pot incrementar la morbiditat i mortalitat associades a les onades de calor. La sensació de calor es perllonga durant 6 mesos en el cas de Girona-Parc de Bombers (maig-octubre) per 4 mesos a Fornells. És paradigmàtic el mes de juny amb només el 12 % dels dies amb sensació de calor a l'observatori rural de Fornells de la Selva-SMC per 55,6 % a Girona-Escola de la Música. Per tant els problemes d'insomni per efecte de la calor durant la nit i altres problemes de salut s'incrementen considerablement en el centre urbà de Girona respecte l'àrea rural. Durant el centre de l'hivern (gener) la sensació tèrmica de l'interval de sensació freda és lleugerament inferior en l'observatori rural de Fornells de la Selva-SMC (94,3%) enfront l'observatori suburbà (99,2 %), però en canvi tenim sensació de molt fred en el

5,6 % dels dies en l'àrea rural de Fornells de la Selva, i aquesta sensació té una freqüència nul·la a Girona-Escola de la Música. Per tant l'illa de calor té un efecte positiu a l'hivern, disminuint la freqüència de sensació de molt fred al centre urbà de Girona, però en canvi a l'estiu l'illa de calor incrementa la sensació d'absència de confort al centre de la ciutat.

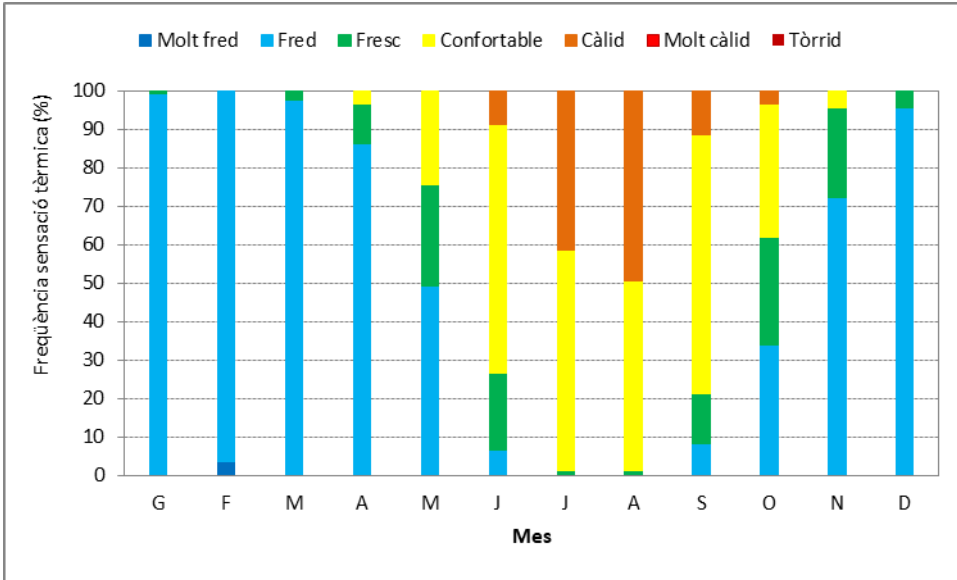


Figura 5.156 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 0 hores segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de la Música. Període 2012-2015.

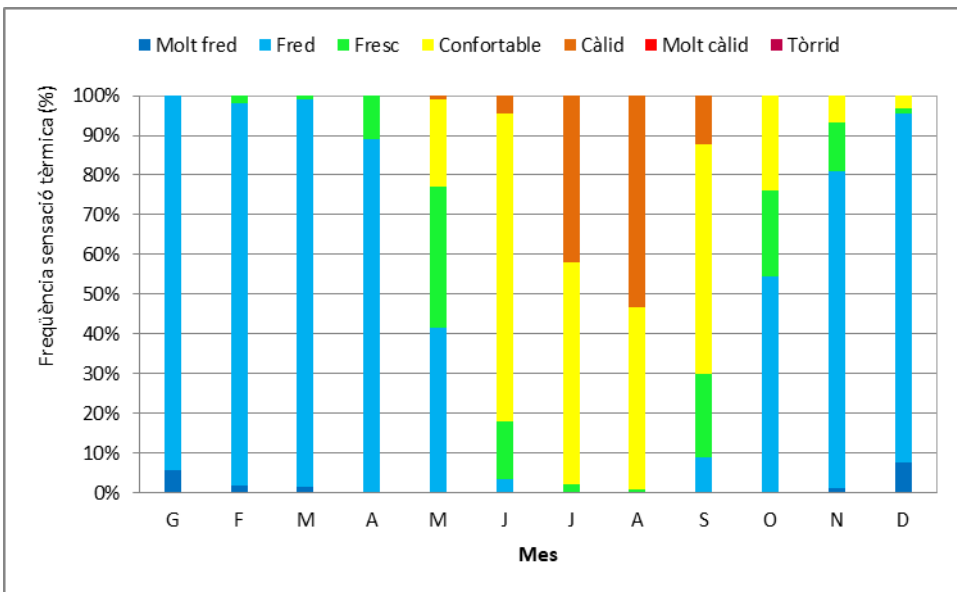


Figura 5.157 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 0 hores segons l'índex de malestar de Thom. Fornells de la Selva (SMC). Període 2009-2012.

S'observen algunes diferències en la sensació de confort del matí (7 hores) del centre de Girona (observatori de l'Escola de la Música) i Fornells de la Selva-SMC, que és un observatori rural. Així a l'hivern la sensació de malestar o estrès tèrmic de molt fred és més rellevant a l'observatori rural de Fornells de la Selva respecte l'urbà de Girona-Música, on només al mes de febrer hi ha un percentatge molt baix, inferior al 5%.vall de Sant Daniel, mentre que al mes de febrer la freqüència de sensacions molt fredes

és proper al 30 %. Tanmateix a l'estiu la sensació de calor és molt poc rellevant a l'estació meteorològica rural de Fornells-SMC, inferior al 10 % en el mes amb més freqüència, mentre que a Girona-Escola de la Música el percentatge és del 49,3 %. Per tant a l'estiu es té més sensació de calor al centre de Girona, a l'observatori de Girona-Escola de la Música, respecte l'àrea rural on s'ubica l'estació de Fornells de la Selva-SMC, 9 km al SE de la ciutat. A l'hivern succeeix a la inversa, la sensació de molt fred és gairebé inexistent al centre de la ciutat i és relativament freqüent a l'observatori rural de Fornells de la Selva-SMC.

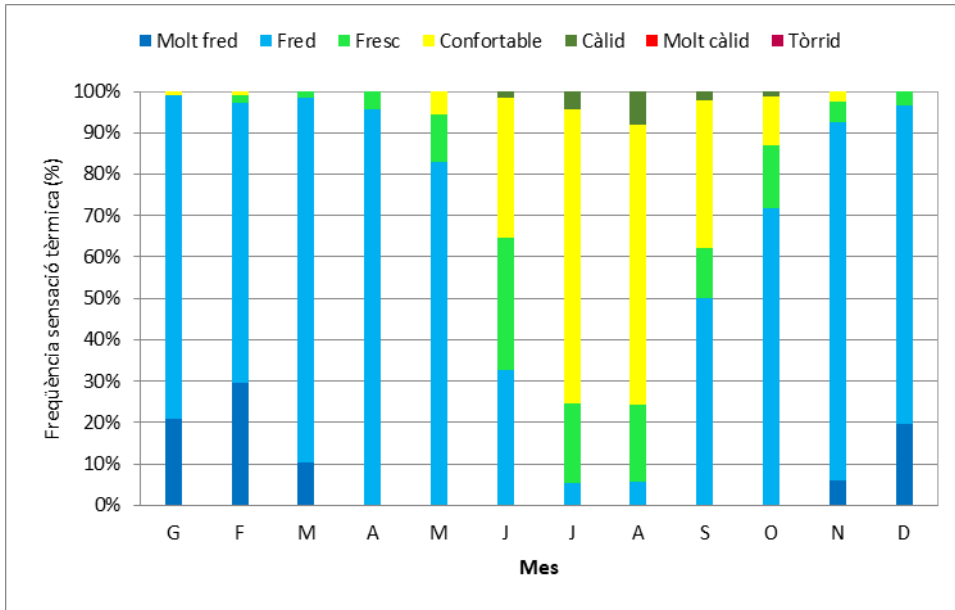


Figura 5.158 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 7 hores segons l'índex de malestar de Thom. Fornells de la Selva-SMC. Període 2009-2012.

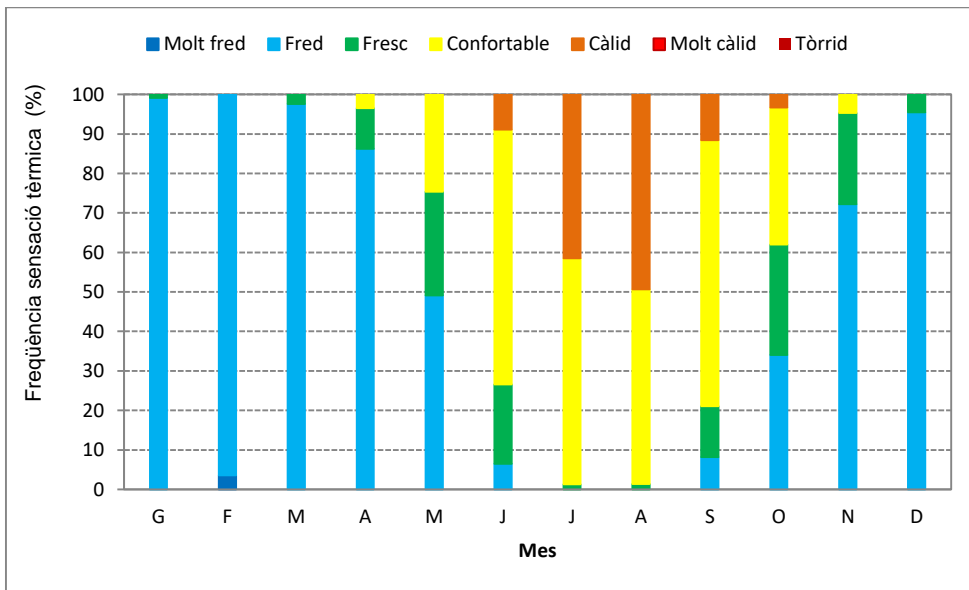


Figura 5.159 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 7 hores segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de la Música. Període 2012-2015.

Malgrat que l'efecte de l'illa de calor urbana és feble al migdia (14 hores) s'observen diferències significatives en les sensacions tèrmiques, tant a l'hivern com a l'estiu. Per

exemple al mes de gener la sensació tèrmica de fred és del 28,3 % a Girona-Escola de la Música, mentre que en canvi és del 76 % a Fornells de la Selva (SMC). També al juliol s'observen clares diferències en la sensació de calor entre els observatoris de Girona-Escola de la música i Fornells de la Selva-SMC. En aquest mes la freqüència de sensacions molt càlides només és del 8 % a l'observatori rural de Fornells, mentre que a l'estació de Girona-Música la freqüència és força més elevada, 21,6 %. En canvi al mes de juliol la diferència relativa en la sensació molt càlida entre ambdues estacions és molt dèbil (1,2 %), 35,2 % de freqüència a l'estació de Girona-Escola de la Música, 34,0 % a Fornells. Aquestes diferències relativament elevades en les sensacions tèrmiques observades a les 14 hores probablement s'expliquen per unes temperatures màximes més elevades a l'observatori urbà de Girona-Escola de la Música respecte l'estació de Fornells de la Selva-SMC, ja que la les variacions en la humitat relativa són dèbils entre ambdós observatoris al migdia.

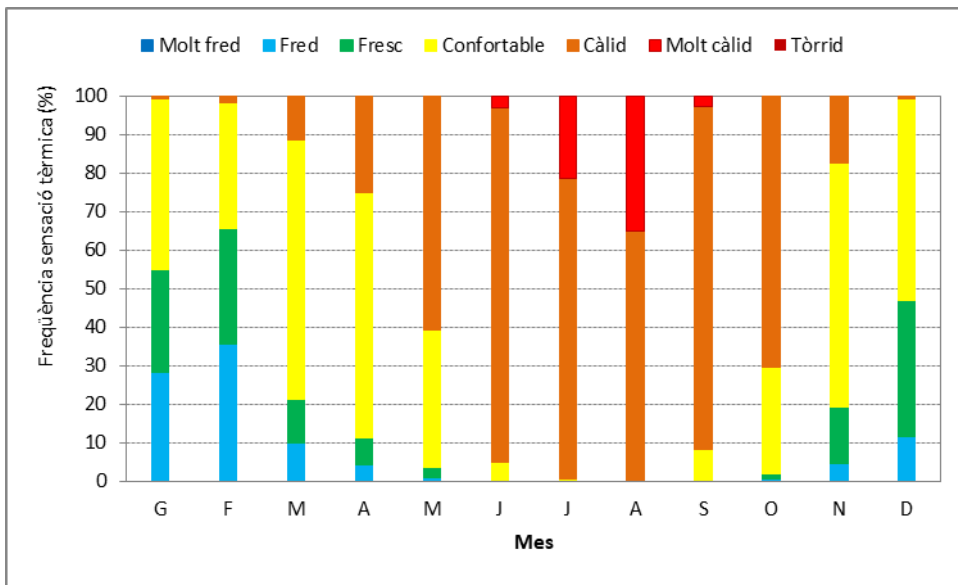


Figura 5.160 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 14 hores segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de Música. Període 2012-2015.

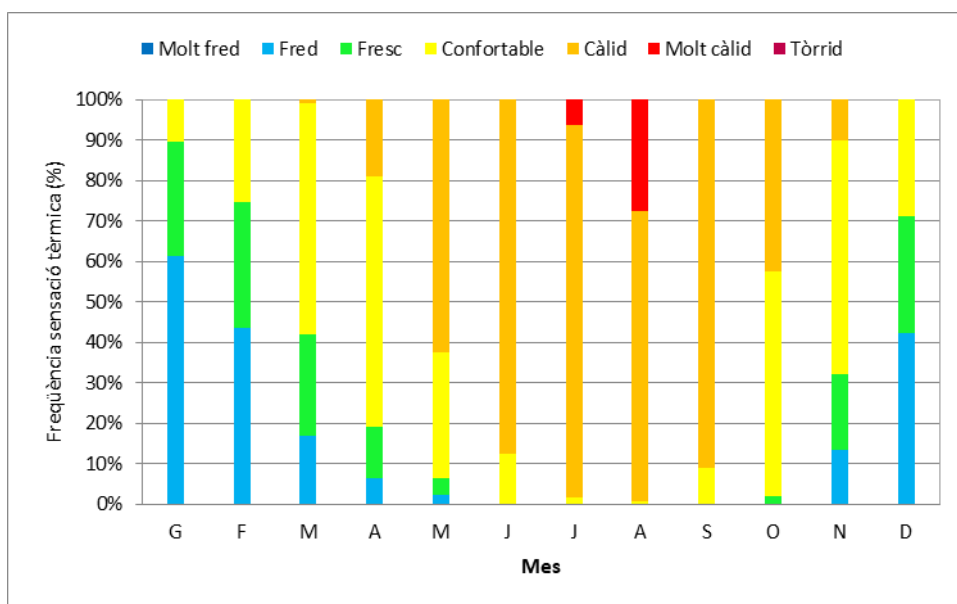


Figura 5.161 Freqüència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 14 hores segons l'índex de malestar de Thom. Fornells de la Selva-SMC. Període 2009-2012.

L'efecte de l'illa de calor urbana és més intens a les 21 hores, especialment entre els mesos de novembre i març quan és una hora nocturna. Per aquest motiu les diferències urbano-rurals en la sensació tèrmica de Girona-Escola de la Música i Fornells de la Selva s'incrementen respecte al migdia especialment en el període fred de l'any (novembre-març). En canvi a Fornells de la Selva-SMC tenim el 4 % dels dies del juliol amb sensació de calor a les 7 del matí. Hi ha un 11 % de sensació càlida a Girona-Sèquia, fins i tot l'11 % dels dies tenim fresca mentre que el 78 % dels dies la sensació és confortable. L'observatori on tenim més sensació de calor és el de Girona-Parc de Bombers, on el 44 % dels dies tenim calor, per només l'1 % de sensació de fresca. Per tant a l'estiu es té més sensació de calor al centre de Girona a les 21 hores respecte la perifèria, com a conseqüència d'una feble illa de calor urbana en aquest moment del dia, proper a la posta de sol.

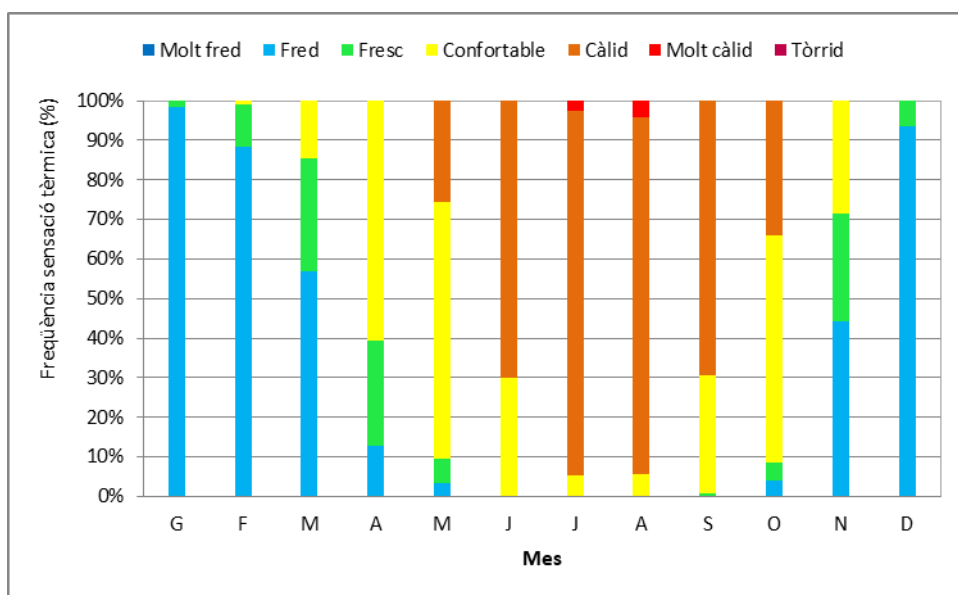


Figura 5.162 Frequència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 21 hores segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de la Música. Període 2012-2015.

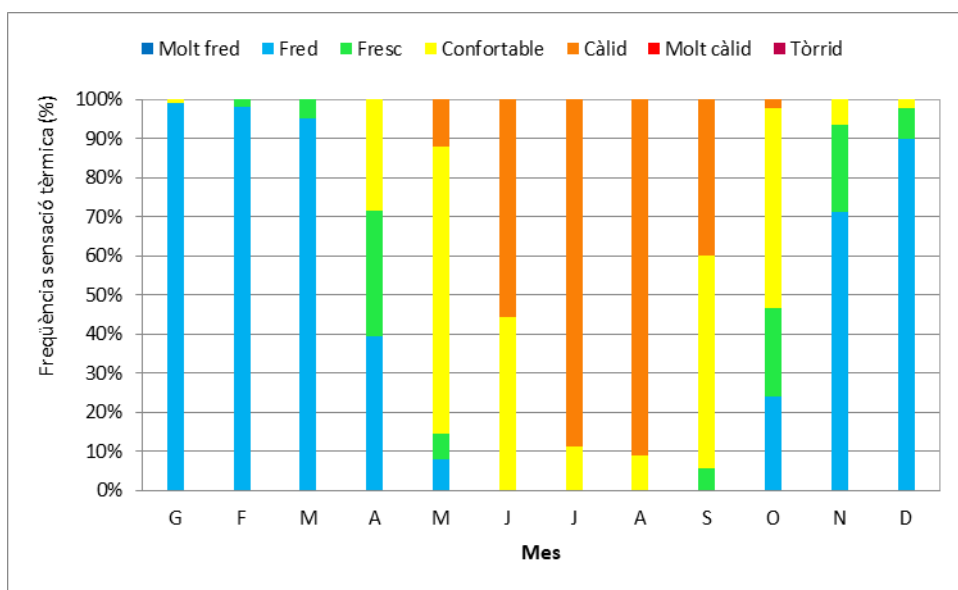


Figura 5.163 Frequència relativa de la sensació tèrmica mensual de les 21 hores segons l'índex de malestar de Thom. Fornells de la Selva-SMC. Període 2009-2012.

Com es pot veure a les figures xx i xx, en el qual es tenen en compte les 24 hores del dia, no només les observacions de les 0, 7, 14 i 24 hores, la sensació tèrmica corresponent als intervals molt freds i freds és més freqüent al centre de Girona, a l'estació de Girona-Escola de la Música, que en un observatori rural, Fornells de la Selva (SMC). L'efecte d'illa de calor urbana és positiu a l'hivern, ja que disminueix la sensació de fred al centre de Girona. En canvi pel que fa a la sensació càlida la freqüència és lleugerament més elevada a l'estació de l'Eixample de Girona (Escola de la Música) que als afores de la ciutat (Fornells de la Selva-SMC). En canvi, pel que fa a la sensació molt càlida i tòrrida les diferències són anecdòtiques. Les diferències relatives urbano-rurals del còmput diari (0-23 hores) entre els dos observatoris són

molt menys importants respecte de les diferències de la sensació tèrmica a les 0, 7, 14 i 21 hores, especialment en les sensacions molt càlides.

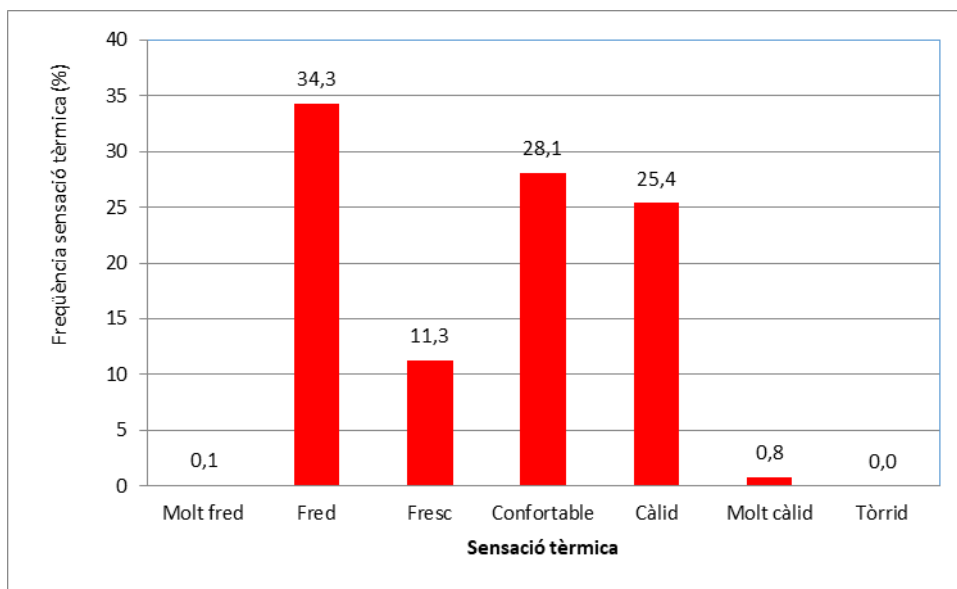


Figura 5.164 Frequència relativa de la sensació tèrmica anual segons l'índex de malestar de Thom. Girona-Escola de Música. 0-23 hores d'observació. Període 2012-2015.

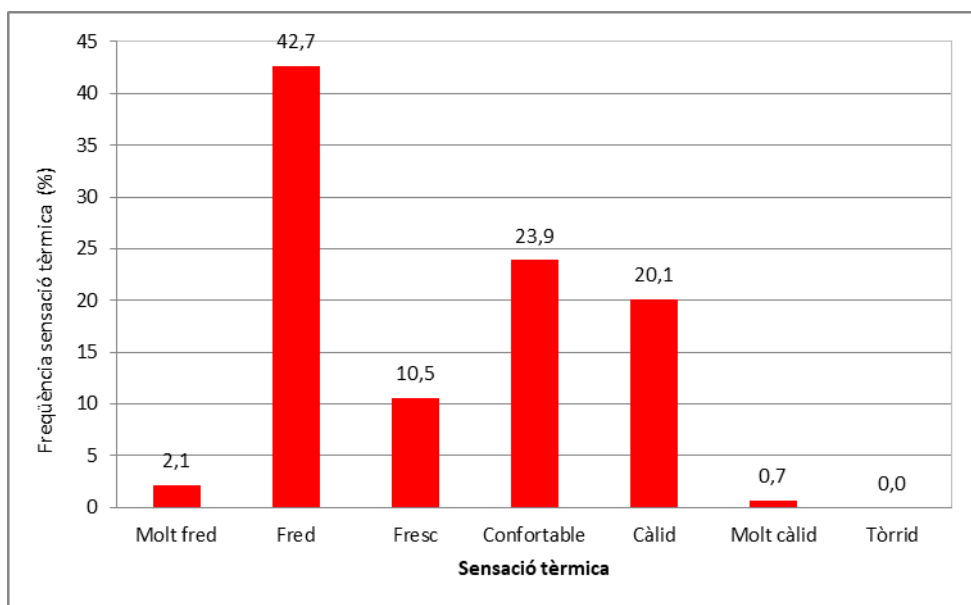


Figura 5.165 Frequència relativa de la sensació tèrmica anual segons l'índex de malestar de Thom. Fornells de la Selva-SMC. 0-23 hores d'observació. Període 2009-2012.

5.8.1 Estudi de casos de confort tèrmic durant les onades de calor i de fred

Hem analitzat el confort tèrmic diferents episodis càlids i freds en 2 observatoris meteorològics, un de suburbà de Girona-Parc de Bombers (SMC) i un altre rural, el de Fornells de la Selva (SMC) aplicant l'índex de confort tèrmic PET que és l'acrònim de Physiological Equivalent Temperature, o Temperatura Fisiològica equivalent (MATZARAKIS et al., 2010) utilitzant l'aplicació Rayman 1.2 (Mayer i Matzarakis.,

2002). Per calcular aquest índex de confort tèrmic hem utilitzat les dades meteorològiques següents, temperatura (°C), velocitat del vent (metres/segon), humitat relativa (%) i radiació solar (W/m²). Hem elegit aquests dos observatoris meteorològics perquè disposen de suficients variables meteorològiques per calcular aquest índex. Els últims 4 anys (2018-2021) també hem volgut calcular el confort tèrmic en altres observatoris meteorològics amb els softwares Rayman 1.2 i Rayman Pro que ens l'ha proporcionat Matzarakis (MATZARAKIS et al., 2010), però quan hem introduït les dades meteorològiques dels observatoris aquestes aplicacions ens han donat una errada i no hem pogut calcular aquest índex de confort tèrmic.

El dia 13 d'agost de 2003 és el dia amb la temperatura màxima absoluta de l'onada de calor més persistent i intensa del període 1911-2003 a la ciutat de Girona, la de l'agost de 2003, que va començar l'1 d'agost i va acabar el dia 14 d'agost. Les temperatures màximes van assolir el seu valor màxim a la ciutat de Girona del període 1884-2003, amb 42,5°C a Girona-la Vall de Sant Daniel, 42,7°C a Girona-Universitat. L'observatori de Girona-Parc de Bombers va enregistrar una màxima de 41,4°C i 40,4°C va ser el valor tèrmic més elevat de Fornells de la Selva-SMC. El 28 de juny de 2019 la temperatura màxima va ser més elevada a Girona respecte l'onada de calor de l'agost de 2003, 43,9°C a l'observatori de Girona-Parc del Migdia, però l'onada de calor va ser menys persistent, només va durar 5 dies, comprèn el període 26-30 de juny. A més que no es van sobrepassar els 40°C durant tants dies com a l'onada de calor de 2003, 8 dies a Girona-la Vall de Sant Daniel, 1 dia en l'onada de calor del juny de 2019. La sensació tèrmica fou molt elevada a l'ombra a Girona-Parc de Bombers, l'índex de malestar màxim de Thom va ser de 27,8 però no va arribar a ser tòrrida (valor igual o superior a 30) gràcies a la baixa humitat relativa, 10,5 % a les 15 hores quan la temperatura era de 40,6°C. En aquell moment tenien 39,3°C i 13,4 % de humitat a Fornells de la Selva-SMC. Les diferències urbano-rurals en la sensació de confort són poc importants entre les 10 i les 18 hores però en canvi tenim una marcada sensació de xafogor durant les primeres hores de la nit a Girona mentre que a Fornells de la Selva la sensació és de confort tèrmic entre les 0,15 i 9,20 hores (valors de l'índex de malestar de Thom inferiors a 20). En relació amb l'absència de confort tèrmic nocturn a la ciutat de Girona, les elevades temperatures màximes del centre urbà de Girona i altres zones suburbanes, com és el cas de l'observatori de Girona-Parc de Bombers, està agreujat per les elevades temperatures mínimes, i com afirmen Martín Vide i Moreno García (2020), referint-se a la ciutat de Barcelona, les ciutats mediterrànies litorals tenen un nou risc climàtic associat a les onades de calor, risc de mortalitat per calor com a conseqüència de les abundants les nits tropicals en aquestes urbs. Tot i que Girona no és una ciutat del litoral mediterrani, sinó que està situada en la depressió prelitoral catalana. En el centre urbà de Girona varies estacions tenen una mitjana anual propera a les 30 nits tropicals en el període 1998-2020, per exemple 28,8 nits tropicals a Girona-Sèquia, cosa que agreuja la sensació de malestar per calor al centre de Girona respecte els afores, on els observatoris rurals tenen una mitjana de nits tropicals molt inferior, que oscil·la entre 0,1 nits (Deveses de Salt) i 6 nits (aeroport de Girona).

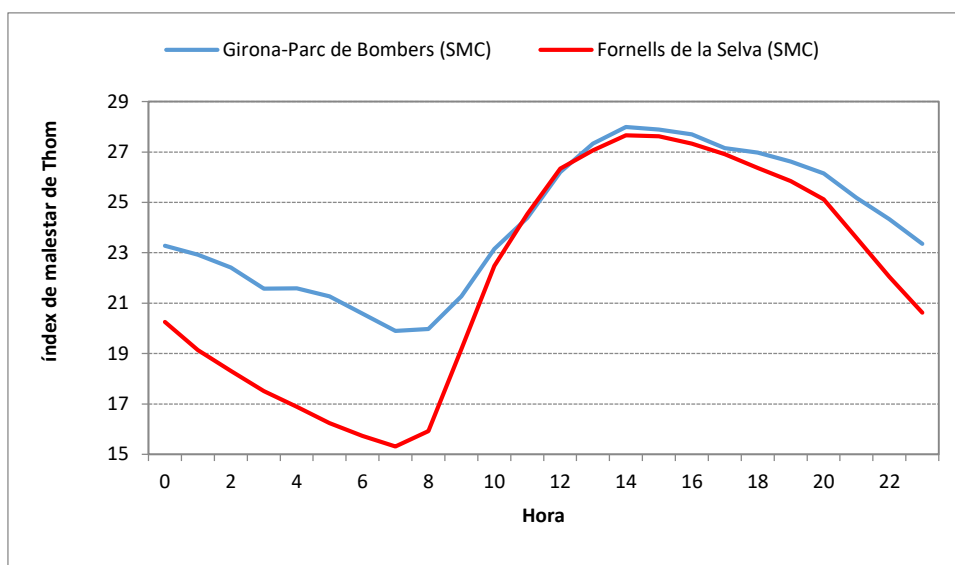


Figura 5.166 Valors horaris de l'índex de malestar de Thom. Girona-Parc de Bombers i Fornells de la Selva-SMC. 0-23 hores dia 13 d'agost de 2003.

El dia 13 d'agost de 2003 les temperatures màximes van assolir el seu valor màxim a la ciutat de Girona del període 1884-2003, amb 42,5°C a Girona-la Vall de Sant Daniel, 42,7°C a Girona-Universitat. L'observatori de Girona-Parc de Bombers (SMC) va enregistrar una màxima de 41,8°C, la màxima de Girona-Sèquia fou de 41,4°C i 40,4°C va ser el valor tèrmic més elevat de Fornells de la Selva-SMC.

La sensació tèrmica no fou molt elevada a l'ombra a Girona-Parc de Bombers tenint en compte la molt alta temperatura màxima gràcies a la baixa humitat relativa, 10,5 % a les 15 hores quan la temperatura era de 40,6°C. En aquell moment tenien 39,3°C i 13,4 % de humitat a Fornells de la Selva-SMC. Les diferències urbano-rurals en la sensació de confort són poc importants entre les 7 i les 18 hores però en canvi tenim una marcada sensació de xafogor durant les hores nocturnes a Girona mentre que a Fornells la sensació és de confort a partir de les 21 hores i de les 0 hores fins les 7,30 hores del matí (índex de Thom inferior a 21). A la nit la sensació tèrmica és relativament confortable a Fornells de la Selva i en canvi és de calor a Girona, cosa que pot augmentar el risc de mortalitat per calor. A partir del mig matí i fins al migdia solar (entre les 11 i les 14 hores) la sensació tèrmica fou idèntica als dos observatoris meteorològics, mentre que entre les 14 i 18 hores les diferències suburbanes-rurals en l'índex de malestar tèrmic van créixer lleugerament, amb una sensació tèrmica de menys calor a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC.

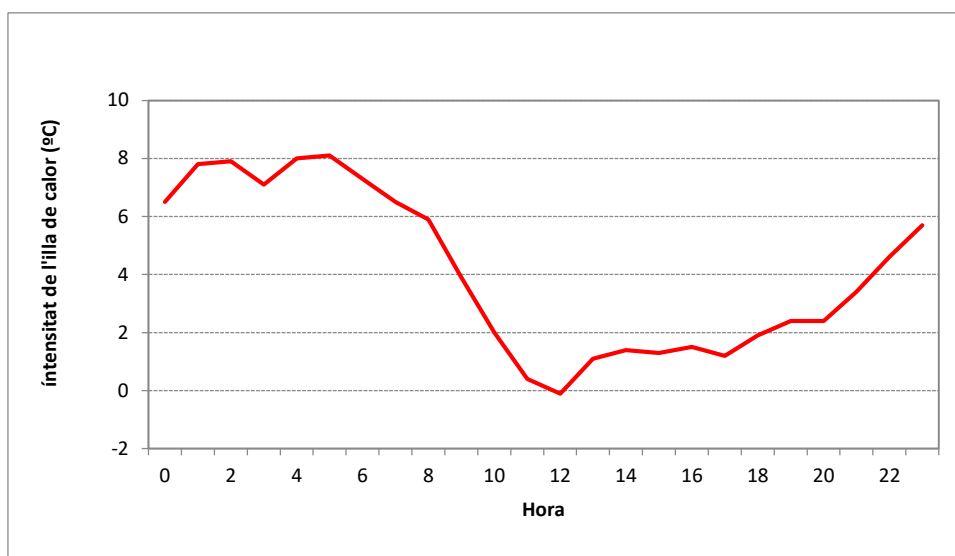


Figura 5.167 Intensitat de l'illa de calor. Diferència tèrmica semihorària Girona-Parc de Bombers (SMC)-Fornells de la Selva (SMC). 0 hores dia 13 d'agost de 2013-0 hores dia 14 agost 2013.

Les diferències entre el confort tèrmic suburbà (Girona-Parc de Bombers) i el rural (Fornells de la Selva-SMC) estan causades principalment per les diferències tèrmiques i l'efecte de l'illa de calor urbana nocturna i l'illa de frescor urbana matinal impliquen una major sensació de malestar per calor durant la nit a l'observatori suburbà i una major sensació de confort tèrmic a Girona-Parc de Bombers durant l'interval horari 7-12 hores.

La intensitat de l'illa de calor urbana és molt elevada durant les hores nocturnes, amb un valor àlgid de a 8,1°C a les 5 hores, en aquest moment la temperatura és de 24,6°C a Girona-Parc de Bombers i 16,5°C a Fornells de la Selva. La magnitud de la intensitat davalla lleugerament al voltant de la sortida del sol, tenim 7,3°C a les 7 hores. A partir d'aquesta hora la intensitat de l'illa de calor davalla clarament. A les 12 hores, 2 hores abans del migdia solar, tenim una molt incipient illa de frescor urbana, -0,1°C. L'explicació d'aquest comportament de l'illa de calor urbana és que la ciutat de Girona s'escalfa molt més lentament que el camp que l'envolta, per efecte de la inèrcia tèrmica dels materials urbans, i també perquè la radiació solar provoca un important escalfament de les superfícies rurals i l'aire subjacent. Durant les primeres hores de la tarda hi ha una feble illa de calor urbana, amb un dèbil increment de l'illa de calor. No és fins al voltant d'una hora abans de la posta de sol (20 hores) que comença a haver-hi una acceleració de l'increment de la intensitat de l'illa de calor urbana, ja que la radiació solar davalla clarament, permetent l'important refredament del sòl rural, mentre la reverberació de calor de les superfícies impermeables de la ciutat provoca un flux de calor sensible que manté força elevades les temperatures de les primeres hores de la nit a Girona-Parc de Bombers. A les 20 hores tenim unes temperatures de 34,8°C a Girona i 32,4°C a Fornells. A les 23 hores el fenomen de l'illa de calor mostra una intensitat elevada, 4,6°C, amb unes temperatures de 31,0°C i 26,4°C respectivament als observatoris meteorològics de Girona i Fornells.

L'onada de calor de l'agost de 2009 fou persistent, va durar 7 dies, entre el 14 i el 20 d'agost, i els valors màxims de l'índex de confort tèrmic PET van ser molt elevats, que van superar lleugerament el valor 50 durant varies dies al migdia i primeres hores de la tarda, per tant, fou un episodi càlid molt perillós per a la salut humana, ja que la sensació tèrmica era tòrrida en les hores més caloroses del dia (13-17 hores). No obstant, durant la matinada (5-7 hores) la sensació tèrmica fou confortable, els valors mínims diaris d'aquest índex van oscil·lar en la majoria de dies entre 15 i 17.

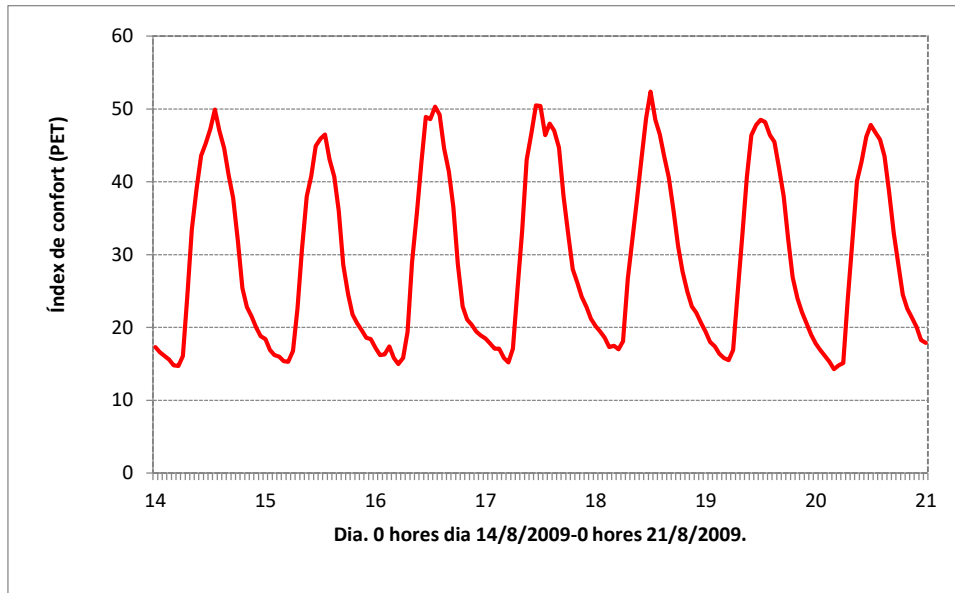


Figura 5.168 Valors horaris de l'índex de confort PET. 0 hores dia 14-0 hores 21 d'agost de 2009. Girona-Parc de Bombers. Font: Elaboració pròpia a partir del software Rayman 1.2. Mayer i Matzarakis, 2002.

Durant l'onada de fred dels dies 24 al 31 de gener de 2005 l'estrès tèrmic de fred va ser molt intens a l'observatori de Girona-Parc de Bombers, amb valors fins a -15 i -14 en els dies 27 i 28 per efecte de les baixes temperatures mínimes, fins a -7,2°C el dia 27. D'altra banda, al migdia els valors màxims dels primers dies de l'episodi fred van ser inferiors a 10 i fins i tot superaren en poc el valor 0 de l'índex en el dia 26, ja que la temperatura màxima va ser molt baixa (4,8°C) i a més va bufar el vent de tramuntana de forma moderada a intensa, la qual cosa incrementava la sensació de fred. No obstant, a finals de l'episodi fred amb vents encalmats i temperatures màximes força més elevades, fins a 14°C el dia 30, la sensació tèrmica és de poc fred al migdia (valors de PET superiors a 18), però amb fred durant la nit i matinada, amb uns valors de PET inferior a 4. S'ha de remarcar que el contrast tèrmic en les temperatures extremes es reflecteix en una forta oscil·lació de l'índex al llarg del dia 27, amb un valor màxim de 12 i un valor mínim de -15. Hi havia una sensació de fred molt elevada durant les hores nocturnes i primeres hores matinals, mentre que al migdia la sensació tèrmica era de moderat estrès tèrmic per fred (PET comprès entre 8-13) ja que el vent és encalmat, la radiació solar moderada i la temperatura va pujar fins a 8,1°C

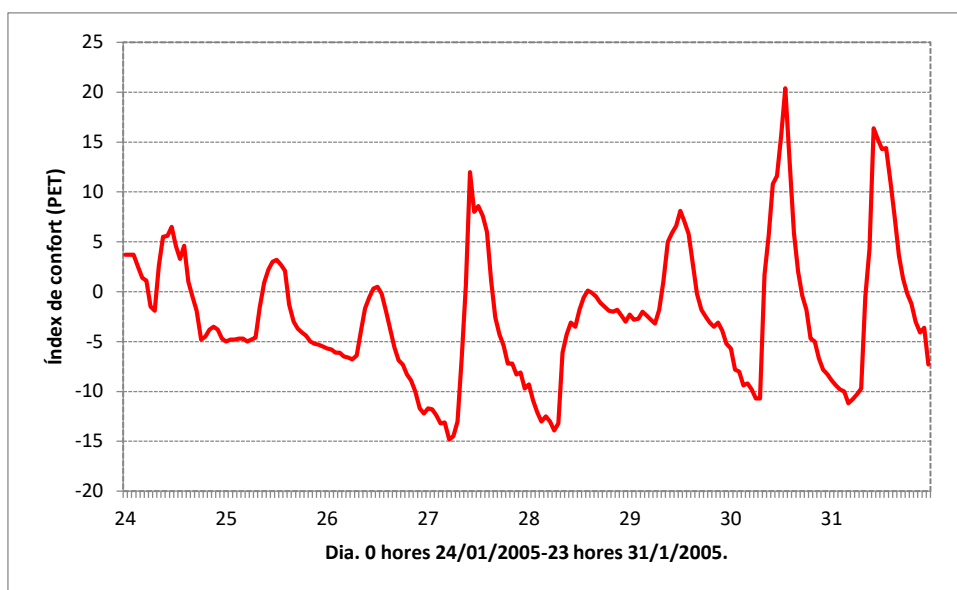


Figura 5.169 Valors horaris de l'índex de confort PET. 0 hores dia 24-23 hores dia 31 de gener de 2005. Girona-Parc de Bombers. Font: Elaboració pròpia a partir del software Rayman 1.2. Mayer i Matzarakis, 2002.

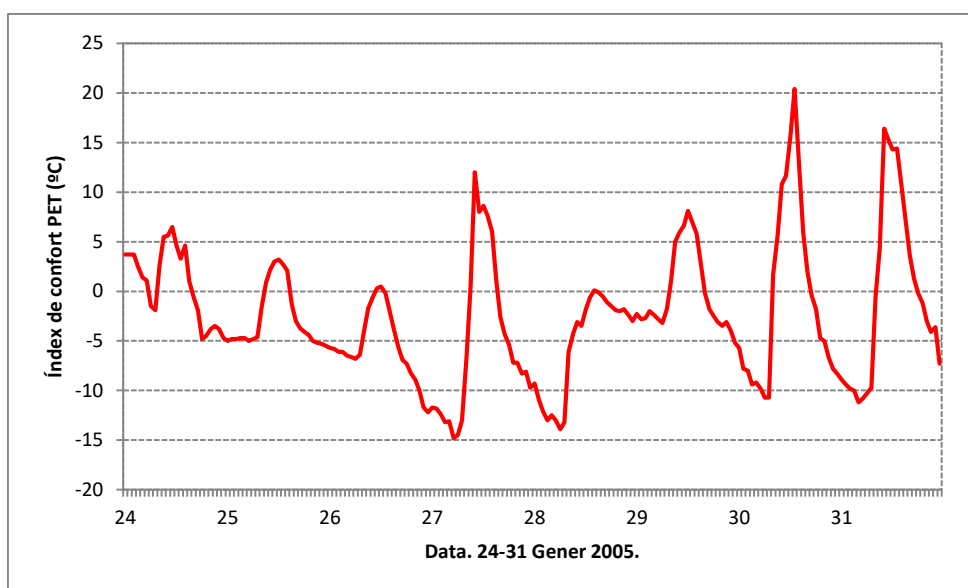


Figura 5.170 Índex de confort tèrmic PET (Physiological Equivalent Temperature). Girona-Parc de Bombers. Valors horaris dels dies 24-31 de gener de 2005. Font: Elaboració pròpia a partir del software Rayman 1.2. Mayer i Matzarakis, 2002.

. Els dies 1 i 2 de juliol de 2006 vam tenir temperatures molt elevades a Girona. Durant les nits no hi havia estrès tèrmic per calor, a que el valor de PET era inferior a 23°C i superior a 18°C, mentre que a les hores centrals del dia hi havia un estrès tèrmic extrem (PET>41), amb un valor més elevat a les 13 hores del dia 2 (47,2) que a les 13 hores del dia 1 (44,5). Per tant als migdies d'aquests 2 dies les persones que estan molta estona a l'aire lliure tenen uns riscos elevats de mort per cop de calor i per causes cardiovasculars. L'estrès tèrmic és alt des les 9 hores del matí fins a les 19 hores de la tarda.

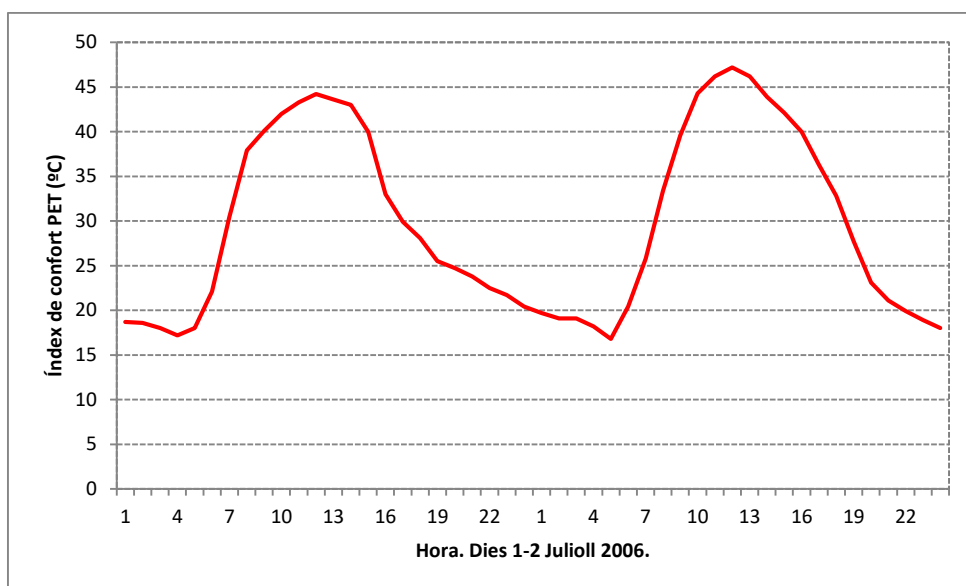


Figura 5.171 Índex de confort tèrmic PET (Physiological Equivalent Temperature). Valors horaris dels dies 1-2 de juliol de 2006. Girona-Parc de Bombers. Font: Elaboració pròpia a partir del software Rayman 1.2. Mayer i Matzarakis, 2002.

Taula 5.94 Categoria d'estrès tèrmic segons l'índex de confort PET. Font: MATZARAKIS I MAYER, 1996.

Amplitud PET (°C)	Categoria d'estrès tèrmic
>41	Estrès de calor extrema
35-41	Estrès de calor molt elevada
29-35	Estrès de calor elevada
23-29	Estrès de calor moderada
18-23	No hi ha estrès tèrmic
13-18	Estrès de fred dèbil
8-13	Estrès de fred moderada
4-8	Estrès de fred elevada
<4	Estrès de fred molt elevada

5.9 Planificació i mitigació de l'illa de calor urbana

La planificació de la ciutat a partir de polítiques que incentivin l'increment de superfícies verdes i disminueixin el trànsit automobilístic a la ciutat, juntament amb la disminució del consum privat i públic de calefacció i refrigeració gràcies a uns habitatges més ben aïllats pot disminuir la intensitat de l'illa de calor. En aquest subcapítol s'enumeraran els millors mètodes per mitigar l'illa de calor urbana a partir de la planificació urbana.

En primer lloc hem analitzat en un mapa amb el suport de Google Earth com s'han de planificar diferents zones de la ciutat segons les directrius fetes per altres climatòlegs a l'hora d'analitzar les zones climàtiques locals (OKE i STEWART, 2012).

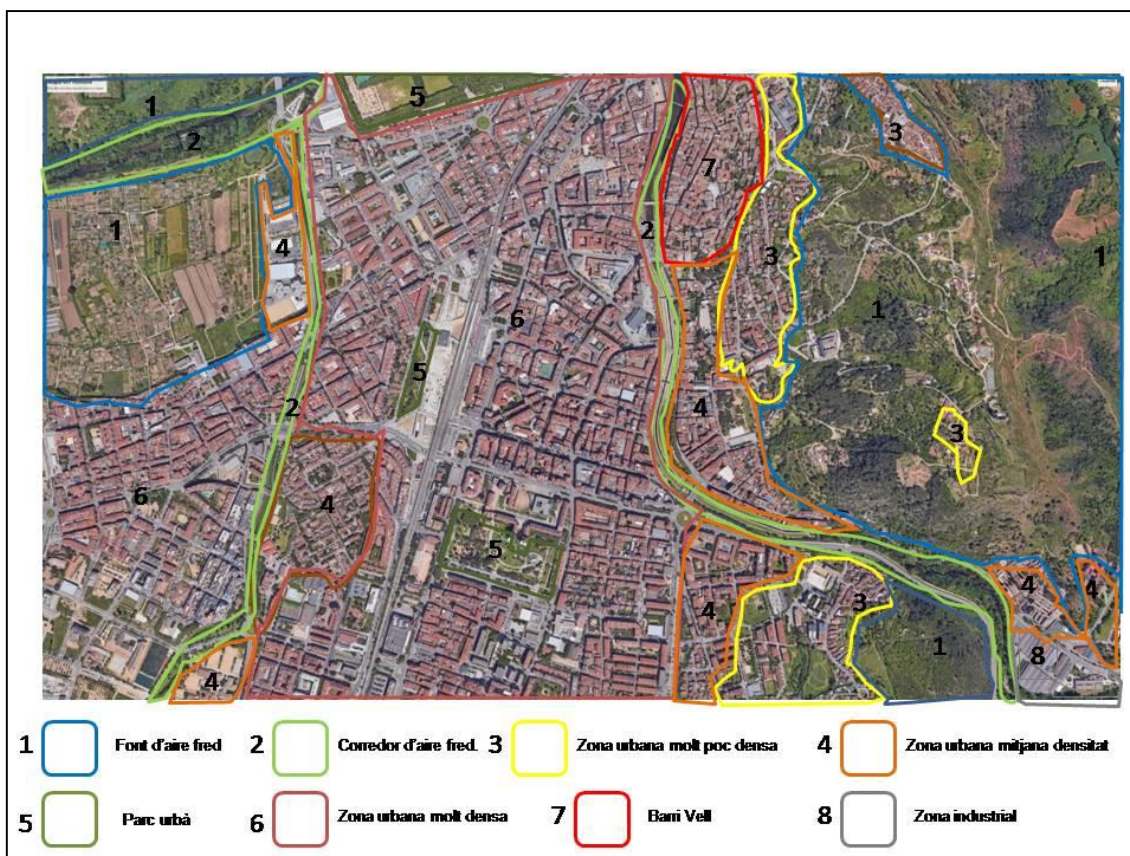


Figura 5.172 Zones climàtiques urbanes del centre de Girona i la part oriental i occidental on s'han de realitzar diferents mesures de planificació urbana. Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth.

En aquest mapa del centre de la ciutat de Girona i els seus voltants s'observen 8 zones climàtiques on la intervenció urbana ha de ser diferent amb l'objectiu de mitigar l'illa de calor urbana:

1. La font d'aire fred és la zona climàtica 1, es tracta de l'àrea rural, tant les àrees elevades que corresponen als turons com a les zones baixes del pla de Girona. Poden ser àrees agrícoles, boscos d'alzines i pins principalment, o boscos de ribera.
Les temperatures mínimes més baixes es donen al pla de Girona, mentre que a les zones elevades les mínimes són clarament superiors, i a l'hivern fins i tot poden ser superiors al centre urbà de Girona per efecte de la inversió tèrmica. No obstant les temperatures màximes estiuenques a les àrees elevades són més baixes igualment com a l'hivern. Aquesta zona s'ha de protegir ja que l'aire fred que s'hi origina circula a través dels rius i rieres en direcció al centre de la ciutat de Girona provocant una disminució de la temperatura.
2. Corredor d'aire fred. No és una zona climàtica pròpiament dita, ja que com a zona climàtica s'hauria d'incloure dins la font d'aire fred, sinó un node de connexió entre la zona rural i la zona urbana. Els cursos fluvials de l'àrea analitzada són els corredors d'aire fred. La seva funció és el drenatge d'aire fred des de la font d'aire fred fins a les zones urbanitzades.
3. La zona urbana molt poc densa es caracteritza per tenir una quantitat de sòl impermeable inferior a altres zones urbanes més cèntriques, amb predomini d'habitatges unifamiliars i amb una major quantitat de zones verdes respecte altres zones urbanes amb més densitat de població i d'edificació. Aquestes

àrees, que comprenen per exemple els barris de Torre Gironella i les Pedreres, que es troben al turó de les Pedreres a l'est del Barri Vell de Girona, o el Grup de Sant Daniel al nord-oest de Vila-roja, no necessiten de masses mesures de mitigació de l'illa de calor urbana ja que es caracteritzen per la baixa densitat de població i perquè dins de l'àrea construïda hi ha zones verdes que suavitzen l'impacte antropogènic dels habitatges.

4. La zona urbana mitjana densitat ocupa part dels barris de Palau (la part nord-oriental, al peu del turó de Montilivi), la zona més antiga del barri de Sant Narcís, els barris de Font de la Pólvora i Vila-roja. Aquesta zona té una densitat urbana més densa que la zona 3 però no és tan elevada com l'àrea urbana molt densa. Les temperatures són més baixes respecte el centre, especialment en les àrees més perifèriques, com és el cas de Font de la Pólvora i Vila-roja, com a conseqüència de l'efecte de canals d'aire fred del riu Onyar. D'altra banda segons el mètode dels transsectes en els altres dos barris la diferència tèrmica amb la zona urbana molt densa és menys important, només 0,5-2° en les nits amb intensa illa de calor (igual o major a 6°). La major càrrega de calor respecte les zones residencials poc denses fan necessària la mitigació de l'illa de calor per exemple amb la creació de noves zones verdes o la instal·lació de teulades verdes o clares a la part alta dels edificis. En el cas de la part nova del barri de Sant Narcís l'arquitectura és força bioclimàtica, ja que la majoria dels edificis tenen jardins i els edificis unifamiliars són de color blanc, que reflecteix la radiació solar. No obstant, l'elevada temperatura dels voltants d'aquest sector fan que aquesta part antiga té unes temperatures força elevades, segons les observacions dels transsectes tèrmics. Hi ha un observatori meteorològic, adjacent a la part antiga de Sant Narcís, però que es troba a la part nova amb unes temperatures mínimes molt altes, és l'estació de Girona-Fedac de Sant Narcís, que té una mitjana de les mínimes de 10,7°, 0,4° inferior a l'estació més càlida, Girona-Escola de la Música. Per tant, és necessari que en aquests barris no es permeti la construcció d'edificis més elevats, perquè tot i ser zones de mitjana densitat, ja tenen una càrrega tèrmica elevada.
5. El Barri Vell és una zona que per les seves característiques és molt difícil de ser reformada urbanísticament, i on les úniques mesures de planificació urbanística s'haurien de centrar en incrementar la quantitat de superfícies verdes a les teulades dels edificis. Per exemple la implementació de teulades verdes pot produir una disminució de la temperatura, especialment al migdia i de la part interior dels edificis, sobretot del pis més elevat d'aquests. L'escassa amplada de carrers i el turisme de masses que suporta aquesta part de la ciutat fa difícil la plantació d'arbres en filera als carrers ja que és difícil transitar per aquests carrers. L'única alternativa per millorar el clima d'aquesta part de la ciutat és la instal·lació de les teulades clares o verdes a la part alta dels edificis. En aquesta part de la ciutat hi ha menys trànsit automobilístic que a la resta de la ciutat, és una zona on està restringit l'accés als veïns i als cotxes de fora del barri només poden accedir com a molt 3 vegades al mes, si ho fan més sovint fan una infracció de trànsit. Això disminueix la calor antropogènica emesa en aquesta zona en comparació a la part nova de la ciutat. D'altra banda el baix SVF que hi ha a la majoria de carrers disminueix la sensació de calor a la major part d'hores de l'estiu ja que les temperatures són lleugerament més baixes

- respecte als afores durant el migdia i no arriba tanta radiació solar per l'efecte d'ombra dels edificis.
6. Zona industrial La zona industrial que s'observa en el mapa està situada al barri de Vila-roja, al sud-est de la ciutat. En aquesta zona la temperatura s'incrementa lleugerament, per efecte del tipus de sòl, impermeable, i pel menor factor visió del cel. No obstant, si exceptuem la fàbrica Hinojosa Sarrià de Ter (antiga Torras Hostench, situada a Sarrià de Ter) i la fàbrica Nestlé, la majoria d'indústries de l'àrea urbana de Girona no emeten gasos a l'atmosfera que provoquin un escalfament d'origen antropogènic, han disminuït clarament les immissions de contaminants (H_2S , NO_2 i SO_2) i partícules contaminants (PST). La qualitat de l'aire de les rodalies de les indústries ha millorat en les últimes dècades gràcies a les mesures preses pels propietaris de les empreses arran de la legislació vigent que protegeix la qualitat de l'aire. Els objectius en les properes dècades és disminuir encara més les immissions de partícules i de gasos contaminants. La construcció de les noves indústries hauria de ser planificada amb l'objectiu de no empitjorar la qualitat de l'aire de zones residencials properes.
 7. El parc urbà és una àrea verda que es troba dins de la ciutat o està molt a prop del nucli urbà. És el cas respectivament del Parc del Migdia i de la Devesa de Girona. Aquestes àrees són necessàries per l'esbarjo dels habitants, i també perquè, i hi ha molta vegetació arbòria absorbeixen la contaminació i tenen un microclima més fresc dels voltants. Les temperatures més baixes d'aquestes zones verdes sobretot si aquests parcs són extensos es poden estendre cap als voltants, provocant una disminució de les necessitats de refrigeració de la zona urbana contigua. En el cas de Girona l'efecte microclimàtic de reducció de la temperatura d'un parc urbà és més important al parc de la Devesa que al Parc del Migdia. Hi ha un parc periurbà, el de les Deveses de Salt, que es troba força lluny de la zona urbanitzada, i que és l'àrea més freda de la zona urbana de Girona, almenys durant les nits, i també la zona sota la cobertura arbòria del parc durant els migdies i tardes d'estiu. Hi ha un tercer parc, situat entre els barris de Sant Narcís i de l'Eixample, que ha vist reduïda la seva extensió, i que té un dèbil impacte en la temperatura, ja que hi ha pocs arbres en aquesta zona verda. No obstant, també en els transsectes realitzats en aquesta zona s'observa una disminució tèrmica per efecte del major factor de visió del cel (SVF), la qual cosa permet un major refredament respecte els carrers dels barris contigus.
 8. La zona urbana molt densa necessita d'una especial protecció. Aquesta zona té una càrrega de calor molt important, es tracta de l'àrea més càlida de la ciutat en la majoria de les nits, on l'illa de calor urbana és més intensa. A Girona correspon al barri de l'Eixample, però també altres barris contigus amb una elevada densitat de població tenen temperatures molt elevades, aquest és el cas del Barri Vell, Santa Eugènia, Sant Narcís i el sud del barri de Palau. Els nous edificis que es construeixin en aquesta àrea no haurien de tenir més altura que els antics per tal de no incrementar encara més l'illa de calor. La instal·lació de teulades verdes o teulades clares també ha de ser una prioritat per mitigar l'illa de calor urbana. Els carrers haurien de tenir arbrat en filera, i s'han de crear petits parcs urbans per disminuir l'efecte de reverberació de l'asfalt que provoca un increment tèrmic. Una altra mesura és la creació de

paviments tous i frescos amb l'objectiu de disminuir la temperatura de la part baixa dels carrers. A la ciutat de Girona s'observa un gradient tèrmic positiu en aquesta zona, la part baixa dels carrers és més càlida tant durant el migdia i tarda com durant la nit respecte la part alta dels edificis, segons les dades dels observatoris i dels transectes realitzats. Només al matí s'observa una lleu illa de frescor. No obstant també els carrers obacs són més frescos al migdia respecte els afores, especialment a l'hivern, però als transectes de tarda s'ha observat com l'illa de frescor desapareix.

La zona 1 és anomenada "Font d'aire fred", ja que és una zona natural, en la qual no s'observa un escalfament per efecte urbà. Es tracta d'una zona rural, en aquest cas, a l'est de la ciutat trobem els boscos dels turons de les Gavarres a l'est de Girona i a l'oest les Hortes de Santa Eugènia, que és una zona agrícola propera al riu Ter. També altres zones que són fonts d'aire fred són les fondalades rurals que envolten la ciutat de Girona, la Vall de Sant Daniel, el pla d'Onyar, al cantó de Fornells de la Selva, les Deveses de Salt. Aquesta zona ha de ser principal protecció urbanística per als municipis per tal de disminuir l'efecte de l'illa de calor urbana. De fet al Planejament urbanístic de Girona els boscos i zones verdes del voltant de la ciutat reben el nom de sòl no urbanitzable, per tant, tenen la protecció adient per millorar el clima de la ciutat.

La zona 2 és el corredor d'aire fred, són els cursos fluvials que transporten l'aire fred des de les fonts d'aire fred cap a les zones urbanes. Així els rius i rieres són canals d'aire fred, ja que són àrees més fredes que els seus voltants. Aquestes àrees també estan protegides urbanísticament, ja que són zones inundables, i segons la legislació vigent està prohibida la urbanització de les lleres dels rius i les seves rodalies.

Hem de tenir en compte que la mitigació de l'illa de calor urbana depèn del clima on s'ubica la ciutat. Per exemple en el cas de les ciutats de Londres i Bagdad les mesures de mitigació de l'illa de calor superficial han de ser diferents d'acord amb Ali *et al.* (2017). Segons la investigació feta per Ali *et al.* (2017): hi ha una diferent morfologia de l'illa de calor superficial, amb el màxim tèrmic al centre de la ciutat a Londres, on hi ha la major concentració d'edificis, i el mínim tèrmic a les zones rurals que envolten la ciutat, es tracta d'àrees verdes on les temperatures són clarament més baixes que al centre. En canvi el centre de Bagdad té temperatures superficials més baixes respecte els afores, especialment l'àrea que envolta el riu Eufrates. Tant la zona urbanitzada com la zona verda al voltant d'aquest corrent fluvial tenen temperatures superficials inferiors a la zona que envolta la ciutat, que és desèrtica, amb presència de sorra, sòl nu, que s'escalfa molt durant el dia per la forta insolació. Així les mesures de mitigació a la ciutat de Londres que proposen Ali *et al.* (2017) són la instal·lació de materials frescos (RR) que reflecteixen la radiació solar, teulades verdes i la cobertura de vegetació a les parets dels edificis per disminuir l'estrès tèrmic i millorar la qualitat de l'aire. Aquestes mesures són millors per disminuir la temperatura superficial que l'augment de la vegetació en les parts baixes de la ciutat. L'increment de l'albedo i de les zones verdes provoca la disminució de la temperatura a la ciutat de Londres. També l'augment de l'altura dels edificis és una mesura eficaç per disminuir la temperatura a la ciutat de Londres. La conversió de zones amb sòl natural a àrees edificades eleva la temperatura en una ciutat humida com és Londres, mentre que provoca un descens tèrmic a Bagdad, que es considera com una ciutat seca.

En el cas de la ciutat de Girona per efecte del seu clima subhúmit i la vegetació abundant dels afores les mesures de mitigació de l'illa de calor gironina haurien de ser similars a les que proposen Ali et al. (2017) per la ciutat de Londres.

Tenint en compte que el vent predominant és de migjorn i l'escalfament climàtic és aconsellable romandre a les habitacions estiguin encarades al sud per rebre la marinada durant el dia, mentre que a la nit és millor estar a les habitacions encarades al nord i nord-est, més fresques, sobretot la 1^a, la del nord-est és la pitjor a l'hivern ja que rep menys insolació, especialment si té una casa a davant. És bo crear corrents d'aire per estalviar energia, i habitar les habitacions al sud per aprofitar l'energia solar a l'hivern que és abundant a Girona ja que les boires escampen aviat (com a molt tard les 10) i a més està arrezerat dels vents freds del nord.

Es desaconsella posar vitralls a les façanes dels edificis i en tot cas només es podria planificar un compartiment que no es visqués durant l'estiu per causa de les elevades temperatures i pogués transmetre calor a la resta de l'habitatge durant l'hivern. O edificis amb molt de vidre perquè s'escalfen molt com un hivernacle. És millor un edifici clar per estalviar refrigeració a l'estiu i tenir en compte l'escalfament climàtic projectat per al segle XXI. També és aconsellable les green roofs, i els jardins amb arbres, ja que les cases poden tenir 27° per exemple al centre de Salt al pis de baix durant les onades de calor dels estius de 2003, 2009, 2012 i 2015, entre d'altres, d'altra banda en aquests episodis càlids hem mesurat temperatures mitjanes de 31°C al pis de dalt. S'han observat en àtics dels edificis de Girona una temperatura de 31-33°C en els estius esmentats anteriorment. A la part de dalt de la casa de Salt la temperatura és de 31°C. A Sarrià de Ter (Pla dels Vinyers) la part de dalt de la casa està entre 29° i 32°C durant les onades de calor dels estius de 1987, 2003, 2009, 2012 i 2015.

5.9.1 Mesures de planificació urbana per mitigar l'illa de calor urbana de Girona

La ciutat de Girona és una ciutat amb una extensió de superfície verda relativament extensa i elevada, 15,1 habitants/km², (font: web de l'Observatori de l'Ajuntament de Girona), la qual cosa significa més d'1 km² de superfície verda. No obstant, hem de tenir en compte que la distribució de la superfície verda no es troba distribuïda de forma equitativa en tota la ciutat, sinó es concentra especialment al nord del centre urbà, el parc de la Devesa, que ocupa una superfície aproximada de 40 hectàrees. Com hem esmentat anteriorment força carrers no disposen de fileres d'arbres que provoquin una mitigació de l'illa de calor urbana, en alguns casos, com al Barri Vell l'escassa amplada de carrers impedeix al consistori la plantació d'arbres en aquestes vies urbanes.

La gestió i planificació de la ciutat de Girona hauria de seguir unes línies mestres. Aquestes són les següents:

- Les zones rurals i els turons que envolten la ciutat han de ser objecte de protecció ja que actuen com a fonts d'aire fred. Tot i que els turons tenen temperatures mínimes més càlides que les àrees rurals, les rieres i torrents que davallen d'aquests indrets provoquen un descens d'aire fred en zones més baixes, com s'observa a la Vall de Sant Daniel. Això significa que en principi haurien de ser catalogables com a sòl no urbanitzable.

- Les lleres dels rius i rieres i les seves zones pròximes també haurien de tenir el mateix pla de protecció que les zones rurals i els turons, ja que l'aire fred que descendeix a través d'aquests cursos fluvials provoca un descens tèrmic en les àrees properes.
- S'hauria de dotar d'espai verd a la majoria dels carrers i les places ja que són una estratègia útil que ajuda a millorar la confortabilitat dels ciutadans en l'època càlida de l'any.
- Les zones industrials degradades, com les naus industrials que es troben al sud del centre comercial de l'Hipercor, i que es troben al cantó del carrer de Barcelona s'haurien d'enderrocar perquè així la marinada i els vents procedents de la perifèria sud de la ciutat provoquin un refrescament al centre de la ciutat.
- Els centres de la ciutats de Girona i Salt, igualment com els barris de Santa Eugènia i Sant Narcís són àrees on s'observa el màxim tèrmic nocturn, especialment en el cas de l'Eixample i el Barri Vell de Girona. Una bona opció per mitigar l'illa de calor urbana en aquests barris és la creació de petits parcs urbans, i també l'augment de superfície arbrada dels carrers. Al Barri Vell de Girona és molt complicat d'incrementar la superfície verda dels carrers per la seva escassa amplada, una bona alternativa per disminuir l'illa de calor urbana en aquesta zona és la instal·lació de teulades verdes (green roofs) i teulades clares per augmentar l'albedo de la zona i així provocar una disminució de la temperatura. També en les altres àrees esmentades s'haurien d'aplicar aquestes mesures.
- L'elevada densitat urbanística dels centres de Girona i Salt implica que les necessitats de calefacció a l'hivern siguin clarament inferiors respecte als afores mentre que les necessitats de refrigeració en canvi són molt superiors. És necessària la conscienciació dels habitants d'aquesta àrea de les peculiaritats tèrmiques de la zona on viuen, i promoure l'estalvi energètic, amb la disminució de la utilització dels aparells d'aire condicionat a l'estiu i de la calefacció a l'hivern.
- La ciutat de Girona no té unes dimensions gaire grans, ja que la superfície urbanitzada té una extensió de 13 km². Això significa que és més sostenible el desplaçament en transport públic, amb bicicleta o a peu, que amb automòvil propi. Actualment (any 2021) hi ha 12 línies d'autobusos que connecten gran part de l'àrea urbana de Girona (municipis de Girona, Salt, Sarrià de Ter i Fornells de la Selva). La societat hauria de conscienciar-se que és millor desplaçar-se en autobús, a peu o en bicicleta, que amb cotxe, si el desplaçament és relativament curt. S'ha d'afegir que un dels factors que afavoriria un descens de l'illa de calor urbana seria un major ús de la bicicleta. A Girona hi ha una gran xarxa de carrils bici, amb un traçat de 42 quilòmetres a la ciutat de Girona, però aquesta xarxa està infrautilitzada per la major part dels ciutadans. Les millores en la salut de la població que s'obtidrien amb una major utilització d'aquest mitjà de transport afavoririen una millor qualitat de l'aire i també provocarien una disminució dels efectes negatius de l'illa de calor urbana a l'estiu. Per aquests motius els ciutadans haurien de considerar que la bicicleta és una opció vàlida i necessària per desplaçar-se dins de la ciutat i entre Girona i els municipis adjacents .

- Les zones urbanes properes a cursos fluvials tenen un clima més suau durant l'estiu per efecte de la marinada que provoca una disminució de les temperatures màximes i mínimes. És necessari per tant la protecció d'aquestes àrea. La planificació urbana hauria d'evitar la construcció d'edificis elevats que obstrueixin el vent que suavitzava la temperatura en aquestes zones fluvials i àrees urbanes properes.
- S'hauria de promoure la construcció de paviments amb un albedo més elevat. Així els carrers de les àrees urbana predomina l'asfalt dels carrers amb un albedo força baix, absorbeix la radiació solar i remet el calor a l'aire provocant un increment de la temperatura. Això disminueix el confort tèrmic a l'estiu i augmenta les necessitats de refrigeració dels habitatges.
- La mitigació de l'illa de calor urbana consisteix en proposar mesures per tal de reduir la temperatura als centres urbans de les ciutats de Girona i Salt, ja que en aquesta àrea tenim els valors tèrmics més elevats, sobretot pel que fa a les temperatures mínimes i mitjanes diàries. Les actuacions de mitigació de l'illa de calor urbana es resumeixen en 3 mesures:
 - Reduir l'energia antropogènica, és necessari que hi hagi menys cotxes circulant, ja que els gasos emesos pels automòbils afavoreixen l'escalfament de la ciutat.
 - Augmentar l'albedo dels edificis. Així quan tenim un edifici amb una façana i una teulada amb colors clars provoquem la disminució de l'ús de la refrigeració a l'estiu, i la ciutat s'escalfa menys de dia ja que s'incrementa la reflexió de la radiació solar des de les façanes i teulades dels edificis.
 - Utilitzar les teulades verdes. Aquesta actuació té uns efectes idèntics a l'increment de l'albedo, així tenim un descens de les necessitats de refrigeració dels habitatges a l'estiu, i la ciutat s'escalfa menys de dia ja que s'incrementa la reflexió de la radiació solar des de les façanes i teulades dels edificis.

Les línies mestres de la planificació i mitigació de l'illa de calor s'han de complementar amb unes altres mesures. Es proposen un total de 13 accions per tal d'afavorir que la ciutat de Girona disminueixi l'empremta urbana en el seu clima, són actuacions per tal de produir una disminució de les temperatures extremes diàries.

1. Creació d'aparcaments amb paviments tous verds que no s'escalfen tant com els tradicionals.
2. Carrers més amples per incrementar la refrigeració del cos humà pel vent a l'estiu.
3. Creació de nous carrers amb orientació SW-NE amb un angle de 45° respecte el riu Onyar per afavorir la penetració de la marinada a la ciutat i refrigerar l'ambient d'aquestes vies urbanes.
4. Increment del nombre d'arbres als carrers. Els arbres haurien de ser fulla caduca i també ser autòctons. Els arbres refresquen l'ambient, si són de fulla caduca permeten l'entrada de radiació solar als carrers i disminueixen les necessitats de calefacció dels edificis a l'hivern. Els arbres afavoreixen una millor qualitat de l'aire ja que al provocar la disminució de la temperatura dels carrers hi ha menys possibilitat d'episodis de contaminació per ozó.
5. Creació de nous parcs urbans a la ciutat per mantenir zones bioclimàtiques més fresques que l'entorn urbà.

6. 6.Incentivació de les teulades verdes i clares dels edificis i habitatges per tal d'augmentar el confort tèrmic dins els edificis i disminuir les necessitats de calefacció i refrigeració.
7. Promoció de les façanes clares dels edificis i habitatges per tal de disminuir l'absorció de radiació solar per aquestes i això repercuteix en unes temperatures més baixes de l'interior dels edificis, hi ha menys necessitats de refrigeració a l'estiu.
8. Promoure una arquitectura bioclimàtica, amb edificis sense gaire superfície externa amb vidres. S'ha d'impedir la construcció d'edificis amb molta superfície de vidre i finestres molt grans a les façanes dels edificis i habitatges perquè aquestes obertures permeten l'entrada de la radiació solar als edificis, la qual cosa escalfa el seu interior, i per aquesta causa s'incrementen les necessitats de climatització dels edificis. L'augment de climatització dels edificis, especialment l'ús de l'aire condicionat incrementa l'illa de calor urbana estiuenca i els seus efectes negatius en la salut de les persones.
9. Mantenir la temperatura interior dels edificis públics i privats no gaire elevada a l'hivern ni massa baixa a l'estiu amb l'objectiu de l'estalvi energètic i el descens de l'impacte de l'ús exagerat de la climatització en l'illa de calor urbana.
10. Incentivar els ciutadans perquè aprofitin la xarxa densa de transport públic que té la ciutat i la connexió d'aquesta amb els municipis veïns de Salt, Sarrià de Ter, Aiguaviva, Vilablareix i Fornells de la Selva. Promoure el transport públic com a mitjà de desplaçament dels ciutadans i disminuir la necessitat de moure's amb el transport privat, la qual cosa afavoreix l'escalfament de la ciutat com a conseqüència dels gasos hivernacle emesos pels vehicles.
11. Disminuir el nombre de places dures a la ciutat, i augmentar el nombre d'arbres en aquestes places.
12. És primordial que la ciutat disminueixi les emissions de calor antropogènica. Per tant s'hauria de reduir el trànsit d'automòbils i també el consum energètic dels habitatges, amb un menor ús de la climatització. Tenint en compte aquestes prioritats tenint en compte que la ciutat de Girona té una població superior als 50.000 habitants Girona ja ha creat l'any 2020 una zona de baixes emissions, amb la limitació de conducció de vehicles a una velocitat màxima de 30 Km/h en determinats carrers. També els municipis veïns de Salt i Sarrià de Ter tenen carrers amb aquestes característiques.
13. Fer una planificació urbana que afavoreixi l'entrada d'aire fresc des de la perifèria cap al centre urbà de Girona. A Girona els vents predominants són del sud i del sud-oest, tant de dia com durant la nit. Per tant els nous carrers s'han de dissenyar de manera que afavoreixin l'entrada d'aire fred des de l'exterior, des de les àrees rurals perifèriques cap al centre de Girona. A més a més els carrers que vinguin des dels voltants de la ciutat cap al centre haurien de ser amples ja que així s'incrementa la porositat de la ciutat afavorint l'entrada de vents perifèrics cap al centre de la ciutat, cosa que ajuda al refrescament del centre de la ciutat.

Les ciutats nord-americanes tenen uns intensitats molt importants de l'illa de calor ja que són àrees urbanes que impliquen moltes emissions de calor antropogènica a l'aire. Així són ciutats molt extenses amb un model de urbanització dispers. Això afavoreix que els ciutadans es moguin especialment amb cotxe en detriment del transport públic,

la qual cosa provoca moltes emissions de CO₂, i d'altres gasos contaminants (NO₂). Aquesta contaminació afavoreix l'efecte de l'illa de calor. Les ciutats europees són àrees urbanes força més compactes que les nord-americanes, per la qual cosa hi ha menys desplaçaments en vehicle privat, i hi han menors emissions de contaminació i hi ha menys producció de calor antropogènica. Hem de tendir doncs cap al model europeu de creixement de la ciutat. A més a més el model compacte de ciutat disminueix les necessitats de calefacció a l'hivern, ja que quan els habitatges són més propers uns als altres tenen una inèrcia tèrmica més important, i s'escalfen per contacte. Si disminuïm les emissions de contaminants hi haurà menys probabilitat que a la ciutat de Girona es formi l'*smog* fotoquímic que es dona en altres ciutats a l'estiu quan la radiació solar és intensa. Hem de remarcar que gran part dels arbres dels carrers de la ciutat de Girona són de fulla caduca, això és un gran encert per part dels planificadors de la ciutat. Aquests arbres atenuen la radiació solar quan aquesta pot perjudicar el confort tèrmic i accentuar la sensació de calor (estiu, finals de primavera i inicis de tardor), i en canvi a l'hivern quan la radiació solar és necessària per a millorar el confort tèrmic al no tenir fulla afavoreixen unes temperatures més altes al nivell del carrer fent més confortable l'ambient dels carrers de Girona. Actualment tenim vents molt fluixos al centre de Girona, amb una mitjana de 3,2 Km/h a Girona-Bonastruc de Porta. En canvi a Girona-Vicens Vives la velocitat mitjana és superior als 5 Km/h. En aquest cas la proximitat del riu Onyar canalitza el vent i fa que l'àrea propera de Girona-Vicens Vives (Plaça de Catalunya, carrer del Carme), en general el barri de Vista Alegre sigui més ventós que no l'Eixample de Girona. Hi ha un problema de manca de vent al Barri Vell de Girona, els carrers són molt estrets i no afavoreixen la ventilació d'aquests. No obstant, a l'estiu l'estretor dels carrers del Barri Vell afavoreix que es formi una petita illa de frescor urbana diürna ja que la insolació és menor gràcies al dèbil factor de visió del cel que en alguns carrers és inferior a 0,2.

És necessari que el municipi de Girona redueixi el nombre de places dures, ja que el paviment d'aquestes places s'escalfa molt, fent-les molt poc confortables durant els migdies i tardes d'estiu. Alguns exemples de places dures de la ciutat de Girona són les places de la Constitució, Josep Pla, Hospital, Miquel Santaló, Miquel de Palol i Pompeu Fabra.

El vent és element climàtic que afavoreix la mitigació de l'illa de calor urbana i augmenta la sensació de confort tèrmic a l'estiu hem de remarcar que no hi ha una planificació clara de la ciutat envers el vent. La ciutat de Girona no conté en el seu planejament unes actuacions per millorar el confort tèrmic a través del planejament, amb la construcció de carrers amb direcció sud-nord. Tampoc hi ha actuacions de defensa contra el vent del nord, per exemple, amb la construcció de fileres d'arbres. No obstant, l'escassa violència d'aquest vent a Girona fa que les autoritats competents no donin la importància que té aquest vent en altres zones (Empordà i costa Brava).

Aquestes mesures s'haurien d'aplicar en diferents sectors de la ciutat. Hem seleccionat alguns punts on l'administració local pot fer actuacions per tal de mitigar l'illa de calor urbana.

- Places de l'Hospital i Pompeu Fabra. Augmentar la superfície coberta per arbres, especialment en el sector nord de la plaça de l' Hospital (façana de la Casa de Cultura).
- Plaça de la Constitució. Incrementar el nombre d'arbres de la plaça.

- Barri Vell. Incrementar el nombre d'arbres en els carrers més amples o a les places més grans.
- Santa Eugènia. Augmentar la coberta de vegetació dels carrers.
- Parc Central. Augmentar la superfície arbrada d'aquest parc, ja que amb la construcció de l'estació del tren d'alta velocitat (TAV) ha disminuït molt la superfície impermeable en aquesta zona, i el terra amb rajoles que ocupen una àrea extensa del parc, especialment la part més oriental, incrementa l'estrès tèrmic per calor a l'estiu, ja que aquest sòl impermeable s'escalfa molt al migdia.

És molt important que s'apliquin les mesures per a la reducció de la temperatura de l'aire de la ciutat de Girona ja que les investigacions realitzades en diferents urbs del planeta mostren una sinergia entre la temperatura i la contaminació atmosfèrica, especialment pel que fa a l'*smog* fotoquímic (LANDSBERG, 1981). Per tant si es prenen les mesures adients que provoquen una disminució de la temperatura a la ciutat de Girona hi haurà menors probabilitats que tinguem episodis d'elevada contaminació atmosfèrica. Així s'aconseguirà una millor qualitat de l'aire i també es pot reduir la mortalitat associada amb la contaminació atmosfèrica, i també una reducció dels ingressos hospitalaris de persones amb problemes de salut respiratoris i cardiovasculars.

L'aplicació de l'arquitectura bioclimàtica per tal que els habitatges i edificis públics i privats estiguin més adaptats a un clima més càlid també pot ser una altra estratègia vàlida per tal de millorar l'adaptació de la societat a l'escalfament del clima.

Les zones al voltants del riu han de ser canals de pas, àrees de pas. Així els rius canalitzen l'aire fred dels voltants de la ciutat de Girona cap al centre de Girona.

Les àrees càlides han de ser prioritàries de mitigació, són les zones urbanes, especialment les més càlides, centres de Girona i Salt (Eixample de Girona i Eixample de Salt), juntament amb Sarrià de Ter.

Les àrees més fredes rurals no cal que siguin objecte de mitigació ja que tenen temperatures mínimes més baixes, cosa que permet la renovació d'aire a l'interior de les cases durant les nits, això millora el confort i probablement també disminueix la mortalitat durant les onades de calor respecte el centre de la ciutat o altres zones suburbanes més càlides durant la nit. No obstant no disposem de dades fragmentades de la mortalitat de la ciutat de Girona per seccions censals que confirmin aquesta hipòtesi.

Els principal objectiu de la planificació urbana és que el clima sigui bioclimàticament més agradable per als seus habitants. En aquest cas tenim un clara tendència cap a l'augment de les temperatures a les ciutats de Girona i Salt que s'ha d'associar tant a l'escalfament global com a l'illa de calor. Per tant les autoritats municipals, els òrgans de gestió i planificació haurien de prendre mesures per a mitigar els efectes de les elevades temperatures amb la creació de teulades verdes (*green roofs*), teulades clares, l'increment del nombre d'arbres als carrers, augment del parc a la ciutat teulades clares, paviments tous, disminució del trànsit i disminució de l'emissió de calor antropogènica emesa per la ciutadania (calefacció i refrigeració).

Tot i que la planificació de la ciutat en el marc de la climatologia urbana incideix bàsicament en la modificació de la temperatura hem de tenir en compte que la

disminució de la precipitació prevista per la majoria d'escenaris climàtics també pot tenir uns efectes en la població de l'àrea urbana de Girona. Un canvi en la distribució estacional de la precipitació o un increment o disminució de la precipitació té uns efectes que no només afecten a la ciutat, sinó sobretot els camps de les rodalies i de la regió on se situa la urbs. Així un augment de la precipitació de la primavera pot ser bo per a les collites, però en canvi si és un augment de la tardor i disminució de la primavera això és dolent per les collites i l'agricultura, ja que probablement serà produït per un augment de les pluges torrencials i això pot causar molts problemes, mobilitat, danys a infraestructures, etc. Si hi ha una disminució de precipitació això té conseqüències agrícoles, però també en la ciutat una menor disponibilitat d'aigua pot augmentar el nombre d'epidèmies, apart de disminuir la qualitat de vida. També un augment de les temperatures en la ciutat combinat amb l'escalfament natural associat al canvi climàtic global pot causar un increment dels vectors que transmeten malalties tropicals (malària). Cal remarcar però també una planificació adequada de la ciutat pot disminuir les necessitats d'aigua com és la instal·lació de dipòsits als edificis per tal d'aprofitar l'aigua de pluja per a usos domèstics.

Els objectius globals per disminuir la temperatura i l'efecte de l'illa de calor són els següents:

- Potenciar la instal·lació de "green roofs" o teulades verdes ja que afavoreixen l'estalvi energètic dels edificis on es troben i a més ajuden a refrigerar la temperatura de l'àrea propera a aquesta àrea verda elevada. També afavorir la creació de teulades clares que tenen un efecte similar al de les teulades verdes.
- Plantar més arbres als carrers (fulla caduca) per aprofitar l'ombra i la disminució de temperatura a l'estiu. A més els edificis ombrejats necessiten menys refrigeració, hi ha un descens de les necessitats energètiques per climatització i això provoca una disminució de la temperatura.
- Incrementar el nombre de parcs urbans a la ciutat de Girona. Dins d'aquests parcs s'ha potenciar la plantació dels arbres de fulla caduca ja que milloren el confort bioclimàtic de les persones.

Hem de tenir en compte que hi han àrees més problemàtiques dins de la ciutat pel que fa al confort tèrmic, és en aquests indrets on s'han d'aplicar una sèrie de mesures per a la disminució de la temperatura. Aquestes mesures són les següents:

- Incrementar el nombre de parcs urbans, especialment en els barris de l'Eixample de Girona i de Salt. També el barri de Santa Eugènia de Girona té una gran congestió urbanística i caldria construir nous parcs en el teixit urbà.
- Augmentar el nombre d'arbres dels carrers de Girona i Salt, sobretot en els barris de l'Eixample i Santa Eugènia de Girona i l'Eixample de Salt.
- S'hauria de potenciar les teulades verdes i incrementar l'albedo de les façanes i de les teulades dels barris més densos, Barri Vell, Eixample, Santa Eugènia i Sant Narcís de Girona, i els barris del Veïnat, Barri Vell i Eixample de Salt.

Els cursos fluvials següents: rius Ter, Onyar, Güell, Galligants, Marroc, Riera Bullidors, riera Xuncla, que es troben als municipis de Girona, Salt, Sarrià de Ter, Fornells de la Selva, Quart i Sant Gregori, haurien de tenir prohibida la urbanització del seu entorn almenys en un radi de 200 metres, no només perquè són zones potencialment

inundables, sinó perquè les lleres d'aquests cursos fluvials actuen com a corredors de vent que faciliten la penetració d'aire fresc durant la nit i l'entrada dels vents que suavitzen el calor durant el dia, especialment els vents de migjorn i tramuntana

Problemes actuals de la ciutat en relació amb la planificació de la mitigació de l'illa de calor

Hi ha força carrers de Girona sense arbrat, especialment els carrers més estrets i els del Barri Vell. Només els carrers més amples o vies principals tenen una bona cobertura arbòria (Santa Eugènia, Gran Via Jaume I, Josep Tarradellas i Emili Grahit). No obstant, el carrer Barcelona, que és el que suporta més trànsit, no té arbres al llarg del seu traçat. A Salt també hi ha força carrers del Barri Vell i del Veïnat que no tenen arbres. En aquest municipi hi ha altres carrers que presenten força arbres, com són el carrer de Sant Dionís, carrer Major i especialment el Passeig dels Països Catalans. En aquesta última via hi ha arbres als dos costats del carrer (nord i sud), també a la mitjana de la via.

Els carrers que són passos naturals del vent ja que permeten la canalització i introducció dels vents que refresquen l'ambient de dia i mitiguen l'illa de calor urbana nocturna són els del passeig Josep Tarradellas que té una orientació nord-sud. L'observatori dels Maristes té una velocitat del vent força elevada, la qual cosa mostra la influència d'aquesta via en l'augment de la velocitat del vent. També el carrer del Carme que es troba al cantó del riu Onyar, igualment com la llera del riu Onyar, són passos del natural del vent que actuen com a canals de vent, permetent l'entrada dels vents més freqüents a la ciutat de Girona, el migjorn i la tramuntana i augmenten el confort tèrmic a l'estiu.

En general a Girona els carrers orientats en sentit nord-sud i que són amples permeten la penetració de la marinada i de la tramuntana, vents que disminueixen l'efecte de l'illa de calor. A més la part assolada d'aquest tipus de vies urbanes no s'escalfa tant en les hores diürnes com els carrers vies amb orientació oest-est, com és el cas del sector del carrer Santa Eugènia proper a la Farinera, on el confort tèrmic és absent molts dies durant a l'estiu ja que no té arbres en el seu cantó solem.

5.9.2 Necessitats de climatització de l'àrea urbana

La ciutat té un microclima diferent que els afores, més càlid, aquesta anomalia tèrmica té conseqüències en la demanda d'energia que és més elevada durant l'estiu, i més baixa durant l'hivern en els països de clima temperat, mentre que en els països de clima fred l'illa de calor té uns efectes positius en la demanda d'energia que és més baixa, en contraposició s'han de posar els efectes negatius en les necessitats de climatització de les àrees de clima càlid que són més elevades durant tot l'any (SANTAMOURIS et al., 2001; SOULE et al., 1995; UNGER et al., 2007). En aquest treball analitzaren les necessitats de calefacció i refrigeració de l'àrea urbana de Girona. Es considera que es calculen els graus-dia de calefacció quan la temperatura mitjana diària baixa de 15C segons la norma UNE 100002:1988 (AENOR, 1988), mentre que els graus-dia de refrigeració els calculen a partir (GREENFACTS, 2008) del valor dels graus-dia base de 18C, quan la temperatura supera aquest llindar es necessita la refrigeració.

En el cas de l'illa de calor urbana de Girona hem calculat les necessitats de climatització mensuals de cada observatori meteorològic en el període 1998-2007.

El nombre total de graus-dia de calefacció varia d'una manera important segons el grau de urbanització. Així en la figura 6.53 s'observa com les necessitats de calefacció de l'àrea urbana (mitjana dels diferents observatoris) és de 827,0, mentre que en la zona rural és de 1084,6, l'àrea suburbana té un valor intermedi, 949,6. Les necessitats de refrigeració també té una important variació, entre els 801,5 graus-dia dels observatoris urbans, als 547,5 graus-dia de les estacions rurals.

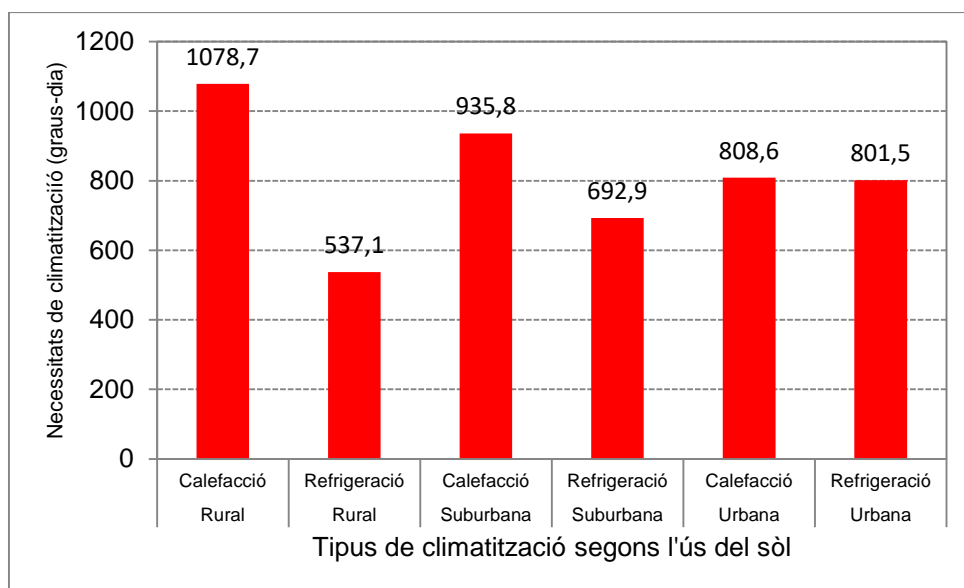


Figura 5.173 Necessitats de climatització a l'àrea urbana de Girona segons l'ús del sòl.

En les zones urbanes l'efecte de l'illa de calor urbana té un efecte positiu en la demanda energètica, ja que les necessitats de calefacció són força inferiors a les àrees rurals. Les necessitats de calefacció augmenten des del centre urbà de Girona cap a la perifèria, en una clara relació amb l'efecte de l'illa de calor. L'observatori amb més necessitats de calefacció, Fornells de la Selva (SMC), té gairebé el doble de necessitats en graus-dia, 1218, que el que en té menys, Girona (Sèquia), 742,5. La diferent urbanització del municipi de Girona és reflex d'una variació important en les necessitats de climatització. Així l'observatori de Girona (Bell-lloc), situat entre el barri de Sant Narcís i el polígon industrial de Mas Xirgu, supera els 1000 graus-dia, gairebé 300 graus-dia més que el centre de Girona. En general l'àrea urbana té unes necessitats de calefacció que oscil·len entre 900 graus-dia (Salt) i 743 (centre de Girona). La zona suburbana té variacions importants, no només en relació amb el grau d'urbanització sinó també amb la topografia. Els barris més elevats de Palau i Montjuïc, especialment aquest últim, tenen necessitats de calefacció lleugerament menors que altres sectors de l'àrea urbana amb idèntic grau d'urbanització, ja que tenen unes temperatures mínimes elevades com a conseqüència de la inversió tèrmica. Així Girona (Montjuïc) té unes necessitats de calefacció de 842,8 i l'observatori que es pot considerar com a referència per als barris de Palau-Sacosta i Montilivi té 953 graus-dia. També cal fer esment que la zona suburbana i rural del S de la ciutat de Girona (Fornells de la Selva, Vilablareix) té unes necessitats de calefacció més elevades (supera els 1000 graus-dia), que la part septentrional de l'àrea urbana

(Sarrià de Ter). En aquest cas tindrien 2 factors que justifiquen aquest fenomen, la influència tèrmica de la ciutat a sotavent (el vent predominant és del S), la qual cosa implica mínimes força elevades a Sarrià de Ter, i també un factor geogràfic, la menor altitud, aquest fet implica que Sarrià de Ter tingui màximes més elevades durant l'hivern que el S de Girona. D'altra banda es pot observar com la zona rural no té unes intensitats homogènies, en alguns indrets (Deveses de Salt i SE de Fornells de la Selva, on s'ubica l'observatori de Fornells de la Selva-SMC) les intensitats ultrapassen els 1100 graus-dia i s'aproximen o superen els 1200. En aquests llocs l'efecte de canal d'aire fred dels cursos fluvials propers als observatoris impliquen unes mínimes força baixes en relació a entorns rurals pròxims, la qual cosa significa unes necessitats de calefacció força elevades.

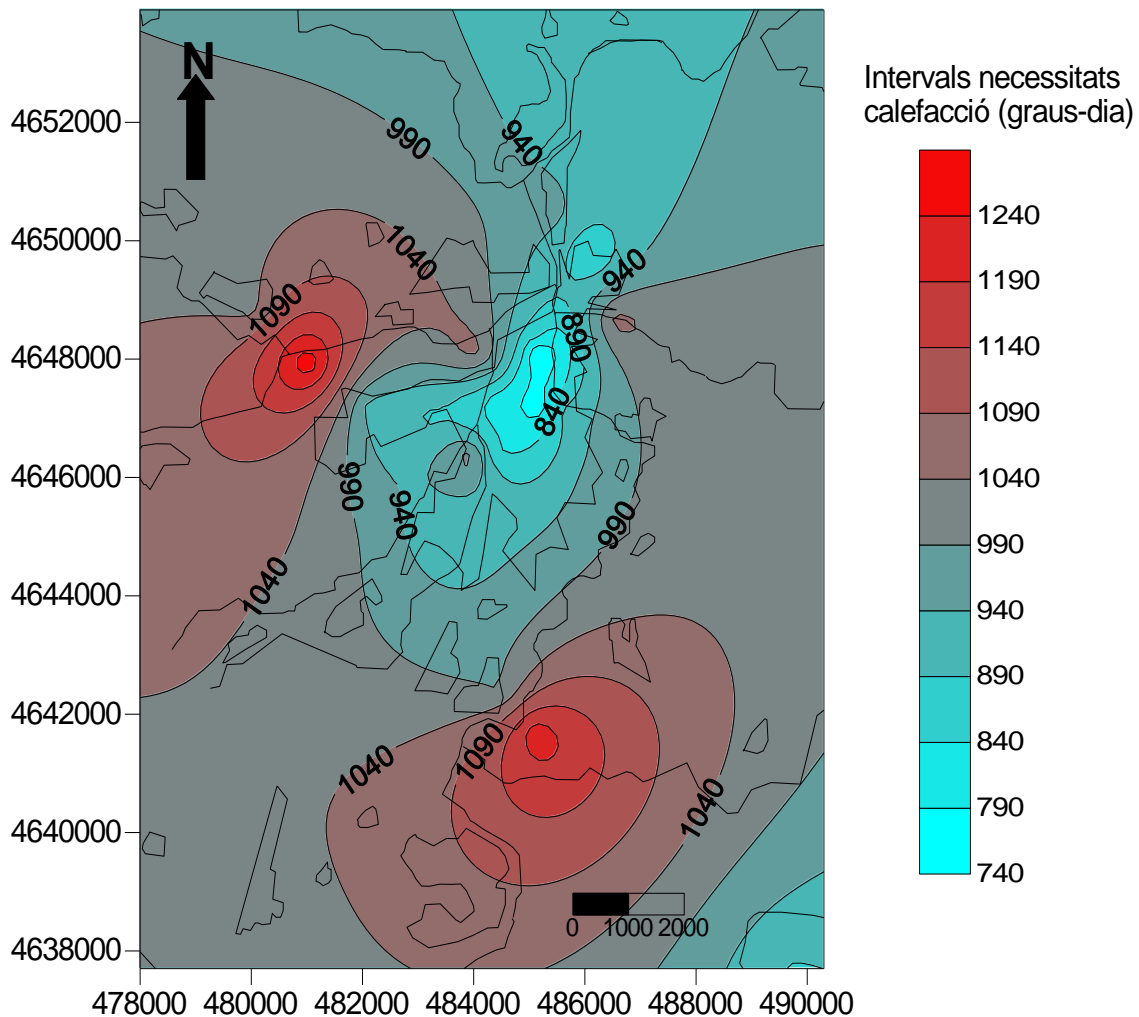


Figura 5.174 Necessitats anuals de calefacció de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2015.

El mapa de isopletes de les necessitats de refrigeració és reflex de la distribució d'isotermes, en aquest cas, seria el negatiu del mapa de les necessitats de calefacció. Les necessitats de refrigeració disminueixen del centre a la perifèria. Així la zona més càlida és l'Eixample que té el valor de graus-dia més elevat que correspon a l'observatori Girona-Sèquia amb 855,7. L'àrea més densament urbanitzada del municipi de Girona (que engloba els barris de l'Eixample, el Barri Vell, el nord del barri de Carme i Vista Alegre) es troba delimitada per la isolínia de 800 graus-dia. Però troben un altre nucli amb un valor elevat de graus-dia, el barri de Montjuïc també es troba dins de la isolínia de 800 graus-dia. Aquest indret no es pot qualificar de zona

urbana, sinó suburbana, ja que és una zona residencial on predominen els habitatges d'una i dues plantes. Les isolínies elevades d'aquesta zona urbana central tenen una apòfisi en direcció al municipi de Salt que es troba englobat en part per la isolínia de 700 graus-dia. Els barris de Pont Major, Montilivi i la part oriental de Fontajau també tenen aquestes necessitats de refrigeració. Les àrees on els sistemes de refrigeració són menys necessaris corresponen a les zones perifèriques de la ciutat, amb valors inferiors a 750 graus-dia, que en alguns indrets molt localitzats disminueixen fins a menys de 450 graus-dia (les Deveses de Salt). Cal remarcar que les Deveses de Salt no és un lloc gaire representatiu de la major part de les zones rurals que envolten la ciutat de Girona, on predominen valors entre 500 i 600 graus-dia.

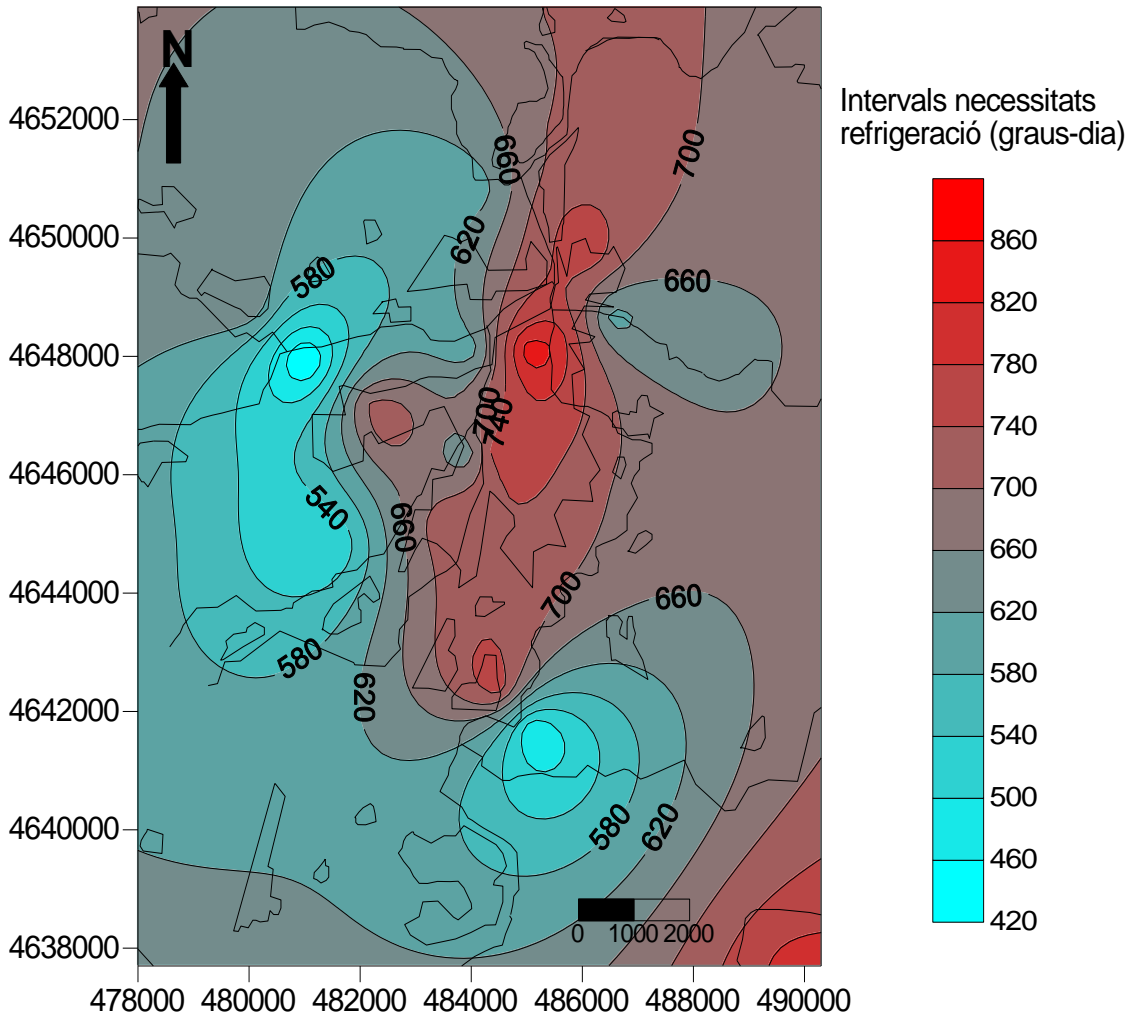


Figura 5.175 Necessitats anuals de refrigeració de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2015.

Les necessitats de calefacció i refrigeració varien de manera considerable entre l'observatori meteorològic més càlid de la ciutat de Girona, l del carrer Sèquia i l'estació meteorològica més freda, les Deveses de Salt. Així Girona (Sèquia) té un 72,1 % més de necessitats de refrigeració que les Deveses de Salt, però en canvi durant l'hivern l'illa de calor té uns efectes positius en la demanda d'energia, ja que en el centre de Girona hi ha un 52,9 % menys de necessitats de calefacció que les Deveses de Salt. Aquestes variacions entre les necessitats de climatització de la zona urbana i la rural són més importants que en ciutats més importants, tals com Nova York, on només el centre urbà té un 7 % menys de necessitats de calefacció durant l'hivern que l'aeroport (LANDSBERG, 1981).

Taula 5.95 Comparació entre les necessitats anuals de calefacció i refrigeració en graus-dia entre les Deveses de Salt i Girona (Sèquia). Període 2003-2014.

	Calefacció	Refrigeració
Deveses de Salt	1277,6	403,4
Girona (Sèquia)	742,5	855,7
Diferència urbano-rural respecte el valor urbà(%)	-72,1	+52,9

En la següent taula consten les necessitats de calefacció i refrigeració per barris de la ciutat de Girona i també dels municipis propers tenint en compte normalment les dades de l'estació meteorològica més propera. No obstant, en alguns casos hem desestimat aquest observatori per ser força més fred que el barri (per exemple a Sant Narcís el col·legi Bell-lloc), i hem escollit l'estació que en el mapa d'isopletes té un valor més semblant a les que considerem que té aquest sector de la ciutat. L'Eixample de Girona és la zona més càlida de Girona, per tant les necessitats de calefacció seran les mínimes (742,5 graus-dia) de tota l'àrea urbana, i en canvi la demanda de refrigeració serà màxima (855,7 graus-dia anuals). Els barris més perifèrics de Girona (Vila-roja, Font de la Pólvara, Sant Daniel, Pont Major) tenen necessitats de calefacció força més elevades que l'Eixample, entre 955,8 i 1058,7. Els municipis de l'àrea urbana de Girona també tenen més demanda teòrica que l'Eixample, tot i que amb variacions destacables entre un mateix municipi, com és el cas de Fornells de la Selva, on l'àrea suburbana del centre urbà té al voltant de 200 graus-dia menys de necessitats que la zona rural del sud del poble. D'altra banda les necessitats de refrigeració són màximes a l'Eixample de Girona, amb 855,7 graus-dia i disminueixen cap a la perifèria. Els barris perifèrics de Girona tenen valors entre 601,5 i 713,1 graus-dia.

Taula 5.96 Necessitats anuals de calefacció i refrigeració en diferents municipis de l'àrea urbana i als barris de Girona (en graus-dia). Període 1998-2020.

Municipi	Barri	Calefacció	Refrigeració
Salt	Centre	900,8	733,0
Salt	Barri Vell	982,1	666,4
Fornells de la Selva	Afores	1218,7	457,8
Fornells de la Selva	Centre	1011,7	699,2
Sant Gregori	Centre	1026,1	661,0
Sarrià de Ter	Centre	910,3	702,5
Vilablareix	Afores	1015,3	538,3
Girona	Eixample	742,5	855,7
Girona	Barri Vell	800,5	807,2
Girona	Pont Major	964,3	700,7
Girona	Montilivi i Palau	952,8	713,1
Girona	Santa Eugènia	900,8	733,0
Girona	Montjuïc	842,0	766,2
Girona	Sant Daniel	1058,7	601,5
Girona	Vila-roja	952,8	713,1
Girona	Sant Narcís	839,4	800,4
Girona	Carme	798,0	840,8
Girona	Germans Sàbat	982,1	666,4

5.10 Influència de la temperatura en la mortalitat de les persones grans

La mortalitat és més elevada a les ciutats, especialment als indrets més càlids d'aquestes en comparació amb els voltants, això succeeix durant les onades de calor de l'estiu (RASO, 1999). Durant l'onada de calor de l'estiu de 2003 a Madrid va haver-hi un fort increment de la mortalitat i dels ingressos hospitalaris per efectes de la calor (DIAZ et al., 2006).

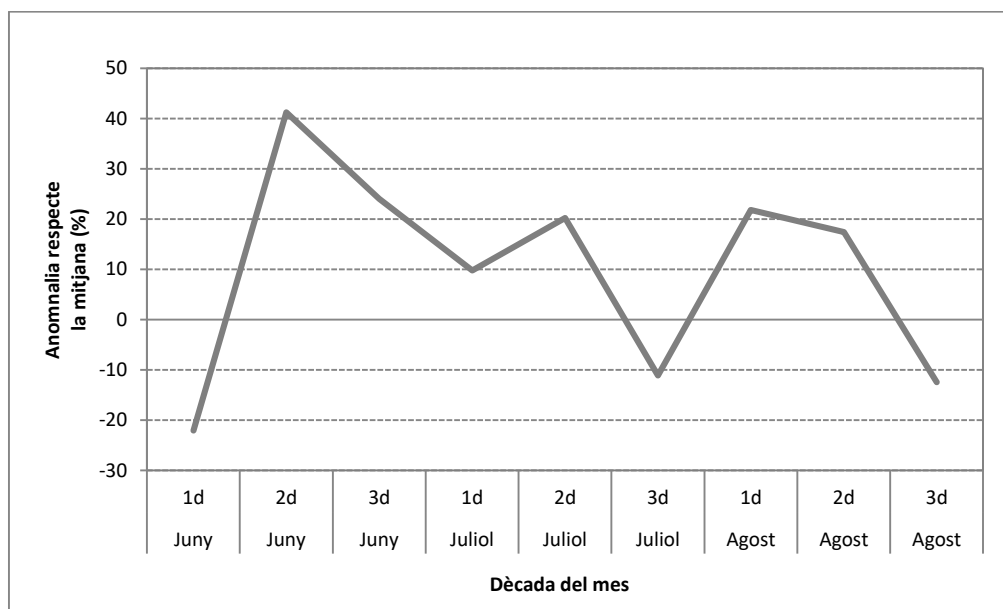


Figura 5.176 Anomalia decadal de la mortalitat de l'estiu 2003 respecte la mitjana del període dels anys 1999 i 2002-2007. Població de Girona amb edat ≥ 65 anys.

Font: Dades de mortalitat diàries proporcionades pel Servei d'Estadística de l'Ajuntament de Girona.

Durant l'estiu de 2003 (juny-agost) només va haver-hi 3 dècades respecte les 9 de l'estiu amb una anomalia negativa de la mortalitat respecte la mitjana, aquestes foren la 1^a dècada del juny, la 3^a del juliol i la 3^a de l'agost. Hem de tenir en compte que els pics de calor més forts es van produir a la 2^a dècada del juny, la 3^a dècada de juny i la primera d'agost. Si observem la gràfica de mortalitat decadal de la ciutat de Girona ens adonem que la resposta de la mortalitat de la gent gran a la calor va ser instantània, així la dècada amb major anomalia positiva de mortalitat (41,2 % respecte la mitjana) es va produir amb la 1^a onada de calor de l'estiu, així el dia 12 de juny la màxima va arribar a 39°C a Girona-Sant Daniel, un valor 9,5°C superior a la mitjana del mes de juny. En canvi la 3^a dècada de juny tot i tenir una màxima absoluta més elevada no va tenir un efecte en la mortalitat tan gran (anomalia de +24,1 %) ja que moltes de les persones grans amb salut precària ja havien mort en la 1^a dècada. S'ha de remarcar que els primers dies de juny l'anomalia fou negativa, tot i tenir temperatures altes aquestes no foren tan excepcionals com a partir del dia 12, i això és un factor clau per explicar aquest biaix. El juliol fou molt calorós, però sense assolir temperatures màximes absolutes tan altes com el juny i amb una anomalia de la temperatura mitjana molt inferior a la de juny (+2,5°C vs 4,7°C), a Girona-Sant Daniel respecte el període 2002-2015. Durant la primera i la segona dècada d'agost es produeix l'onada de calor més duradora i intensa del període 1884-2014 a Girona, amb una temperatura màxima rècord, 42,5°C a Girona-Sant Daniel el dia 13 d'agost. Aquestes elevades temperatures van provocar un 2n pic àlgid de mortalitat amb una anomalia positiva del 21,8 % en els primers 10 dies, i del 17,4 % entre els dies 11 i 20. L'elevada mortalitat

que va haver-hi en tot l'estiu segurament va influir en què l'última dècada de l'agost l'anomalia fou negativa, -12,4 %, segurament perquè ja havien perdut la vida la majoria de gent gran amb problemes de salut

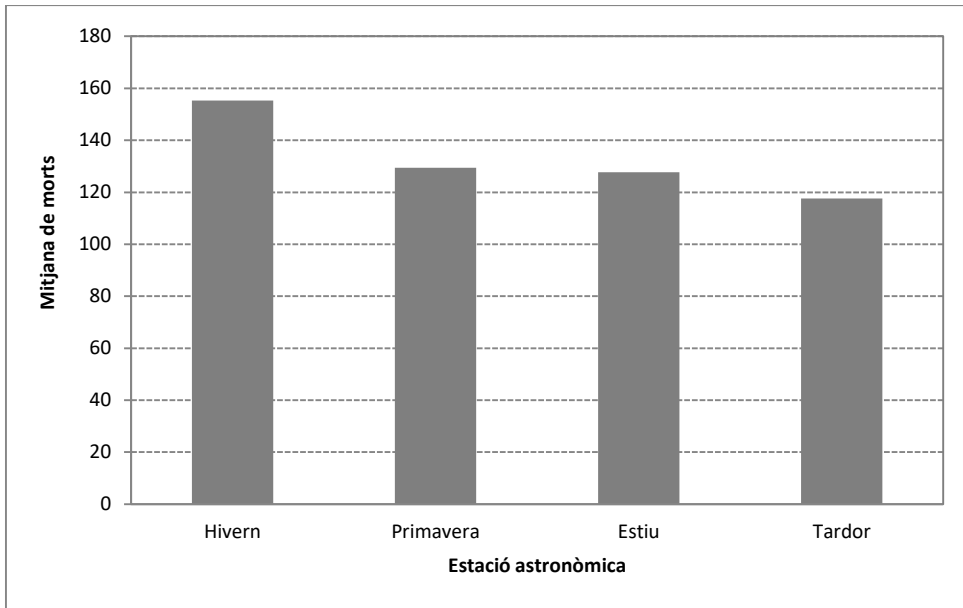


Figura 5.177 Mortalitat mitjana estacional de la ciutat de Girona. Període 2002-2007 i 1999. Població de Girona amb edat >= 65 anys

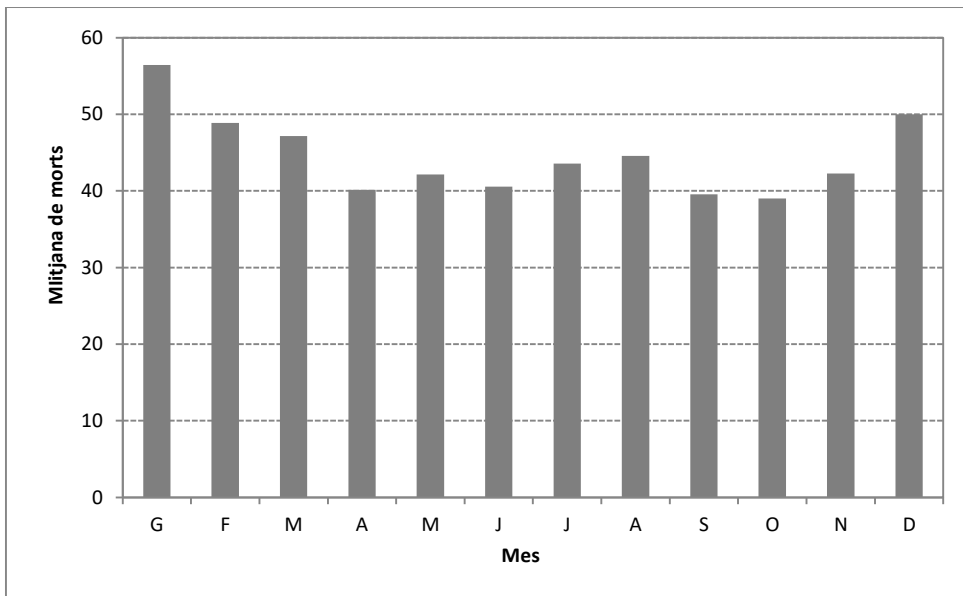


Figura 5.178 Mortalitat mitjana estacional de la ciutat de Girona. Període 2002-2007 i 1999. Població de Girona amb edat >= 65 anys

La mortalitat mitjana mensual és més elevada als mesos d'hivern (56,4 persones al mes de gener) i més baixa als mesos tèrmicament més suaus de l'any (39,0 persones a l'octubre, 39,6 persones al setembre, 40,1 persones a l'abril). Als mesos més càlids de l'estiu s'enregistra un dèbil increment de la mortalitat respecte el mes de juny, mes més suau, però la mortalitat és clarament inferior a l'hivern (127,7 persones versus

155,3 persones). Així a la ciutat de Girona es reproduïx l'esquema de Raso (RASO NADAL, 1999) amb una mortalitat climàtica més elevada a l'hivern però amb els pics de l'estiu associats amb les onades de calor més forts que els pics de l'hivern.

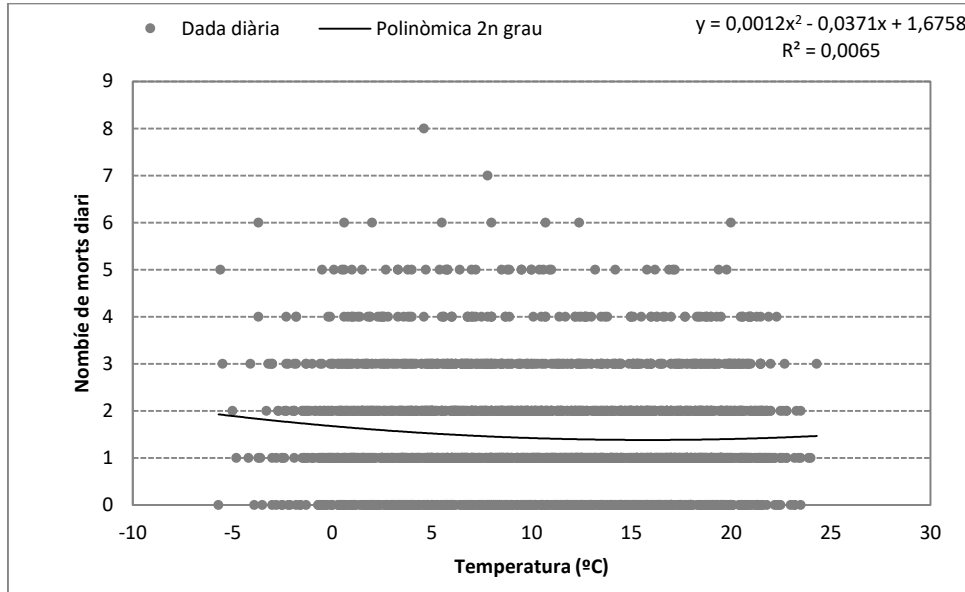


Figura 5.179 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures mínimes de l'any. Girona-Sèquia. Període 2002-2007 i 1999.

S'observa un descens de la mortalitat de les persones majors de 65 anys amb l'augment de la temperatura mínima de Girona-Sèquia. Així hi ha un descens de la mortalitat des de -6°C fins a 15°C , quan hi ha la menor mortalitat, mentre que a partir dels 15°C i fins als $24,6^{\circ}\text{C}$ s'observa un lleu augment de la mortalitat en relació amb l'increment tèrmic. Per tant el comportament de la mortalitat de Girona és similar a l'observat a la ciutat de Barcelona (RASO, 2002), amb mortalitats més elevades per temperatures extremes, tant durant les onades de calor estiuenques com amb les onades de fred hivernals, mentre que amb temperatures de 15°C , relativament elevades, típiques d'un dia de juny, és quan la mortalitat assoleix el valor mínim. S'ha de remarcar però que la correlació de Pearson entre la mortalitat i les temperatures mínimes de l'any és molt baixa, 0,08, el coeficient de determinació R^2 és de 0,006, per tant la variància només explica el 0,6 % de la relació entre la mortalitat i les temperatures, no hi ha una correlació estadísticament significativa. Aquesta corba de la mortalitat en relació amb les temperatures mínimes de Girona, no té una forma de J com en altres ciutats del món, per exemple Barcelona (RASO, 2002).

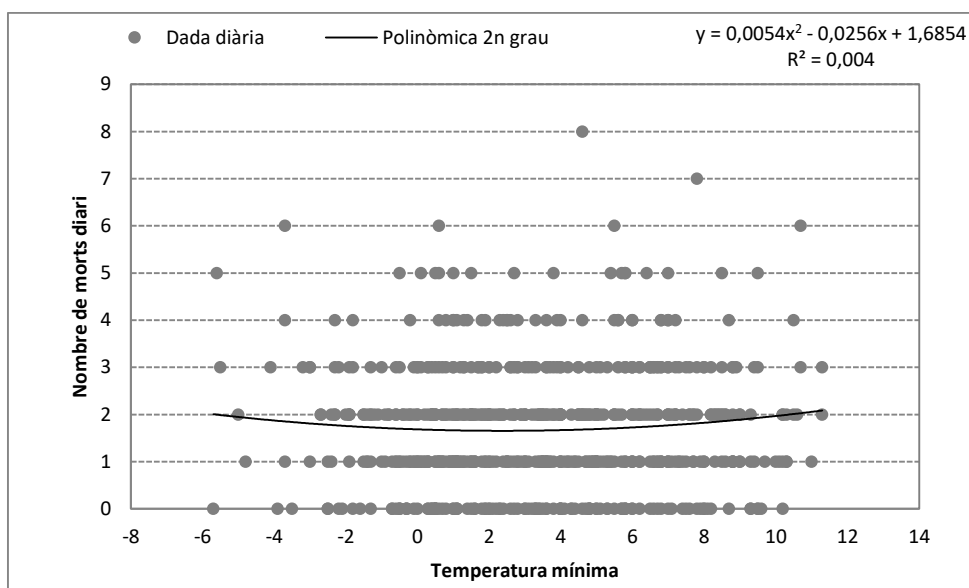


Figura 5.180 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures mínimes de l'hivern. Període 2002-2007 i 1999.

La corba polinòmica que relaciona temperatures mínimes hivernals i mortalitat a Girona té una forma de V, curiosament la mínima mortalitat de l'hivern no es produeix amb les temperatures mínimes més elevades, sinó amb 4°C, que és una temperatura propera a la mitjana de les mínimes de l'hivern a Girona-Sèquia (3,2°C). Probablement hi ha altres variables meteorològiques que puguin influir en la mortalitat de les persones grans a l'hivern, apart de la temperatura, com poden ser la pressió atmosfèrica (RASO et al., 2004). També aquesta desviació es pot explicar per uns factors no estrictament meteorològics, com pot ser la contaminació atmosfèrica. A partir dels -2°C de temperatura mínima s'observa un increment significatiu de la mortalitat diària, fins assolir els 2 morts amb temperatures mínimes al voltant de -6°C. No obstant la correlació és molt baixa entre la mortalitat i la temperatura mínima, 0,06. El coeficient de determinació R^2 és molt baix, 0,004. Per tant les temperatures mínimes diàries de l'hivern i en el còmput anual a Girona no són un factor meteorològic que influeixi de forma important en la mortalitat de les persones majors de 65 anys de Girona. Probablement hi ha altres variables meteorològiques que expliquin millor la mortalitat, com poden ser la pressió atmosfèrica, o també podem trobar factors urbans, com poden ser la pol·lució atmosfèrica. No obstant, aquesta explicació és una hipòtesi ja que no hem fet un estudi que hagi correlacionat ni la pressió ni els nivells de contaminació amb la mortalitat de les persones grans.

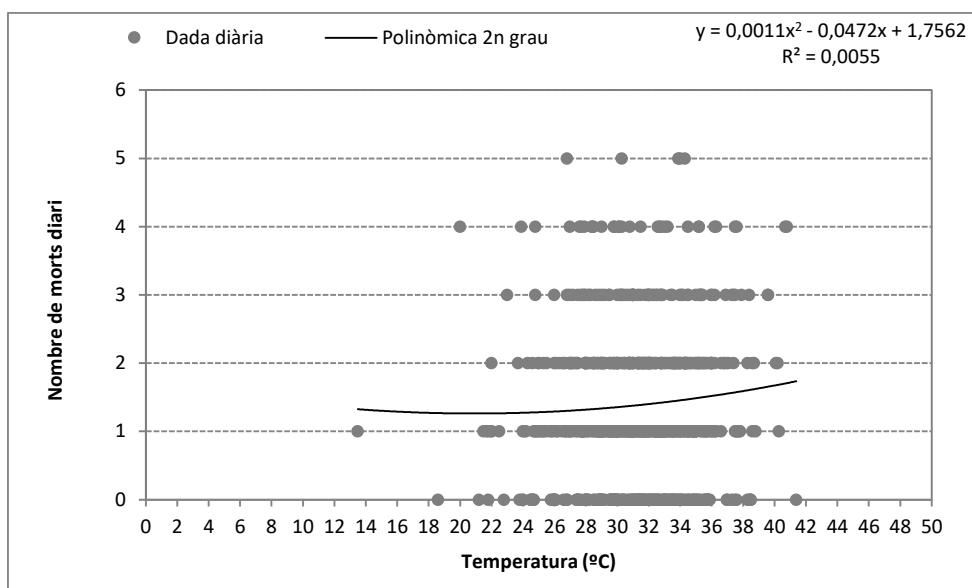


Figura 5.181 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures màximes de l'estiu. Període 2002-2007 i 1999.

La mortalitat de les persones grans gironines durant l'estiu s'incrementa clarament durant les onades de calor. A partir del llindar de 34°C de temperatura màxima s'observa un important increment de la mortalitat de les persones grans. Aquest valor tèrmic de 34°C és inferior al llindar d'onada de calor de Girona, 36°C, segons el Servei Meteorològic de Catalunya. No obstant el valor del coeficient de determinació R^2 és molt baix, 0,005, això assenyala una gran dispersió en la mortalitat en funció de les temperatures màximes. També s'ha de remarcar que la correlació entre mortalitat i temperatures màximes a l'estiu no és estadísticament significativa, $p < 0,05$. No obstant, podem afirmar que les onades de calor són un risc climàtic que posa en perill la vida de les persones majors de 65 anys a la ciutat de Girona, ja que la corba polinòmica mostra el valor màxim de mortalitat amb la temperatura màxima de Girona-Sèquia en el període esmentat, 41,4°C, el 13 d'agost de 2003.

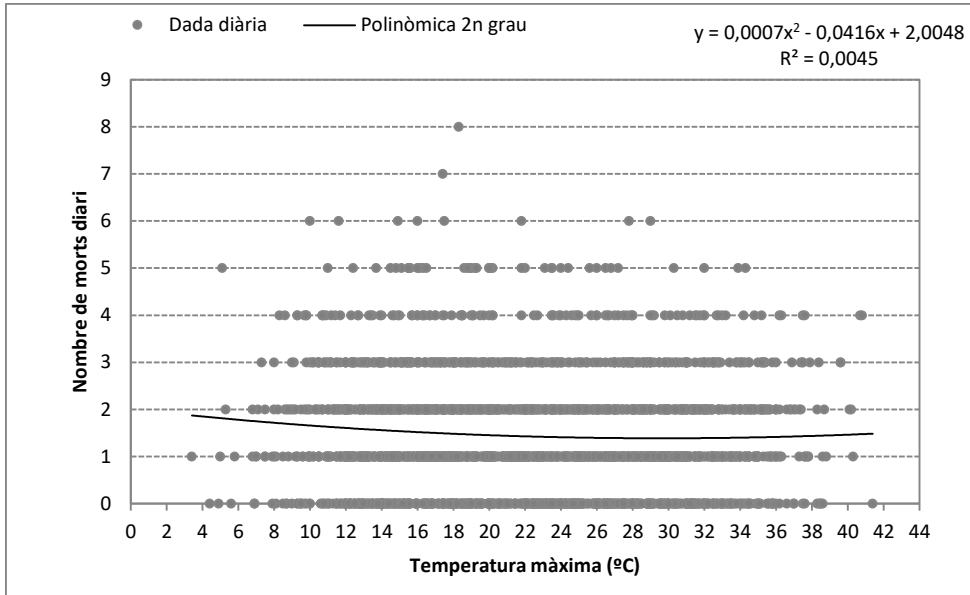


Figura 5.182 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures màximes de tot l'any. Període 2002-2007 i 1999.

La corba polinòmica que relaciona temperatura màxima i mortalitat ens assenyala una influència minsa de la temperatura en la mortalitat. El coeficient de determinació explica només un 0,45 % de la variància explicada per la regressió entre les dues variables. No obstant, la correlació és estadísticament significativa ja que arrel de n (nombre de casos) multiplicat per correlació, supera 1,96 el valor absolut, aquest és de 2,985. Tot i això hem de remarcar que el valor de la correlació entre les temperatures màximes i la mortalitat és molt baix, -0,0589. Per tant les temperatures màximes no influeixen gaire en la mortalitat en el còmput anual. No obstant, l'anàlisi dels màxims de la corba polinòmica mostra una mortalitat major amb temperatures molt baixes a l'hivern, inferiors a 6°C de màxima, amb una mitjana propera a 2 morts/dia, que amb temperatures molt altes a l'estiu, 1,6 morts per dia. Per tant a Girona la mortalitat és més elevada durant les onades de fred hivernals que amb les onades de calor estiuenques.

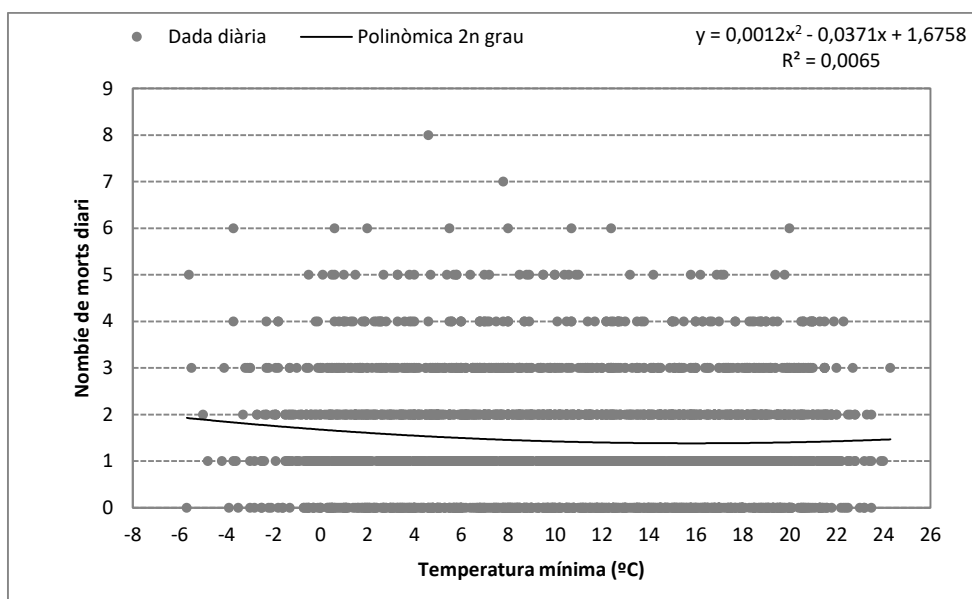


Figura 5.183 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures mínimes de tot l'any. Període 2002-2007 i 1999.

L'anàlisi de la corba polinòmica de 2n grau que posa en relació les temperatures mínimes diàries de tot l'any i la mortalitat de les persones grans permet observar un increment de la mortalitat per les temperatures mínimes més baixes, inferiors a 0°C, que és més elevada (2 morts diaris) que per les temperatures mínimes més elevades, superiors a 20°C, al voltant d'1,5 morts diaris. La correlació és de -0,0694 entre la mortalitat i les temperatures mínimes, valor estadísticament significatiu, $p < 0,05$, però que és molt baix. La correlació és estadísticament significativa ja que supera 1,96 el valor absolut, arrel de nombre de dies multiplicat pel valor de la correlació. Podem afirmar que amb temperatures baixes hi ha una major mortalitat que amb temperatures altes, tot i que els episodis càlids a l'estiu provoquen un augment important de la mortalitat com podem veure a l'inici d'aquest subcapítol.

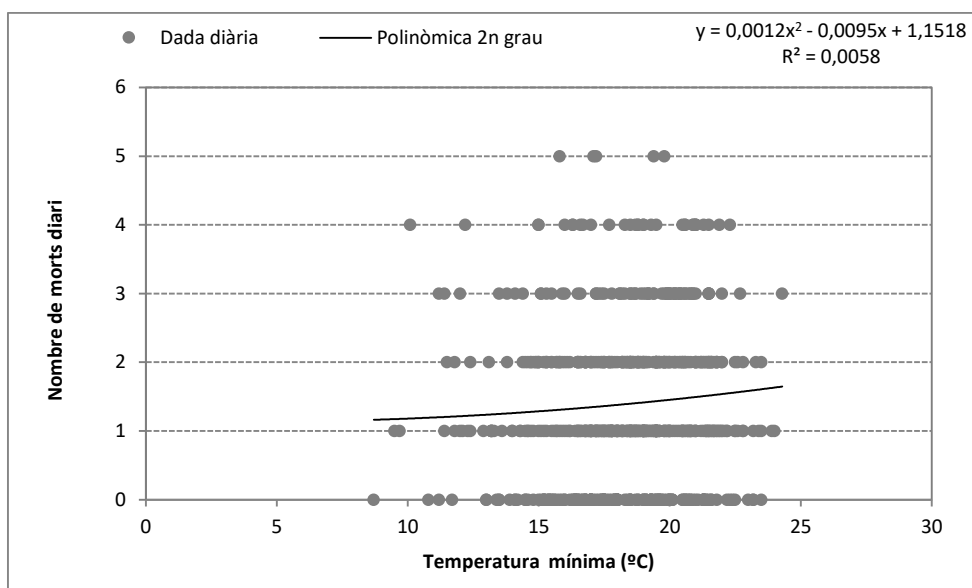


Figura 5.184 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures mínimes d'estiu. Període 2002-2007 i 1999.

La correlació entre la mortalitat i les temperatures mínimes de tot l'any és molt baixa, -0,0694, però és estadísticament significativa ($p < 0,05$). No obstant, el valor de la correlació és enganyós, malgrat tenir un valor absolut tan baix, i no es pot afirmar que les temperatures mínimes tinguin poca incidència en la mortalitat de les persones grans a la ciutat de Girona, ja que hi ha un punt d'inflexió a partir dels 20°C, i amb un valor màxim de la mortalitat en el cas de la temperatura mínima més elevada en el període estudiat, 24,6°C. El llindar dels 20°C de temperatura mínima és el valor tèrmic a partir del qual s'observa un increment significatiu de la mortalitat a la ciutat de Girona. La mortalitat estiuenca augmenta durant les nits tropicals en una mostra d'11 ciutats del sud d'Europa d'acord amb la investigació feta per Royé *et al.* (2021), en la que explica que les temperatures mínimes molt elevades són un risc climàtic molt important en les ciutats del sud d'Europa. S'observa un augment important de la mortalitat en nits tropicals o nits tòrrides, especialment a la ciutat de Lisboa. En el cas de l'observatori de Girona-Sèquia tot i que la corba polinòmica no té un coeficient de determinació elevada respecte la mortalitat, les elevades temperatures màximes combinades amb unes temperatures mínimes altes incrementen clarament el risc de mortalitat de les persones grans.

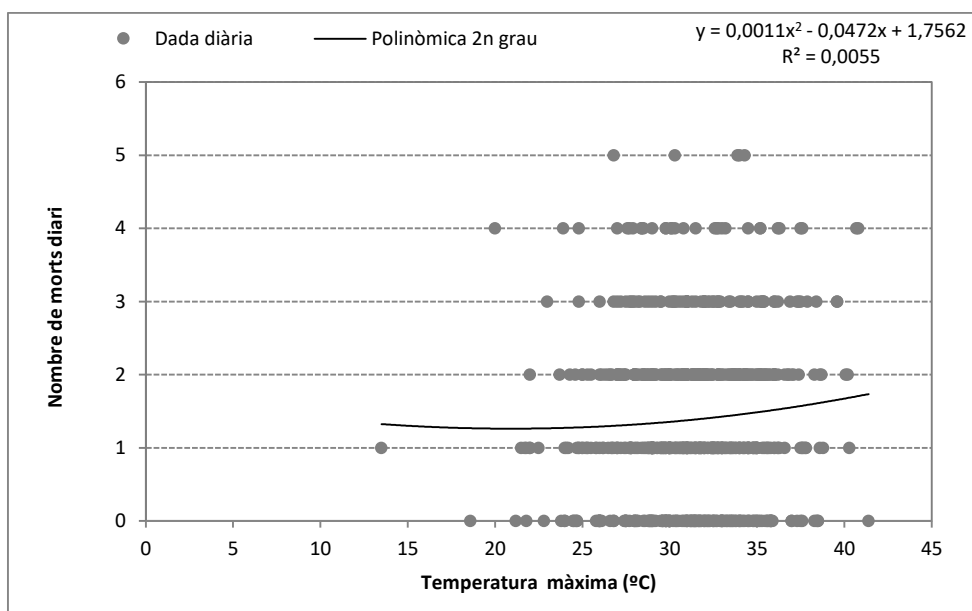


Figura 5.185 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures màximes de l'estiu. Període 2002-2007 i 1999.

En la corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat i temperatures màximes dels mesos de juny a agost s'observa un augment de la mortalitat amb les temperatures màximes estiuenques que és especialment significatiu a partir dels 36°C. No obstant la correlació no és estadísticament significativa, $p < 0,05$. El punt d'inflexió a partir del qual s'observa un important increment de la mortalitat és el que correspon amb una temperatura de 34°C, valor moderadament inferior al de les onades de calor a l'estiu a la ciutat de Girona, 37,1°C. Aquest valor de 37,1°C de màxima és el percentil 98 que és el llindar estimat pel SMC per delimitar les onades de calor a Catalunya en el període 2011-2020, amb una durada mínima de l'episodi càlid de 3 dies (font: <https://www.meteo.cat/wpweb/divulgacio/la-predicccio-meteorologica/situacio-meteorologica-de-perill/distribucio-territorial-de-llindars/#calor>).

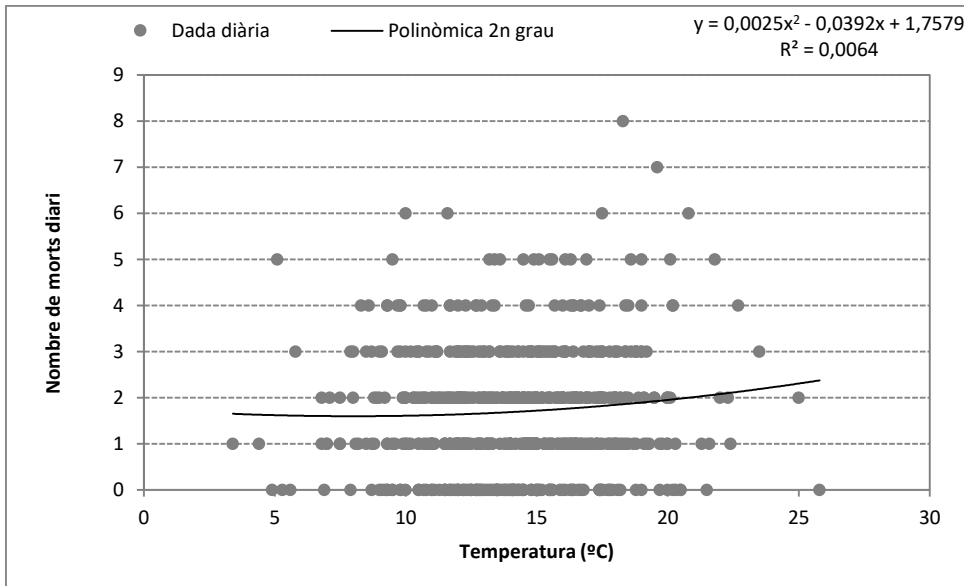


Figura 5.186 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures màximes de l'hivern. Període 2002-2007 i 1999.

La corba polinòmica mostra una tendència ascendent, les persones grans presenten una mortalitat molt elevada tant amb temperatures mínimes elevades com amb temperatures mínimes baixes a l'hivern. Aquest és un fenomen sorprenent, ja que segons Raso (1999) la mortalitat s'incrementa a l'hivern amb la disminució de les temperatures, especialment a partir d'un determinat llindar que depèn del clima on està ubicada la ciutat.

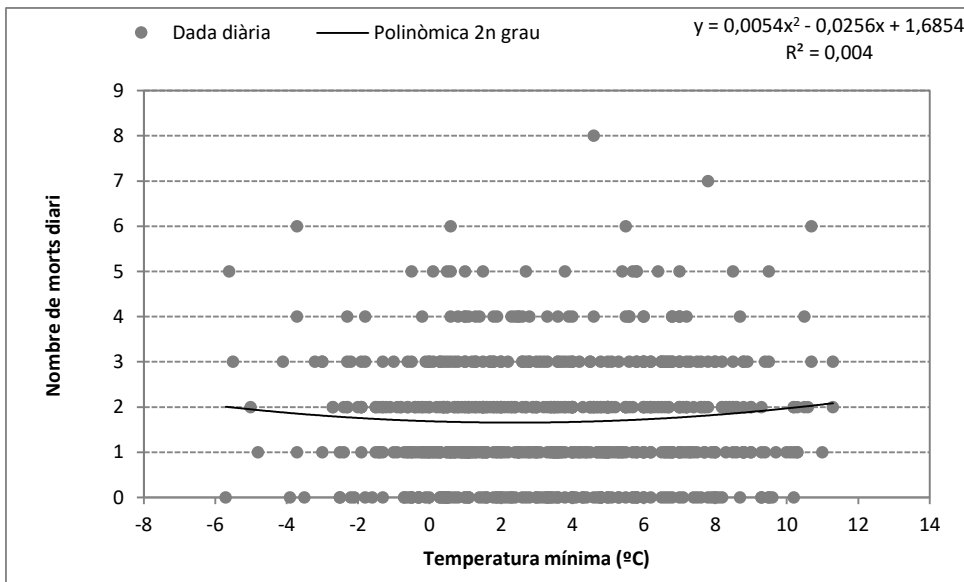


Figura 5.187 Corba polinòmica de 2n grau que relaciona mortalitat diària (persones >65 anys de Girona) amb les temperatures mínimes de l'hivern. Període 2002-2007 i 1999.

S'observa un increment de la mortalitat quan les temperatures són més baixes a l'hivern, especialment a partir de -2°C , però curiosament també les temperatures elevades, per damunt de 8°C incideixen en un increment de la mortalitat a la ciutat de Girona, cosa que es pot explicar probablement per factors meteorològics sinèrgics entre sí (disminució de la humitat relativa en dies amb vents de ponent, disminució de

la pressió atmosfèrica) que són més importants que l'increment tèrmic. La correlació no és estadísticament significativa, al nivell de significació del 95 %.

Taula 5.97 Significació estadística i correlació entre les temperatures màximes i mínimes i la mortalitat anual, estiuena i hivernal a la ciutat de Girona a partir de la tendència lineal

Tendència lineal	Temperatures	r	R ²	Valor estadísticament significatiu	arrel n *n dies	nombre dies
Mortalitat anual	Màximes	-0,058	0,0035	P<0,05	2,99	2563
Mortalitat anual	Mínimes	-0,069	0,0048	P<0,05	3,52	2563
Mortalitat hivern	Màximes	0,074	0,0050	No	1,87	631
Mortalitat hivern	Mínimes	0,030	0,0057	No	0,77	631
Mortalitat estiu	Màximes	0,070	0,0050	No	1,79	644
Mortalitat estiu	Mínimes	0,075	0,0057	No	1,92	644

L'onada de fred del gener de 2005 va tenir poc impacte en la mortalitat de les persones grans a Girona i aquesta es va donar amb un cert retard respecte el període amb la màxima intensitat de l'onada de fred (els dies 25 a 28), els dies amb més mortalitat foren el dia 30, 4 morts, amb una màxima que no és d'onada de fred, sinó normal, 13,1°C, amb l'excepció del dia 28 en què la màxima fou de 4,9°C a Girona i va haver-hi 3 víctimes mortals. Per tant les onades de fred no provoquen un increment de la mortalitat tan important en les persones grans com les onades de calor. Una possible explicació és que les persones majors de 65 anys no es mouen del seu domicili en aquests episodis freds i viuen en habitatges amb calefacció, cosa que els permet suportar aquests episodis freds. Durant l'última dècada del gener de 2005 es van produir 16 morts quan la mitjana del període analitzat és de 17,4, per tant l'onada de fred de 2005 no té un efecte rellevant en la mortalitat de la mateixa manera que les onades de calor de l'estiu de 2003.

Taula 5.98 Temperatures màximes i mortalitat diàries durant l'onada de fred del gener de 2005.

Data	Tmax	Morts
21/01/2005	19,1	1
22/01/2005	17,3	2
23/01/2005	16,5	1
24/01/2005	10,0	1
25/01/2005	7,9	2
26/01/2005	5,3	0
27/01/2005	7,9	0
28/01/2005	4,9	3
29/01/2005	12,0	0
30/01/2005	13,1	4
31/01/2005	12,9	2

La mortalitat diària més baixa es dona en els mesos amb temperatures més suaus, maig i octubre, fins i tot al mes de juny, mentre que la més alta es produeix al pic de l'hivern, durant el gener, i als finals de l'hivern meteorològic, al mes de febrer. Així els dies amb més mortalitat mitjana són els dies 17 de febrer amb 3,3 morts, mentre que el dia amb menys mortalitat mitjana és el 3 d'octubre, amb 0,4 morts.

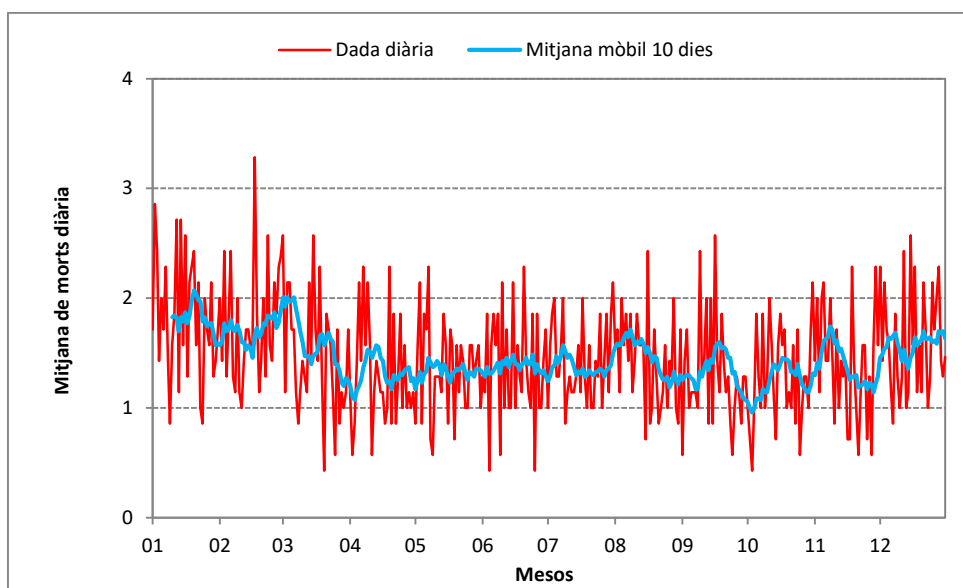


Figura 5.188 Mortalitat diària mitjana a Girona. Persones amb 65 anys o més. Període 2002-2007 i any 1999.

Com a conclusió podem considerar que tot i que les correlacions entre mortalitat de les persones grans i temperatures màximes i mínimes són estadísticament significatives quan agafem mostres d'un any sencer, no ho són quan prenem una estació astronòmica, i a més el valor absolut de la correlació no arriba a 0,1. Per tant la mortalitat de les persones majors de 65 anys del municipi de Girona no està gaire influenciada per les temperatures màximes ni per les temperatures mínimes. No obstant, les onades de calor tenen una influència en la mortalitat que és clarament superior als episodis freds. Durant els episodis càlids hi ha un increment significatiu de la mortalitat que no es dona durant les onades de fred analitzades. L'explicació del comportament de la mortalitat de les persones grans de Girona és la poca adaptació que tenen aquestes persones a les temperatures altes, i sobretot les millors condicions de vida actuals als habitatges a l'hivern, amb calefacció en molts habitatges, i també per l'efecte de l'illa de calor urbana. Per tant és molt important millorar les condicions tèrmiques dels habitatges on viuen les persones grans per disminuir la mortalitat tant a l'estiu com a l'hivern, amb sistemes d'aire condicionat i calefacció, especialment per les persones amb nivell econòmic més baix.

5.11 Anàlisi de l'illa de calor urbana superficial

L'anàlisi de l'illa de calor urbana a partir d'imatges de satèl·lit permet detectar amb més finesa l'estructura tèrmica de la ciutat en comparació amb el mètode dels transectes tèrmics, ja que en els transectes tèrmics no cobreixen tota l'àrea d'estudi, i per tant no es disposen de dades tèrmiques d'algunes zones de la ciutat. No obstant hem de remarcar que els mapes de l'illa de calor superficial reproduïxen fidelment la temperatura de la superfície terrestre, no pas de l'aire. S'ha d'afegir que amb aquesta cartografia s'observen les diferències tèrmiques del sòl i de les parts superiors de la ciutat (terrasses, teulades), del sòl dels camps que envolten la ciutat o de les capçades dels arbres, en el cas dels boscos i de les arbredes, tant de les àrees urbanes com de les zones rurals. En aquestes imatges no s'observa la diferència de la temperatura de l'aire a 1,5 metres, com és el cas dels transectes tèrmics.

Hem analitzat dues imatges d'infraroig tèrmic de satèl·lit que ens permeten captar la temperatura del sòl. En primer lloc podem observar l'illa de calor urbana superficial de l'àrea urbana de Girona d'una nit amb onada de calor, concretament les 22,20 hores del dia 11 d'agost de 2003. Un dels màxims tèrmics de la imatge amb temperatures de 26-27°C es dona a l'Eixample de Girona que són 6-8°C més elevades que el sud-oest de l'àrea urbana de Girona, al voltant de l'aeroport de Girona i el municipi de Vilobí d'Onyar, en aquesta zona rural tenim les temperatures més baixes de la superfície terrestre. Per tant tenim una variació petita del patró tèrmic respecte a l'illa de calor atmosfèrica, el mínim tèrmic es desplaça cap al SW i en canvi les Deveses de Salt tot i tenir temperatures relativament baixes no és l'àrea més freda com succeeix amb la temperatura de l'aire, amb les dades dels transsectes tèrmics nocturns fets amb automòbil o de forma pedestre.

Les diferències observades entre els dos mètodes probablement es deuen al fet que el radiòmetre del satèl·lit capta les temperatures de la part superior dels arbres de les Deveses de Salt, enlloc de la superfície, i com tenim inversió tèrmica en aquesta zona no es mostra com la part més freda. D'altra banda és molt significatiu que la vall de Sant Daniel tingui temperatures molt elevades, quan hauria de ser una de les àrees més fredes durant la nit. La causa d'aquesta anomalia podria ser l'elevada temperatura diürna que s'assolí en aquest indret, 42,5°C, la més elevada de Girona i rodalies, i en el moment de la imatge (22 hores) la vall encara no s'havia refredat gaire i es mantenia molt càlida.

S'ha de remarcar que no tenim temperatures horàries d'aquella nit de la vall de Sant Daniel per corroborar aquesta hipòtesi. També és molt significatiu que la temperatura superficial fos més elevada a les Gavarres respecte el centre de Girona, cal remarcar que aquests dies les temperatures mínimes eren superiors a l'observatori de Girona-Montjuïc respecte el centre urbà de Girona (24,3°C enfront de 22,3°C), tenien inversió tèrmica tot i l'onada de calor.

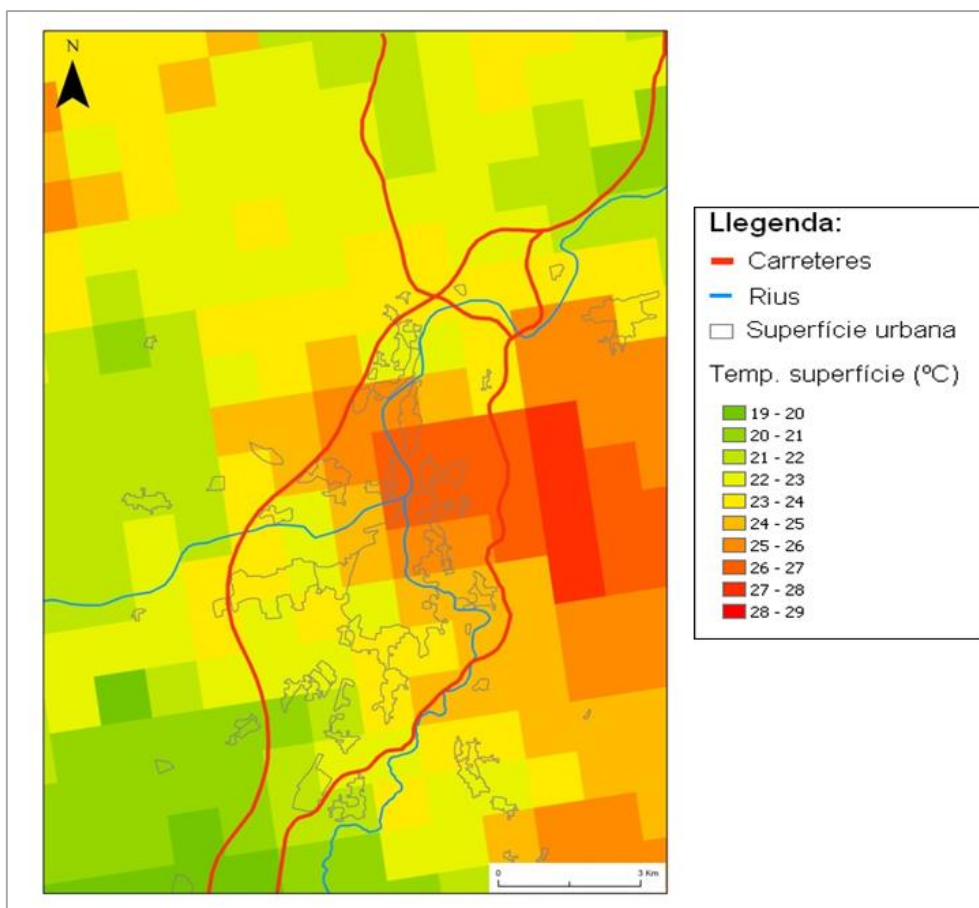


Figura 5.189 Temperatura superficial de l'àrea urbana de Girona. Dia 11 d'agost de 2003. 22,20 hores.
 Font: Elaboració pròpia a partir de les imatges NOAA 17 proporcionades per l'Earth Observatory Center.

L'illa de calor urbana diürna del dia 11 d'agost de 2003 desapareix a mig matí (10,20 hores) com a conseqüència de la presència de les ombres projectades pels edificis de les zones urbanitzades i també per la inèrcia tèrmica dels materials urbans que presenten un escalfament més lent que el sòl natural de les àrees rurals. A les 10,20 hores del dia 11 d'agost de 2003 s'observa una important illa de frescor urbana a la ciutat de Girona, més important al sector est de la ciutat, que engloba els districtes de Sant Daniel, Barri Vell, Pedret, Pont Major, Montilivi, Vila-roja, amb valors tèrmics compresos entre 44°C i 46°C. D'altra banda la zona urbanitzada més càlida de la conurbació de Girona i Salt correspon amb el nucli urbà de Salt i el barri més occidental de Girona, el de Santa Eugènia, amb valors tèrmics superiors a 49°C. Tot i això aquesta part esmentada no és la zona més càlida de la imatge, així tenim temperatures superiors a 54°C al sud de Sant Gregori, en una àrea rural. Aquesta és una àrea rural, amb predomini dels cultius de cereals, i s'escalfa molt ja que no hi ha gaires ombres i en aquesta època de l'any no tenim vegetació sinó sol nu. A l'extrem nord-occidental de la imatge (Canet d'Adri) igualment com a l'est de Girona són les àrees més fredes, lògicament per la seva major altitud (serra de Finestres, amb la muntanya de Rocacorba, i massís de les Gavarres), però també per l'elevada cobertura arbòria, la presència abundant de boscos implica un escalfament menor que el pla de Girona, tenim temperatures entre 42° i 45°C.

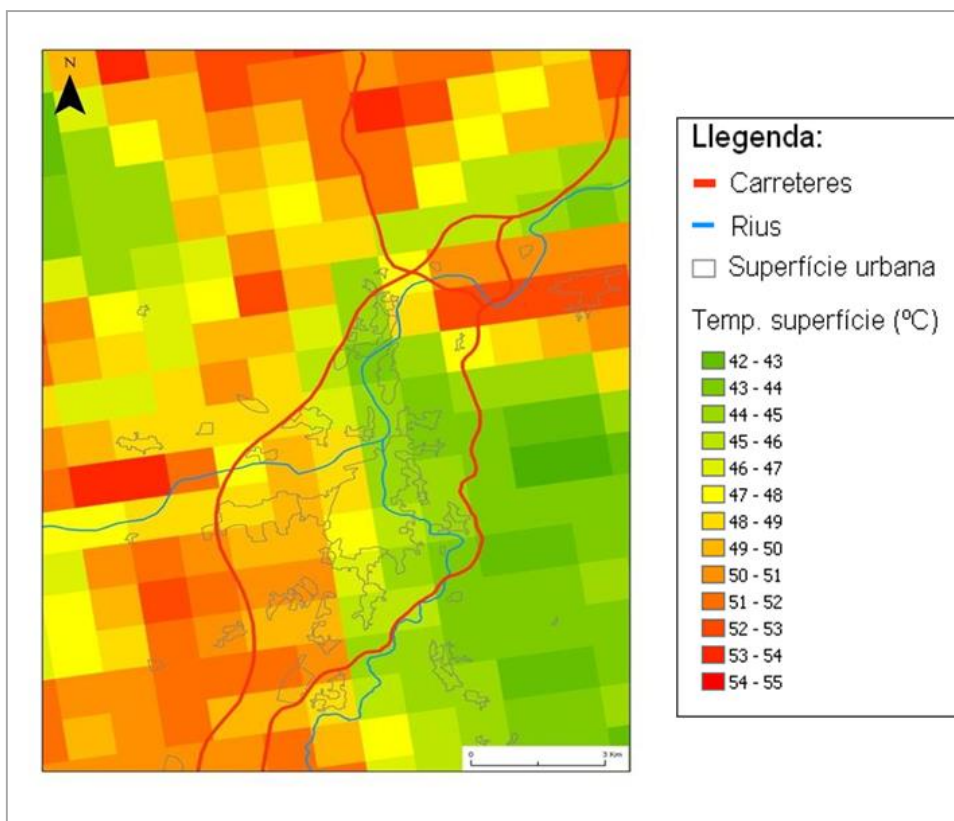


Figura 5.190 Temperatura superficial de l'àrea urbana de Girona. Dia 11 d'agost de 2003. 10,20 hores.
 Font: Elaboració pròpia a partir de les imatges NOAA 17 proporcionades per la institució "A Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfah" (DLR). Consultable a <www.eoweb.dlr.de:8080>.

5.12 El clima dels parcs urbans i arbredes de Girona i rodalia

Els parcs urbans tenen un microclima diferent que la ciutat que els rodeja. Es comporten com illots de fredor dins la illa de calor urbana (López Gómez, 1993). Això és conseqüència de la vegetació i al terra natural que comporta un diferent balanç energètic que a la ciutat. Els arbres augmenten l'evapotranspiració i disminueixen l'emissió de calor sensible respecte el nucli urbà. Les investigacions de climatologia urbana fetes a Espanya tenen pocs estudis tèrmics de parcs urbans, on destaquen els fets a Madrid. Així en el Retiro s'ha trobat una illa de fredor màxima de 4,4^o respecte Atocha (Almendros, 1990). En un transsecte del 8 de gener de 1993 la Casa de Campo tingué una temperatura 12,8^o inferior a la de la Castellana (Fernández García, 1996), per tant la intensitat de la illa de calor en aquell moment era de de 12,8^o a Madrid.

En la nostra investigació sobre el clima urbà de Girona hem estudiat els parcs urbans per tal d'observar el seu microclima. Així hem fet varis transsectes tèrmics a peu en els parcs urbans més importants de l'àrea estudiada, i el resultat és el que l'esperàvem, en tots els parcs s'observa una certa illa de fredor. Aquests resultats queden resumits en la següent taula.

Taula 5.99 Diferència tèrmica màxima nocturna en els parcs urbans de Girona.

Parc o arbreda	Diferència màxima tèrmica nocturna amb el municipi	Superfície (hectàrees)
Deveses de Salt	10,7 ^o	184
Devesa de Girona	3,0 ^o	40
Parc del Migdia	1,8 ^o	7
Parc Central	1,5 ^o	8

Font: Elaboració pròpia (transsectes).

Com s'observa en aquesta taula la intensitat de la illa de fredor (diferència tèrmica entre el parc i l'àrea urbana) és proporcional a l'extensió del parc urbà. Així el parc de les Deveses de Salt és amb diferència el més fred de l'àrea urbana, la temperatura pot arribar a ser 10,1° baixa que a la ciutat de Salt, això és lògic tenint en compte l'extensió, 184 hectàrees, i el fet que hi desemboca el riu Llémena que aporta l'aire fred del sistema Transversal. Els parcs del Migdia i Central es troben immersos en el teixit urbà i són més petits per això en aquests la intensitat de la illa de fredor és menor. El parc de la Devesa de Girona té una illa de fredor relativament petita tot i estar fora del teixit urbà de Girona, segurament això es deu al fet que està molt propera al nucli urbà de Girona i segurament està influïda per la contaminació de l'aire de Girona la qual cosa provoca que les temperatures nocturnes no hi baixin massa.

Hem de tenir en compte que al municipi de Salt hem fet 490 transsectes tèrmics a peu, i tots passen per les Deveses de Salt, per tant podem donar uns resultats significatius sobre el clima d'aquest parc.

Taula 5.100 Intensitat mitjana de l'illa de calor urbana de Salt mitjançant els transsectes tèrmics. Diferències tèrmiques entre Salt i les Deveses de Salt durant la nit. Període 1998-2007.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Mitjana	6,8	5,4	5,1	6,4	6,4
Variància	115,9	18,9	4,7	16,6	93,0
Desv. típica	10,8	4,3	2,2	4,1	9,6
Coef. Variació	158,8	80,5	43,1	64,1	150,0
Màxima	10,1	6,9	6,9	8,1	9,7
Mínima	2,5	2,5	4	3,4	2,5

Com es pot veure analitzant les 2 taules hi ha una clara diferència entre el valor de la intensitat de la illa de calor obtinguda amb els transsectes (6,4° de mitjana) i la comparació dels 2 observatoris fixos de les Deveses de Salt i el centre de Salt, a la plaça de Sant Cugat (diferència de 4,0° en la mitjana de les mínimes). Aquesta anomalia es deu al fet que la illa de calor urbana és més forta durant les primeres hores de la nit en què fem els transsectes. Si analitzem les dades els transsectes la intensitat de la illa de calor més important es produeix a l'hivern quan el parc de les Deveses es refreda més ràpidament que la ciutat de Salt on les calefaccions ajuden a mantenir la temperatura de l'aire més elevada. En canvi a l'estiu la maridada influeix en què la intensitat sigui menys elevada en els transsectes. En canvi a la matinada la intensitat de la illa de calor és més elevada a l'estiu quan hi ha la intensitat màxima (3,6°) que a l'hivern (3,5°). Aquí hem de pensar en l'elevat nombre de dies serens de l'estiu cosa que ajuda que hi hagin molts dies amb intensitat de la illa de calor sigui màxima, comparada amb la resta d'estacions quan hi ha més dies amb núvols i la intensitat evidentment és menor. Així a la tardor que és l'època amb més nuvolositat la intensitat de la illa de calor en les mínimes és menor, 2,8°. Cal remarcar que les Deveses de Salt són la part més freda de l'àrea urbana de Girona analitzant els 711 transsectes tèrmics que hem realitzat. Així a una hora determinada de la nit sempre la temperatura és 1° o 2° més baixa a les Deveses de Salt que a Girona (la vall de Sant Daniel) que és el 2a zona més freda dels 711 transsectes. L'observatori de les Deveses de Salt és el l'estació més freda de l'àrea urbana de Salt pel que fa a la temperatura mitjana de les mínimes, 6,1°C, un valor lleugerament inferior a

l'observatori de Fornells de la Selva que pertany al Servei Meteorològic de Catalunya, que també està situat al cantó d'un curs fluvial, en aquest cas, la riera Bugantó. Tot i això l'altre observatori de Fornells, el del centre (tot i que Fornells només té 1300 habitants) té unes mínimes 3º més altes. Això ens fa pensar que els observatoris meteorològics rurals al cantó de rius o rieres poden sobreestimar relativament els valors de la illa de calor, per això considerem que la intensitat màxima de la illa de calor de Girona trobada en els nostres transsectes, 12,1ºC, pot estar afectada relativament per la inversió tèrmica que es produeix al cantó dels rius, que actuen com embassaments d'aire fred. Així la intensitat real podria ser de 9ºC, intensitat que està deduïda a partir de punts d'observació de transsectes amb emplaçaments similars.

Cal remarcar que les Deveses de Salt no són només més fresques durant la nit respecte Salt, sinó que durant l'època que els arbres tenen fulla (mitjans maig-mitjans desembre) les Deveses són més fresques que els nuclis urbans de Salt durant el dia. Aquest efecte es nota sobretot durant l'estiu. Així el 31 de juliol de 2004 vam mesurar una temperatura de 27,3º en les Deveses en una àrea propera als 3 Pins, en canvi al centre de Salt tenien uns 33,4º, el parc de les Deveses tenia una illa de fredor màxima de 6,1º. Quan els arbres no tenen fulles, durant l'hivern, llavors el parc de les Deveses té una temperatura idèntica al centre de Salt durant el dia, però és molt inferior durant la nit (3,4º a la matinada, i al voltant de 6-8º en les primeres hores de la nit).

Com es pot veure analitzant les 2 taules hi ha una dèbil diferència entre el valor de la intensitat de la illa de calor obtinguda amb els transsectes (5,3º de mitjana) i la comparació dels 2 observatoris fixos (diferència de 4,1º en la mitjana de les mínimes). Això es deu a que la illa de calor és més forta durant les primeres hores de la nit que no pas durant la matinada. La illa de calor observada en els transsectes és més forta a l'hivern i més dèbil a l'estiu. Segurament el factor antropogènic (calefaccions) hi té molt a veure amb aquest fet. Durant la matinada la situació s'inverteix i la intensitat és més gran durant l'estiu, amb el valor màxim observat en el mes de juny, 3,8º. Això probablement té relació amb el major nombre de nits serenes durant l'estació estival. La tardor és l'estació en què la diferència en les mínimes urbano-rurals és menor, cosa que és lògica, ja que és l'època amb més nuvolositat.

Taula 5.101 Diferències tèrmiques entre Salt i les Deveses de Salt. Mètode dels transsectes nocturns. Període 2002-2020.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Mitjana	6,9	4,7	4,2	5,5	5,3
Màxima	10,1	6,9	6,9	8,1	10,1
Mínima	2,5	2,5	4	3,4	2,5

Taula 5.102 Diferència en les temperatures mitjanes de les mínimes entre Salt i les Deveses de Salt

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Diferència	4,4	4,1	3,9	3,8	3,8	3,9	3,7	3,8	3,4	3,8	4,3	4,2	4,1

La intensitat de l'illa de calor urbana de Salt és més intensa amb vents encalmats (6,1ºC és el mitjana anual), que amb vents fluïxos (3,0ºC) o moderats (2,2ºC). L'efecte del vent és d'homogeneïtzar el camp tèrmic del municipi de Salt, sobretot perquè provoca una disminució del refredament de les àrees rurals com el parc de les Deveses. Una altra explicació d'aquesta disminució de la intensitat amb l'increment de

la velocitat del vent, és que la turbulència vertical provocada pel vent impedeix la formació de la inversió tèrmica, tant típica de les Deveses de Salt. La intensitat més elevada amb vents encalmats es produeix a l'hivern, 7,6°C, mentre que la més baixa es produeix a l'estiu, 5,9°C. La calor antropogènica de les calefaccions juntament amb la formació més freqüent d'inversions tèrmiques a l'hivern en nits encalmades afavoreix aquest contrast estacional entre l'hivern i l'estiu. La intensitat de l'illa de calor urbana de Salt disminueix clarament pel que fa als vents dèbils i moderats en totes les estacions astronòmiques.

Taula 5.103 Intensitat mitjana de la illa de calor segons la velocitat del vent (escala Beaufort). Transsecte 5. Transsectes nocturns. Període 2002-2011.

Velocitat del vent	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Calma (0-1)	7,6	6,3	5,9	6,6	6,1
Vent fluix (2-3)	2,5	2,7	2,9	4	3
Vent moderat (4-5)	2,1	2,3	-	1,8	2,2

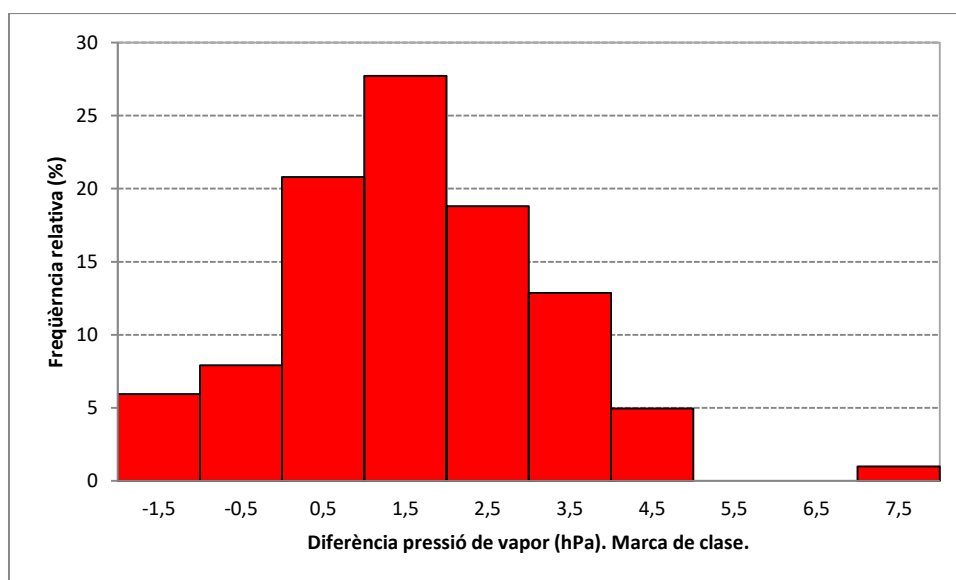


Figura 5.191 Diferència de pressió de vapor entre Salt i les Deveses de Salt. Transsectes nocturns. Període 2002-2011.

La diferència de pressió de vapor és positiva, 1,7 hPa, això significa que la ciutat de Salt té una pressió de vapor lleugerament superior a les Deveses de Salt. L'histograma de la diferència de pressió de vapor ens mostra que la majoria de les nits (28,2 %) la ciutat de Salt té un superàvit entre 1 i 2 hPa respecte les Deveses de Salt. També tenim un 14,5 % de nits en què les Deveses tenen una atmosfera menys humida que Salt. La intensitat molt elevada de humitat (igual o superior a 3 hPa) es presenta en el 18,5 % de les nits analitzades. S'ha de remarcar que el 31 de juliol de 2012 es va produir la màxima diferència, +7,1 hPa. dies a diferències minses entre

Taula 5.104 Illa de sequedat estacional de Salt

Illla de sequedat de Salt	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Mitjana	18,1	16,3	19,8	18,3
Desv. Típica	8,0	9,1	8,5	7,9
Coef. Variació	227,4	56,0	42,7	42,9
Màxima	42,0	42,0	37,0	36,0
Mínima	7,0	3,0	8,0	7,0

La distribució estacional de l'illa de sequedat de Salt ens mostra variacions poc significatives entre les diferents estacions, tot i que s'observa un màxim estiuenc (19,8 %) i un mínim primaveral (16,3 %). Així la marinada és un ingredient meteorològic que afavoreix l'homogeneïtzació de la humitat relativa durant les nits primaverals, mentre que en canvi a l'estiu tot i la presència del vent marítim és quan s'enregistra una màxima illa de sequedat urbana, probablement causat per unes diferències tèrmiques urbano-rurals més elevades que a la primavera. D'altra banda s'han observat unes intenses illes de sequedat (superiors al 30 %) en totes les estacions, i destaca l'hivern amb 42 %. Aquestes nits amb una diferència urbano-rural de humitat elevada són pròpies dels dies assolellats, amb forta amplitud tèrmica i vent encalmat. D'altra banda amb cel núvol i sobretot en nits ventoses les diferències de humitat són poc marcades, i a la primavera vam tenir un transsecte amb només 3 % d'illa de sequedat.

La intensitat de l'illa de calor urbana de Salt tenint en compte el mètode dels transsectes tèrmics fluctua clarament en funció del moment del dia. Les intensitats de l'illa de calor molt elevades, iguals o superiors a 6,0°C, són més freqüents durant la nit amb el 45,4 % dels recorreguts, és l'interval modal en aquest moment. En canvi a la posta de sol és el moment de la nit en què hi ha una menor freqüència de transsectes amb intensitats molt elevades, mentre que les més freqüents són les que tenen una intensitat moderada, compresa entre 2,1°C i 4,0°C, amb el 56,3 % de la mostra de transsectes. La matinada és el moment en què s'enregistren les temperatures mínimes és un moment de la nit amb un comportament equidistant entre la posta de sol i la nit. Durant la matinada l'interval modal és d'una intensitat elevada de l'illa de calor, compresa entre 4,1° i 6,0°C. Si considerem el comportament global dels transsectes en tots els moments (nit, matinada i posta del sol) hi ha un predomini dels recorreguts amb una intensitat moderada, 33,3 %, però les diferències relatives són dèbils amb els transsectes amb intensitats fortes o molt fortes. La freqüència més elevada de transsectes amb intensitat feble (compresa entre 0°C i 2,0°C) correspon a la matinada, aquesta anomalia s'explica perquè en aquest moment és relativament habitual a l'hivern que hi hagin cels tapats de boira o de núvols baixos que impedeixen la formació d'una illa de calor més intensa.

Taula 5.105 Intensitats de l'illa de calor urbana de Salt dels transsectes segons el moment del dia. Transsecte 5. Període 2002-2011.

Intensitat (°C)	Nit	Matinada	Posta de sol	Global
0-2,0	9,0	24,7	12,5	15,4
2,1-4,0	17,8	26,0	56,3	33,3
4,1-6,0	27,8	32,5	18,8	26,3
>6,0	45,4	16,9	12,5	24,9

Hem calculat els quantils de la intensitat de l'illa de calor en diferents moments del dia dels transsectes de Salt (número 5). La probabilitat que la intensitat de l'illa de calor superi els 5,8°C és d'un 50 % a la nit, que és el valor del segon quartil, mentre que el 10 % dels transsectes tenen una intensitat igual o superior a 8,5°C, que correspon al novè decil. Pel que fa a la intensitats de l'illa de calor mesurades durant la matinada són clarament inferiors respecte a la nit tenint en compte els quantils. El 50 % dels transsectes tenen una intensitat igual o superior a 4,0°C i el 10 % dels transsectes supera els 6,4°C de intensitat. A la posta de sol el 50 % dels recorreguts tenen una intensitat de l'illa de calor idèntica als transsectes nocturns, 3,8°C, mentre que el 10 %

dels transsectes amb major intensitat té una intensitat de 6,1°C. Per tant el comportament és similar en ambdós moments, nit i posta del sol, però amb unes intensitats lleugerament inferiors a la posta del sol. No obstant tenim l'excepció dels transsectes amb intensitats més dèbils, el percentil 10, 1,1°C a la nit i 1,9°C a la posta de sol.

Si analitzem els transsectes amb una intensitat feble, el 10 % dels recorreguts tenen una intensitat igual o superior a 2,4°C a la nit, 1,1°C a la matinada i 1,9°C durant la nit. És durant la nit quan l'illa de calor urbana de Salt és més important, mentre que l'efecte de l'illa de frescor del parc és més intens durant els migdies i tardes d'estiu en què les temperatures màximes són més elevades i la humitat relativa és més baixa

Taula 5.106 Quantils de la intensitat de l'illa de calor urbana de Salt dels transsectes respecte el moment del dia. Transsecte 5. Període 2002-2010.

	1r Decil	1r Quartil	1r Decil	2n Quintil	2n Quartil	3r Quintil	3r Quartil	4t Quintil	9è decil	99è percentil
Nit	2,4	3,4	3,9	5,0	5,8	6,4	7,5	7,8	8,5	9,7
Matinada	1,1	1,8	2,1	3,8	4,0	4,6	5,4	5,9	6,4	6,9
Posta de sol	1,9	2,5	3,0	3,4	3,8	4,0	4,7	5,0	6,1	6,9

En aquest mapa de la illa de calor de Salt s'observa com les Deveses són una zona molt més freda que Salt (la temperatura en la part més freda del parc és 10,1° més baixa que al centre de Salt, que es troba al S del parc). El parc és força més fred que altres llocs no urbanitzats dels voltants de Salt, per exemple el S de Salt (La Maçana) té temperatures al voltants de 6°, mentre el parc la temperatura fluctua entre -0,9° i 5,3°. Però també el N del parc, dins del municipi de Sant Gregori té temperatures clarament superiors a les Deveses. Podem assenyalar doncs que el parc té un microclima més fred que els voltants com a conseqüència de la inversió tèrmica, així el parc es troba 22 m i 6 m més baix de Sant Gregori i Salt respectivament, i el fet que passi el riu Ter i desemboqui el riu Llémena fa que es produeixi una forta inversió tèrmica respecte els seus marges. Aquest fenomen de la inversió tèrmica pot augmentar la intensitat "real" de la illa de calor de Salt, que en realitat seria inferior a aquests 10,1°. Cal remarcar, però que les temperatures són força heterogènies en aquesta àrea verda. Així la zona del pas d'en Prats és la part més freda de les Deveses de Salt, la temperatura baixa per dessota de 0°, en canvi en la part sud-oriental de les Deveses, al cantó del Safareig de les la temperatura és de 5°. La causa d'aquesta diferència segurament s'ha de trobar en la riera Llémena (afluent del Ter) que provoca que l'aire fred que porta del sistema Transversal quedi acumulat en la seva confluència amb el Ter (0,7 km a l'oest del Pas d'en Prats), en canvi en la zona de les Deveses que limita amb Girona (la part oriental) la temperatura no és tan baixa ja que tot i que arriben rieres que portin aire fred procedent del massís de Rocacorba, no es dona el microclima tan fred com al Pas d'en Prats, o un altre indret proper, al NW del punt d'observació de la Barraca, 250 metres a l'oest del Pla dels Socs.

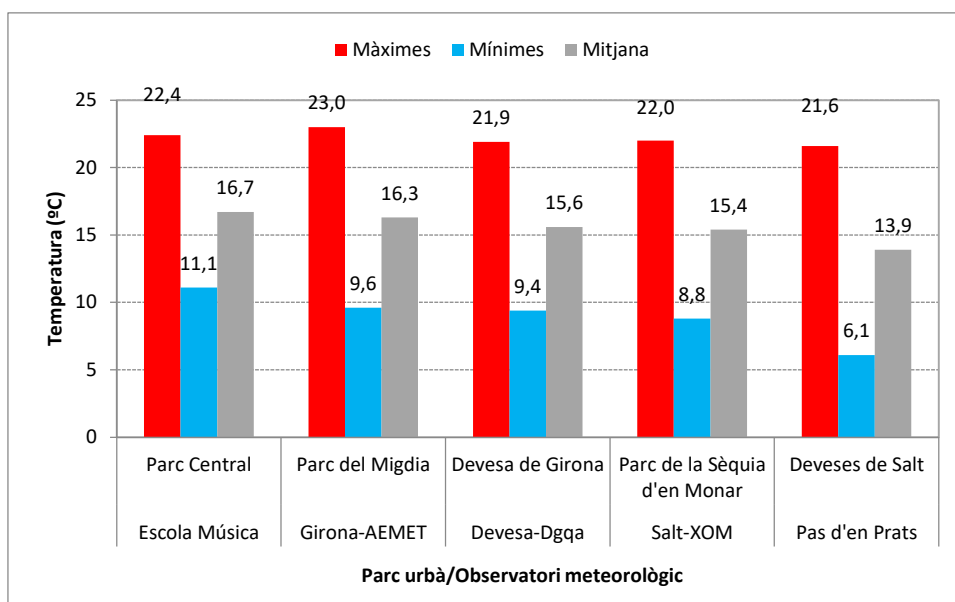


Figura 5.192 Temperatura mitjana, mitjana de les màximes i de les mínimes anual de diferents parcs urbans de l'àrea urbana de Girona. Dades homogeneïtzades del període 1998-2020.

Les Deveses de Salt són el parc urbà més fred de tota l'àrea urbana de Girona, així l'observatori del Pas d'en Prats de les Deveses té una temperatura mitjana anual que és entre 2,8°C inferior als observatoris més càlids de Girona, Girona-Escola de la Música i Girona-Sèquia, 13,8° i 16,6° respectivament. L'estació de Girona-Escola de Escola de la Música és la més representativa del Parc Central, no obstant, probablement és lleugerament més càlida que aquest parc, ja que es troba a uns 350 metres al sud-oest del parc. Les temperatures mínimes són les més altes de qualsevol observatori meteorològic de Girona, només igualades per Girona-Plaça Poeta Marquina, que també es troba molt a prop de l'esmentat parc urbà. La proporció de superfície verda del parc central implica unes elevades temperatures, tant màximes com mínimes. També hem de tenir en compte la posició cèntrica del parc urbà dins la ciutat de Girona, cosa que també ajuda a explicar les elevades temperatures del parc, especialment les temperatures mínimes. Les Deveses de Salt és el parc urbà més fred de Girona i rodalies, no és exactament un parc urbà sinó extraurbà, ja que no es troba dins del nucli urbà de Salt, sinó entre els nuclis urbans de Salt i Sant Gregori. S'ha de remarcar les temperatures mínimes molt baixes d'aquest parc, així la mitjana anual és de 6,1°, quan en canvi el parc de la Devesa de Girona registra 9,4°C (Girona-Devesa-DGQA), el parc del Migdia de Girona 9,6°, o el Parc Central de Girona 11,1°. No obstant el parc limítrof a les Deveses, que també es troba al municipi de Salt, Parc de la Sèquia d'en Monar té unes temperatures mínimes més similars a les Deveses, 8,8°. La diferència tèrmica en les mínimes entre els dos parcs està causada per la distància tant al riu Ter, més escassa en el cas de les Deveses de Salt, cosa que provoca un refredament de l'aire per efecte de canal d'aire fred de l'esmentat curs fluvial, i també per la major proximitat al nucli urbà de Salt, cosa que ajuda a explicar les mínimes més elevades del Parc del Monar. Així aquesta zona verda està només separada per una carretera del nucli urbà, té les edificacions del Barri Vell a menys de 100 metres. La Devesa de Girona també es troba al cantó de la ciutat de Girona, per això les temperatures mínimes són clarament superiors a les Deveses de Salt, 9,4° vs 6,1°. En aquest cas hem tingut en compte les dades de l'observatori de Girona-Devesa de la Direcció General de Qualitat Ambiental (l'antiga XVPCA), que es trobava molt a

prop de l'Auditori i de la confluència dels rius Güell i Ter. Aquestes dades són les més representatives del parc, ja que altres observatoris, com Girona-Bonastruc o Girona-Francesc Rogés tot i ser força propers al parc, ja estan integrats al nucli urbà de Girona i tenen un cert biaix urbà. Tot i que teòricament l'observatori més fred hauria de ser el que es troba a menys altura dels dos, l'efecte del factor de visió del cel més elevat i l'altura del sensor damunt del carrer fa que les mínimes siguin més baixes a Girona-Bonastruc respecte Girona-Francesc Rogés. No obstant hem observat que a peu de carrer (1,5 m) les temperatures matinals són 1,3°C més elevades durant els transsectes envers l'observatori, si hagués un observatori damunt la vorera probablement la mínima a 1,5 m seria 1,3°C més alta que a l'indret on es troba situada l'estació, a la part alta d'un edifici. Les temperatures màximes són més baixes a les Deveses de Salt (21,5°C de mitjana de les màximes). Així l'elevada densitat arbòria del parc provoca una elevada evapotranspiració que afavoreix que durant els migdies part de la radiació solar les aprofitin les plantes, els arbres, els arbustos, i les herbes per a la fotosíntesi i així el sòl no desprèn tanta calor sensible com a la superfície de la ciutat i la vegetació emet més calor latent. Així s'han realitzat transsectes en hores diürnes a l'estiu i les humitats relatives són més altes a les Deveses de Salt en comparació amb el centre de Salt, aquesta és una prova de la major emissió de calor latent en aquesta arbreda. No obstant no només a l'estiu les Deveses de Salt són més fredes pel que fa a les màximes sinó també a l'hivern les màximes són inferiors a les Deveses en comparació amb els altres parcs. Hem observat en els transsectes tèrmics però que les diferències són més clares a l'estiu envers el nucli urbà de Salt en comparació amb l'hivern per efecte d'ombra de la vegetació, ja que els arbres tenen fulles a l'estiu, no a l'hivern, i perquè l'efecte d'illa de fredor dels parcs arbrats augmenta en proporció amb les temperatures, essent més alt a l'estiu que a la primavera i a la tardor. No obstant la localització de l'observatori meteorològic de les Deveses de Salt en una clariana del parc fa que aquestes diferències entre les estacions tendeixin a disminuir. Així fins i tot tenim més diferència tèrmica, 1,4°C, al mes de gener entre la temperatura mitjana de les màximes de les Deveses de Salt, 12,9°C i Girona-Escola de Música, 14,3°C, respecte al juliol quan la diferència és de 0,8°, amb mitjanes de 30,8° i 31,6°C respectivament. No obstant si fem la mateixa comparació de les Deveses de Salt amb Girona-Parc del Migdia les diferències són inferiors a l'hivern en comparació a l'estiu (0,9°C i 1,3°C respectivament al gener i juliol).

Els parcs urbans són indrets de la ciutat més fred que els voltants, això és cert pel que fa a la Devesa de Girona, però no tant pel Parc del Migdia, i especialment el Parc Central si tenim en compte les temperatures mitjanes. En aquest últim parc la temperatura mitjana anual és de 16,7° a l'observatori de Girona-Escola de la Música, adjacent al parc, valor idèntic a l'observatori més càlid, el de Girona-Sèquia. La Devesa de Girona és 1,1°C més freda respecte el centre urbà, amb 15,6°C de mitjana. Les Deveses de Salt són clarament més fredes en comparació als altres parcs, amb només 13,9°C de mitjana. El caràcter microclimàtic de la zona, en una zona propera al riu que afavoreix les inversions tèrmiques i les mínimes baixes, s'afegeix a l'efecte refrescant de la vegetació que implica màximes lleugerament inferiors als voltants, així el mitjana anual de les màximes és de 21,5° a les Deveses de Salt i de 22,0° a Salt-XOM, estació situat al Parc de la Sèquia d'en Monar o Parc Monar. La temperatura mitjana anual de Salt-XOM és molt similar a la Devesa de Girona, 15,4°C i 15,6°C respectivament, per tant no hi ha unes diferències molt clares entre els climes de

Girona i Salt pel que fa a les temperatures, ja que ambdós parcs són contigus amb les àrees urbanitzades d'ambdues poblacions. En tot cas les Deveses de Salt si que tenen un clima natural força més fred que el centre de Girona, ja que no només tenim mínimes sensiblement més baixes, sinó també les màximes són un xic més baixes.

Les temperatures màximes a les Deveses de Salt són lleugerament més baixes també per efecte d'ombra dels arbres, només la Devesa de Girona és un altre parc força arbrat, en els altres parcs predominen les superfícies vegetals amb herba en comparació amb les superfícies cobertes per arbres, i fins i tot el Parc Central amb la construcció de la nova estació del Tren d'Alta Velocitat ha tingut una disminució clara de la superfície ocupada per arbrat i ha augmentat la superfície ocupada per ciment i formigó i també per herba en detriment de la superfície arbrada. Això significa que en termes de confort tèrmic el Parc Central de Girona és una de les zones de la ciutat de Girona amb més sensació de calor a l'estiu per l'elevada radiació solar com a conseqüència de la manca d'arbres que projecten ombres i suavitzen la sensació tèrmica i l'escalfament de la superfícies artificials del parc. En canvi les Deveses de Salt és una arbreda amb una major sensació de confort a l'estiu, i en segon lloc tindriem el parc de la Devesa de Girona amb una major sensació de confort a l'estiu als migdies i a les nits que al centre de Girona. Hi ha diferències entre els dos parcs, així la Devesa de Girona és una àrea arbrada més ventilada que les Deveses de Salt ja que els arbres estan més espaiats i no està en una àrea tan còncava com les Deveses, això afavoreix el refrescament de la pell de les persones per convecció a la Devesa de Girona per efecte del vent, no obstant les temperatures diürnes a l'estiu obtingudes a partir dels transsectes tèrmics mostren un major refrescament a les Deveses de Salt amb diferències tèrmiques màximes de fins a 7-8°C en comparació amb el centre de Salt, mentre que en canvi la Devesa de Girona només té 3°C menys de diferència màxima al migdia o primeres hores de la tarda de l'estiu en comparació amb el centre urbà de Girona. Aquestes diferències són produïdes per la major densitat arbòria de les Deveses de Salt, i perquè els plàtans de la Devesa de Girona són més alts que els arbres de les Deveses de Salt. Per aquest motiu les temperatures diürnes màximes en zones ombrejades són més baixes a les Deveses de Salt.

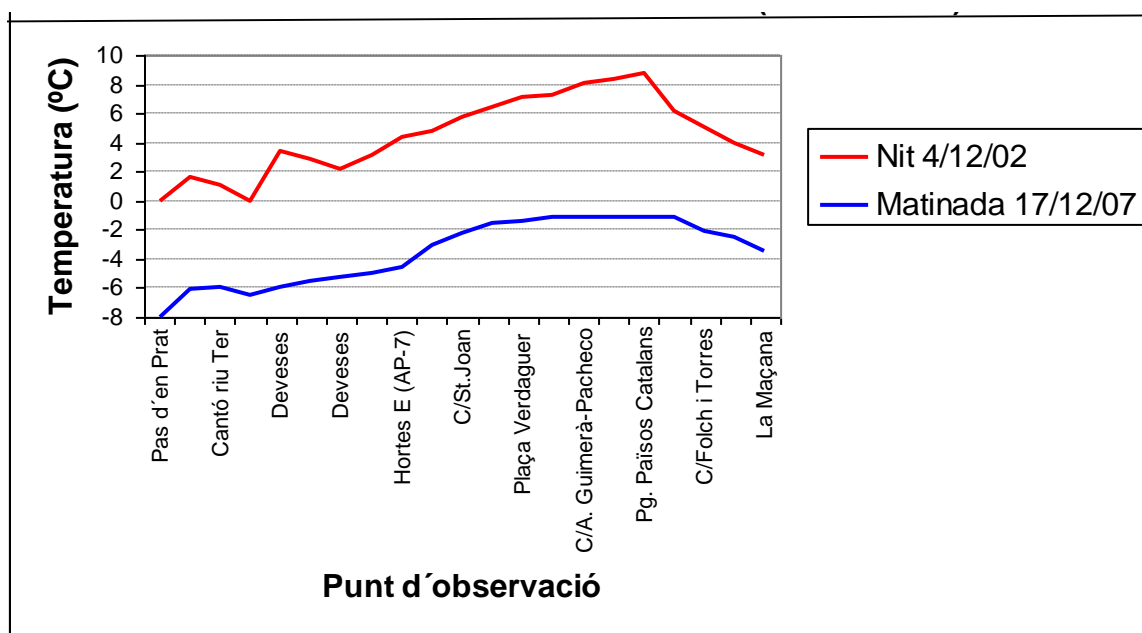


Figura 5.193 Gràfica de la temperatura nocturna dels transsectes de la nit del 4 de desembre de 2002 i de la matinada del 17 de desembre de 2007. Transsecte 5. NW-SE. Pas d'en Prats (Deveses)-Salt-La Maçana.

En aquesta gràfica s'observa com la forma de l'illa de calor de Salt és variable en funció del moment del dia. En les primeres hores de la nit, com és el cas del transsecte del 4 de desembre de 2002 realitzat a les 20,10 hores, tenim una configuració de l'illa de calor en punxa, on el màxim tèrmic ocupa una àrea reduïda, mentre que a la matinada la forma és d'altiplà, amb un màxim tèrmic extens. La temperatura de les Deveses és més variable durant la nit (4,0° entre el punt més càlid, en la part oriental, que limita amb les Hortes E, i el punt més fred, de la zona occidental, Pas d'en Prats), que a la matinada, quan la diferència es redueix a 3,0°. D'altra banda s'intueix el caràcter més fred de les Deveses de Salt respecte el sud de Salt (la Maçana), àrea que no està edificada, però on predominen els cultius de secà, la qual cosa influeix en un diferent balanç energètic entre els dos sectors, la Maçana té un refredament més lent i més dèbil que les Deveses. Així la diferència entre el punt més fred de les Deveses i la Maçana és de 3,5° a la matinada i 4,3° a la nit.

Cal remarcar que les Deveses de Salt no són només més fresques durant la nit respecte Salt, sinó que durant l'època que els arbres tenen fulla (abril-finals novembre) les Deveses són més fresques que els nuclis urbans de Salt durant el dia, especialment quan les temperatures són més altes i la humitat és més baixa, a l'estiu, entre els mesos de juny i agost, i durant les onades de calor. Aquest efecte es nota sobretot durant l'estiu. Així el 31 de juliol de 2004 vam mesurar una temperatura de 27,3° en les Deveses en una àrea propera als 3 Pins, en canvi al centre de Salt tenien uns 33,4°, el parc de les Deveses tenia una illa de fredor màxima de 6,1°. Quan els arbres no tenen fulles, durant l'hivern, llavors el parc de les Deveses té una temperatura idèntica al centre de Salt durant el dia, però és molt inferior durant la nit (3,4° a la matinada, i al voltant de 6-8° en les primeres hores de la nit).

Hem fet un mapa tèrmic on s'observa el microclima de les Deveses de Salt, més fred que les seves rodalies rurals (la Maçana de Salt al S de Salt, o Sant Gregori al N de Salt).

Taula 5.107 Dades meteorològiques del 22 de novembre de 2005. 20,20 hores.

Situació sinòptica	Advecció del NE
Nuvolositat	0/8
Velocitat del vent	Calma
Pressió	1016 hPa
Màxim tèrmic: 8,9°C (Àngel Guimerà-Doctor Sambola, Eixample de Salt)	
Mínim tèrmic: -1,2° C (Pas d'en Prats, Deveses de Salt)	
Intensitat màxima de l'illa de calor: 10,1° (20,18 hores)	

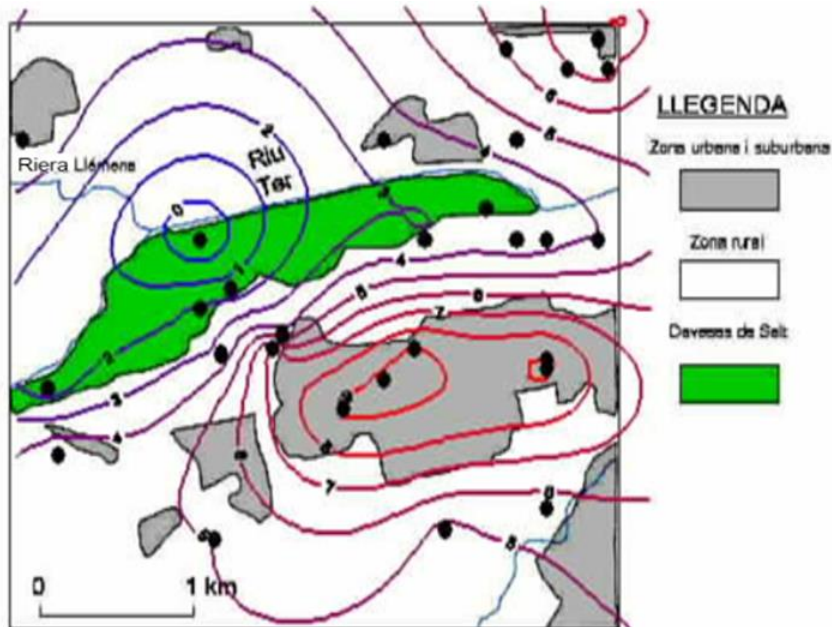


Figura 5.194 Mapa de l'illa de calor urbana de Salt i rodalia. 22 de novembre de 2005. 20,20 hores.

En el mapa de la illa de calor de Salt del 22 de novembre de 2005 s'observa com l'arbreda de les Deveses de Salt és una zona molt més freda que la ciutat de Salt (la temperatura en la part més freda del parc és 10,1° més baixa que al centre de Salt, que es troba al sud del parc). El parc és força més fred que altres llocs no urbanitzats dels voltants de Salt, per exemple el sud de Salt (la Maçana o pla de Salt) té temperatures al voltants de 6°, mentre el parc la temperatura fluctua entre -0,9° i 5,3°. Però també el nord de la zona verda que pertany al municipi de Sant Gregori té temperatures clarament superiors a les Deveses. Podem assenyalar doncs que el parc té un microclima més fred que els voltants com a conseqüència de la inversió tèrmica, així el Pas d'en Prat es troba a 81 m, en unes altituds que són 21 m i 3 m més baixes que Sant Gregori (102 m) i Salt (84 m) respectivament. La inversió tèrmica es troba accentuada a les Deveses per l'efecte del canal d'aire fred dels rius Ter i riera Llémena que té la seva confluència amb el Ter molt a prop del mínim tèrmic. Aquest fenomen de la inversió tèrmica pot augmentar la intensitat "real" de la illa de calor de Salt, que en realitat seria inferior a aquests 10,1°. Cal remarcar, però que les temperatures són força heterogènies en aquesta àrea verda. Així la zona del pas d'en Prat és la més freda, la temperatura baixa per sota de 0°, en canvi en la part oriental de les Deveses la temperatura és de 5°. La causa d'aquesta diferència tèrmica segurament s'ha de relacionar amb diferents factors geogràfics, com proximitat a rieres i cobertura vegetal. En la zona de l'arbreda on la cobertura arbòria és més densa la temperatura nocturna i matinal és més alta que a les clarianes com a la del Pas d'en Prats. La superfície arbrada menor al Pas d'en Prats on hi ha l'observatori

meteorològic de les Deveses provoca una pèrdua més important de radiació d'ona llarga que en la part oriental de les Deveses

Taula 5.108 22 de novembre de 2006. Dades meteorològiques de les 20,20 hores.

Situació sinòptica	Advecció del nord
Vent	N 1 escala força Beaufort
Nuvolositat	0/8
Pressió atmosfèrica	1014 hPa
Màxim tèrmic: 7,4°C	Àngel Guimerà-Doctor Sambola
Mínim tèrmic: -1,5°C	Pas d'en Prats
Intensitat màxima de l'illa de calor: 8,9°C	

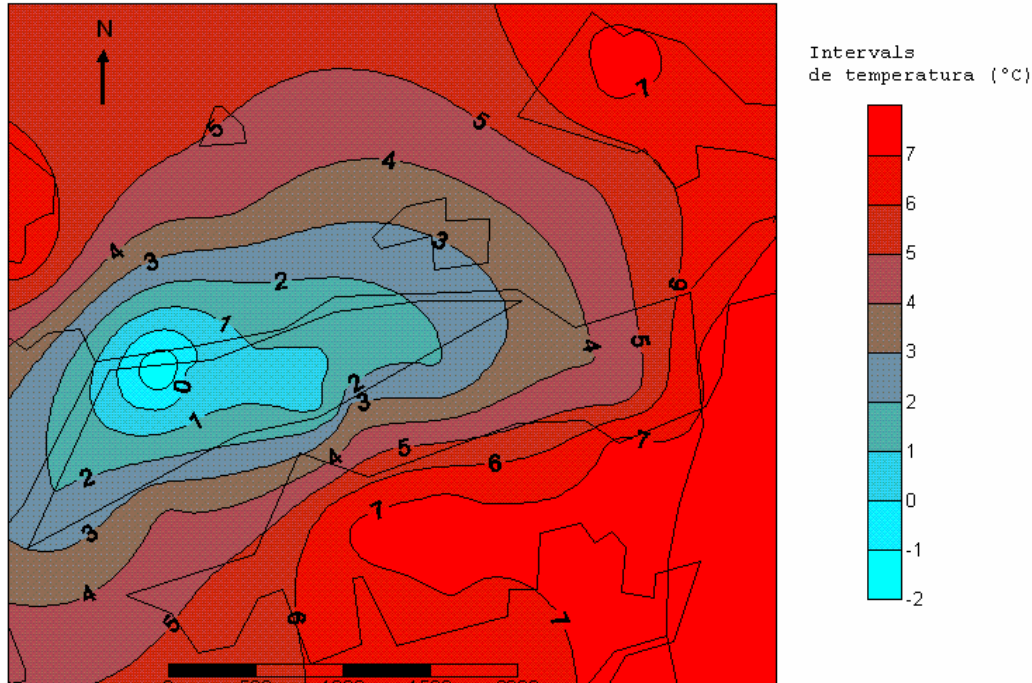


Figura 5.195 Mapa de l'illa de calor urbana de Salt i rodalia. 22 de novembre de 2006. 20,20 hores.

El mapa tèrmic de les primeres hores de la nit del 22 de novembre de 2006 és semblant al mapa del dia 22 de novembre de 2005. La intensitat de l'illa de calor és molt elevada, 8,9°C a les 20,20 hores. El màxim tèrmic correspon al punt d'observació Àngel Guimerà-Doctor Sambola amb 7,4°C i el mínim tèrmic al Pas d'en Prats, -1,5°C. No obstant, observem una clara diferència en la morfologia tèrmica espacial respecte el mapa d'isotermes del 22 de novembre de 2005. Hi ha una asimetria tèrmica, l'àrea rural agrícola del sud de Salt (que es coneix amb el nom de pla de Salt o de la Maçana) no té unes temperatures gaire inferiors respecte el centre de Salt com succeeix el dia 22 de novembre de 2006. Això és conseqüència del vent del nord que va bufar flux durant el transecte, i que va transportar l'aire càlid de la ciutat a sotavent d'aquesta, a l'àrea rural meridional de Salt. Es va produir una anomalia tèrmica positiva a sotavent de la ciutat. La influència urbana de l'illa de calor urbana de Salt va afectar una àrea més extensa aquest dia, el plomall càlid de la ciutat va provocar un increment tèrmic del pla de Salt per efecte del vent del nord.

En el proper gràfic observarem l'efecte microclimàtic del parc de les Deveses de Salt, que és màxim a l'estiu en hores diürnes. L'illa de frescor urbana és de 7,3°C a les 19,42 hores (1,30 hores abans de la posta de sol) del dia 17 de juliol de 2012. El punt d'observació amb la temperatura més baixa de les Deveses de Salt correspon el Pas d'en Prats amb 22,0°C, mentre el punt més càlid és compartit per la Plaça Verdagner

(Barri vell) i el carrer Àngel Guimerà-Pacheco (Eixample), amb 29,3°C. El Pas d'en Prats és l'indret on hi ha l'estació meteorològica de les Deveses de Salt. S'observa un important esglaió tèrmic en la interfase entre un lloc suburbà i un indret forestal (29,1°C el carrer Rec al nord del Barri Vell de Salt i en l'extrem occidental del parc de la Sèquia Monar i 25,7°C al Safareig de les Dones, al sud-est de les Deveses). Les temperatures són clarament més baixes a les Deveses de Salt que a les Hortes de Salt tot i tractar-se de zones rurals. Així tenim 28,3°C a les Hortes de Salt que estan ubicades a l'oest de l'autopista AP-7, mentre en canvi la temperatura només és de 22,0°C al Pas d'en Prats, 6,3°C menys a les Deveses de Salt que a les hortes. Això es deu al diferent balanç energètic d'ambdues zones que malgrat ser zones rurals mentre en els indrets forestals el sòl perd ràpidament calor gràcies a la cobertura forestal i a l'evapotranspiració dels vegetals, el sòl de les àrees agrícoles allibera calor ja que encara rep radiació solar, ja que estem en un moment de la tarda anterior a la posta de sol.

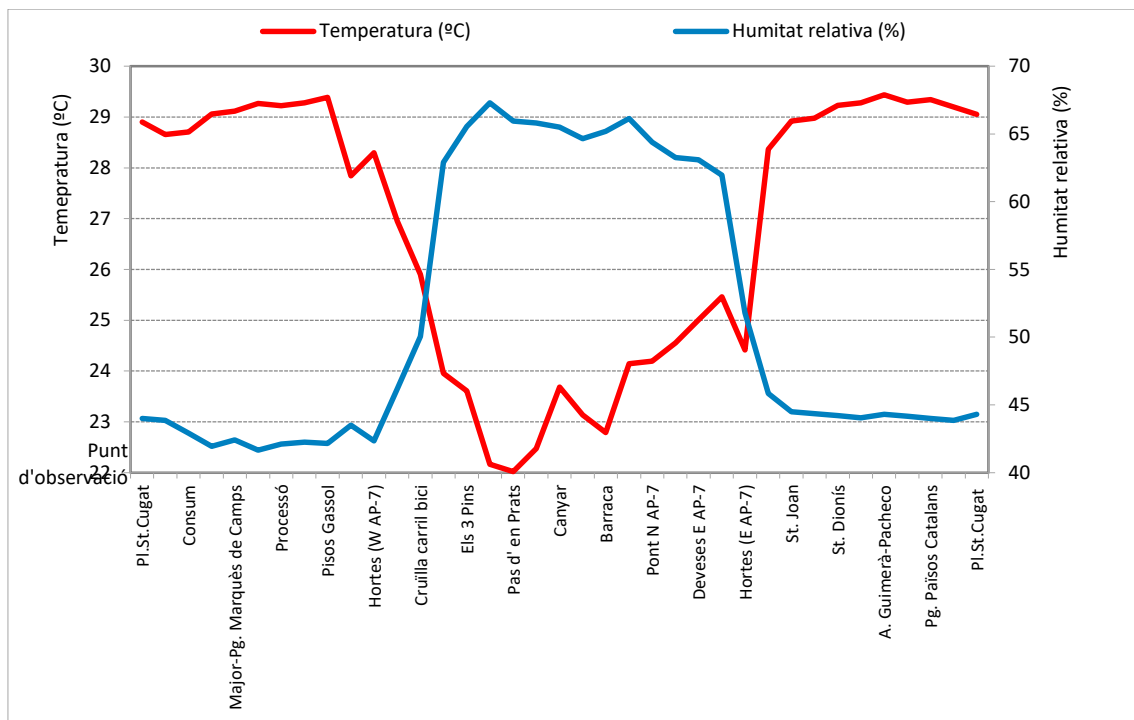


Figura 5.196. Transsecte 5 del 17 de juliol de 2012. Intensitat màxima de l'illa de frescor urbana diürna de les Deveses de Salt: 7,3 °C (19,42 hores) . Anticicló. Cel serè. Vent encalmat. 1024 hPa. Intensitat màxima de l'illa de sequedat: 22,7% (21,32 hores).

S'observa una illa de sequedat urbana a la ciutat de Salt i una illa de humitat a l'arbreda de les Deveses de Salt. S'observa un dèficit urbà de pressió de vapor relativa que volta els 3,9 hPa, aquesta és la diferència entre el punt d'observació Safareig de les Dones (20,1 hPa) i el carrer Àngel Guimerà-Passeig Marquès de Camps (16,2 hPa). El Safareig de les Dones està situat a l'extrem sud-est de les Deveses de Salt, en un marge de l'arbreda, al cantó de les Hortes de Salt, a l'est de l'autopista AP-8. Les causes d'aquesta variació en el contingut del vapor d'aigua urbà i de les Deveses s'explica per la forta evapotranspiració a l'àrea boscosa de les Deveses de Salt durant l'estiu que implica un fort refredament d'aquesta àrea. En canvi tenim una menor evapotranspiració a les Hortes de Salt situades a l'est de l'AP-7 de Salt. Malgrat això

en la zona de contacte de les Deveses i les Hortes, al Safareig de les Dones és l'indret on s'observa la la menor pressió parcial de vapor, 15,7 hPa. Probablement la major quantitat de vapor d'aigua que hi ha en altres punts d'observació de les Deveses de Salt s'explica. S'ha de remarcar que el vent és del sud en el moment d'observació, això significa que no hi ha Així tenim un aire força sec i relativament fresc a les Hortes de Salt que provocarà que les diferències tèrmiques entre les Hortes i les Deveses de Salt es redueixin posteriorment al moment de la posta de sol. És en aquest moment d'inici de la nit quan s'observa el major superàvit tèrmic de la zona agrícola enfront de l'àrea boscosa. Es pot parlar d'un diferent refredament de l'aire que és diferent en 3 zones del municipi de Salt. A l'àrea urbanitzada es produeix un refredament lent durant la tarda i un descens tèrmic moderat després de la posta de sol, a la zona agrícola de les Hortes de Salt tenim un refredament lent abans de la posta de sol i més ràpid després de la posta de sol, mentre en canvi a la zona forestal de les Deveses de Salt hi ha un refredament intens abans de la posta de sol que es modera després de la posta de sol. D'altra banda, les temperatures més baixes del parc de les Deveses de Salt provoquen un increment del confort tèrmic com s'observa en la gràfica de l'índex de malestar de Thom, el valor menor de l'índex es produeix al Pas d'en Prats, 21,3, mentre que les temperatures més elevades de la ciutat provoquen un estrès tèrmic per calor més accentuat que en les zones rurals, el valor màxim d'aquest índex és de 25,4 al punt d'observació Pisos Gassol que està situat a l'extrem nord-occidental del Barri Vell de Salt.

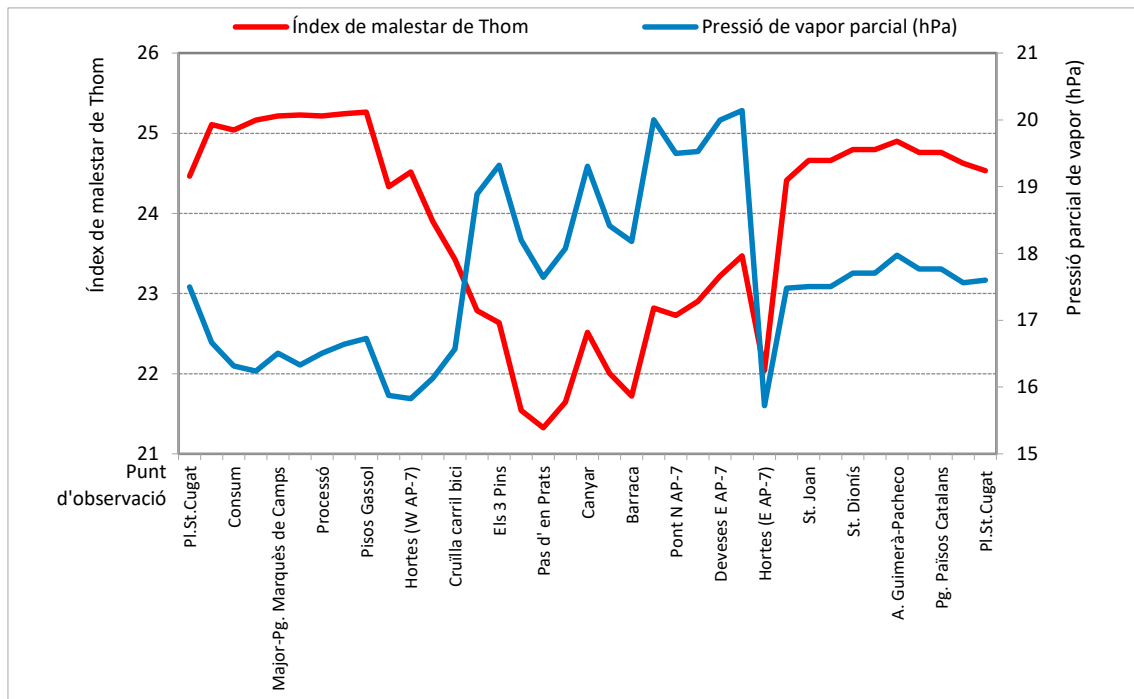


Figura 5.197 Índex de malestar de Thom i pressió de vapor parcial (hPa). Transsecte 5. 17 de juliol de 2012. 21,32 hores. Intensitat màxima de l'illa de humitat: 3,9 h Pa (21,32 hores). Cel serè. Vent encalmat. Anticicló. 1024 hPa.

Taula 5.109 Dades meteorològiques del transecte Bauhaus (Girona 2)-Sarrià de Ter. Dijous, 19 de setembre de 2013

Situació sinòptica	Advecció del nord anticiclònica	Màxim tèrmic	21,0°C	Voltes d'en Rosés (Barri Vell de Girona)
Nuvolositat	4/8 Ci inici, 7/8 Sc	Mínim tèrmic	17,0°C	Pont riera Xuncla (Sarrià de Ter)

	final.			Dalt)
Vent	N escala força 1 Beaufort	Illa calor:4,0°C (22,42 hores)		
Pressió	1015 hPa	Hora inici i finalització transsecte	21,10-22,23 hores	

La nit del 19 de setembre de 2013 va haver-hi una feble illa de frescor (1,4°C) a les 22,14 hores al parc del Migdia, el parc urbà més gran del centre de Girona, ja que la Devesa de Girona està en una zona més perifèrica de la ciutat, al nord de l'Eixample. La temperatura més baixa enregistrada en el transsecte dins del parc del Migdia fou de 18,6°C a la part occidental del parc del Migdia, a l'estany la temperatura era de 18,9°C. D'altra banda al carrer Migdia, uns 5 metres al SW de l'estació meteorològica del parc d'AEMET la temperatura és de 20°C. D'altra banda la temperatura més elevada del transsecte es va produir a les Voltes d'en Rosès, al barri vell de Girona, 21,0°C, en canvi la temperatura més baixa fou de 17,0°C al pont de la riera Xuncla, uns 250 metres al sud del nucli urbà de Sarrià de Dalt, al sud-oest del poble de Sarrià de Ter.

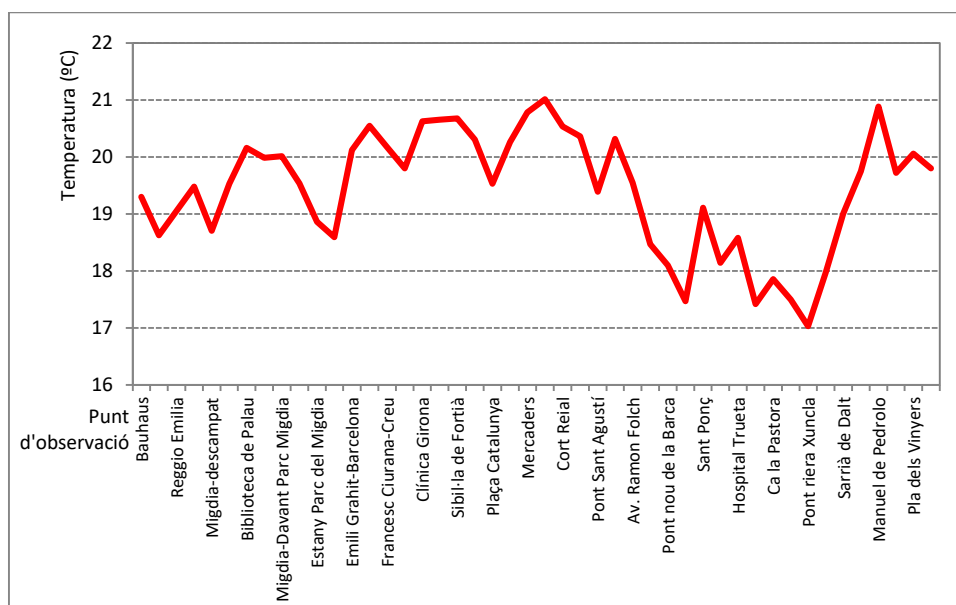


Figura 5.198 Transsecte S-N. Girona. Centre Comercial Bauhaus (Polígon Mas Gri).Girona-Sarrià de Ter. 19 de setembre de 2013.

La sensació de calor malgrat la major humitat relativa (22,7 % més a les Deveses que al centre de Salt) és força menor a l'àrea arbrada del parc, amb valors compresos entre 21,3 i 23,2, que al centre de Salt on tenim entre 25,2 i 24,7, essent la sensació càlida major al barri vell que a l'Eixample. Així abans i durant la posta de sol el refredament és més lent al barri vell que a l'Eixample ocasionant una anomalia tèrmica, ja que el barri vell enregistra mínimes més baixes que l'Eixample.

Taula 5.110 Dades meteorològiques del transsecte del 20 d'agost de 2018. Pont de la Barca (Girona)-Plaça Sant Cugat (Salt).

Dilluns, 20 d'agost de 2018		
Nuvolositat	1/8 Ac, Cu, Ci	
Vent	NE 1	

Situació sinòptica	Anticicló	
Pressió	1015 hPa	
Hora inici transecte:13,40 h. Final: 14,42 h.		
Màxim tèrmic	34,3°C	Pl. Miquel de Palol
Mínim tèrmic	29,6°C	Devesa-2 (centre)
Illa de frescor	4,7°C	

L'efecte de l'illa de frescor per efecte de la vegetació en el parc de la Devesa de Girona no és tan intens el 20 de juliol de 2018, 4,7°C, com al parc de les Deveses de Salt on hem mesurat una intensitat de fins a 7,3°C en el transecte de la tarda del 17 de juliol de 2012. En altres migdies d'estiu que hem fet transectes en aquest parc no hem observat una intensitat més elevada de l'illa de frescor. És important de remarcar l'esglaó tèrmic entre el punt d'observació del Pont de la Barca damunt el riu Ter, amb 34,0°C i la Devesa de Salt. L'efecte d'ombra de la vegetació juntament amb l'elevada evapotranspiració dels plàtans de la Devesa per efecte de les altes temperatures, de fins a 34°C, són la causa d'aquest important contrast tèrmic. Així la Devesa de Girona és una illa de frescor, mentre que al marge nord tenim el pont de la Barca amb una temperatura elevada fruit de l'elevada insolació, al marge sud al barri de l'Eixample i sector de la Devesa de la ciutat de Girona tenim el màxim tèrmic del transecte al punt d'observació de la Plaça de Miquel de Palol, 34,3°C.

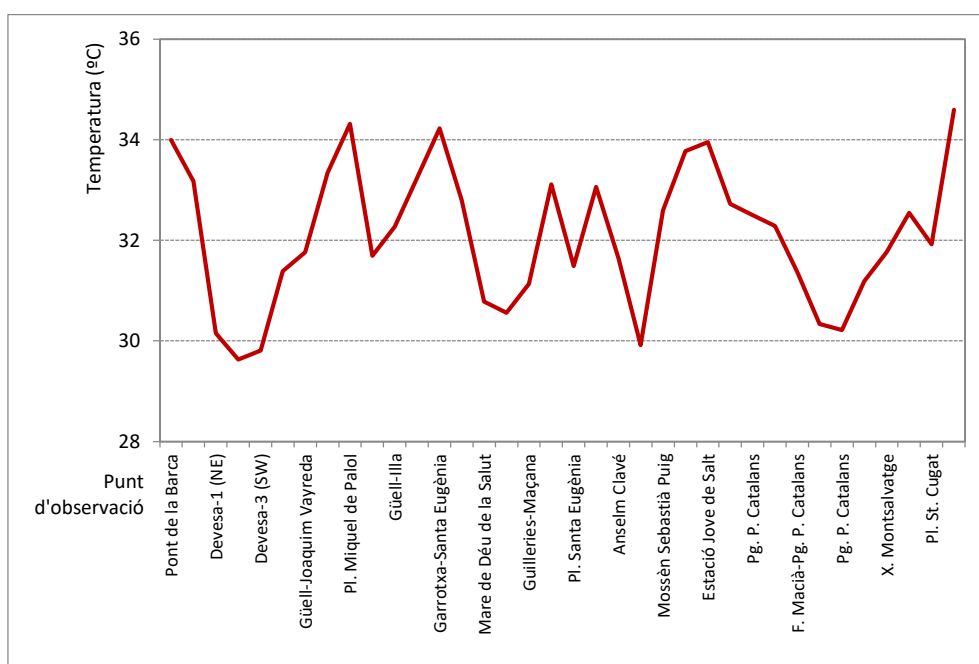


Figura 5.199 Transecte del 20 d'agost de 2018. Pont de la Barca (Girona)- Plaça Sant Cugat (Salt).

5.13 Anàlisi de components principals i nits d'illa de calor intensa

En aquest subcapítol hem analitzat els dies en què la diferència entre les mínimes diàries dels observatoris de Girona (Sèquia) i Fornells de la Selva (SMC) és igual o superior a 6° i hem realitzat l'anàlisi de components principals d'una mostra de 187 dies amb l'objectiu de determinar els mapes isobàrics de superfície més típics de dies amb intensa illa de calor a Girona.

Els dies en què l'illa de calor urbana gironina és molt intensa es distribueixen d'una manera irregular al llarg de l'any, però tot i això es pot afirmar que la freqüència és més elevada durant l'hivern i a finals de tardor. Els mesos de novembre, desembre i gener són els que tenen percentatges més alts d'una molt intensa illa de calor, amb uns percentatges relatius respectivament del 27,3 %, 24,6 % i 21,1 %. En canvi entre maig i setembre els percentatges són força baixos, inferiors al 15 %, amb el valor mínim a l'agost, 11,3 %, és una freqüència relativa idèntica al mes de setembre, 11,5 %. Pel que fa a l'estació astronòmica el màxim de freqüència de dies amb molt elevada intensitat es dona a l'hivern (21,4 %) i la mínima a l'estiu (12,5 %), mentre la tardor té una freqüència relativament elevada (19,7 %) i la primavera té una freqüència força baixa (15,0 %). Els valors relatius de les estacions equinoccials són intermitjos entre els valors extrems d'hivern i estiu. Les freqüències mensuals més elevades es produeixen quan el dia és més curt, en el període novembre-gener, per tant la probabilitat més elevada de dies amb molt intensa illa de calor s'atansa des de finals de la tardor meteorològica fins a finals de l'hivern meteorològic. L'explicació d'aquestes diferències tan importants segurament té relació amb dos fets, l'important producció de calor antropogènica i l'elevada inversió tèrmica en aquesta època de l'any. Així tant l'activitat industrial com sobretot les calefaccions tenen un valors màxims en aquest període. La inversió tèrmica és un dels factors meteorològics que afavoreix més les elevades intensitats de l'illa de calor. En aquesta època en què el sol presenta la menor inclinació, el sol es refreda més durant la nit, i es produeixen les inversions tèrmiques més importants entre Girona i Montjuïc.

Taula 5.111 Freqüència absoluta i relativa dels dies amb molt intensa illa de calor. Diferència en les mínimes $\geq 6,0^{\circ}\text{C}$ entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva (SMC). Maig 2002-2007.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Freq. Abs.	98	79	68	79	64	64	64	56	55	98	131	122	978
Freq. Rel. (%)	21,1	18,7	14,6	17,6	12,9	13,3	12,9	11,3	11,5	20,4	27,3	24,6	17,1

Els mesos en què les diferència en les temperatures mínimes (i per tant la inversió tèrmica és més gran) entre Girona-Montjuïc i Fornells de la Selva-SMC és més elevada són els mesos d'hivern i finals , en els quals el nombre de dies amb intensa illa de calor és més elevada. D'altra banda a finals d'estiu i principi de tardor la inversió és més dèbil, i hi ha el menor nombre de nits amb important illa de calor. Això ens fa pensar que l'espessor de la capa límit urbana té relació amb la intensitat de l'illa de calor. En les nits amb una elevada intensitat de l'illa de calor la capa límit té un espessor més baix ja que hi ha una important inversió tèrmica, la qual posa impedeix la irradiació tèrmica de la ciutat, ja que la calor emesa per la ciutat queda atrapada per la inversió. En canvi en dies en què la capa límit és més gruixuda, per exemple a

l'estiu, com a conseqüència de l'elevada convecció per la calor de la superfície, l'illa de calor no assoleix intensitats tan elevades.

Taula 5.112 Inversió tèrmica mitjana entre Girona-Montjuïc i Fornells de la Selva (SMC). Diferència mitjana en les temperatures mínimes. Període 1998-2006.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
4,6	3,9	3,9	3,9	3,9	4,3	4,0	3,7	3,3	4,1	4,3	4,8	4,1

El factor meteorològic que afavoreix més les nits amb intensa illa de calor és la inversió tèrmica, ja que la correlació és de 0,83, per tant és significativa al nivell de confiança del 95 %. La correlació no és significativa amb la nuvolositat, nombre de dies serens i velocitat del vent. Així amb la nuvolositat la intensitat de l'illa de calor presenta molt baixa correlació, 0,07. El nombre de dies amb illa de calor intensa presenta una lleugera millor correlació amb el nombre de dies serens (0,21) que amb la nuvolositat, ja que normalment les nits amb elevada illa de calor tenen el cel serè. Tot i això la correlació és molt baixa, probablement això té relació que estem parlant de la mitjana diària de la nuvolositat i hi ha dies amb cel núvol (probablement núvols d'evolució diürna que no influeixen massa en la irradiació important del sol durant la nit, que probablement és serena) amb important intensitat. La correlació és regular amb la velocitat del vent, -0,49. Així en dies ventosos és difícil la formació de l'illa de calor ja que el vent homogeneïtza les diferències tèrmiques urbano-rurals, però hi ha dies amb velocitats febles que l'illa de calor és més important que amb vents encalmats, si el cel és serè en el primer cas i ennuvolat en el segon.

Taula 5.113 Correlació entre la distribució mensual dels dies amb una molt elevada intensitat de l'illa de calor ($\geq 6,0^{\circ}\text{C}$) i els factors meteorològics. Girona (Sèquia)-Fornells de la Selva (SMC). Període 2002-2007.

Nuvolositat (octes)	Velocitat vent (Km/h)	Dies serens	Inversió tèrmica ($^{\circ}\text{C}$)
0,07	-0,49	0,21	0,83

Aclariment: Text normal. No presenta correlació estadísticament significativa.. Text en negreta. Presenta correlació estadísticament significativa al nivell de confiança del 95 %.

Com s'observa en la taula i la gràfica següent les nits en què la diferència en les mínimes entre els observatoris de Girona (Sèquia) i Fornells de la Selva (SMC) és igual o superior a 6° estan associades amb situacions estables, bàsicament anticicló (42,9 %) i pantà baromètric (12,0 %). Les adveccions d'aire de diferents direccions representen el 40,4 % dels dies. No obstant els percentatges són reduïts pel que fa a la majoria de les situacions sinòptiques advectiones, excepte les adveccions d'aire que són terrals, del tercer i quart quadrant. En el còmput global l'advecció més freqüent és la de l'oest, amb el 9,8 %, mentre que la segona és l'advecció del nord, amb un 7,2 %. Hem de tenir en compte que aquestes dues adveccions a Girona sovint comporten un tipus de temps estable, amb nuvolositat escassa i vents fluixos, per això les intensitats són elevades. És important de destacar que les adveccions tenen una importància relativa en totes les estacions menys a l'estiu, quan són menys freqüents. Aquest fet s'ha de relacionar amb el desplaçament, en aquesta estació, del cinturó de vents de l'oest cap al nord, amb la qual cosa la circulació atmosfèrica està dominada per la dinàmica de l'anticicló subtropical, amb un predomini de les situacions estables, anticicló o pantà baromètric. Les adveccions tenen un protagonisme màxim durant l'hivern, quan el 51 % dels dies amb una intensitat molt elevada estan associades a aquest tipus de configuració sinòptica. L'advecció del nord-est

a l'hivern és l'advecció que té una freqüència més elevada, 13,2 %. S'ha de tenir en compte que molts dies amb aquesta situació atmosfèrica el cel és serè i el vent és encalmat, la qual cosa afavoreix les intensitats elevades de l'illa de calor.

Taula 5.114 Freqüència relativa dels dies de més de 6°C de intensitat de l'illa de calor segons la situació sinòptica. I Diferències diàries en les temperatures mínimes entre Girona (Sèquia) i Fornells de la Selva (SMC). Període 2002-7.

Situació sinòptica	Primavera	Estiu	Tardor	Hivern	ANY
Anticicló	41,9	41,7	43,6	44,5	42,9
Pantà baromètric	5,9	35,8	3,6	2,5	12,0
Depressió	5,9	3,0	0,9	1,7	2,9
Solc	0,0	0,0	0,9	0,0	0,2
Gota freda	0,0	0,0	0,0	3,3	0,8
Depressió relativa	0,0	3,0	0,0	0,0	0,8
Advecció del nord	8,9	6,0	5,4	8,3	7,2
Advecció del nord-est	4,9	1,5	6,3	13,2	6,5
Advecció del nord-oest	5,9	4,5	8,9	8,3	6,9
Advecció del sud	4,9	1,5	3,6	1,6	2,9
Advecció del sud-est	2,9	0,0	6,3	1,7	2,7
Advecció del sud-oest	1,0	0,0	8,9	0,8	2,7
Advecció de l'oest	12,9	3,0	10,7	12,4	9,8
Advecció de l'est	4,9	0,0	0,9	1,7	1,9
Màxim estacional	Anticicló	Anticicló	Anticicló	Anticicló	Anticicló
Percentatge	41,9	41,7	43,6	44,5	42,9
Mínim estacional	Varies	Varies	Varies	Varies	Solc
Percentatge	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Situacions estables	47,8	77,5	47,2	47,0	54,9
Situacions inestables	5,9	6,0	1,8	5,0	4,7
Adveccions	46,3	16,5	51,0	48,0	40,4

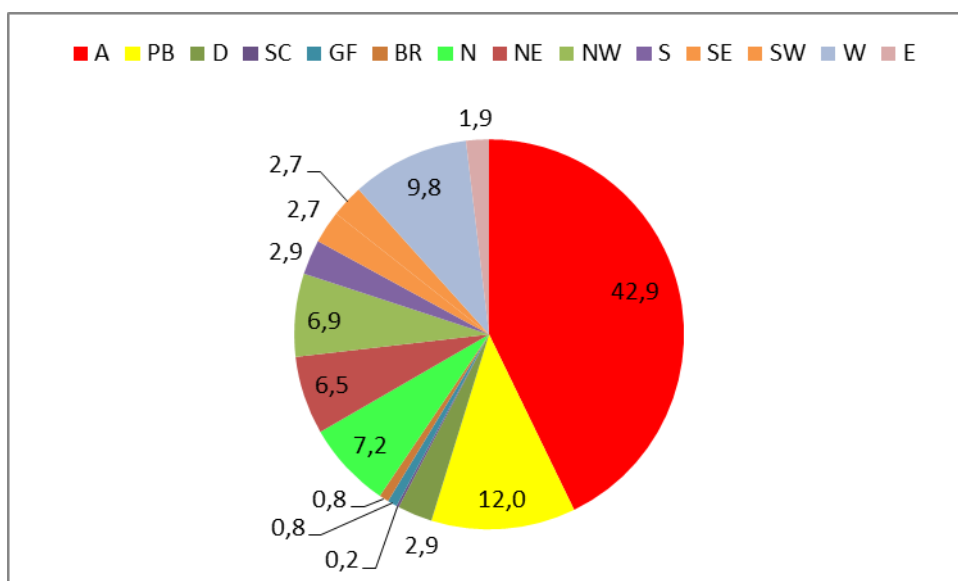


Figura 5.200 Freqüències relatives anuals de les situacions sinòptiques amb intensa illa de calor ($\geq 6,0^{\circ}\text{C}$). Diferències diàries en les temperatures mínimes entre Girona (Sèquia) i Fornells de la Selva (SMC). Període 2002-2007.

La major diferència tèrmica en un dia pel que fa a les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC és el 2 de novembre de 2008, amb $12,7^{\circ}\text{C}$, valor lleugerament superior a l'observat en els transsectes tèrmics, $12,1^{\circ}\text{C}$. Hi un nombre relativament baix de dies amb intensitats iguals o superiors a 12°C , 15, la qual cosa significa que és molt difícil superar aquest llindar de intensitat de l'illa de calor a l'àrea urbana de Girona. La major part dels dies en què s'assoleix aquest llindar són anteriors a l'any 2009, a partir del qual l'observador de Girona-Sèquia considera com a criteri d'observar la temperatura mínima fins a les 23,59 hores, abans d'aquest any el llindar eren les 9 hores, per aquest motiu probablement força d'aquests dies amb tanta diferència són per causa d'una temperatura mínima assolida a última hora del dia a Fornells de la Selva-SMC, i no són la diferència màxima d'una nit determinada.

Taula 5.115 Dies amb major diferència urbano-rura pel que fa a les temperatures mínimes.I. Girona-Sèquia-Fornells de la Selva (SMC). Període maig 2002-desembre 2017.

	Girona-Sèquia	Fornells de la Selva-SMC	Diferència
02/11/2008	13,6	0,9	12,7
27/07/2002	21,9	9,2	12,7
23/11/2002	8,0	-4,6	12,6
13/01/2004	9,6	-2,9	12,5
01/12/2003	8,8	-3,7	12,5
20/12/2003	6,7	-5,6	12,3
11/10/2004	18,8	6,5	12,3
26/01/2005	2,3	-10,0	12,3
28/02/2010	12,5	0,3	12,2
15/11/2004	7,0	-5,2	12,2
03/11/2002	11,5	-0,7	12,2
23/12/2007	8,8	-3,3	12,1
18/12/2003	7,8	-4,3	12,1

20/09/2003	15,0	2,9	12,1
20/09/2002	20,2	8,1	12,1
22/01/2006	8,0	-3,9	11,9
06/12/2006	10,0	-1,9	11,9

5.13.1 Mapes d'anàlisi de components principals de transectes amb illa de calor intensa

El patrons sinòptics 1 i 4 es poden caracteritzar sinòpticament com anticicló centrat, si bé canvia la situació del nucli de l'anticicló. Mentre que el patró 1 es caracteritza per l'anticicló de les Açores que envia una falca anticiclònica fins als Balcans i la circulació general és zonal, d'oest a est, el patró 4 és d'un anticicló amb un bloqueig en omega que té el nucli al nord de França.

El patrons 2 i el 8 són d'advecció del nord-oest tot i que el gradient bàric és molt més important el patró 8 que en el patró 2 on el gradient de pressió és molt dèbil.

Els patrons 3 i 5 es poden qualificar com advecció del nord-est si bé el patró 3 és advecció del nord-est anticiclònica i el patró 5 com flux del nord-est.

Els patró 6 es pot caracteritzar com una advecció del nord-est, amb un índex de circulació negatiu (NAO negativa), mentre que el patró 7 es tracta d'un anticicló amb una advecció del sud-oest en nivells mitjans i alts troposfèrics, amb l'arribada d'una massa d'aire tropical marítima, l'índex de circulació zonal és elevat en el patró 7 i baix en el patró 6.

Les situacions anticiclòniques són les més freqüents en dies d'illa de calor intensa, juntament amb les adveccions del nord-est i nord-oest. A l'estiu el pantà baromètric és el mapa sinòptic més típic dels dies d'illa de calor intensa.

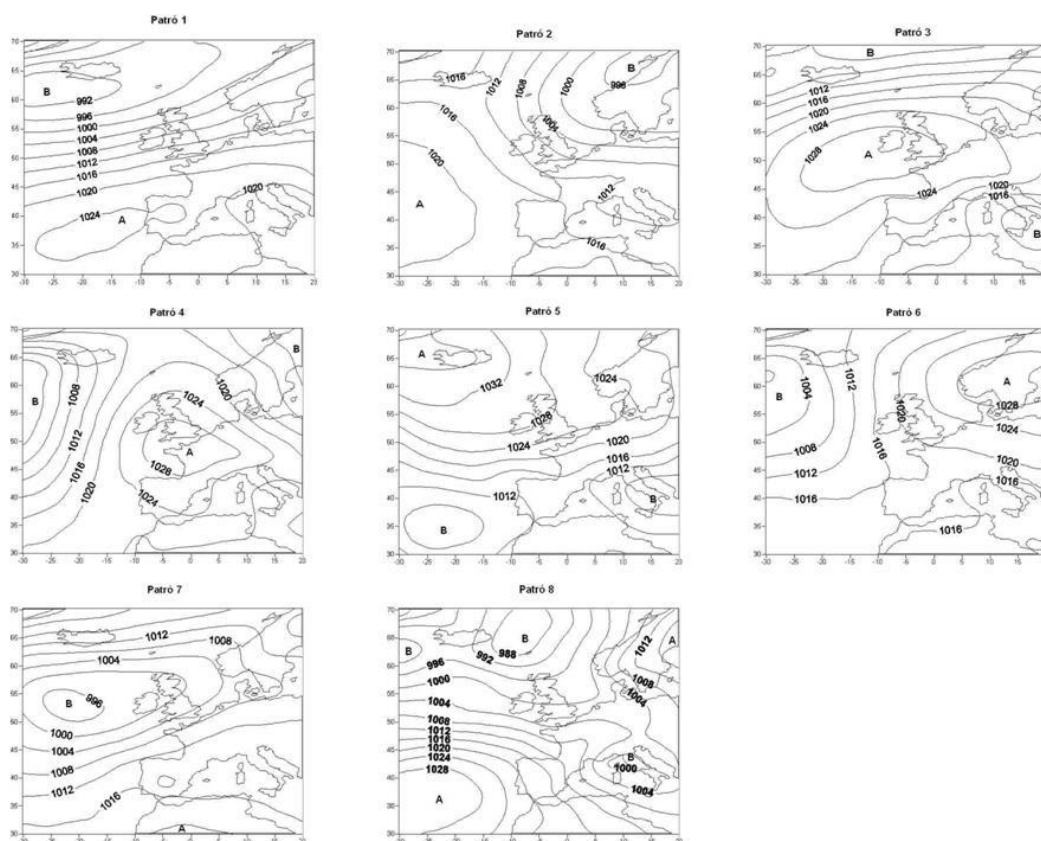


Figura 5.201 Mapes isobàrics en superfície dels diferents patrons sinòptics d'una intensa illa de calor urbana de Girona ($>=6^{\circ}\text{C}$) d'una mostra de 187 transsectes tèrmics. Resolució anual. Període 2002-2010. Elaboració pròpia a partir de l'anàlisi de components principals amb ajut del software SPSS.

Taula 5.116 Freqüència relativa estacional i anual dels diferents patrons sinòptics d'una intensa illa de calor urbana de Girona ($>=6^{\circ}\text{C}$) d'una mostra de 187 transsectes tèrmics. Període 2001-2011. Elaboració pròpia a partir de l'anàlisi de components principals amb ajut del software SPSS.

Patró	Freq.abs.	Freq.rel.	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
1	97	51,9	52,6	14,4	7,2	25,8
2	31	16,6	38,7	25,8	9,7	25,8
3	21	11,2	52,4	14,3	19,0	14,3
4	10	5,3	60,0	20,0	10,0	10,0
5	3	1,6	66,7	33,3	0,0	0,0
6	15	8,0	26,7	33,3	6,7	33,3
7	8	4,3	25,0	12,5	25,0	37,5
8	2	1,1	0,0	50,0	0,0	50,0
Total/Mitjana	187	100.0	40,3	25,5	9,7	24,6

El patró 1 és el més freqüent, el 51,9 % dels dies analitzats amb forta illa de calor tenien aquest patró sinòptic. És una situació sinòptica caracteritzada per una circulació zonal, i amb una advecció càlida. En canvi els patrons 5 i 8 eren les situacions sinòptiques menys freqüents. Pel que fa a la prevalença de cada estació, l'hivern és l'estació predominant en cinc dels vuit patrons, només els patrons sis, set i vuit no ho és. En el patró sis (pont anticlònic) tenim la primavera i tardor les estacions en què predomina aquest mode sinòptic. La tardor és l'estació més freqüent que predomina

en el patró set (pantà baromètric, i la primavera és l'estació predominant en el patró vuit.

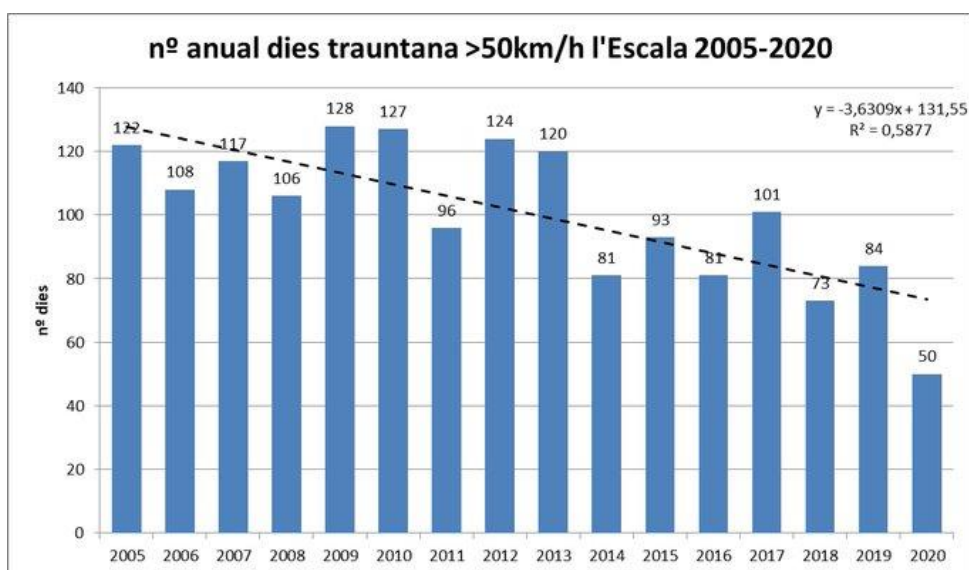


Figura 5.202 Nombre anual de dies de tramuntana >50 Km/h a l'Escala en el període 2005-2020. Font: Sergi Corral. Disponible a: <https://radiopalafugell.cat/el-2020-va-ser-lany-amb-menys-tramuntana>

La figura 5.166 ens permet observar un descens en el nombre de dies de tramuntana relativament forta a l'Escala (ratxes superiors a 50 Km/h). Hem plantejat una hipòtesi, aquest descens del nombre de dies de tramuntana a l'Alt Empordà i a la Costa Brava pot afectar la intensitat de l'illa de calor de Girona tant pel que fa als dies amb molt intensa illa de calor com a la intensitat mitjana de l'illa de calor anual i estacional. Amb aquest objectiu hem correlacionat el nombre de dies de tramuntana forta a l'Escala tant amb els dies amb forta illa de calor com amb la intensitat mitjana de l'illa de calor en el període 2005-2017.

Taula 5.117 Correlació entre els dies amb molt intensa illa de calor de Girona (diferència en les mínimes $\geq 6^{\circ}\text{C}$ entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC) i el nombre de dies anual amb ratxes >50 Km/h a l'Escala. Període 2005-2017.

Any	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
0,39	-0,58	0,36	0,37	0,21

La tramuntana té un efecte oposat en la intensitat de l'illa de calor urbana a Girona entre l'hivern i les altres 3 estacions astronòmiques, mentre la correlació és negativa entre el nombre de dies amb molt intensa illa de calor a l'hivern, és positiva a la resta de l'any. Això significa que durant l'hivern si tenim molts dies amb la tramuntana hi ha una probabilitat elevada que tinguem menys dies amb una elevada intensitat de l'illa de calor urbana a la ciutat de Girona, mentre que a la resta de l'any succeeix el fenomen invers, quan bufa tramuntana és més probable que tinguem molts dies amb intensa illa de calor urbana. L'explicació d'aquest comportament diferent a l'hivern és complexa, s'hauria de recórrer a anàlisis objectius de les situacions sinòptiques per explicar les diferències observades en dies amb tramuntana, com per exemple la classificació sinòptica objectiva de Jenkinson i Collison (MARTÍN VIDE *et al.*, 2016). En l'article esmentat s'aplica aquesta classificació per delimitar els patrons sinòptics dels dies amb una illa de calor intensa a la ciutat de Barcelona.

Taula 5.118 Correlació entre la intensitat mitjana de l'illa de calor estacional i anual de Girona i el nombre de dies anuals amb ratxes >50 Km/h a l'Escala. Període 2005-2017.

Any	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
0,25	-0,58	0,34	0,06	0,21

La correlació entre les diferències de les mínimes entre Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC és força baixa, el valor absolut de la correlació és inferior a 0,4 en 3 estacions astronòmiques i només supera 0,5 a l'hivern. I de la mateixa forma com succeeix amb els dies amb intensa illa de calor les correlacions són positives a la primavera, estiu i tardor, i negatives a l'hivern. No obstant, el valor de la correlació d'estiu (0,06) és molt proper a 0, la qual cosa indica que la correlació entre les dues variables és nul·la. A l'estiu el baix nombre de dies de tramuntana intensa a l'estiu a l'Escala i la poca influència en la intensitat de l'illa de calor gironina impliquen que la tramuntana no sigui un factor destacable en la magnitud de l'illa de calor gironina. Per tant com més alt sigui el nombre de dies de tramuntana major serà la intensitat de l'illa de calor urbana a la primavera i a la tardor i també serà major la diferència anual en les mínimes dels dos observatoris esmentats. Per tant una hipòtesi del descens de la intensitat de l'illa de calor mitjana a Girona és el descens del nombre de dies de tramuntana, tot i que els valors absoluts de les correlacions són baixos, són inferiors a 0,4, amb l'excepció de l'hivern. De forma anàloga els dies amb intensa illa de calor de 3 estacions astronòmiques tampoc tenen una correlació bona amb el nombre de dies de tramuntana, però és positiva, en canvi la correlació és bastant satisfactòria a l'hivern, però és negativa.

5.14 Conclusions del capítol

- 1) La intensitat màxima de l'illa de calor observada en un transsecte, 12,1° es va assolir a les 20,02 hores del dia 31 de desembre de 2007. La 2ª intensitat més elevada, 11,8°, es dona a les 20,30 hores del 21 de desembre de 2006. La intensitat màxima és molt superior a la teòrica d'Oke tenint en compte la població de la ciutat de Girona, 6,2°.
- 2) La nuvolositat és el factor meteorològic que influeix més en la intensitat de la illa de calor. La pressió atmosfèrica i la velocitat del vent també són variables significatives.
- 3) La intensitat de la illa de calor varia en funció de l'hora de la nit. Així la intensitat màxima de la illa de calor es produeix entre 2 i 3 hores després de la posta de sol.
- 4) Les matinades amb illa de calor intensa són més freqüents durant la primavera i menys freqüents durant la tardor. En canvi els transsectes amb elevada illa de calor són més freqüents a l'hivern i són més rars a la primavera.
- 5) La situació sinòptica que afavoreix més les intensitats elevades d'illa de calor és l'anticicló. En segon lloc trobem el pantà baromètric. Les adveccions de l'oest i del sud són les situacions amb baixa pressió que afavoreixen més les intensitats altes.
- 6) La forma de la illa de calor de Girona és en forma de punxa en els transsectes amb temps estable.
- 7) No es compleix el corpus teòric de la climatologia urbana segons el qual el màxim tèrmic es dona a sotavent de la ciutat, amb vents fluixos i moderats sovint el màxim tèrmic es dona en les àrees més ventoses i a sobrevent de la ciutat de Girona.

Capítol 6

Índex de continguts

6	La precipitació urbana.....	531
6.1	Mètode de comparació pluviomètrica dels observatoris meteorològics	531
6.1.2	Anàlisi històrica de les sèries dels 30 observatoris de l'àrea urbana de Girona	546
6.2	Estudi de les precipitacions convectives	565
6.2.1	La intensitat de la precipitació a l'àrea urbana de Girona.....	573
6.2.2	La intensitat de la precipitació a l'àrea urbana de Girona.....	627
6.3	Anàlisi de l'efecte urbà en la precipitació mitjançant el radar	666
6.4	El cicle setmanal de la precipitació	712
6.5	Distribució horària de la precipitació	714
6.6	Anàlisi dels factors que influeixen en la precipitació.....	747
6.7	Precipitació i situacions atmosfèriques	751
6.8	Anàlisi de la tendència de les precipitacions estacionals de diferents intervals horaris (període 1937-77).....	753
6.9	Conclusions del capítol.....	765

Índex de figures

FIGURA 6.1	DIFERÈNCIA EN LA PRECIPITACIÓ ANUAL. GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA (AEROPORT). PERÍODE 1972-2008..	533
FIGURA 6.2	DIFERÈNCIA EN LA PRECIPITACIÓ DE L'HIVERN. GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA (AEROPORT). PERÍODE 1972-2008.	534
FIGURA 6.3	DIFERÈNCIA EN LA PRECIPITACIÓ DE LA PRIMAVERA. GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA (AEROPORT). PERÍODE 1972-2008.	535
FIGURA 6.4	DIFERÈNCIA EN LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU. GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA (AEROPORT). PERÍODE 1972-2008.	535
FIGURA 6.5	DIFERÈNCIA EN LA PRECIPITACIÓ DE LA TARDOR. GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA (AEROPORT). PERÍODE 1972-2008.	536
FIGURA 6.6	DIFERÈNCIA DE PRECIPITACIÓ ANUAL GIRONA (BELL-LLOC)-VIDRERES. PERÍODE 1998-2012.	537
FIGURA 6.7	DIFERÈNCIA DE PRECIPITACIÓ. GIRONA (BELL-LLOC)-VIDRERES. ESTIU. PERÍODE 1998-2012.	537
FIGURA 6.8	DIFERÈNCIA DE PRECIPITACIÓ ANUAL GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA-BANYOLES. PERÍODE 1984-2012.	538
FIGURA 6.9	DIFERÈNCIA DE PRECIPITACIÓ ESTIUENCA. GIRONA (BELL-LLOC)-GIRONA-BANYOLES. PERÍODE 1984-2012..	539
FIGURA 6.10	DIFERÈNCIA DE PRECIPITACIÓ. GIRONA-VIDRERES. ESTIU. PERÍODE 1998-2012.	539

FIGURA 6.11 DIFERÈNCIA PRECIPITACIÓ GIRONA (BELL-LLOC)-SANTA COLOMA DE FARNERS. ESTIU. PERÍODE 1978-2011.	540
FIGURA 6.12 DIFERÈNCIA PRECIPITACIÓ. GIRONA-SANTA COLOMA DE FARNERS. ESTIU. PERÍODE 1978-2011.....	541
FIGURA 6.13 DIFERÈNCIA PRECIPITACIÓ. GIRONA-CASSÀ DE LA SELVA (SOBREVENT). ESTIU.....	542
FIGURA 6.14 DIFERÈNCIA URBANO-RURAL EN LA PRECIPITACIÓ. PRIMAVERA. GIRONA-OBSERVATORIS DE SOTAVENT. PERÍODE 2002-11.....	542
FIGURA 6.15 DIFERÈNCIA URBANO-RURAL EN LA PRECIPITACIÓ. ESTIU. GIRONA-OBSERVATORIS DE SOTAVENT. PERÍODE 2002-11.....	543
FIGURA 6.16 DIFERÈNCIA URBANO-RURAL EN LA PRECIPITACIÓ. TARDOR. GIRONA-OBSERVATORIS DE SOTAVENT. PERÍODE 2002-11.....	544
FIGURA 6.17 DIFERÈNCIA PRECIPITACIÓ. GIRONA-CASSÀ DE LA SELVA. ESTIU. PERÍODE 1937-2010.....	545
FIGURA 6.18 DIFERÈNCIA PRECIPITACIÓ. GIRONA-BANYOLES. ESTIU. PERÍODE 1984-2009.....	546
FIGURA 6.19 TENDÈNCIA PRECIPITACIÓ DELS OBSERVATORIS EN RELACIÓ A L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	547
FIGURA 6.20 TENDÈNCIA PRECIPITACIÓ DELS OBSERVATORIS DE L'ESTIU EN RELACIÓ A L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.....	548
FIGURA 6.21 CONTRIBUCIÓ RELATIVA (%) DE LA PRECIPITACIÓ ESTIUENCA RESPECTE LA PRECIPITACIÓ TOTAL ANUAL. PERÍODE 1998-2014.....	550
FIGURA 6.22 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ HIVERNAL. PERÍODE 1998-2014.....	551
FIGURA 6.23 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ ANUAL. PERÍODE 1998-2014.....	552
FIGURA 6.24 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU. PERÍODE 1998-2014.....	553
FIGURA 6.25 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ DE TARDOR. PERÍODE 1998-2014.....	555
FIGURA 6.26 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ DE PRIMAVERA. PERÍODE 1998-2014.....	556
FIGURA 6.27 PERCENTATGE DE LA PRECIPITACIÓ URBANO/RURAL ESTACIONAL. PERÍODE 1998-2014.	557
FIGURA 6.28 PRECIPITACIÓ ESTACIONAL SEGONS DIFERENTS USOS DEL SÒL. PERÍODE 1998-2014.	559
FIGURA 6.29 PERCENTATGE (%) DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL RESPECTE LA PRECIPITACIÓ ANUAL. ZONES EN FUNCIÓ DE LA DIRECCIÓ PREDOMINANT DEL VENT EN ELS DIES DE PRECIPITACIÓ. PERÍODE 1998-2014.....	559
FIGURA 6.30 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ SOTAVENT/SOBREVENT. PERÍODE 1998-2014.	560
FIGURA 6.31 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ MITJANA ANUAL. PERÍODE 1998-2014.	562
FIGURA 6.32 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ MITJANA ANUAL. PERÍODE 1998-2004.	562
FIGURA 6.33 MAPA D'ISOHETES DE LA PRECIPITACIÓ MITJANA ANUAL. PERÍODE 2005-2010.	564
FIGURA 6.34 ROSA DELS VENTS DELS DIES DE PRECIPITACIÓ INTENSA A L'OBSERVATORI DE GIRONA-CIUTADANS. PERÍODE 2003-2011.....	565
FIGURA 6.35 PRECIPITACIÓ MITJANA MÀXIMA EN 24 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	566
FIGURA 6.36 ROSA DELS VENTS AMB PRECIPITACIÓ IGUAL O SUPERIOR A 1 MM.	567
FIGURA 6.37 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN 24 HORES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998- 2014.....	568

FIGURA 6.38 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA DE TARDOR DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	570
FIGURA 6.39 INTENSITAT MÀXIMA DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL. PERÍODES DE 5 MINUTS. PERÍODE 2003-2011.	574
FIGURA 6.40 INTENSITAT MÀXIMA DE LA PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS ÀREES. PERÍODES DE 5 MINUTS. PERÍODE 2003-2011.	575
FIGURA 6.41 FREQUÈNCIA ESTACIONAL DE PERÍODES DE 5 MINUTS AMB INTENSITAT SUPERIOR A 60 MM/H. PERÍODE 2003- 2011.	576
FIGURA 6.42. INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA SEGONS DIFERENTS INTERVALS DE TEMPS EN DIFERENTS OBSERVATORIS. PERÍODE 2003-11. OBSERVATORIS D'AIGÜES DE GIRONA, SALT I SARRIÀ DE TER I DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA.	578
FIGURA 6.43 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN UN PERÍODE DE RETORN DE 10 ANYS EN RELACIÓ AMB L'ÚS DEL SÒL PREDOMINANT DELS OBSERVATORIS. PERÍODE 2003-2011.	579
FIGURA 6.44 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN UN PERÍODE DE RETORN DE 10 ANYS EN RELACIÓ AMB LA	580
FIGURA 6.45 MAPA D'ISOHETES. FREQUÈNCIA DE LA PRECIPITACIÓ IGUAL O SUPERIOR A 30 MM EN DIA DE TEMPESTA. ÀREA URBANA DE GIRONA.	586
FIGURA 6.46 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DE SW. ÀREA URBANA DE GIRONA.	587
FIGURA 6.47 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DEL N. ÀREA URBANA DE GIRONA.	588
FIGURA 6.48. MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DEL NE. ÀREA URBANA DE GIRONA.	589
FIGURA 6.49 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DE NW. ÀREA URBANA DE GIRONA.	590
FIGURA 6.50 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DE S. ÀREA URBANA DE GIRONA.	591
FIGURA 6.51 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DE L'W. ÀREA URBANA DE GIRONA.	592
FIGURA 6.52 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DE L'E. ÀREA URBANA DE GIRONA.	593
FIGURA 6.53 MAPA D'ISOHETES. PRECIPITACIÓ MITJANA EN DIA DE TEMPESTA AMB VENT DEL SE. ÀREA URBANA DE GIRONA.	593
FIGURA 6.54 MITJANA DE LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA ANUAL EN DIFERENTS ZONES I SEGONS L'ÚS DEL SÒL SEGONS LA DIRECCIÓ DEL VENT PREDOMINANT EN DIES DE PLUJA A L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	595
FIGURA 6.55 PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN 60 MINUTS DELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998- 2014.	595
FIGURA 6.56 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 30 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	596
FIGURA 6.57 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 30 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.ACLARIMENT GIRONA-MONTJUÏC (A): GIRONA-MONTJUÏC AIGÜES.....	597

FIGURA 6.58 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 10 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ. ACLARIMENT GIRONA-MONTJUÏC (A): GIRONA-MONTJUÏC AIGÜES	597
FIGURA 6.59 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 5 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	598
FIGURA 6.60 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MITJANA MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN INTERVALS DE 5, 10, 30 I 60 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA EN DIFERENTS ZONES SEGONS EL VENT A L'AEROPORT EN ELS DIES DE PRECIPITACIÓ. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	599
FIGURA 6.61 FREQUÈNCIA MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN DIES DE TEMPESTA RESPECTE EL CÒMPUT ANUAL I TOTA L'ÀREA D'ESTUDI EN DIFERENTS ZONES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014. DE DALT A BAIX GRÀFIQUES DE LA ZONA INDIFERENT, DE SOBREVENT I SOTAVENT.	601
FIGURA 6.62 FREQUÈNCIA ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN DIES DE TEMPESTA RESPECTE EL CÒMPUT ANUAL I TOTA L'ÀREA D'ESTUDI EN DIFERENTS ZONES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	602
FIGURA 6.63 FREQUÈNCIA ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA SEGONS ELS USOS DEL SÒL PREDOMINANT DELS DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE TEMPESTA RESPECTE EL NOMBRE TOTAL ANUAL DE TEMPESTES DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	603
FIGURA 6.64 PRECIPITACIÓ MINUTAL MITJANA DE LES INTENSITATS MÀXIMES ANUALS (MM/MINUT) DE LES ESTACIONS ASTRONÒMIQUES DE VARIS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA. VARIS PERÍODES D'OBSERVACIÓ. PERÍODE 1998-2014.	604
FIGURA 6.65 MITJANA ANUAL DE MINUTS DE PRECIPITACIÓ INTENSA ≥ 1 MM DE VARIS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS EN LES DIFERENTS ESTACIONS METEOROLÒGIQUES. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	605
FIGURA 6.66 INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ MITJANA MÀXIMA ANUAL (MM/MINUT) PER ZONES. ZONA INDIFERENT I ZONA DE SOBREVENT. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	607
FIGURA 6.67 MITJANA ANUAL DE MINUTS AMB INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ DE PRECIPITACIÓ ≥ 1 MM/MINUT. PER ZONES I DIFERENTS ESTACIONS ASTRONÒMIQUES. ZONA INDIFERENT I ZONA DE SOBREVENT. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	608
FIGURA 6.68 MITJANA ANUAL DE MINUTS DE PRECIPITACIÓ INTENSA ≥ 1 MM DE VARIS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS EN LES DIFERENTS ESTACIONS METEOROLÒGIQUES VERSUS LA MÀXIMA PRECIPITACIÓ MINUTAL ANUAL. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	609
FIGURA 6.69 MITJANA ANUAL DE MINUTS DE PRECIPITACIÓ INTENSA ≥ 1 MM DE VARIS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS EN LES DIFERENTS ESTACIONS METEOROLÒGIQUES A LA ZONA INDIFERENT I DE SOBREVENT. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	610
FIGURA 6.70 PRECIPITACIÓ DE DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS (1 A 3 MINUTAL) A L'OBSERVATORI DE FORNELLS DE LA SELVA-SMC. 21 D'OCTUBRE DE 2012.	611
FIGURA 6.71 PRECIPITACIÓ MÀXIMA 5 MINUTAL DE LES TEMPESTES VERSUS DURADA. ZONA INDIFERENT.	612
FIGURA 6.72 PRECIPITACIÓ MÀXIMA 5 MINUTAL DE LES TEMPESTES VERSUS DURADA. ZONA DE SOTAVENT.....	613
FIGURA 6.73 PRECIPITACIÓ MÀXIMA 5 MINUTAL DE LES TEMPESTES VERSUS DURADA. ZONA DE SOTAVENT.....	613
FIGURA 6.74 PRECIPITACIÓ MITJANA I MÀXIMA ACUMULADA A LA ZONA DE SOTAVENT EN VÀRIES TEMPESTES ANALITZADES.	614
FIGURA 6.75 PRECIPITACIÓ MITJANA I MÀXIMA ACUMULADA A LA ZONA DE SOBREVENT EN VÀRIES TEMPESTES ANALITZADES.	614
FIGURA 6.76 PRECIPITACIÓ MITJANA I MÀXIMA ACUMULADA A LA ZONA INDIFERENT EN VÀRIES TEMPESTES ANALITZADES.	615

FIGURA 6.77 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL IGUAL O SUPERIOR A UN DETERMINAT LLINDAR EN LA ZONA INDIFERENT VÀRIES TEMPESTES ANALITZADES. ZONA INDIFERENT. PERÍODE 2003-2014.	616
FIGURA 6.78 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL IGUAL O SUPERIOR A UN DETERMINAT LLINDAR EN LA ZONA INDIFERENT DE VÀRIES TEMPESTES ANALITZADES. ZONA DE SOTAVENT. PERÍODE 2003-2014.	616
FIGURA 6.79 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL IGUAL O SUPERIOR A UN DETERMINAT LLINDAR EN LA ZONA INDIFERENT DE VÀRIES TEMPESTES ANALITZADES. ZONA DE SOBREVENT. PERÍODE 2003-2014.....	617
FIGURA 6.80 HIETOGRAMA MITJÀ DE BLOCS ALTERNATS DE LA INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ DE LES TEMPESTES A LA ZONA INDIFERENT D'UNA TEMPESTA IDEAL DE 60 MINUTS DE DURADA. PERÍODE 2003-2014.	618
FIGURA 6.81 HIETOGRAMA MITJÀ DE BLOCS ALTERNATS DE LA INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ DE LES TEMPESTES A LA ZONA INDIFERENT D'UNA TEMPESTA IDEAL DE 60 MINUTS DE DURADA. PERÍODE 2003-2014.	619
FIGURA 6.82 HIETOGRAMA MITJÀ DE BLOCS ALTERNATS DE LA INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ DE LES TEMPESTES A LA ZONA INDIFERENT D'UNA TEMPESTA IDEAL DE 60 MINUTS DE DURADA. PERÍODE 2003-2014.	619
FIGURA 6.83 HIETOGRAMA MITJÀ DE BLOCS ALTERNATS DE LA INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ DE LA TEMPESTA DE SARRIÀ DE TER-AIGÜES DEL DIA 20 DE JULIOL DE 2014.	621
FIGURA 6.84 HIETOGRAMA MITJÀ DE BLOCS ALTERNATS DE LA INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ DE LA TEMPESTA DE L'OBSERVATORI DE FORNELLS DE LA SELVA-SMC DEL DIA 11 DE JULIOL DE 2013.	622
FIGURA 6.85 CORBA IDF (INTENSITAT-DURADA-FREQUÈNCIA) PER LES TEMPESTES DE LA ZONA INDIFERENT. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	622
FIGURA 6.86 CORBA IDF (INTENSITAT-DURADA-FREQUÈNCIA) PER LES TEMPESTES DE LA ZONA DE SOTAVENT. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	623
FIGURA 6.87 CORBA IDF (INTENSITAT-DURADA-FREQUÈNCIA) PER LES TEMPESTES DE LA ZONA DE SOBREVENT. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	623
FIGURA 6.88 PRECIPITACIÓ MÀXIMA 5 MINUTAL EN DIFERENTS OBSERVATORIS. ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	624
FIGURA 6.89 MITJANA ANUAL DE PERÍODES 5 MINUTALS AMB PRECIPITACIÓ CONVECTIVA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ	625
FIGURA 6.90 PRECIPITACIÓ MITJANA ACUMULADA DE PERÍODES 5 MINUTALS DURANT LES TEMPESTES AMB PRECIPITACIÓ>=15 MM EN DIFERENTS OBSERVATORIS. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	625
FIGURA 6.91 INTENSITAT MÀXIMA DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL. PERÍODES DE 5 MINUTS. PERÍODE 2003-2011.	628
FIGURA 6.92 INTENSITAT MÀXIMA DE LA PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS ÀREES. PERÍODES DE 5 MINUTS. PERÍODE 2003-2014.	629
FIGURA 6.93 FREQUÈNCIA ESTACIONAL DE PERÍODES DE 5 MINUTS AMB INTENSITAT IGUAL O SUPERIOR A 60 MM/H. PERÍODE 2003-2014.	630
FIGURA 6.94 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA DE DIFERENTS OBSERVATORIS SEGONS DIFERENTS INTERVALS DE TEMPS. PERÍODE 2003-11.	631
FIGURA 6.95 PRECIPITACIÓ MÀXIMA DIÀRIA EN DIFERENTS ZONES SEGONS LA DIRECCIÓ DEL VENT PREDOMINANT EN DIES DE PLUJA I L'ÚS DEL SÒL	634
FIGURA 6.96 PRECIPITACIÓ MÀXIMA EN 60 MINUTS DELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.	635
FIGURA 6.97 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 30 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.	636

FIGURA 6.98 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 10 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	637
FIGURA 6.99 INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN 5 MINUTS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES DE MINUTS D'OBSERVACIÓ.	638
FIGURA 6.100 INTENSITAT MÉS ELEVADA DE LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA PER HORA RECOLLIDA EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS PELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.	639
FIGURA 6.101 FREQUÈNCIA RELATIVA DE L'OBSERVATORI AMB LA MÀXIMA PRECIPITACIÓ CONVECTIVA DIÀRIA ≥ 30 MM EN RELACIÓ AMB TOTES LES TEMPESTES DEL PERÍODE 1998-2014.	641
FIGURA 6.102 FREQUÈNCIA RELATIVA DE LA MÀXIMA PRECIPITACIÓ CONVECTIVA DIÀRIA ≥ 30 MM EN RELACIÓ AMB TOTES LES TEMPESTES DEL PERÍODE 1998-2014 SEGONS L'ÚS DEL SÒL I LA ZONA EN RELACIÓ AMB EL VENT EN SUPERFÍCIE A L'AEROPORT DE GIRONA.	642
FIGURA 6.103 FREQUÈNCIA RELATIVA DEL NOMBRE DE DIES DE PRECIPITACIÓ CONVECTIVA DIÀRIA IGUAL O SUPERIOR A 30 MM PER MUNICIPI RESPECTE EL TOTAL DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	643
FIGURA 6.104 PRECIPITACIÓ MITJANA DIÀRIA DE DIFERENTS ZONES I USOS DEL SÒL DEL DIA QUAN LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA CONVECTIVA IGUALA O SUPERA ELS 30 MM EN ALGUN OBSERVATORI DE L'ÀREA D'ESTUDI..PERÍODE 1998-2014....	645
FIGURA 6.105 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL A DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 7 D'AGOST DE 2014.	645
FIGURA 6.106 DIRECCIÓ DEL VENT 5 MINUTAL A GIRONA-BONASTRUC. DIA 7 D'AGOST DE 2014. DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT: 146,2º (VENT DE SE).	646
FIGURA 6.107 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL A DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 22 D'AGOST DE 2014.	646
FIGURA 6.108 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL A DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 22 D'AGOST DE 2014.	648
FIGURA 6.109 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL A DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 6 DE JULIOL DE 2006.	648
FIGURA 6.110 DIRECCIÓ SEMIHORÀRIA DEL VENT. 6 DE JULIOL DE 2006. GIRONA-IES VICENS VIVES.	649
FIGURA 6.111 DIRECCIÓ 5 MINUTAL DEL VENT. 7 D'AGOST DE 2014. GIRONA-BONASTRUC.	649
FIGURA 6.112 PRECIPITACIÓ SEMIHORÀRIA DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 10 D'OCTUBRE DE 1994.	650
FIGURA 6.113 DIRECCIÓ DEL VENT SEMIHORÀRIA DE SARRIÀ DE TER-XVPCA. 10 D'OCTUBRE DE 1994. DIRECCIÓ DEL VENT MITJANA: 197º (VENT DEL S).	650
FIGURA 6.114 PRECIPITACIÓ SEMIHORÀRIA DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 12 DE NOVEMBRE DE 1999.	651
FIGURA 6.115 DIRECCIÓ SEMIHORÀRIA DEL VENT DE FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA. 12 DE NOVEMBRE DE 1999. DIRECCIÓ DEL VENT MITJANA: 39º (VENT DEL NE).	652
FIGURA 6.116 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 26 DE JULIOL DE 2011.	652
FIGURA 6.117 DIRECCIÓ SEMIHORÀRIA DEL VENT DE GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. 26 DE JULIOL DE 2011. DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT: 256º (VENT DE L'W).	653
FIGURA 6.118 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 20 D'AGOST DE 2005.	653

FIGURA 6.119 DIRECCIÓ DEL VENT SEMIHORÀRIA A GIRONA-DEVESA-XVPCA. DIA 20 D'AGOST DE 2005. DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT: 238º (VENT DEL SW).....	654
FIGURA 6.120 DIRECCIÓ DEL VENT 5 MINUTAL A GIRONA-BONASTRUC. DIA 22 D'AGOST DE 2014. DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT: 130,6º (VENT DE SE).....	654
FIGURA 6.121 DIRECCIÓ DEL VENT SEMIHORÀRIA A GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. DIA 26 DE JULIOL DE 2011. DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT: 144º (VENT DEL SE).....	655
FIGURA 6.122 PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. 0,25 HORES-1,30 HORES DEL DIA 29 D'AGOST DE 2014.	655
FIGURA 6.123 DIRECCIÓ DEL VENT SEMIHORÀRIA A GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. DIES 28 I 29 D'AGOST DE 2014. DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT: 173,9º (VENT DEL S).	656
FIGURA 6.124 PERCENTATGE DE DIES PER ESTACIONS ASTRONÒMIQUES DE PRECIPITACIÓ 5 MINUTAL AMB INTENSITAT IGUAL O SUPERIOR A 60 MM/H RESPECTE EL TOTAL ANUA DE DIFERENTS ESTACIONS METEOROLÒGIQUES.....	657
FIGURA 6.125 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES.	658
FIGURA 6.126 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DEL NORD.	659
FIGURA 6.127 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DEL NORD-EST.....	660
FIGURA 6.128 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DE L'EST.....	661
FIGURA 6.129 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DEL SUD-EST.	662
FIGURA 6.130 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DEL SUD.	663
FIGURA 6.131 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DEL SUD-OEST.....	664
FIGURA 6.132 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DE L'OEST.....	665
FIGURA 6.133 PRECIPITACIÓ MITJANA DE LES TEMPESTES AMB VENT DEL NORD-OEST.....	666
FIGURA 6.134 IMATGES DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 13 DE JUNY DE 2008. 15,48-16,36 HORES T.U.....	667
FIGURA 6.135 MAPA D'ISOHETES DEL 13 DE JUNY DE 2008. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	668
FIGURA 6.136 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPA. 13 DE JUNY DE 2008. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	669
FIGURA 6.137 IMATGES DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. ALTURA 1 KM. 13 DE JUNY DE 2008. 14,06 HORES T.U.....	670
FIGURA 6.138 MAPA D'ISOHETES DEL 17 DE JUNY DE 2008. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	671
FIGURA 6.139 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPA. 17 DE JUNY DE 2008. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	672
FIGURA 6.140 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPA. 1 DE JULIOL DE 2008. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	673
FIGURA 6.141 IMATGES DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 1 DE JULIOL DE 2008. 14,00-14,36 HORES T.U.....	674
FIGURA 6.142 MAPA D'ISOHETES DE L'1 DE JULIOL DE 2008. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	675
FIGURA 6.143 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPA. 17 D'ABRIL DE 2009. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE	676

FIGURA 6.144 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPa. 17 D'ABRIL DE 2009. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	678
FIGURA 6.145 MAPA D'ISOHETES DEL 17 D'ABRIL DE 2009. ÀREA URBANA DE GIRONA.	679
FIGURA 6.146 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPa. 6 DE JULIOL DE 2006. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	680
FIGURA 6.147 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 6 DE JULIOL DE 2006. 13,24-13,54 HORES T.U.	681
FIGURA 6.148 MAPA D'ISOHETES DEL 6 DE JULIOL DE 2006. ÀREA URBANA DE GIRONA.	682
FIGURA 6.149 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPa. 3 D'AGOST DE 2006. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	683
FIGURA 6.150 MAPA D'ISOHETES DEL 3 D'AGOST DE 2006. ÀREA URBANA DE GIRONA.	684
FIGURA 6.151 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 3 D'AGOST DE 2006. 15,48-16,18 HORES T.U.	685
FIGURA 6.152 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 12 D'AGOST DE 2006. 14,00-14,37 HORES T.U.	686
FIGURA 6.153 MAPA D'ISOHETES DEL 12 D'AGOST DE 2006. ÀREA URBANA DE GIRONA.	687
FIGURA 6.154 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPa. 12 D'AGOST DE 2006. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	688
FIGURA 6.155 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 12 D'AGOST DE 2006. 14,00-14,37 HORES T.U.	689
FIGURA 6.156 MAPA D'ISOHETES DEL 20 D'AGOST DE 2005. ÀREA URBANA DE GIRONA.	690
FIGURA 6.157 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 20 D'AGOST DE 2005. 16,30-17,00 HORES T.U.	691
FIGURA 6.158 MAPA D'ISOHETES DEL 25 D'AGOST DE 2006. ÀREA URBANA DE GIRONA.	692
FIGURA 6.159 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 25 D'AGOST DE 2006. 17,30-18,00 HORES T.U.	693
FIGURA 6.160 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 24 D'AGOST DE 2003. 17,24-18,12 HORES T.U.	694
FIGURA 6.161 MAPA D'ISOHETES DEL 24 D'AGOST DE 2003. ÀREA URBANA DE GIRONA.	695
FIGURA 6.162 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPa. 4 DE JUNY DE 2007. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	696
FIGURA 6.163 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 4 DE JUNY DE 2007. 16,42-17,30 HORES T.U.	697
FIGURA 6.164 MAPA D'ISOHETES DEL 4 DE JUNY DE 2007. ÀREA URBANA DE GIRONA.	698
FIGURA 6.165 IMATGES GIF DEL CAPPI DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA. 18 D'OCTUBRE DE 2006. 16,48-17,30 HORES T.U.	699
FIGURA 6.166 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 hPa. 18 D'OCTUBRE DE 2006. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	700
FIGURA 6.167 MAPA D'ISOHETES DEL 18 D'OCTUBRE DE 2006. ÀREA URBANA DE GIRONA.	701

FIGURA 6.168 MAPA ISOBÀRIC DE SUPERFÍCIE I GEOPOTENCIAL A 500 HPA. 28 DE MARÇ DE 2013. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	702
FIGURA 6.169 IMATGE GIF DE LA COMPOSICIÓ DELS RADARS DEL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA DE LES 19,06 HORES. DIA 28 DE MARÇ DE 2013. FONT: WWW.METEO.CAT.....	703
FIGURA 6.170 IMATGE GIF DEL RADAR DE PUIG D'ARQUES DE LES 18,54 HORES. DIA 28 DE MARÇ DE 2013. FONT: WWW.METEO.CAT.	704
FIGURA 6.171 MAPA D'ISOHETES DEL 28 DE MARÇ DE 2013. ÀREA URBANA DE GIRONA.	705
FIGURA 6.172 MAPA ISOBÀRIC I GEOPOTENCIAL A 500 HPA DEL 26 DE JULIOL DE 2011. 0 HORES SOLARS. FONT: WWW.WETTERZENTRALE.DE.	706
FIGURA 6.173 IMATGE GIF DELS ECO-TOPS DEL RADAR DEL PUIG D'ARQUES. 26 DE JULIOL DE 2011.....	707
FIGURA 6.174 MAPA D'ISOHETES DEL 26 DE JULIOL DE 2011. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	708
FIGURA 6.175 MAPA D'ISOHETES DE LA TEMPESTA DEL 31 D'AGOST DE 2021	709
FIGURA 6.176 MAPA D'ISOHETES DE LA TEMPESTA DEL 30 DE JUNY DE 2017.	711
FIGURA 6.177 HORES DE PRECIPITACIÓ MITJANA ESTACIONALS EN DIFERENTS USOS DEL SÒL. ÀREA URBANA DE GIRONA. ...	715
FIGURA 6.178 HORES DE PRECIPITACIÓ MITJANA ESTACIONALS EN DIFERENTS USOS DEL SÒL. ÀREA URBANA DE GIRONA. ...	715
FIGURA 6.179 PERCENTATGE DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS RESPECTE EL TOTAL DIARI. ZONA DE SOBREVENT.....	716
FIGURA 6.180 PERCENTATGE DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS RESPECTE EL TOTAL DIARI. ZONA DE SOTAVENT.	717
FIGURA 6.181 PERCENTATGE DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS RESPECTE EL TOTAL DIARI. ZONA INDIFERENT.	718
FIGURA 6.182 PERCENTATGE DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS. ZONA DE SOTAVENT....	718
FIGURA 6.183 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS. GIRONA-SANTA EUGÈNIA. PERÍODE 2011-2012	719
FIGURA 6.184 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS. SALT-PLAÇA SANT CUGAT. PERÍODE 1999-2012.	720
FIGURA 6.185 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS. GIRONA-CIUTADANS-AIGÜES. PERÍODE 2003-2011.	721
FIGURA 6.186 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS. GIRONA-PARC DEL MIGDIA. PERÍODE 2010-2012.	722
FIGURA 6.187 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS. GIRONA-MONTJUÏC-AIGÜES. PERÍODE 2003-2011.	723
FIGURA 6.188 PERCENTATGE ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS. GIRONA-PALAU-AIGÜES. PERÍODE 2003-2011.	724
FIGURA 6.189 PERCENTATGE DE PRECIPITACIÓ SEGONS INTERVALS HORARIS. GIRONA-LA VALL DE SANT DANIEL. PERÍODE 2002-2010.	725
FIGURA 6.190 PERCENTATGE DE PRECIPITACIÓ ESTACIONAL DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS. GIRONA-SÈQUIA. PERÍODE 2002-2010.	726
FIGURA 6.191 PERCENTATGE DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS RESPECTE EL TOTAL DIARI. SALT-PLAÇA SANT CUGAT. PERÍODE 1999-2012.....	727

FIGURA 6.192 DIFERÈNCIA EN LA PRECIPITACIÓ DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS ESTACIONALS. GIRONA-PARC DE BOMBERS-FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2001-2007.....	728
FIGURA 6.193 PERCENTATGE TRIHORARI DE LA PRECIPITACIÓ ESTIUENCA RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DE LES ZONES URBANA, RURAL I SUBURBANA.....	728
FIGURA 6.194. PERCENTATGE TRIHORARI DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DE LES ZONES DE SOTAVENT, SOBREVENT I INDIFERENT. ESTIU.....	729
FIGURA 6.195 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DELS OBSERVATORIS URBANS.....	730
FIGURA 6.196 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DELS OBSERVATORIS RURALS.	731
FIGURA 6.197 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DELS OBSERVATORIS SUBURBANS.	732
FIGURA 6.198 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DELS OBSERVATORIS DE LA ZONA INDIFERENT.....	732
FIGURA 6.199 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DELS OBSERVATORIS DE LA ZONA DE SOTAVENT.	733
FIGURA 6.200 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. MITJANA DELS OBSERVATORIS DE LA ZONA DE SOBREVENT.	733
FIGURA 6.201 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-BONASTRUC. PERÍODE 2011-2014.	734
FIGURA 6.202 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-PARC DE BOMBERS (SMC). PERÍODE 2001-2009.....	735
FIGURA 6.203 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. SARRIÀ DE TER-AIGÜES. PERÍODE 2003-2011.	736
FIGURA 6.204 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-MONTJUÏC. PERÍODE 1999-2009.	737
FIGURA 6.205 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. SARRIÀ DE TER-XVPCA. PERÍODE 1992-2003.	738
FIGURA 6.206 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. SANT GREGORI. PERÍODE 2006-2014.....	739
FIGURA 6.207 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-DEVESA-XVPCA. PERÍODE 2004-2011.....	740
FIGURA 6.208 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA. PERÍODE 2011-2014.	741
FIGURA 6.209 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA (SMC). PERÍODE 2011-2014.	742
FIGURA 6.210 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. VILABLAREIX-SMC. PERÍODE 2011-2014.	743
FIGURA 6.211 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 1999-2012.	744

FIGURA 6.212 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-PALAU-AIGÜES. PERÍODE 2003-2011.	745
FIGURA 6.213 PERCENTATGE TRIHORARI ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ RESPECTE EL TOTAL DIARI. GIRONA-CIUTADANS-AIGÜES. PERÍODE 2003-2011.	746
FIGURA 6.214 FREQÜÈNCIA RELATIVA DE LA MÀXIMA PRECIPITACIÓ D'UN INTERVAL HORARI ESTACIONAL RESPECTE EL CÒMPUT ANUAL. PERÍODE 1937-1977.	754
FIGURA 6.215 FREQÜÈNCIA ABSOLUTA ANUAL DE LA MÀXIMA PRECIPITACIÓ RELATIVA D'UN INTERVAL HORARI ESTACIONAL. PERÍODE 1937-1977.	755
FIGURA 6.216 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU DE GIRONA DE L'INTERVAL DE LES 0-7 HORES. PERÍODE 1937-1977.	757
FIGURA 6.217 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU DE GIRONA DE L'INTERVAL DE LES 7-13 HORES. PERÍODE 1937-1977.	757
FIGURA 6.218 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU DE GIRONA DE L'INTERVAL DE LES 13-18 HORES. PERÍODE 1937-1977.	758
FIGURA 6.219 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU DE GIRONA DE L'INTERVAL DE LES 18-24 HORES. PERÍODE 1937-1977.	758
FIGURA 6.220 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE L'ESTIU DE GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	759
FIGURA 6.221 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE L'HIVERN A LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	759
FIGURA 6.222 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE LA PRIMAVERA A LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	760
FIGURA 6.223 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ DE LA TARDOR A LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	761
FIGURA 6.224 EVOLUCIÓ DE LA PRECIPITACIÓ ANUAL DE GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	762
FIGURA 6.225 DISTRIBUCIÓ RELATIVA ESTACIONAL EN DIFERENTS FRANGES HORÀRIES DE LA PRECIPITACIÓ A LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	763
FIGURA 6.226 FREQÜÈNCIA RELATIVA DE LA PRECIPITACIÓ ESTACIONALS DE DIFERENTS INTERVALS HORARIS A GIRONA. PERÍODE 1937-1977.	765
FIGURA 6.227 ZONES PLUVIOMÈTRIQUES HOMOGÈNIES SEGONS LA DISTRIBUCIÓ DE LES TEMPESTES.	768
FIGURA 6.228 MAPA D'ISOLÍNIES DEL NOMBRE DE DIES DE PRECIPITACIÓ MITJANA ANUAL DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014. ACLARIMENT: S'INCLOUEN ELS DIES DE PRECIPITACIÓ OCULTA.	771

Índex de taules

TAULA 6.1 TENDÈNCIA DE LA PRECIPITACIÓ (MM/DÈCADA) SEGONS DIFERENTS ÀREES URBANES. PERÍODE 1998-2011.	549
TAULA 6.2 FREQÜÈNCIA ESTACIONAL D'EPISODIS DE PRECIPITACIÓ AMB INTENSITAT IGUAL O SUPERIOR A 60 MM/H EN DIFERENTS OBSERVATORIS.	576
TAULA 6.3 EPISODIS DE PRECIPITACIÓ ESTACIONAL IGUAL O SUPERIOR A 60 MM/H EN DIFERENTS ÀREES. PERÍODE 1998-2014.	576
TAULA 6.4 FREQÜÈNCIA ESTACIONAL DE PERÍODES DE 5 MINUTS AMB INTENSITAT SUPERIOR A 60 MM/H DE DIFERENTS ÀREES. PERÍODE 2003-2011.	577
TAULA 6.5 INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ MÀXIMA ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ AMB INTENSITAT IGUAL O SUPERIOR A 60 MM/H. 5 MINUTS. PERÍODE 2003-2011.	580

TAULA 6.6 PRECIPITACIÓ MITJANA DIÀRIA DE LES TEMPESTES A L'ÀREA URBANA DE GIRONA.	585
TAULA 6.7 TENDÈNCIA DE LA PRECIPITACIÓ D'ESTIU DELS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA EN COMPARACIÓ A L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2010.	594
TAULA 6.8 TENDÈNCIA DE LA PRECIPITACIÓ D'ESTIU SEGONS LA ZONA. PERÍODE 1998-2010.	594
TAULA 6.9 INTENSITAT MÀXIMA I MÍNIMA DE LA PRECIPITACIÓ DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	600
TAULA 6.10 MITJANA MINUTAL MENSUAL AMB PRECIPITACIÓ INTENSA>1 MM/MINUT. VARIS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	606
TAULA 6.11 PRECIPITACIÓ MÀXIMA MINUTAL MENSUAL. VARIS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	606
TAULA 6.12 MITJANA ANUAL DE MINUTS DE PRECIPITACIÓ INTENSA>=1 MM DE VARIS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS EN LES DIFERENTS ESTACIONS METEOROLÒGIQUES I MÀXIMA PRECIPITACIÓ MINUTAL ANUAL. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.	609
TAULA 6.13 PRECIPITACIÓ, INTENSITAT MÀXIMA I DURADA DE LA PRECIPITACIÓ DE LA TEMPESTA A L'OBSERVATORI DE FORNELLS DE LA SELVA-SMC. 21 D'OCTUBRE DE 2012.	611
TAULA 6.14 FREQUÈNCIA ESTACIONAL DE PERÍODES DE 5 MINUTS AMB INTENSITAT SUPERIOR A 60 MM/H DE DIFERENTS ÀREES. OBSERVATORIS D'AIGÜES DE GIRONA, SALT I SARRIÀ DE TER. PERÍODE 2004-2011.	630
TAULA 6.15 MÀXIMA INTENSITAT ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ A L'ÀREA URBANA DE GIRONA. OBSERVATORIS DE L'EMPRESA D'AIGÜES DE GIRONA, SALT I SARRIÀ DE TER.	632
TAULA 6.16 MÀXIMA INTENSITAT ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓ SEGONS LA ZONA EN FUNCIÓ DE LA DIRECCIÓ DEL VENT....	632
TAULA 6.17 PERÍODES DE 5 MINUTS AMB PRECIPITACIONS INTENSES (>60 MM/H) EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE LA XARXA D'AIGÜES DE GIRONA, SALT I SARRIÀ DE TER.....	633
TAULA 6.18 PERÍODES DE 5 MINUTS AMB PRECIPITACIONS INTENSES (>60 MM/H) EN DIFERENTS ZONES SEGONS LA DIRECCIÓ DEL VENT PREDOMINANT.....	633
TAULA 6.19 PERÍODES DE 5 MINUTS AMB PRECIPITACIONS INTENSES (>60 MM/H) EN DIFERENTS ZONES SEGONS L'ÚS DEL SOL. PERÍODE 2003-2011.	633
TAULA 6.20 INTENSITAT MÀXIMA 5 MINUTAL I DIA DE LA INTENSITAT MÀXIMA EN DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA. PERÍODE 2003-2014.	634
TAULA 6.21 INTENSITAT DE LA PRECIPITACIÓ (MM/H) MÀXIMA I MÍNIMA EN DIFERENTS INTERVALS DE TEMPS SUBDIARIS I DIARIS EN DIFERENTS OBSERVATORIS. DIFERENTS PERÍODES D'OBSERVACIÓ.....	639
TAULA 6.22 FREQUÈNCIA ABSOLUTA I RELATIVA DEL MÀXIM DE LES TEMPESTES DIÀRIES AMB PRECIPITACIÓ IGUAL O SUPERIOR A 10 MM PER OBSERVATORI. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	643
TAULA 6.23 FREQUÈNCIA ABSOLUTA DEL NOMBRE DE DIES DE PRECIPITACIÓ. GIRONA-BELLLOC. PERÍODE 1972-2008...712	712
TAULA 6.24 VALORS DEL TEST DE χ^2 PER A LES DISTRIBUCIONS DE FREQUÈNCIES DE LA PRECIPITACIÓ LES ESTACIONS ASTRONÒMIQUES. GIRONA-BELL-LLOC. PERÍODE 1971-2007.	713
TAULA 6.25 VALORS DEL TEST DE χ^2 PER A LES DISTRIBUCIONS DE LES QUANTITATS DE LA PRECIPITACIÓ DE DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS A GIRONA. PERÍODE 1971-2007.....	714
TAULA 6.26 CORRELACIÓ ENTRE LES COORDENADES GEOGRÀFIQUES DELS OBSERVATORIS DE SOBREVENT I LA PRECIPITACIÓ ESTACIONAL.	747
TAULA 6.27 CORRELACIÓ ENTRE LES COORDENADES GEOGRÀFIQUES DELS OBSERVATORIS DE SOTAVENT I LA PRECIPITACIÓ ANUAL.	749

TAULA 6.28 CORRELACIÓ ENTRE LES COORDENADES GEOGRÀFIQUES DELS OBSERVATORIS URBANS I LA PRECIPITACIÓ ANUAL.	749
TAULA 6.29 CORRELACIÓ ENTRE LES COORDENADES GEOGRÀFIQUES DELS OBSERVATORIS RURALS I LA PRECIPITACIÓ.....	750
TAULA 6.30 CORRELACIÓ ENTRE LES COORDENADES GEOGRÀFIQUES DELS OBSERVATORIS SUBURBANS I LA PRECIPITACIÓ...	750
TAULA 6.31 PRECIPITACIÓ DIÀRIA MITJANA DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA EN FUNCIÓ DE LES SITUACIONS SINÒPTIQUES...	752
TAULA 6.32 PRECIPITACIÓ MITJANA MENSUAL SEGONS LA SITUACIÓ GEOGRÀFICA RESPECTE EL VENT DOMINANT EN DIES DE PLUJA	752
TAULA 6.33 TENDÈNCIA DE LA PRECIPITACIÓ ESTIUECA (MM/ANY) DE LA CIUTAT DE GIRONA DE DIFERENTS INTERVALS HORARISEN EL PERÍODE 1937-1977 I VALOR DEL COEFICIENT DE DETERMINACIÓ (R^2).....	756
TAULA 6.34 DISTRIBUCIÓ DE LA FREQUÈNCIA RELATIVA ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓ EN DIFERENTS FRANGES HORÀRIES. PERÍODE 1937-1977.	764

6 La precipitació urbana

6.1 Mètode de comparació pluviomètrica dels observatoris meteorològics

L'estudi de la influència urbana de la precipitació és més complicat que el de la temperatura. El caràcter discontinu de la precipitació fa que aquesta variable tingui un comportament menys previsible que el de la temperatura. A més a més, s'ha d'afegir a això el caràcter irregular de la precipitació de l'àrea d'estudi, amb un clima mediterrani caracteritzat per una forta variabilitat de la precipitació, el coeficient de variació anual és del 27,7 % a la ciutat de Girona. Hem de tenir en compte que la presència de llacunes en força observatoris analitzats alguns dies de l'estiu, pot fer una dolenta interpretació de la distribució pluviomètrica a l'àrea d'estudi. Hem de remarcar l'escassa pluviometria anual de l'observatori de Girona-Barri Vell (situat a la Plaça de la Independència). Aquesta estació meteorològica té les dades pluviomètriques relativament fiables però té una precipitació mitjana molt inferior en comparació amb l'estació de Girona-carrer Santa Clara, 824 mm, que està uns 300 metres al sud. S'ha d'afegir que Girona-Barri Vell té una mitjana pluviomètrica anual de 623,2 mm, una de les més baixes dels 43 observatoris analitzats. No obstant, l'estació meteorològica amb menys precipitació és Girona-Maristes, amb 550 mm, però no la incloem a la cartografia de la precipitació mitjana anual ni estacional, igual que els observatoris de Girona-Universitat, Girona-IES Vicens Vives, Girona-Plaça Poeta Marquina i Girona-Escola Doctor Masmitjà, perquè la mitjana de la precipitació és escassa en aquests observatoris, o hi ha dades *outlier* de precipitació en el cas de Girona-Escola Doctor Masmitjà, per exemple el dia 30 de juny de 2017 es mesuren 291 mm de precipitació, quan el màxim de precipitació enregistrat aquest dia no assoleix els 100 mm a Girona-Escola de la Música. No obstant quan hem cartografiat les precipitacions estacionals o en diferents períodes (1998-2014, 2000-2004, 2005-2010) si que hem inclòs Girona-Barri Vell i no hem inclòs Girona-Maristes. S'ha d'admetre que la menor pluviometria de Girona-Barri Vell pot estar produïda per efectes urbans, però també és cert que hi ha moltes llacunes en la sèrie 2006-2020, hi ha força anys dels quals només disposem de pocs dies de dades, cosa que fa difícil el càlcul de les mitjanes de precipitació mensuals i especialment les estiuencques, per la pròpia irregularitat del clima mediterrani.

No obstant, hem observat com altres observatoris urbans de la ciutat de Girona també presenten unes precipitacions estiuencques força escasses, de forma que podem donar una fiabilitat moderada a les dades d'aquesta estació de Girona-Barri Vell, tals com el de Girona-Escola de la Música. De la mateixa manera, hi ha una altra dificultat afegida en l'estudi de la precipitació. És el diferent tipus d'instrumental analitzat i l'altura dels pluviòmetres damunt del sòl. Per aquest motiu hem exclòs de l'anàlisi pluviomètrica d'alguns observatoris dels quals disposem les dades, però que hem cregut que presentaven un biaix pluviomètric negatiu massa elevat per considerar-lo fiable. Aquestes estacions són les següents: Girona-IES Vicens Vives, Girona-Universitat, Girona-Maristes, Girona-Francesc Roges, Sarrià de Ter-XVPCA i Fornells de la Selva-XVPCA. L'estació de Girona-Francesc Roges es troba al nord de l'Eixample, en un indret proper a la Devesa de Girona. El pluviòmetre és correcte, és de tipus Hellmann, però hi ha un percentatge elevat de llacunes als mesos d'agost i setembre que fa difícil la seva homogeneïtzació. També s'ha d'afegir que la brevetat de la sèrie (juny 1998-

abril 2002-abril 2002) també dificulta la seva homogeneïtzació. A més a més, l'escassa amplada del jardí on es trobava l'observatori, que està situat enmig de blocs de pisos, pensem que pot disminuir la quantitat de precipitació recollida efectivament al pluviòmetre. Així la nostra hipòtesi és que la interacció del vent amb els edificis dels voltants pot provocar una subestimació de la precipitació de l'estació meteorològica de Girona-Francesc Roges, que té una mitjana anual molt baix, 554 mm.

Hi ha un efecte l'increment de precipitació es produeix entre 20 i 50 Km segons la investigació de Liu i Niyogi (2019) que analitza molta de la bibliografia existent respecte la modificació urbana en la precipitació. En aquest treball analitzem principalment la precipitació d'observatoris situats a una distància entre 0 i 13 km del centre de Girona, només l'anàlisi de les sèries comparatives de Santa Coloma de Farners, Banyoles i Vidreres s'acosten al llinar mínim dels efectes urbans en la precipitació. La problemàtica de comparar alguns observatoris meteorològics de la província de Girona situats a una distància entre 20 i 50 Km respecte el centre de Girona amb observatoris de la ciutat és la diferent orografia i zona geogràfica de Girona que pot produir un biaix de la precipitació que no es pugui atribuir a efectes urbans sinó a efectes geogràfics, major o menor proximitat al mar, a les diferents serralades, i també una menor o major altitud. Els observatoris meteorològic situats en la Costa Brava tenen una precipitació estiuenca clarament inferior a la de Girona i les estacions més properes al Pirineu enregistren una precipitació clarament superior, per tant hem de tenir en compte aquesta problemàtica a l'hora d'analitzar la modificació urbana en la precipitació.

L'observatori de Girona-Bell-lloc presenta una pluviometria anual amb una evolució lleugerament ascendent en comparació amb l'aeroport, 0,80 mm/any, no obstant aquesta tendència no és estadísticament significativa i presenta oscil·lacions importants, com podem deduir amb l'anàlisi de la mitjana mòbil de 5 anys. Així tenim dos períodes positius, entre 1977 i 1986 i a finals de la dècada dels 90 i principis del segle XXI on a la ciutat hi plouia bastant més que a l'aeroport, amb una mitjana mòbil de 5 anys que assoleix el seu màxim, 100 mm, l'any 2001. En canvi a finals de la dècada dels 80 i inicis dels 90 i a partir de 2001 l'aeroport enregistra més precipitació respecte l'estació de Girona-Bell-lloc. Aquestes variacions pluviomètriques probablement estan més relacionades amb la irregularitat pluviomètrica típica del clima mediterrani de Girona que amb l'efecte urbà en la precipitació. Per tant no es pot afirmar cap hipòtesi sobre els efectes urbans en la precipitació després de l'anàlisi de la sèrie de diferències urbano-rurals.

La ciutat de Girona presenta una pluviometria amb una evolució lleugerament ascendent en comparació amb l'aeroport, 0,80 mm/any, no obstant aquesta tendència no és estadísticament significativa i presenta oscil·lacions importants. Així tenim dos períodes positius, entre 1977 i 1986 i a finals de la dècada dels 90 i principis del segle XXI a la ciutat hi plouia bastant més que a l'aeroport, amb una mitjana mòbil de 5 anys que assoleix el seu màxim, 53 mm, l'any 2001. En canvi a finals de la dècada dels 80 i inicis dels 90 i a partir de 2001 l'aeroport enregistra més precipitació respecte l'estació de Girona-Bell-lloc. Per tant no es pot afirmar cap hipòtesi sobre els efectes urbans en la precipitació després de l'anàlisi de la sèrie de diferències urbano-rurals.

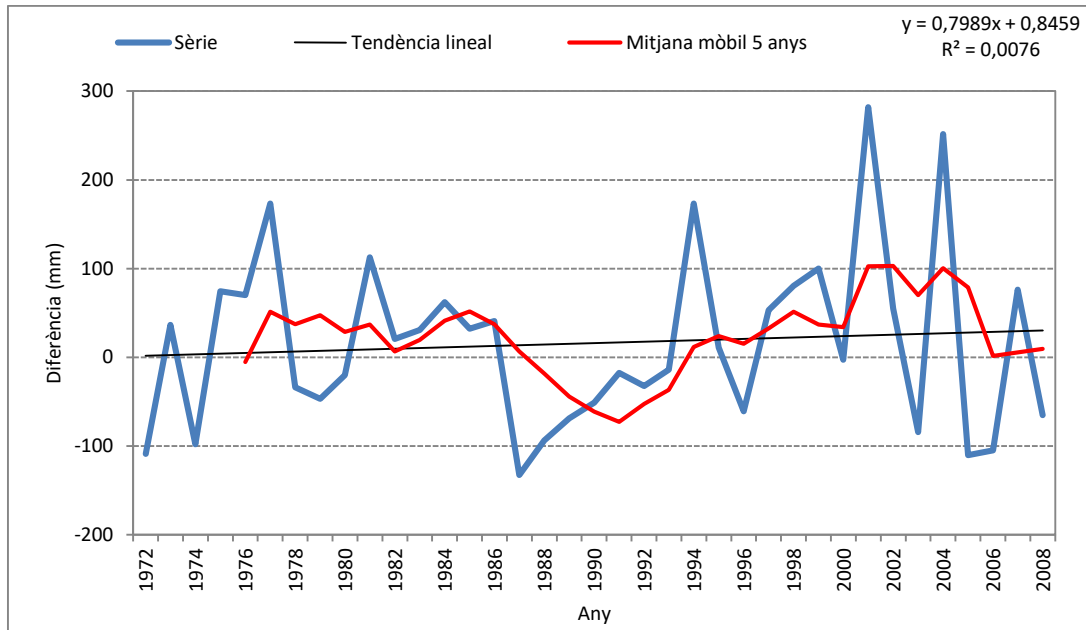


Figura 6.1 Diferència en la precipitació anual. Girona (Bell-lloc)-Girona (aeroport). Període 1972-2008.

Hem comparat les diferències en la precipitació de les estacions de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona, en les figures 6.2 a 6.5, analitzant les tendències de les precipitacions de les estacions astronòmiques. L'aeroport de Girona està al SSW de Girona, per tant a sobrevent tenint en compte el vent predominant en superfície, que és del sud, i també tenint en compte el vent a 700 hPa, la direcció mitjana del vent és de 245°, WSW. En canvi segons el moviment de les tempestes a l'estiu segons el radar meteorològic del Servei Meteorològic de Catalunya estaria en una zona difícil de classificar, ja que tot i que hi ha una lleugera superioritat dels moviments de les tempestes en sentit del SW-NE, també el desplaçament en sentit NW-NE és important a l'estiu, i llavors l'aeroport estaria en una zona indiferent. L'hivern és l'estació astronòmica en què la variació absoluta de la tendència de la precipitació és menor, 0,24 mm/any i de caire positiu, per tant hi ha un increment de les precipitacions, però que no té una significació estadística, $p < 0.05$. D'altra banda, la primavera és l'estació astronòmica amb un increment de la precipitació més elevat, 0,79 mm/any, tot i que tampoc té una tendència significativa i a més el valor del coeficient de determinació explica un percentatge molt baix de la variància, el 2 %. En canvi a l'estiu s'observa un descens de la precipitació que és força important tenint en compte que és l'estació més seca de l'any a Girona, -0,62 mm/any, cosa que pot estar relacionada amb tres factors difícils de discernir, una supressió de la precipitació convectiva per efectes urbans, un descens local de la precipitació de Girona-Bell-lloc en aquesta estació astronòmica o un canvi en les rutes de les tempestes que no afecten tant Girona en els últims decennis de la sèrie com als primers anys. Durant la tardor s'observa un increment de la precipitació de 0,61 mm/any a l'observatori de Girona-Bell-lloc en el període 1972-2008, valor que no és estadísticament significatiu, i també hem de tenir en compte que és l'estació astronòmica més plujosa a Girona. Quan analitzem totes les estacions astronòmiques de forma global es pot afirmar que l'estació on teòricament l'efecte urbà és més important, l'estiu, ja que la major part de la precipitació és associada a les tempestes, és quan s'observa el major descens de la precipitació, mentre que a les altres estacions amb més predomini de precipitacions estratiformes la tendència no és tan clara. És per tant, la supressió urbana de la

precipitació associada per efectes urbans és una hipòtesi que hauríem de recolzar amb altres estacions meteorològiques de la ciutat, però com veurem més endavant dins d'aquest capítol dels efectes urbans en la precipitació no hi ha un patró clar en la tendència pluviomètrica d'aquesta estació astronòmica en el període 1998-2014 en d'altres estacions meteorològiques de la ciutat de Girona i de les rodalia en comparació amb l'aeroport de Girona. Per tant, podem concloure que seria un efecte local de disminució de la precipitació estiuenca a Girona-Bell-lloc, o un canvi de rutes de les tempestes que no afecten tant a aquesta estació astronòmica situada a sobrevent de la ciutat, al sud de Girona.

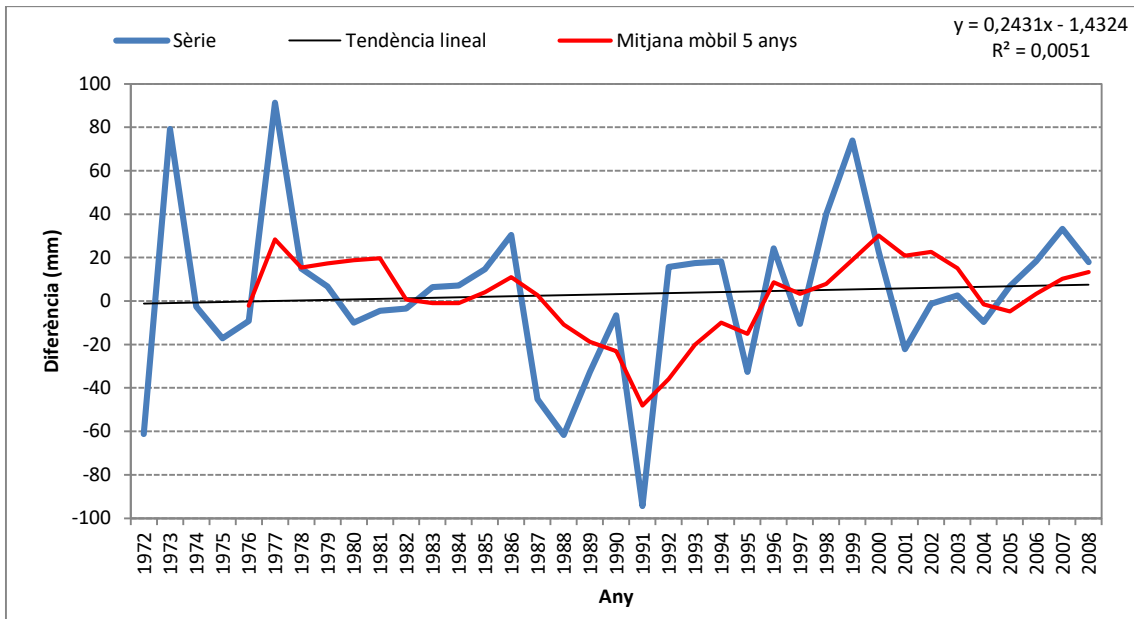


Figura 6.2 Diferència en la precipitació de l'hivern. Girona (Bell-lloc)-Girona (aeroport). Període 1972-2008.

La comparació de la precipitació hivernal mostra una tendència lineal que no és estadísticament significativa ($p < 0,05$), amb un feble augment dèbil de l'observatori de la ciutat, el col·legi Bell-lloc, respecte l'aeroport, de 0,24 mm/any. No obstant la mitjana mòbil de 5 anys mostra variacions cíclics amb una tendència clara cap al descens pluviomètric de Girona-Bell-lloc des de l'any 1976 fins el 1991, i després un clar fins el 1999, després hi h un descens poc rellevant fins l'any 2004.

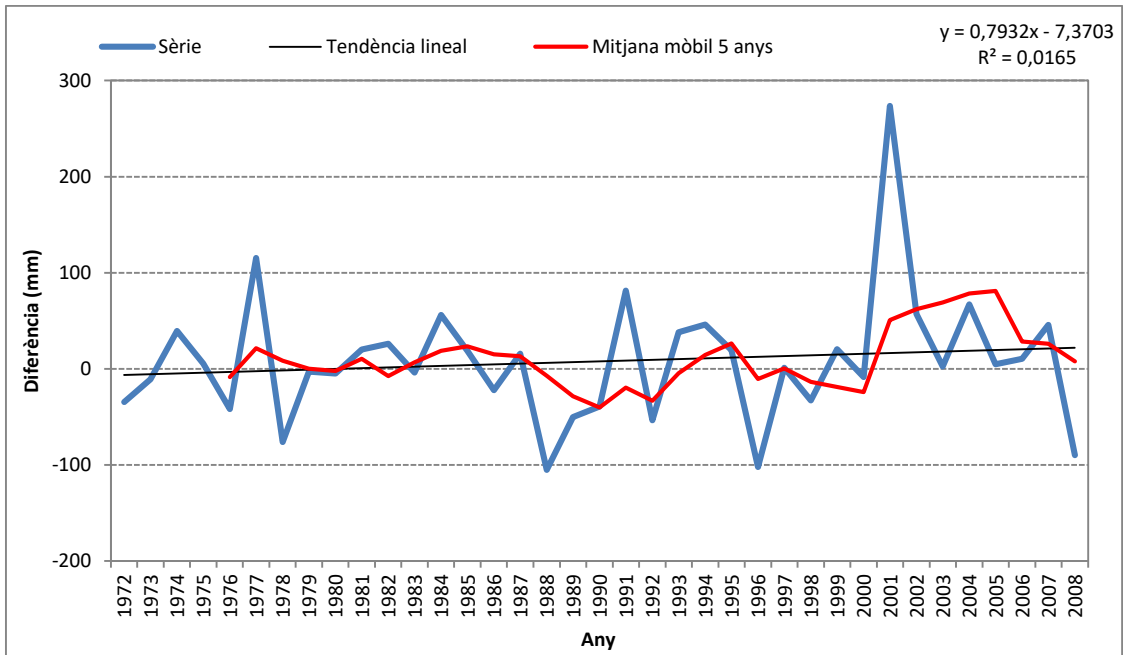


Figura 6.3 Diferència en la precipitació de la primavera. Girona (Bell-lloc)-Girona (aeroport). Període 1972-2008.

L'efecte urbà en les tempestes estiuenques no és positiu a l'observatori de Girona-Bell-lloc si observem la gràfica de la tendència, amb un descens de -0,63 mm/any respecte l'aeroport de Girona, no obstant la variància només explica el 2,71 % de la variació de la precipitació, per tant el descens de la precipitació no és estadísticament significatiu. En tot cas en el període 1972-2008 les tempestes estiuenques han donat més precipitació al tram inicial de la sèrie a l'observatori Girona-Bell-lloc i al final de la sèrie la quantitat de la precipitació dels dos observatoris és idèntica.

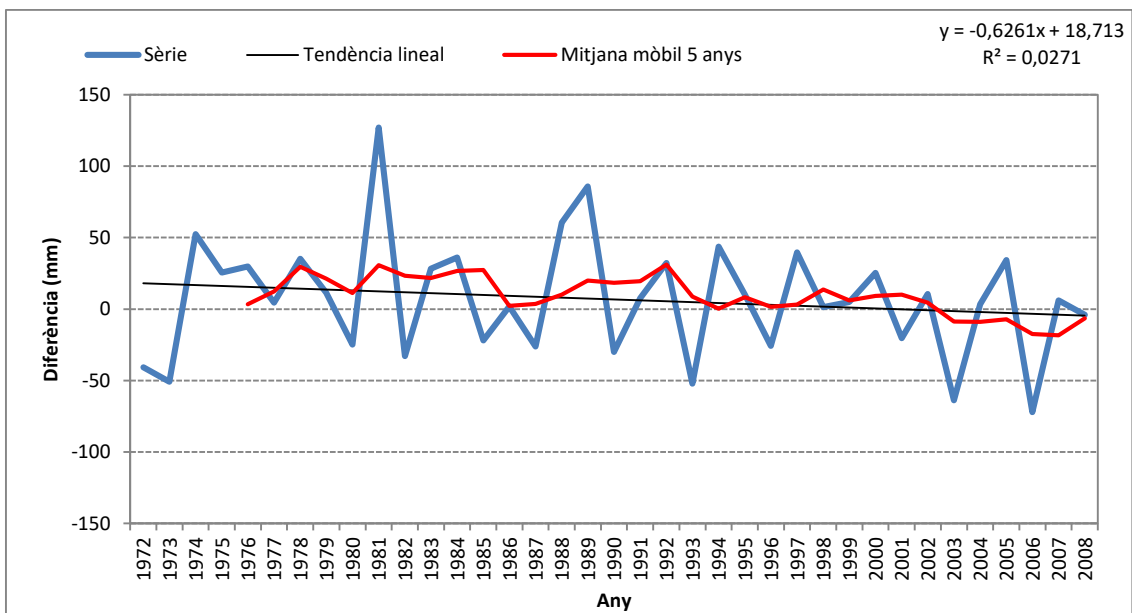


Figura 6.4 Diferència en la precipitació de l'estiu. Girona (Bell-lloc)-Girona (aeroport). Període 1972-2008.

L'efecte urbà en la precipitació de la tardor és positiu, hi ha un increment de 0,81 mm/any, però de forma idèntica a l'estiu, no és estadísticament significatiu. L'augment de la precipitació tardorenca no només es produeix per un augment de la precipitació

convectiva en els quals l'efecte urbà de la precipitació és rellevant sinó per temporals de llevant en el quals, com sovint són associats a precipitacions estratiformes l'efecte urbà en la precipitació disminueix. Segons Raimpour *et al.* (2018) l'efecte urbà en la precipitació és més important als Països Baixos a l'estiu, de la mateixa forma com succeeix a la ciutat de Girona. L'efecte urbà en la precipitació és més important en el cas de les tempestes i a l'estiu que a l'hivern i en el cas de precipitacions estratiformes segons Changnon *et al.* (1991).

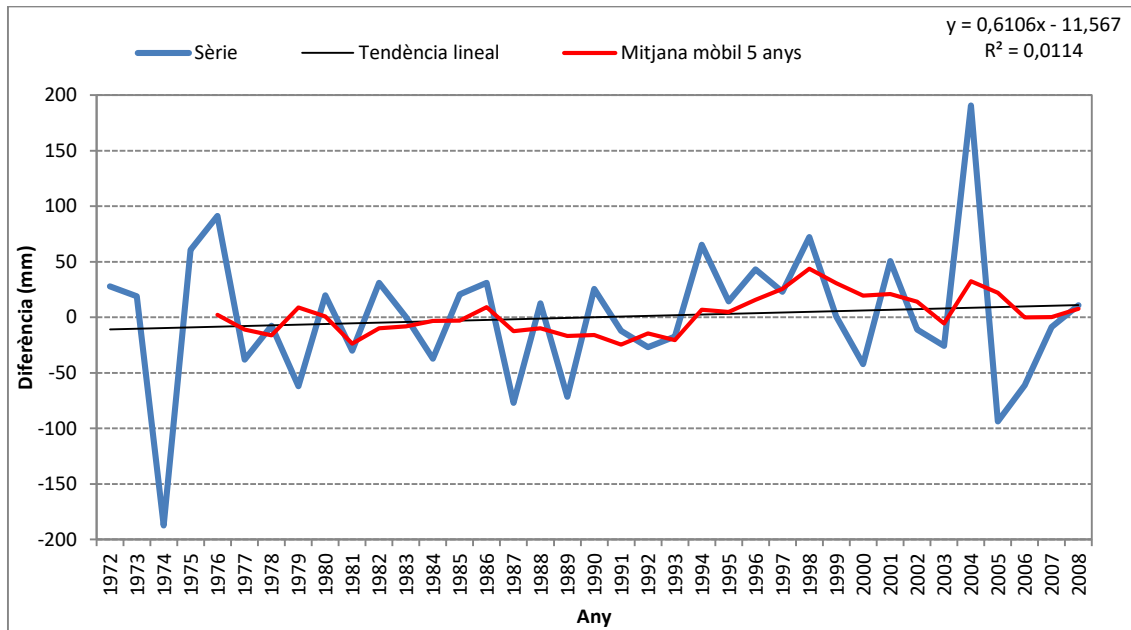


Figura 6.5 Diferència en la precipitació de la tardor. Girona (Bell-Iloc)-Girona (aeroport). Període 1972-2008.

Vidreres està al sud de Girona, per tant a sobrevent si tenim en compte el vent mitjà observat en superfície a l'aeroport de Girona en els dies de precipitació. L'efecte urbà en la precipitació no és gens clar, la ciutat de Girona enregistra un descens de la precipitació anual respecte l'observatori de Vidreres, 1,75 mm/any, es tracta d'una davallada que no és estadísticament significativa ($p > 0,05$). No obstant quan observem la tendència de la mitjana mòbil de 5 anys observem que aquesta tendència al descens és des de l'any 2004 fins l'any 2009 i després hi ha un clar augment. Per tant s'observa un comportament erràtic de la mitjana mòbil de 5 anys. Per tant, l'important irregularitat en les diferències pluviomètriques urbano-rurals reflecteixen més la variabilitat intrínseca de la pluja en un domini mediterrani, com és la depressió de la Selva i el pla de Girona, que no pas un efecte urbà en la precipitació.

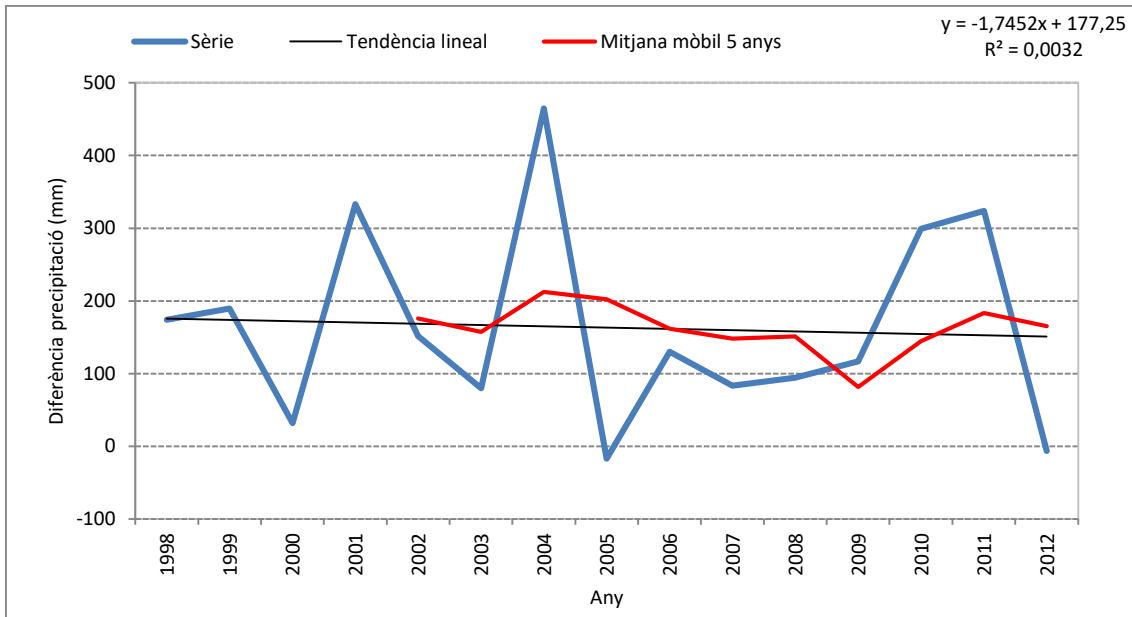


Figura 6.6 Diferència de precipitació anual Girona (Bell-lloc)-Vidreres. Període 1998-2012.

La tendència de la diferència de la precipitació estiuenca entre Girona (Bell-lloc) i Vidreres és ascendent, 1,8 mm/any, però no és significativa estadísticament, ja que el coeficient de determinació R^2 assenyalava que només el 4,4 % de la tendència de la precipitació. De la mateixa forma que en altres gràfiques la mitjana mòbil té irregularitats molt marcades que s'han d'associar a la irregularitat de la precipitació del clima mediterrani i de les tempestes estiuenques, més que un efecte urbà positiu real. També hem de tenir en compte que la sèrie comparativa d'ambdues estacions no és gaire llarga, 15 anys. Tot i que Vidreres està a sobrevent de la ciutat de Girona no podem concloure que la tendència ascendent de les diferències urbano-rurals impliqui un augment de l'efecte de la precipitació en les pluges a la ciutat de Girona.

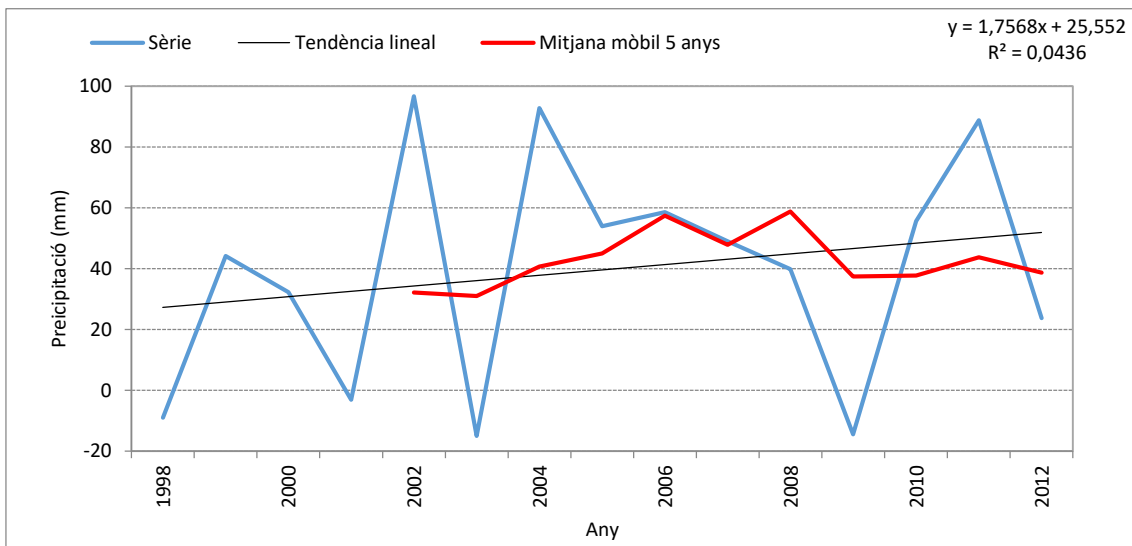


Figura 6.7 Diferència de precipitació. Girona (Bell-lloc)-Vidreres. Estiu. Període 1998-2012.

La comparació de les diferències de la precipitació anual de Girona-Bell-lloc amb Banyoles, 18 Km al NW de Girona-Bell-lloc permet establir una tendència que és oposada respecte la comparació de Girona-Bell-lloc amb Girona-aeroport o Vidreres

que estan situades respectivament 8 km al SSW i 19 km al sud de l'estació de Girona-Bell-lloc. Per tant hi ha una certa lògica, les estacions de sobrevent en els últims decennis hi hagut una precipitació ascendent en comparació amb Girona-Bell-lloc mentre que a l'estació de sotavent, com és Girona-Banyoles hi ha una tendència descendent.

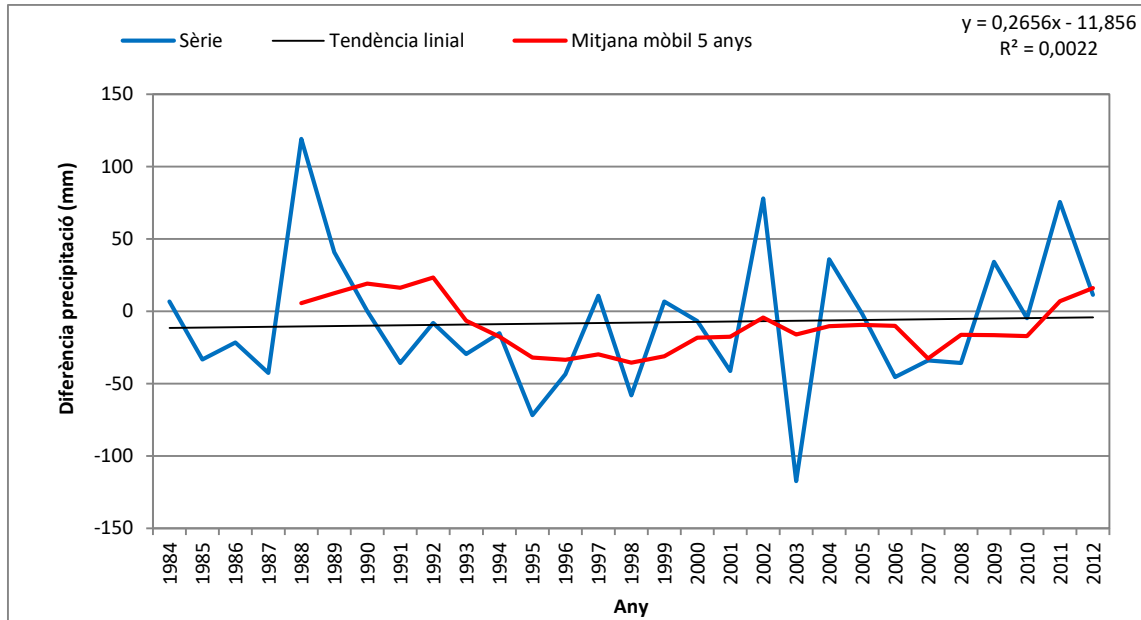


Figura 6.8 Diferència de precipitació anual Girona (Bell-lloc)-Girona-Banyoles. Període 1984-2012.

La sèrie de diferències de la precipitació estiuenca entre les ciutats de Girona i Banyoles (període 1984-2009) presenta una anomalia pluviomètrica negativa (-1,6 mm/any), tot i que no és estadísticament significativa ($p=0,05$). Sembla doncs que a la ciutat de Girona està disminuint la precipitació estiuenca envers les seves rodalia. Així de la comparació de la precipitació estiuenca de la ciutat de Girona tant amb les zones de sotavent com de sobrevent s'observa com la urbs enregistra menys precipitació

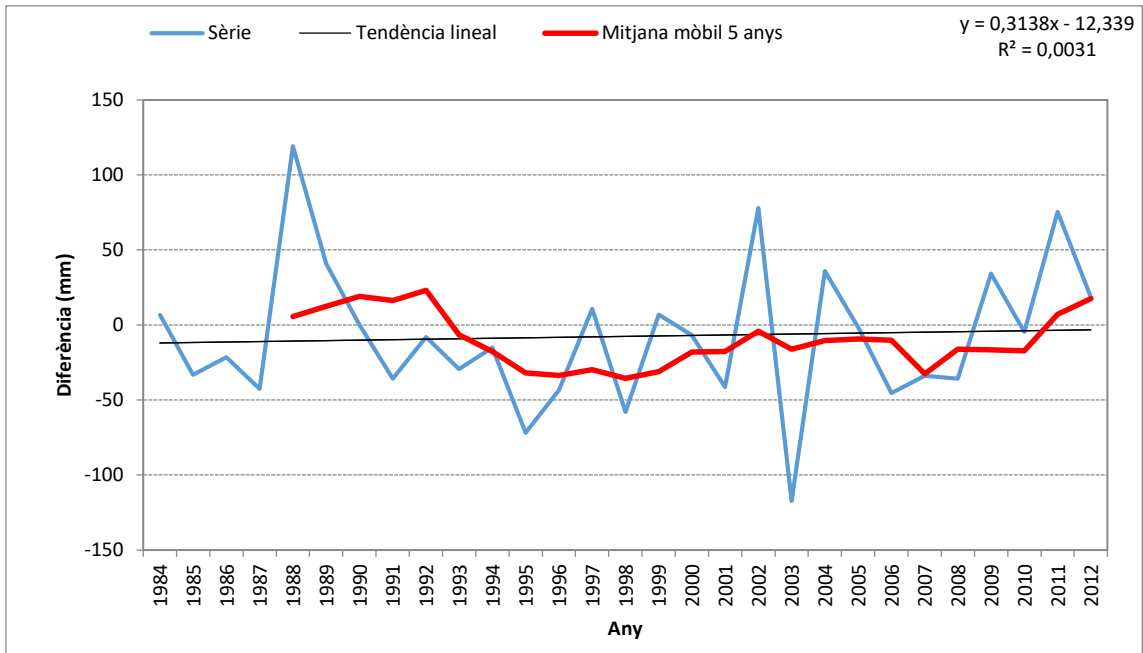


Figura 6.9 Diferència de precipitació estiuenca. Girona (Bell-lloc)-Girona-Banyoles. Període 1984-2012.

La ciutat de Banyoles està situada uns 16 km al NW de Girona, per tant a sobrevent si tenim en compte el moviment de les cèl·lules convectives en molts dies d'estiu. La precipitació de l'observatori de Girona (Bell-lloc) tendeix a augmentar feblement en relació amb Banyoles, 0,31 mm/any, però la variància només explica el 0,3 % de l'augment de la precipitació, per tant l'augment pluviomètric estiuenc no és estadísticament significatiu al nivell de confiança del 95 %.

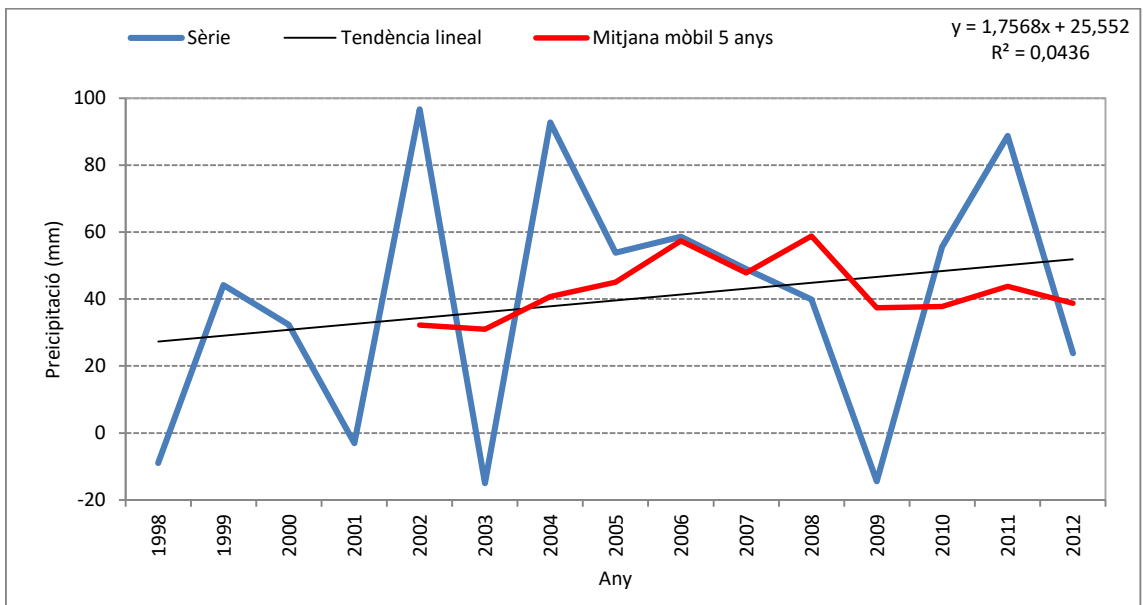


Figura 6.10 Diferència de precipitació. Girona-Vidreres. Estiu. Període 1998-2012.

L'estació meteorològica de Girona presenta una tendència clarament ascendent respecte Vidreres durant l'estiu (+1,76 mm/any), però aquesta variació urbano-rural no és estadísticament significativa al nivell de confiança del 95 % ja que el valor de R^2 és molt baix, només explica el 4,2 % de la variància. No obstant és un increment

pluviomètric força elevat, ja que significa gairebé l'1 % d'augment de la precipitació estacional estiuenca per any. Si s'analitza la mitjana mòbil de 5 anys hi ha un increment fins a 2008 i un descens posterior, per tant no es pot afirmar que les tempestes donin més precipitació a Girona com a conseqüència de l'efecte urbà.

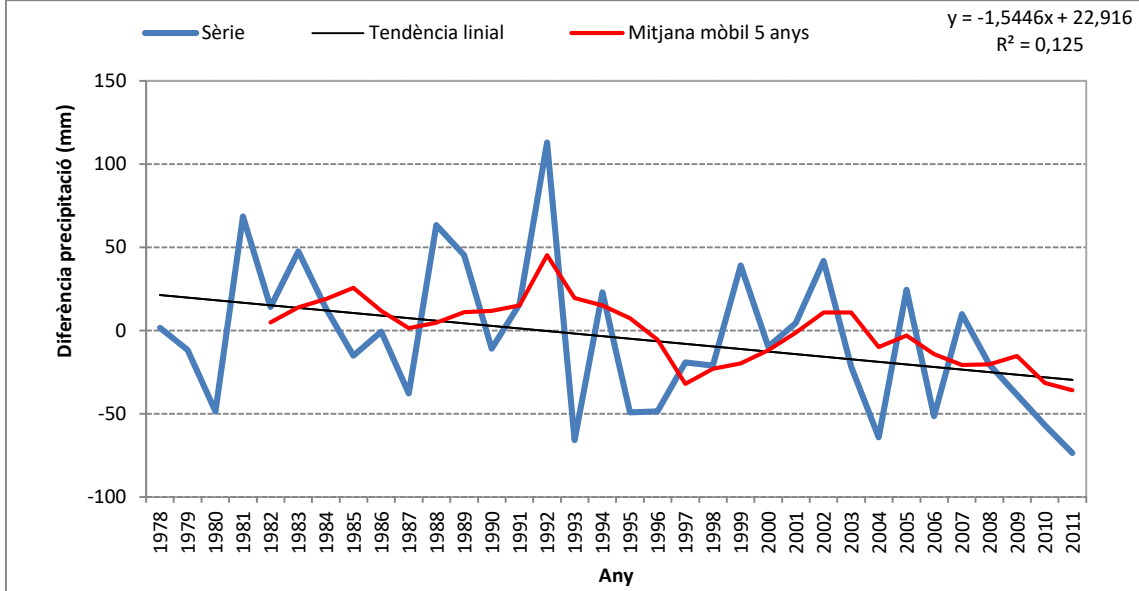


Figura 6.11 Diferència precipitació Girona (Bell-lloc)-Santa Coloma de Farners. Estiu. Període 1978-2011.

La precipitació estiuenca de la ciutat de Girona s'ha reduït en comparació amb la de Santa Coloma de Farners, a més la disminució és significativa al nivell de significació del 95 %. Aquesta davallada relativa de la pluviometria pot ser produïda per diferents factors, per exemple, un canvi en el desplaçament de les cèl·lules convectives, però també per una disminució de la precipitació per efecte urbà. Així, les tempestes serien menys intenses a Girona per una supressió de la precipitació com a conseqüència de la contaminació atmosfèrica.

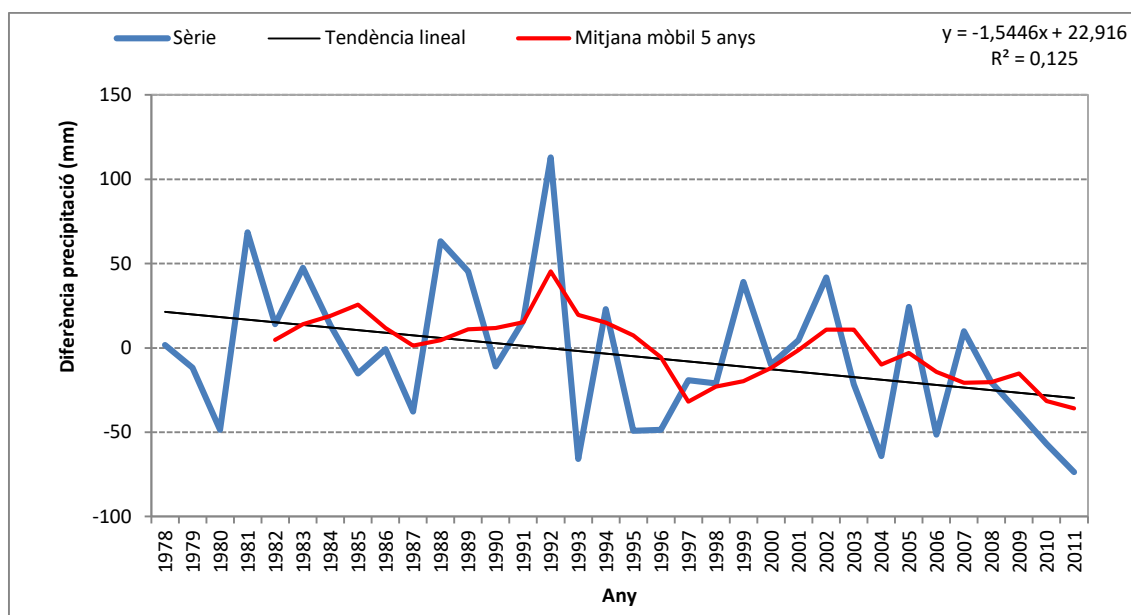


Figura 6.12 Diferència precipitació. Girona-Santa Coloma de Farners. Estiu. Període 1978-2011.

La precipitació estiuenca de la ciutat de Girona s'ha reduït en comparació amb la de Santa Coloma de Farners (-1,5 mm/any), tot i que aquesta davallada no és significativa al nivell de significació del 95 %. Aquesta disminució relativa de la pluviometria pot ser produïda per diferents factors, per exemple, un canvi en les trajectòries de les cèl·lules convectives, però també per una disminució de la precipitació per efecte urbà. Així les tempestes serien menys intenses a Girona per una supressió de la precipitació com a conseqüència de la contaminació atmosfèrica. Per corroborar que la supressió de la precipitació és per efectes urbans compararem la precipitació estiuenca de Girona amb Cassà de la Selva. No s'observa una tendència clara a la disminució de la precipitació a la ciutat de Girona, -0,4 mm/any, valor que no és significatiu estadísticament ($p < 0,05$).

Una hipòtesi alternativa a la de l'increment de la precipitació estiuenca és la supressió de la precipitació a la ciutat de Girona per efectes urbans si comparem la precipitació estiuenca de Girona-Bell-lloc amb Cassà de la Selva, que està a sobrevent de la ciutat de Girona tenint en compte el vent en superfície en dies de tempesta. Així s'observa una tendència a la disminució de la precipitació a la ciutat de Girona, -0,44 mm/any, tot i que aquest descens no és significatiu al nivell de significació del 95 %. Hem d'afegir que el valor del coeficient de determinació només explica el 3,6 % de la variància, per tant no es pot explicar el descens pluviomètric observat a la ciutat de Girona estigui produït per efectes urbans.

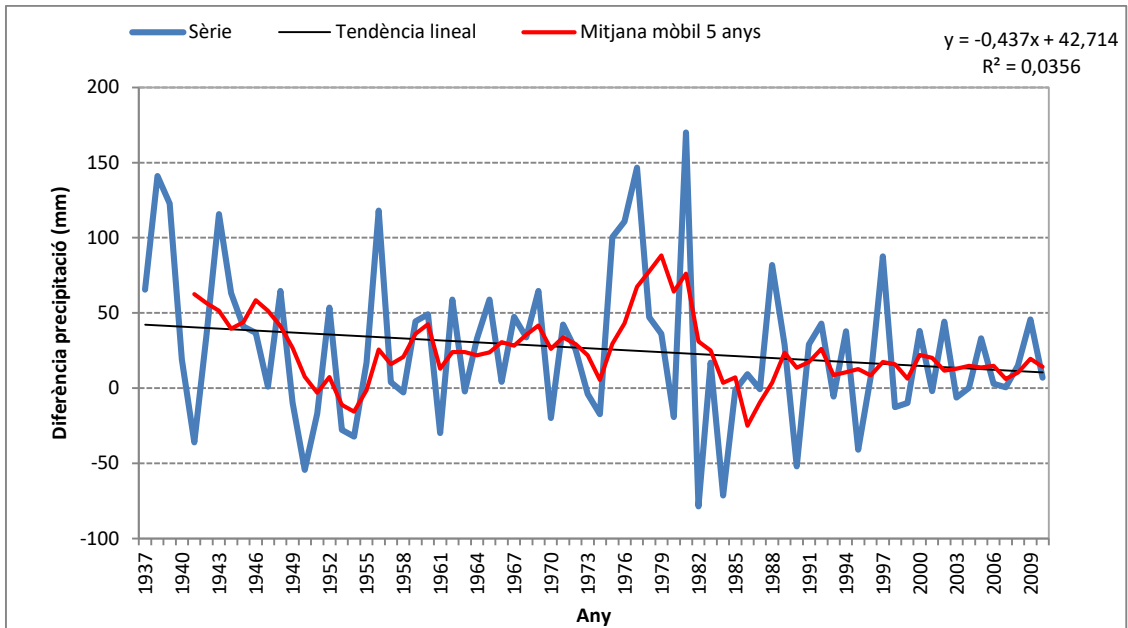


Figura 6.13 Diferència precipitació. Girona-Cassà de la Selva (sobrevent). Estiu.

La comparació de la precipitació de Girona amb observatoris meteorològics allunyats de l'àrea urbana i situats a sotavent durant la primavera en el període 1942-2011 ens permet detectar un descens de la precipitació relativament elevat, $-0,66 \text{ mm/any}$, però que no és estadísticament significativa, $p < 0,05$, el valor del coeficient de determinació R^2 només explica el 2,2 % de la variància. A més en la gràfica s'observen múltiples dents de serra que es fan menys importants al final de la sèrie analitzada. S'ha d'afegir que la mitjana mòbil té unes oscil·lacions que assenyalen que probablement més que una tendència hi ha variacions cícliques en la precipitació.

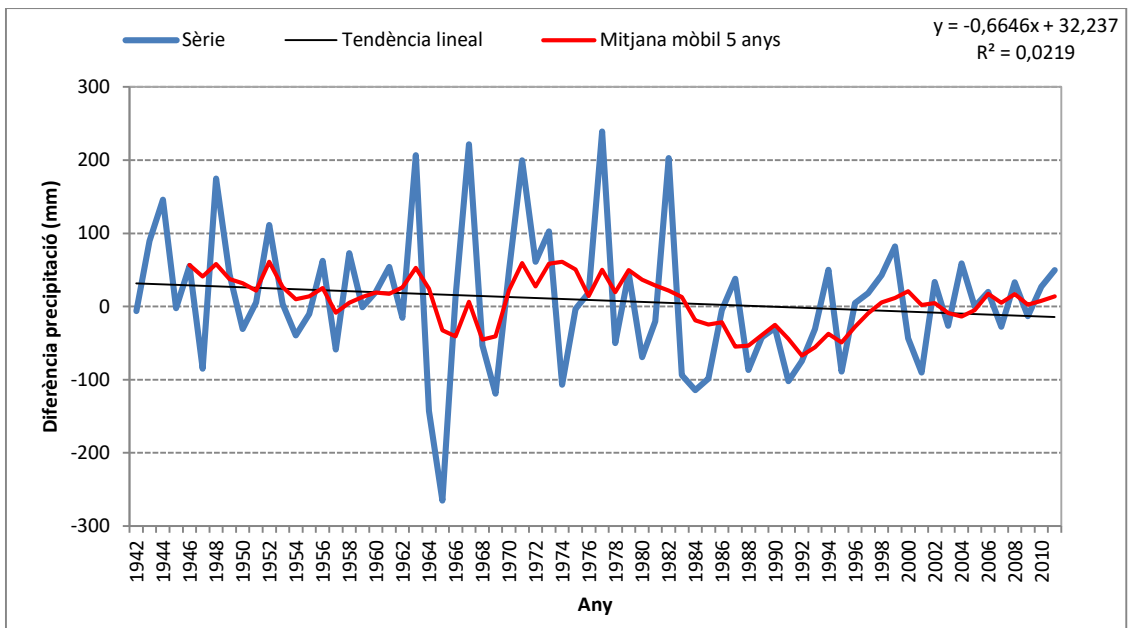


Figura 6.14 Diferència urbano-rural en la precipitació. Primavera. Girona-Observatoris de sotavent. Període 2002-11.

S'observa una influència urbana no gaire important en la precipitació estiuenca, ja que, tot i que la precipitació de Girona tendeix a davallar en comparació amb els

observatoris de sotavent (-0,6 mm/any), aquest augment relatiu dels observatoris nord i nord-est de la ciutat no és estadísticament significatiu ja que el valor de p és inferior a 0,05 i el coeficient de determinació R^2 només explica el 3,7 % de la variància.

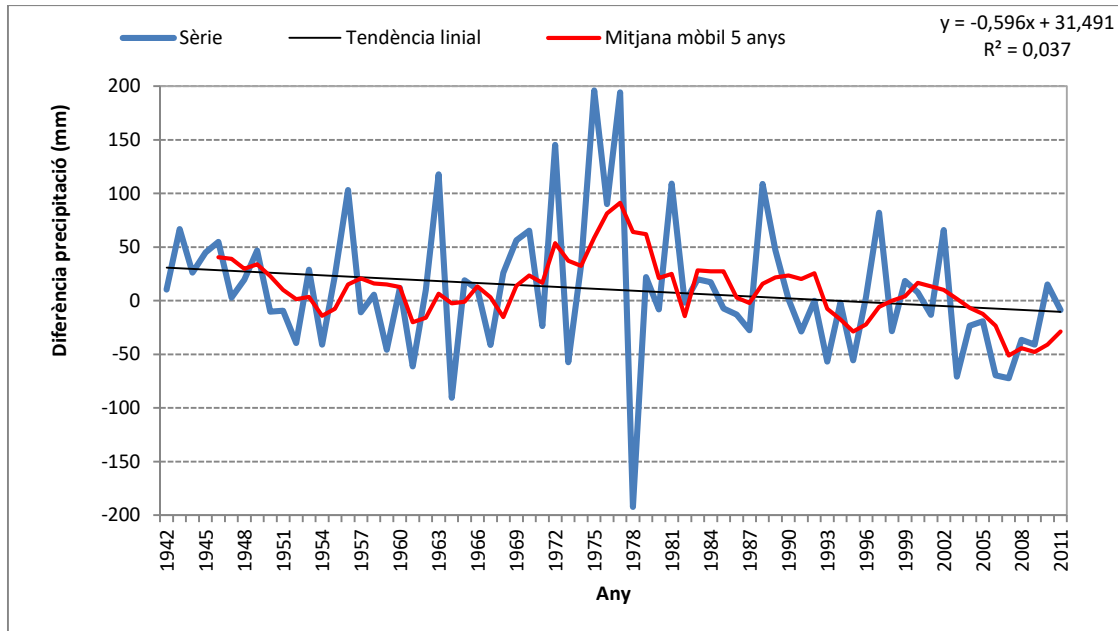


Figura 6.15 Diferència urbano-rural en la precipitació. Estiu. Girona-Observatoris de sotavent. Període 2002-11.

L'efecte urbà en la precipitació de la tardor no és gaire palès, ja que a la tardor no s'observa una tendència estadísticament significativa en la diferència de la precipitació entre Girona i els observatoris de sotavent, no obstant es dona una disminució relativa de la precipitació. Aquest comportament de la precipitació pot estar causat per una davallada de la precipitació associada a les llevantades i a les tempestes convectives a la ciutat de Girona en comparació amb altres indrets i zones situades més al nord de l'àrea urbana de Girona.

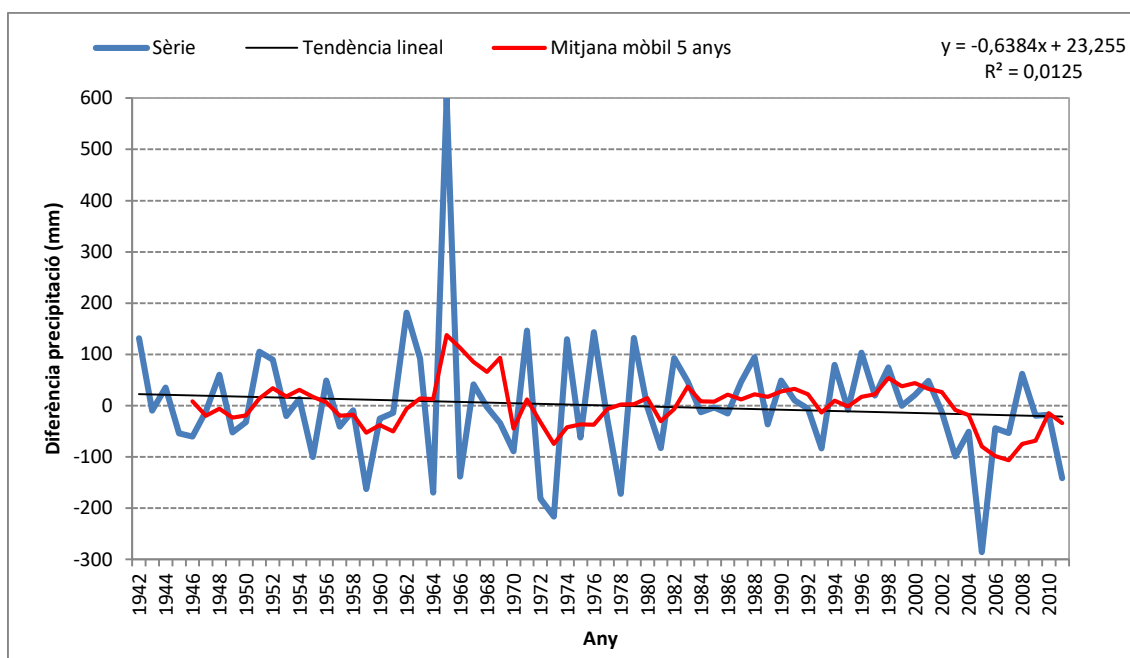


Figura 6.16 Diferència urbano-rural en la precipitació. Tardor. Girona-Observatoris de sotavent. Període 2002-11.

En conclusió, en les darreres dècades la ciutat de Girona ha presentat una disminució de la precipitació en relació amb la zona de sotavent de la ciutat. S'ha de remarcar que aquest assecament del clima de Girona és més important a l'estiu, per aquest motiu es pot afirmar que la ciutat afavoreix un increment de la precipitació a sotavent, mentre que en el nucli urbà la urbanització provoca una disminució relativa de la precipitació en comparació amb el seu entorn. Les causes que expliquen la disminució de la precipitació són principalment l'increment de les superfícies artificials, pavimentades i amb asfalt, que provoquen una menor emissió de calor latent a l'aire respecte les superfícies naturals de l'àrea rural, ja que no poden mantenir a la superfície l'aigua de la pluja, que s'escola ràpidament durant les tempestes estiuenques a les àrees urbanes.

La comparació de l'observatori meteorològic de Cassà de la Selva (en diverses localitzacions, primer al centre urbà, després als afores) i les estacions meteorològiques de la ciutat de Girona a l'estiu permet detectar una tendència descendent però amb una mitjana mòbil que té variacions cícliques i es manté estable a partir de l'any 1991 fins al final de la sèrie. Si analitzem l'evolució de les diferències anuals de la precipitació entre 1982 i 2010 hi ha un increment de la precipitació relativa de Cassà respecte Girona a l'estiu. Això significa que en les últimes dècades l'efecte urbà positiu a la ciutat de Girona ha disminuït, i és de caire negatiu. Tanmateix el coeficient de determinació R^2 només és de 0,0356 Per tant l'efecte urbà no és estadísticament significatiu al nivell de confiança del 95 % i disminueix entre 1991 i 2010.

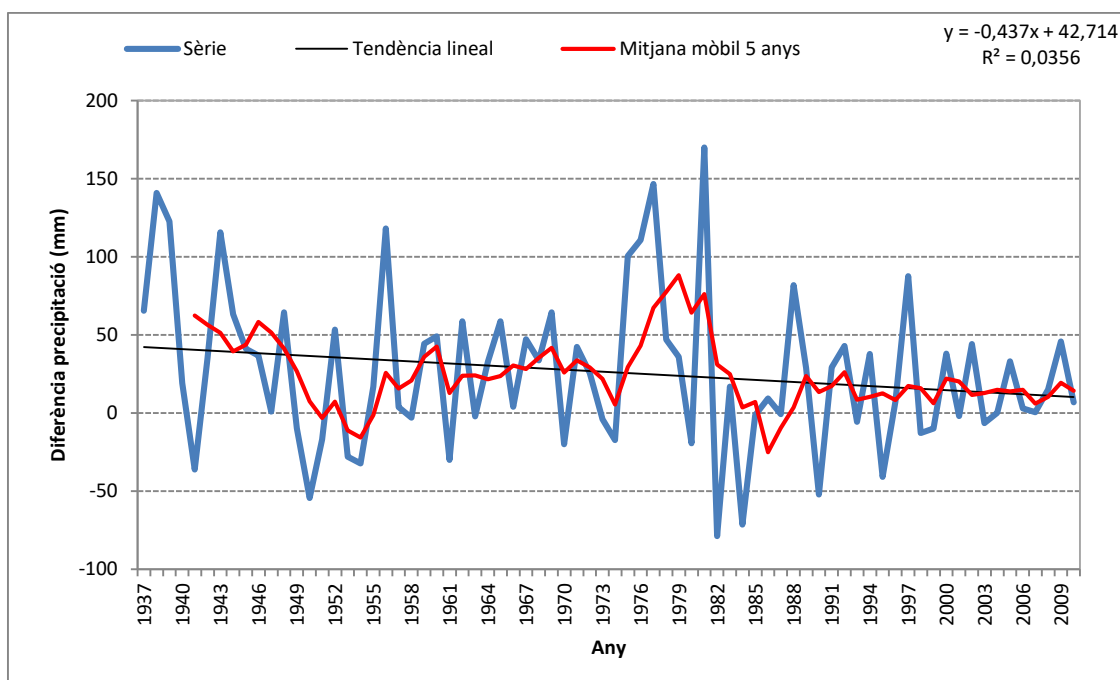


Figura 6.17 Diferència precipitació. Girona-Cassà de la Selva. Estiu. Període 1937-2010.

S'observa un moderat descens de la precipitació estiuenca de Girona (-1,64 mm/any) respecte la ciutat de Banyoles, que està uns 16 km al NW, tot i que aquest valor no és estadísticament significatiu, ja que el valor del coeficient de determinació, 0,0668, només explica el 6,7% de la variància. L'anàlisi de l'evolució de la mitjana mòbil de 5 anys mostra també un descens, tot i que amb variacions cícliques, que s'han d'atribuir no només a l'efecte urbà sinó sobretot a la irregularitat de la precipitació estiuenca, típica d'ambdues ciutats, amb una clara influència mediterrània en la precipitació, especialment si tenim en compte la irregularitat de la precipitació. Hem de tenir en compte, però, que a la Costa Brava és molt menor la pluviometria a l'estiu, ja que la major part de les tempestes que venen del Pirineu Oriental hi arriben desgastades, després de donar precipitació a gran part del Pirineu, Sistema Transversal i zona prelitoral (depressió prelitoral i Serra prelitoral⁹).

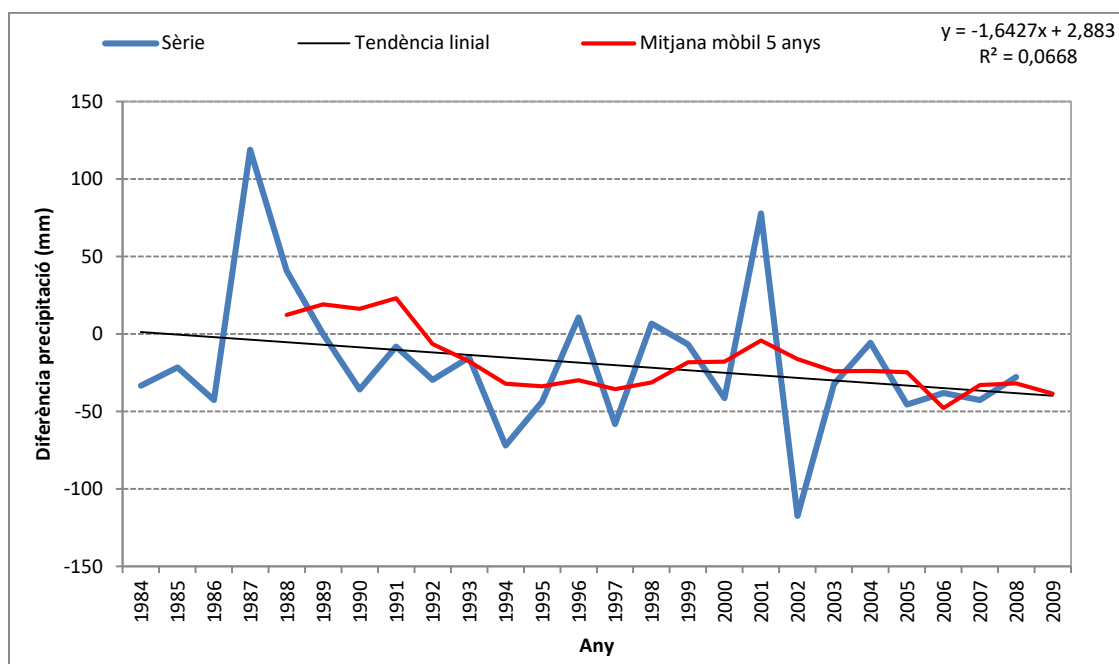


Figura 6.18 Diferència precipitació. Girona-Banyoles. Estiu. Període 1984-2009.

La comparació de diversos observatoris de ciutats que estan relativament allunyades de la ciutat de Girona permet observar que en la majoria de comparacions l'observatori de Girona-Bell-lloc està disminuint la precipitació estiuenca envers les seves rodalia. Hom podria deduir que hi ha una supressió de la precipitació de l'estiu per efecte urbà a Girona-Bell-lloc, les tempestes quan arriben a Girona donen menys precipitació al centre urbà respecte els voltants de la ciutat. No obstant, hem de matisar que les tendències pluviomètriques no són estadísticament significatives, i que aquest descens de la precipitació podria ser produït per efectes naturals, com podria ser un canvi de les rutes de les cèl·lules convectives a l'estiu, per la qual cosa Girona-Bell-lloc experimentaria un descens de la precipitació en comparació amb altres ciutats relativament allunyades de Girona. Una altra hipòtesi seria que hi hagut un descens en la precipitació a escala local de l'observatori de Girona-Bell-lloc. Aquesta última hipòtesi pensem que és la més fiable, ja que s'ha observat un descens en la precipitació anual i estiuenca d'aquest observatori respecte d'altres estacions meteorològiques de la ciutat de Girona.

6.1.2 Anàlisi històrica de les sèries dels 30 observatoris de l'àrea urbana de Girona

La tendència de la precipitació en relació a l'aeroport de Girona té signes de caire diferent en els observatoris de l'àrea urbana de Girona. Cal remarcar que a sotavent tenim els observatoris amb la tendència creixent més elevada, Girona (Montjuïc)-Aigües, 37 mm/dècada, Sarrià de Ter-Aigües, 32,5 mm/dècada. No obstant, també troben estacions situades a sobrevent, al sud de la ciutat, amb una clara tendència positiva, és el cas d'El Perelló, 22,3 mm/dècada, o Girona (Palau)-Aigües, 25,9 mm/dècada. És important de destacar que la majoria d'observatoris tenen una tendència creixent en relació a l'aeroport com es pot observar comparant les zones indiferent, de sobrevent i sotavent amb l'aeroport. L'àrea on tenim un superàvit de precipitació més elevat és l'àrea de sotavent amb 11,7 mm/dècada, seguida de sobrevent, 7,1 mm/dècada i l'àrea indiferent, 1,7 mm/dècada. D'altra banda els

observatoris amb la tendència decreixent més elevada són Girona (Barri Vell), -24,7 mm/dècada i Girona /Narcís Xifra), -8,1 mm/dècada, el primer observatori es troba situat a l'àrea indiferent (centre urbà de Girona), i el 2n a sotavent de la ciutat. Pel que fa a usos del sòl les diferències són molt poc marcades en la tendència, així la a zona rural és on es manifesta amb menys força l'increment, 5,2 mm/dècada, i l'àrea suburbana on tenim el màxim augment, 7,7 mm/dècada. Hi ha una tendència significativa ($p < 0,05$) a l'increment de la precipitació en 7 observatoris. Aquests són els següents: Bescanó, Salt-AEMET i Girona-centre es troben en l'àrea indiferent, Celrà, Girona (Montjuïc)-Aigües, Sarrià de Ter-Aigües estan a sotavent, i Fornells de la Selva-SMC està a sobrevent. La tendència cap a l'increment de precipitació és estadísticament significativa ($p < 0,01$) a Salt-AEMET, i a Sarrià de Ter, Girona (Montjuïc-Aigües), Bescanó, Celrà, Fornells de la Selva-SMC, i Girona-Sèquia també l'increment té una elevada significació ($p < 0,05$). Cal remarcar que hem fusionat dues sèries, la de Girona-Sèquia i Girona-Roges, ja que aquestes estacions tenien un període massa curt per separat i, a més, es troben molt a prop, separades únicament per 300 metres.

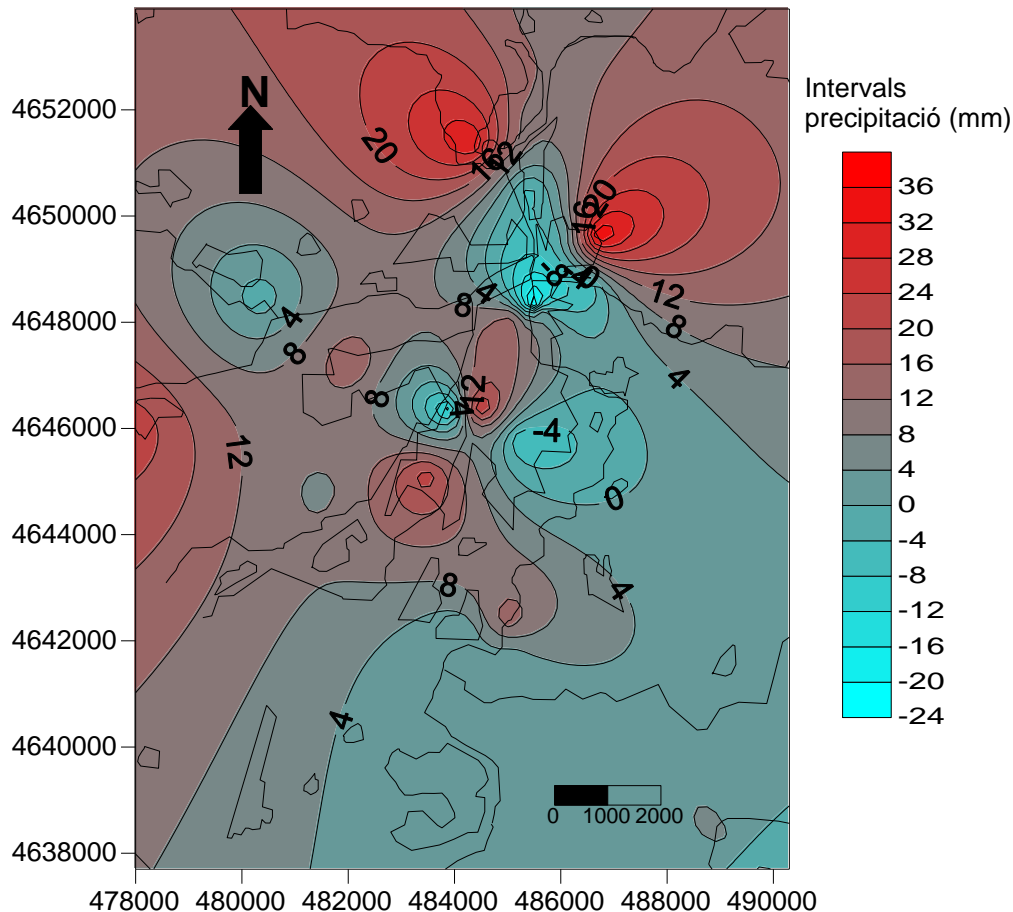


Figura 6.19 Tendència precipitació dels observatoris en relació a l'aeroport de Girona. Període 1998-2011.

L'evolució temporal de la precipitació d'estiu ens mostra un màxim valor de tendència creixent al nord de la ciutat, a l'estació de Sarrià de Ter-Aigües, amb 21 mm/dècada, mentre que el mínim es produeix a Girona-Sèquia, amb -32 mm/dècada. Ambdues tendències són significatives estadísticament (95 %). En general a l'àrea de sotavent (nord de la ciutat) la precipitació de l'estiu presenta unes tendències positives més

elevades mentre que al sud de Girona, tot i també produir-se un increment, hi ha àrees extenses amb un estancament de la precipitació. L'observatori de Girona-Montjuïc-Aigües també presenta un increment relatiu de la precipitació en la seva sèrie, 8 mm/dècada.

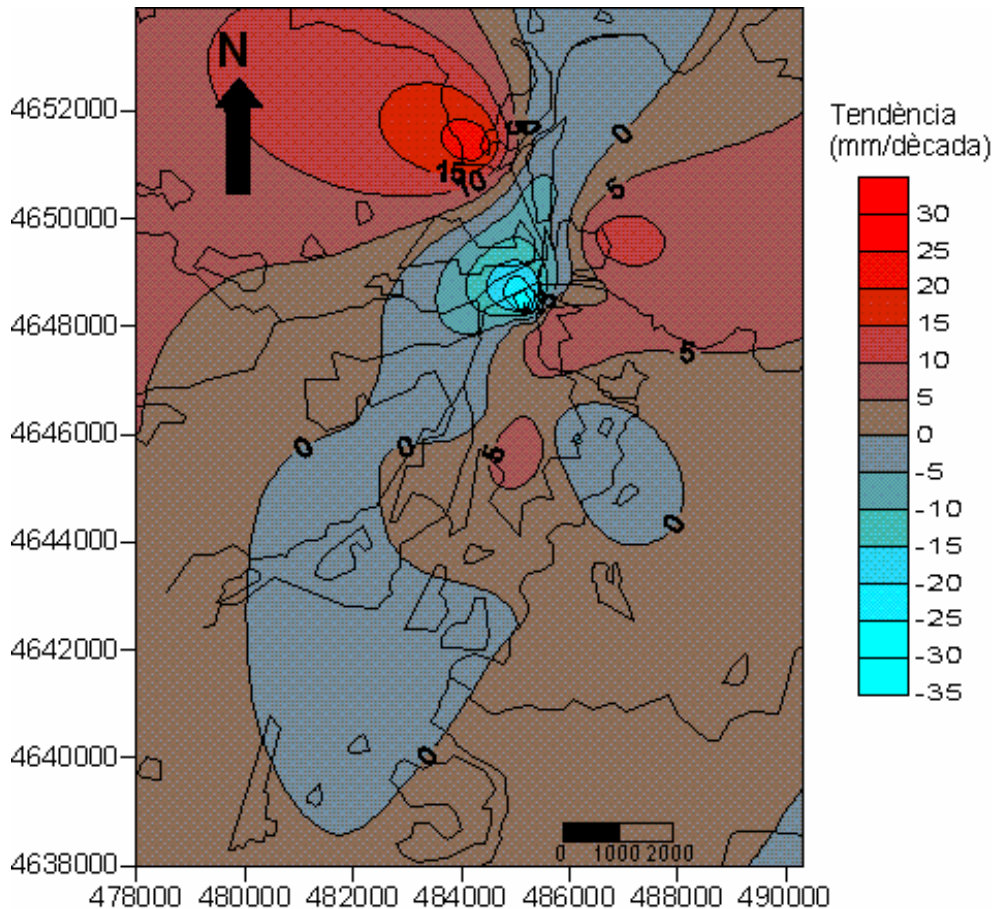


Figura 6.20 Tendència precipitació dels observatoris de l'estiu en relació a l'aeroport de Girona. Període 1998-2011.

La tendència de la precipitació en relació amb l'aeroport de Girona en el període 1998-2011 té signes de caire diferent en els observatoris de l'àrea urbana de Girona. Cal remarcar que a sotavent tenim els observatoris amb la tendència creixent més elevada, Girona (Montjuïc)-Aigües, 37 mm/any, Sarrià de Ter-Aigües, 32,5 mm/any. No obstant també trobem estacions situades a sobrevent, al sud de la ciutat, amb una clara tendència positiva, és el cas d'El Perelló, 22,3 mm/any, o Girona (Palau)-Aigües, 25,9 mm/any. És important de destacar que la majoria d'observatoris tenen una tendència creixent en relació a l'aeroport com es pot observar comparant les zones indiferent, de sobrevent i sotavent amb l'aeroport. L'àrea on tenim un superàvit de precipitació més elevat és sotavent, 11,7 mm/any, seguida de sobrevent, 7,1 mm/any i l'àrea indiferent, 1,7 mm/any. D'altra banda els observatoris amb la tendència decreixent més elevada són Girona (Barri Vell), 24,7 mm/any i Girona /Narcís Xifra), -8,1 mm/any, el primer observatori es troba situat a l'àrea indiferent (centre urbà de Girona), i el 2n a sotavent de la ciutat. Pel que fa a usos del sòl les diferències són molt poc marcades en la tendència, així la a zona rural és on es manifesta amb menys força l'increment, 5,2 mm/any, i l'àrea suburbana on tenim el màxim augment, 7,7 mm/any. Hi ha una tendència significativa a l'increment de la precipitació en 7 observatoris. Aquests són els següents: Bescanó, Salt-Aemet i Girona-centre es

troben en l'àrea indiferent, Celrà, Girona (Montjuïc)-Aigües, Sarrià de Ter-Aigües estan a sotavent, i Fornells de la Selva-SMC està a sobrevent. Cal remarcar que hem fusionat els observatoris de Girona-Sèquia (2002-12) i Girona-Roges (1998-2012) a l'estació de Girona-centre (1998-2012), ja que aquestes estacions tenien un període massa curt per separat i a més són molt properes.

Taula 6.1 Tendència de la precipitació (mm/dècada) segons diferents àrees urbanes. Període 1998-2011.

Àrea	Mitjana	Àrea	Mitjana
Rural	5,2	Indiferent	1,7
Suburbà	7,7	Sobrevent	7,1
Urbà	6,1	Sotavent	11,7
Total general	6,9	Total general	6,9

La precipitació s'incrementa més a l'àrea de sotavent, 11,7 mm/dècada, i menys a l'àrea indiferent, 1,7 mm/dècada, mentre que a la zona de sobrevent tenim un increment important, però inferior a la zona de sotavent, 7,1 mm/dècada. Per tant l'efecte urbà és força important, si analitzem la tendència de precipitació anual de l'àrea urbana de Girona. Si tenim en compte la densitat de la urbanització l'efecte urbà és moderat, ja que l'àrea suburbana es detecta l'increment més important, 7,7 mm/dècada, mentre que a la zona urbana l'augment és de 6,1 mm/dècada. Els indrets rurals presenten la menor pujada pluviomètrica, 5,2 mm/dècada. Es considera com a àrea indiferent la que té una latitud similar a la del centre de Girona.

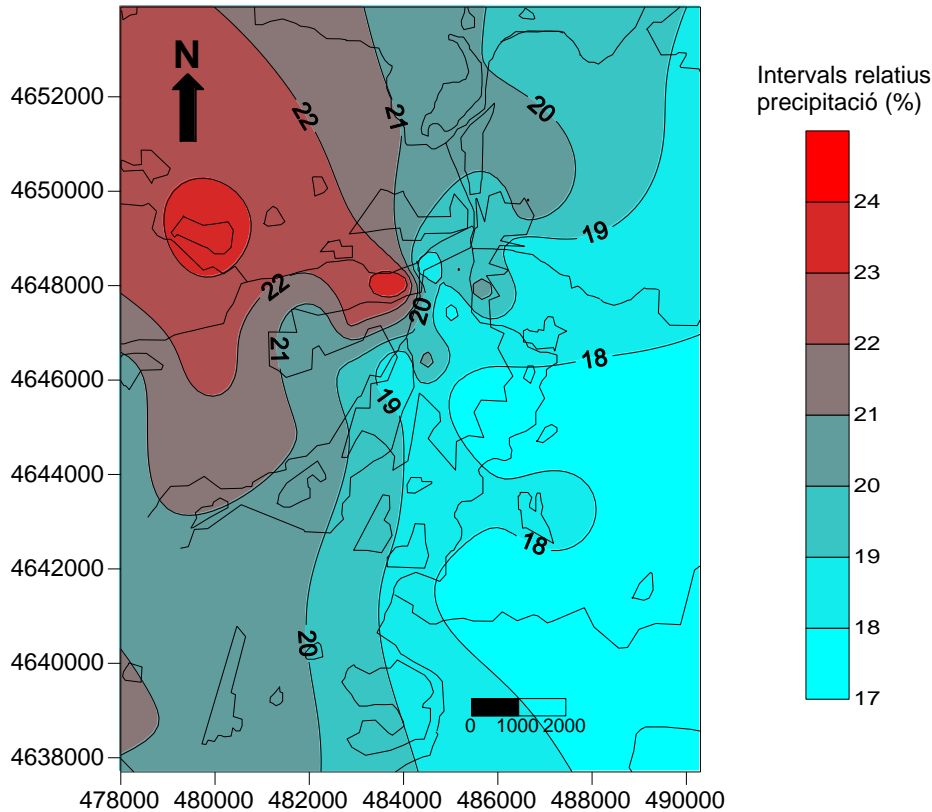


Figura 6.21 Contribució relativa (%) de la precipitació estiuenca respecte la precipitació total anual. Període 1998-2014.

La precipitació relativa estiuenca dins de l'àrea d'estudi augmenta en sentit SE-NW, s'ha d'esmentar que la direcció predominant de les tempestes estiuenques és NW-SE i W-E, per tant, si tenim en compte el moviment de les estructures convectives, l'efecte urbà en la precipitació és poc important, ja que el percentatge de precipitació augmenta en les primeres zones de pas de les tempestes. Així té menys influència en la modificació urbana de la precipitació estiuenca el vent de superfície (S i SW) que el moviment de les tempestes (NW). Així el gradient relatiu és molt menys acusat en el sentit SW-NE (vent de superfície) que en l'orientació NW-SE (vector desplaçament de les tempestes). Això ens fa pensar que és molt complexa la interpretació de la distribució geogràfica de les isohietes del mapa de precipitació mitjana del període 1998-2014 ja que el vent en dies de precipitació és diferent entre superfície (vent predominant del sud) i 700 hPa (direcció mitjana de 245°, vents predominants del SW i NW en dies de tempesta a l'estiu). Així es pot afirmar que la combinació dels efectes orogràfics/geogràfics i els efectes urbans en la precipitació fan difícil discernir l'efecte urbà en els fenòmens convectius.

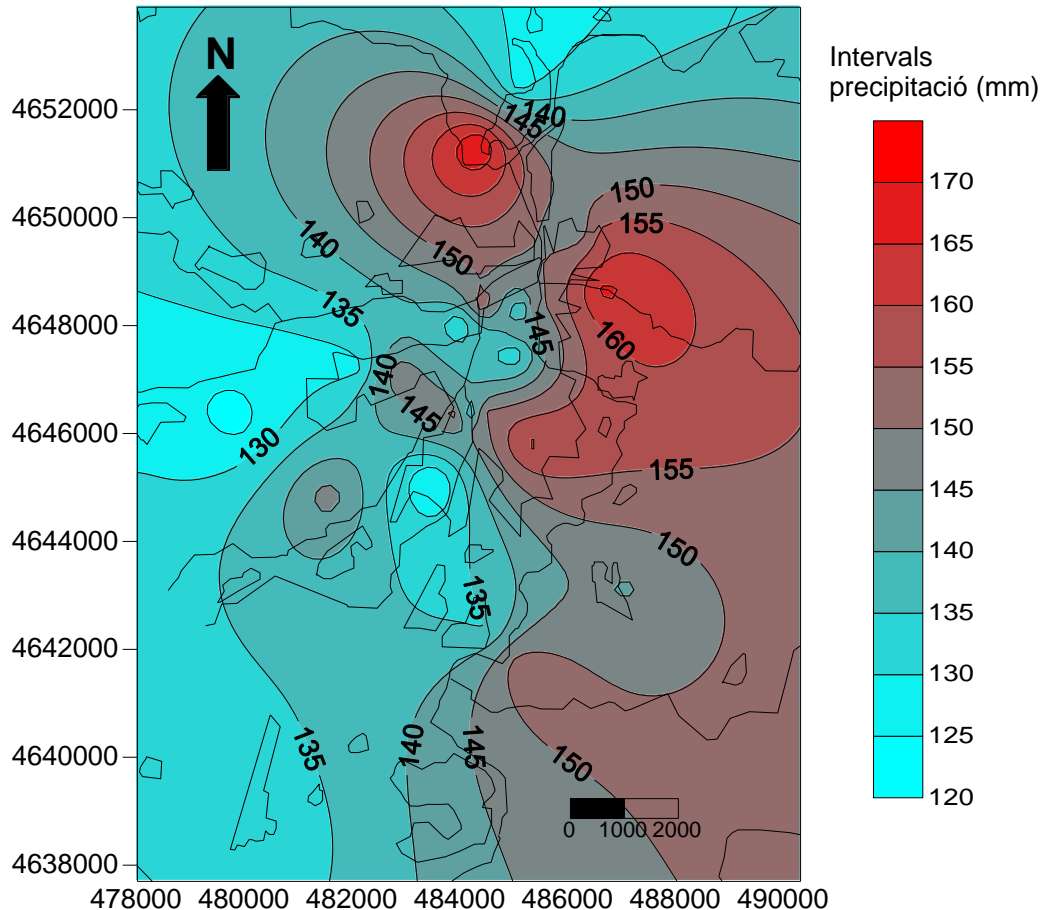


Figura 6.22 Mapa d'isohietes de la precipitació hivernal. Període 1998-2014.

L'anàlisi de la figura 6.24 permet observar dos efectes contraposats que tenen més a veure amb l'orografia que amb els efectes urbans. Així com més a l'oest (Montfullà) i sud-oest (aeroport de Girona) la precipitació hivernal és menys quantiosa, mentre que al sector nord-est (Sarrià de Ter-Aigües) i nord (Vall de Sant Daniel) les precipitacions són més elevades. Els vents de l'hivern que donen la major aportació hídrica són del NE i N, són els vents típics associats a les llevantades, que degut al fregament amb el sòl i la desviació de Coriolis bufen amb aquestes direccions en superfície a l'àrea urbana de Girona. Aquests vents a nivells més elevats (850 hPa i 700 hPa) són de l'est, per això l'efecte de palanca de les Gavarres afavoreix les precipitacions tan quantioses en zones properes com són la Vall de Sant Daniel i Sarrià de Ter-Aigües, tot i trobar-se a sotavent d'aquest massís. En canvi en àrees més allunyades d'aquestes muntanyes del Sistema Litoral es produeix l'efecte d'ombra pluviomètrica, especialment el SW i W de la zona urbana. Dins de la zona urbanitzada de Salt i Girona s'observen diferències menys marcades, però que indiquen com les zones urbanes situades més al nord (Salt-Plaça Sant Cugat) reben més precipitació que altres observatoris que estan al sud (Girona-Parc de Bombers), posar valor. Per tant, l'efecte urbà en la precipitació hivernal intraurbana seria negatiu, a sotavent de la ciutat tindríem un dèficit respecte les àrees situades més a sobrevent dels vents humits.

D'altra banda al centre urbà l'observatori més càlid de la ciutat pel que fa a les temperatures mínimes (Girona-Escola de Música) enregistra un mínim relatiu. Així les precipitacions associades a fronts semblen tenir un patró similar al trobat a altres ciutats com Madrid (FERNÁNDEZ GARCÍA *et al.*, 1993,) o París (ESCORROU, 1991).

Els fronts perden activitat a mesura que penetren dins de la ciutat. En el cas de la ciutat de Girona les causes de la disminució no és la presència d'edificis alts, amb alguna excepció, sinó l'estructura compacta de la ciutat, amb un baix SVF, especialment al Barri Vell. Així s'observa un important gradient pluviomètric negatiu entre els observatoris de Girona-Sant Daniel i Girona-Ciudadans que pot ser induït no només per l'efecte orogràfic (la muntanya del Calvari separa ambdós observatoris), sinó també per causes urbanes, la compacitat de la part antiga de la ciutat de Girona disminuiria la quantitat de les precipitacions estratiformes en aquest sector.

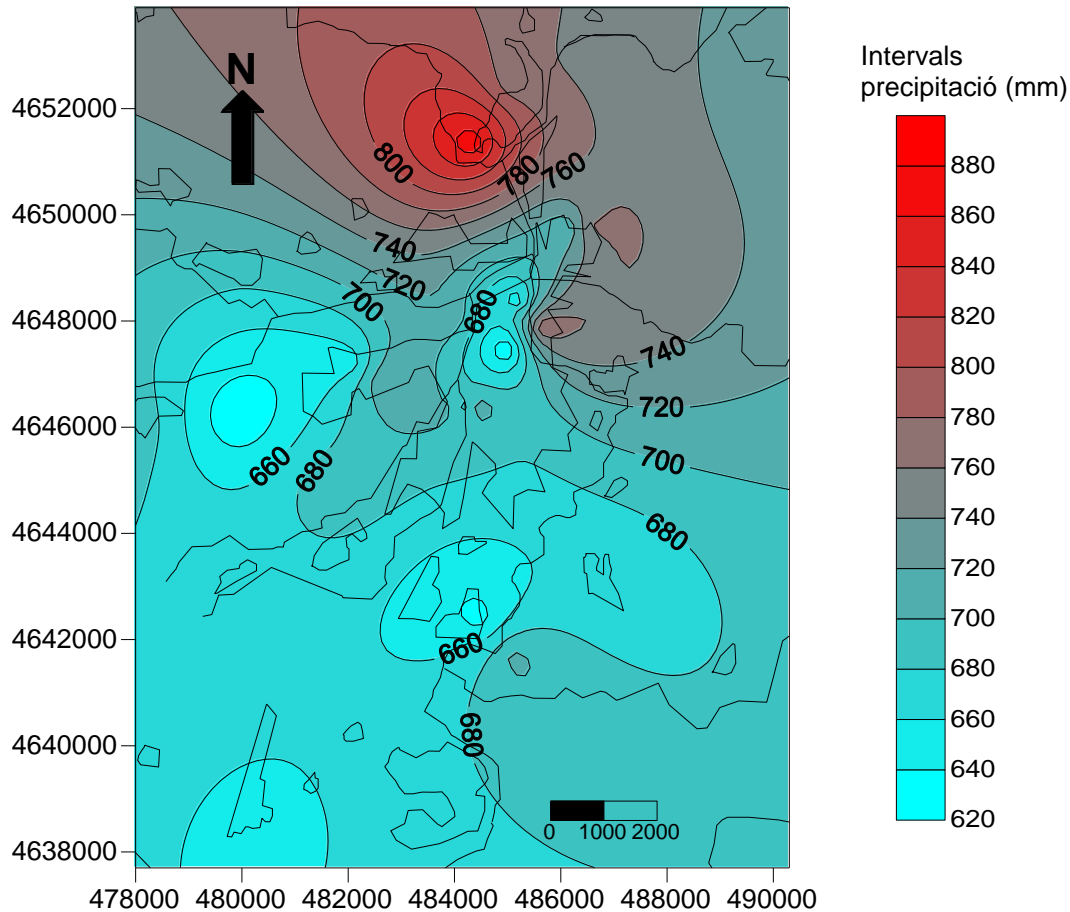


Figura 6.23 Mapa d'isohietes de la precipitació anual. Període 1998-2014.

La precipitació anual en l'àrea urbana de Girona augmenta en sentit sud-nord i també en sentit sud-oest-nord-est. L'àrea més plujosa correspon al sector més proper a les Gavarres i al massís de Rocacorba i la zona més seca es troba fora del pla de Girona. Així l'àrea amb la pluviometria més baixa està al sud de la ciutat, dins de la plana de la Selva estricta (observatoris de Fornells de la Selva-centre i aeroport de Girona). Aquesta zona juntament amb el centre urbà de la ciutat de Girona és la més seca de tota l'àrea d'estudi. No obstant, trobem variacions pluviomètriques força acusades en distàncies curtes dins el terme municipal de Fornells de la Selva. Fornells de la Selva té 704,2 mm i Fornells de la Selva-XVPCA 634,2 mm.

Dins de la ciutat de Girona la precipitació és més elevada a l'observatori de Girona-Bell-lloc, al SW de la ciutat, Girona-Ciudadans al Barri Vell, a l'est de la ciutat, Girona-Montjuïc-Aigües i Girona-Sant Daniel, al nord-est de la urbs, i Girona-Narcís Xifra al nord de la ciutat. Els llocs més secs de la ciutat corresponen en un observatori de la part antiga de la ciutat (Girona-Barri Vell, 623,2 mm) i a l'Eixample (Girona-Escola de

la Música, 657,3 mm), amb precipitacions mitjanes. Un observatori amb escassa precipitació en comparació amb els voltants és Montfullà, situat al sud de Sant Gregori i a l'est de Bescanó, municipi al que pertany. Tot i trobar-se en un vessant del turó la seva situació a sotavent respecte els vents predominants en dies de precipitació pot ser una de les causes de la migradesa de la precipitació. Montfullà és un observatori de la xarxa d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter que té una mitjana baixa de precipitació anual, no obstant en els últims anys s'ha observat un increment molt important de la precipitació en comparació amb l'observatori de l'aeroport de Girona.

La distribució de la precipitació a l'àrea urbana té unes característiques força definides, que estan modulades tant per factors urbans com geogràfics i orogràfics. Així la precipitació és més elevada en sectors propers a turons (observatoris de Girona-Ciutadans, Girona-Santa Clara, Girona-Montjuïc-Aigües, Girona-Sant Daniel, Sarrià de Ter-Aigües) i més dèbil en zones planeres (Fornells de la Selva, aeroport de Girona). El màxim és molt accentuat a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües, que té una precipitació clarament més elevada que l'estació de Sarrià de Ter del carrer Montagut que està situada al barri del Pla dels Vinyers (892,2 mm versus 785,7 mm). El màxim de precipitació es produeix a sotavent de la ciutat de Girona, a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües on es combinen els factors urbans amb els factors orogràfics. Aquest observatori situat al SW del terme municipal de Sarrià de Ter es troba en la vessant oriental d'un turó, al cantó d'una zona suburbana, està a l'oest del poble de Sarrià de Dalt.

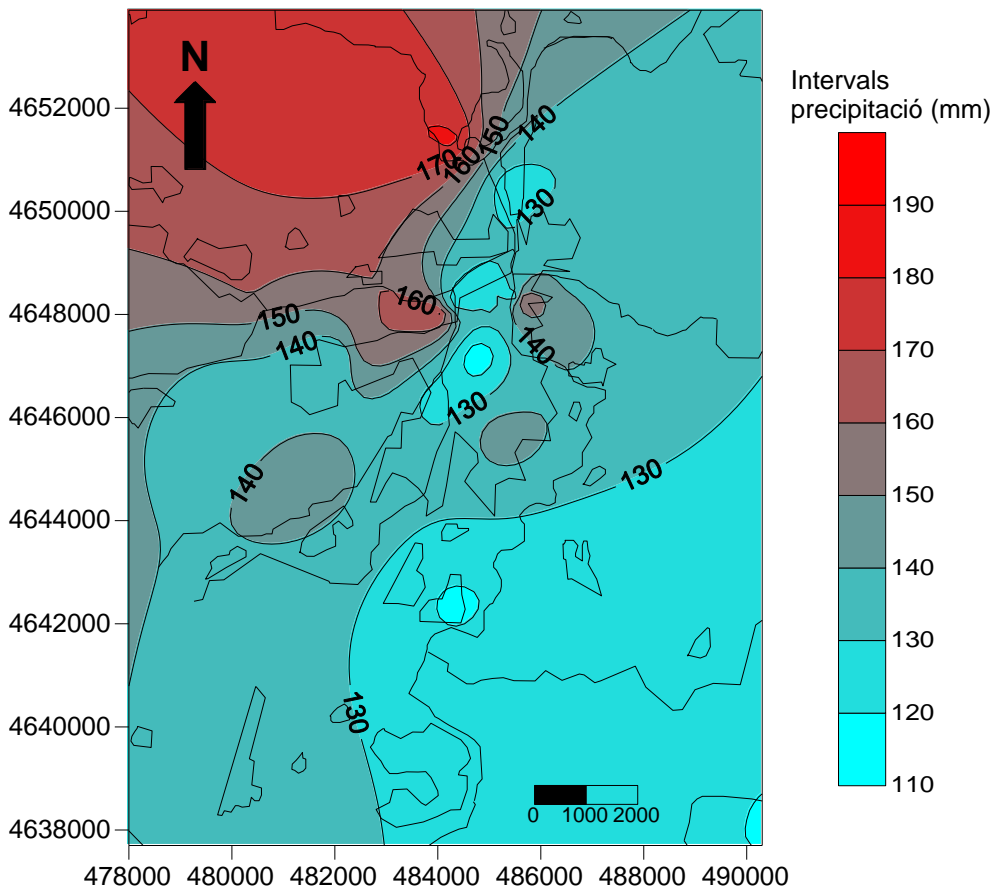


Figura 6.24 Mapa d'isohietes de la precipitació de l'estiu. Període 1998-2014.

Els 3 observatoris més plujosos, Sarrià de Ter-Aigües, Girona-Hortes de Santa Eugènia i Sant Gregori, es troben al sector nord-occidental, occidental i septentrional

de l'àrea d'estudi, amb precipitacions mitjanes respectivament de 182,6 mm, 172,6 mm i 161,0 mm. El moviment predominant de les tempestes és NW-SE i W-E, per tant si ens atenem a això és la zona de sobrevent la que rep més precipitació, i l'efecte urbà seria molt poc important. En canvi si tenim en compte el vent de superfície durant les tempestes, SW-NE, la modificació urbana és important, amb el màxim a sotavent a Sarrià de Ter-Aigües. D'altra banda a Girona-Sant Daniel (132,6 mm) les tempestes estiuenques arriben força desgastades si comparem les seves dades amb observatoris del voltant, 162,2 mm a Girona-Montjuïc-Aigües, 160,6 mm a Girona-Ciudadans, probablement per efecte d'ombra pluviomètrica de la muntanya del Calvari i del turó de Montjuïc. No obstant, on les precipitacions estiuenques són més dèbils és a Girona-IES Narcís Xifra, l'Eixample de Girona (Escola de Música), Fornells de la Selva-centre, Cassà de la Selva-centre i Quart. Així els tres últims observatoris estan a l'àrea de sobrevent, per tant, amb un efecte urbà nul tenim pel que fa al vent en superfície. La precipitació mitjana de Girona- IES Narcís Xifra, Girona-Escola de Música, Fornells-centre, Cassà i Quart és respectivament de 119,6 mm, 108,3 mm, 117,3 mm, 120,1 mm i 120,5 mm. Per tant al centre de la ciutat de Girona tenim una illa de sequedat provocada fonamentalment per la gran quantitat de superfícies impermeables i una escassedat de superfícies verdes que impliquen una menor evaporació, evapotranspiració i flux de calor latent que alimenta en humitat a les tempestes. I al sud les tempestes són menys actives probablement per 2 factors, el debilitament de les tempestes que venen del NW-SE i W-E, i la seva situació a sobrevent de la ciutat de Girona. Tenim un màxim secundari de precipitació a Girona-Palau, 146,7 mm, al sud de la ciutat de Girona, és una àrea amb pendent, orientada cap al nord on l'efecte urbà de la precipitació se suma a l'efecte orogràfic. S'ha de remarcar que l'observatori de Girona-IES Narcís Xifra (un dels observatoris amb menor precipitació, 119,6 mm) és molt proper a Sarrià de Ter-Aigües, això ens fa pensar que degut a la irregularitat de la precipitació estiuenca, caracteritzada per la precipitació convectiva, i a la falta de solapament de les sèries pluviomètriques, juntament com amb l'escassedat de la durada de les sèries és difícil d'emetre unes conclusions definitives sobre la influència urbana en la precipitació estiuenca. El dèficit pluviomètric de Girona-IES Narcís Xifra en comparació amb Sarrià de Ter-Aigües pot estar ocasionada també per la situació dels observatoris i l'orientació de la vall del riu Ter (N-S). Així Sarrià de Ter-Aigües es troba a la part occidental de la vall del riu Ter i Girona-IES Narcís Xifra està a la part oriental, les tempestes poden ser de forma natural més intenses a la part oest de la vall respecte a la zona oriental. Aquesta anomalia també pot ser produïda pel diferent període amb dades disponibles (1994-1999) de Girona-IES Narcís Xifra, que pot influir en la mitjana de precipitació.

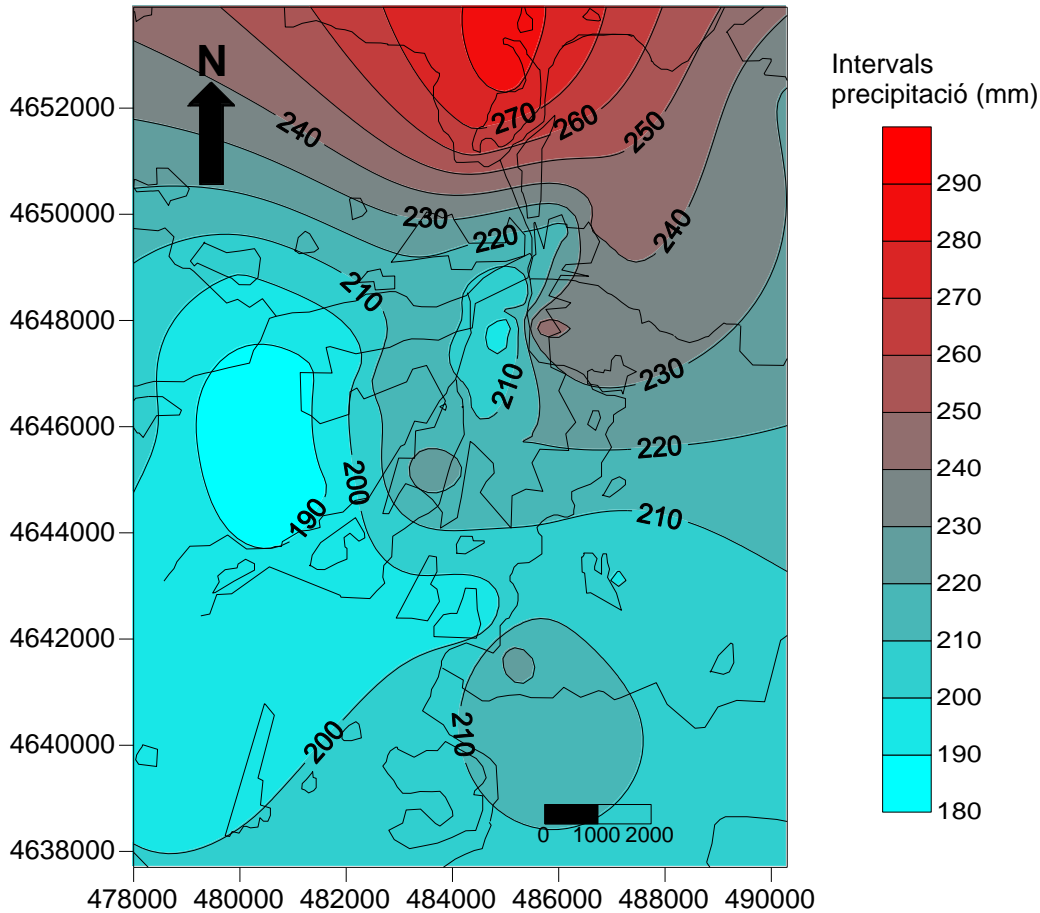


Figura 6.25 Mapa d'isohietes de la precipitació de tardor. Període 1998-2014.

La distribució de la precipitació tardorenca està influïda bàsicament per dos tipus de pluja, la convectiva (tempestes) amb possible efecte urbà en la distribució espacial en l'àrea d'estudi, i l'orogràfica i estratiforme (fronts freds, depressions, llevantades i xalocades sense tempestes associades) on la modificació urbana en la precipitació és més difícil d'analitzar. Així en les precipitacions associades a llevantades, amb absència de convecció, el relleu interacciona amb les masses d'aire humit provocant màxims pluviomètrics en àrees properes als turons de l'àrea d'estudi i per això és complicat de separar l'efecte urbà de la influència orogràfica en la distribució de la pluja damunt de l'espai. Els observatoris més plujosos es troben a la part septentrional, oriental i nord-oriental de l'àrea urbana de Girona. Aquests són els següents: Sarrià de Ter (C/Montagut), 282,5 mm, Sarrià de Ter-Aigües, 266,9 mm, Girona-Montjuïc-Aigües, 240,7 mm i Girona-Ciudadans, que és el més plujós de la ciutat de Girona amb 245 mm. Hem de tenir en compte que les llevantades estan acompanyades de vent en superfície de N-NE, per tant el màxim relatiu de Sarrià de Ter no estigui produït únicament per l'efecte urbà, sinó per l'efecte orogràfic, ja que està a sobrevent en els dies amb aquest tipus de precipitació. D'altra banda, a sobrevent de la ciutat de Girona s'observen màxims secundaris de precipitació probablement per la penetració de masses d'aire humit del mar Mediterrani amb vents del sud-sud-oest que també són típiques d'algunes situacions de llevantades i també episodis convectius. Aquests màxims estan a Fornells-SMC, 224,0 mm. El centre urbà de Girona enregistra precipitacions tardorenques menors respecte la rodalia, l'observatori amb la mitjana

més baixa és Girona-Escola de la Música, 199,1 mm, valor proper a Girona-Bonastruc, 206 mm. No obstant, la precipitació mitjana és de 183,4 mm a Montfullà, a l'oest de l'àrea urbana. Aquest és l'observatori menys plujós, juntament amb Vilablareix-SMC, 188,3 mm. Aquesta zona de menor precipitació s'explica per l'efecte d'ombra pluviomètrica de les Gavarres, ja que està a la part sud-occidental de Girona. 183,4 mm a Montfullà.

La precipitació a la primavera és més elevada en observatoris situats en diferents zones, al nord-est, nord i sud-est de l'àrea urbana. Els observatoris més plujosos són Sarrià de Ter-Aigües, 252,5 mm, Girona-Sant Daniel, 214,1 mm, Cassà de la Selva-SMC, 207,2 mm. En canvi l'estació meteorològica amb menys pluviometria és Girona-Palau-aigües, observatori situat al sud, a sobrevent de l'àrea urbana de Girona, al nord de la ciutat, i que es troba molt a prop de Sarrià de Ter-Aigües. L'efecte orogràfic és una dels factors claus que expliquen la major precipitació de les parts oriental i nord de la zona urbana de Girona, mentre que l'efecte urbà implica precipitacions més abundants a Sarrià de Ter-Aigües. D'altra banda, Montfullà-Aigües, a l'oest de l'àrea urbana i en una zona indiferent, enregistra una precipitació escassa, 178,1 mm, aquesta estació es troba en una àrea indiferent de l'àrea urbana. Girona-Sèquia amb 188,4 mm no té una disminució de la precipitació tan important com en altres estacions astronòmiques. Per tant el descens de la precipitació atribuïble a la supressió de la pluja al centre de Girona no és tan important a la primavera com en altres estacions.

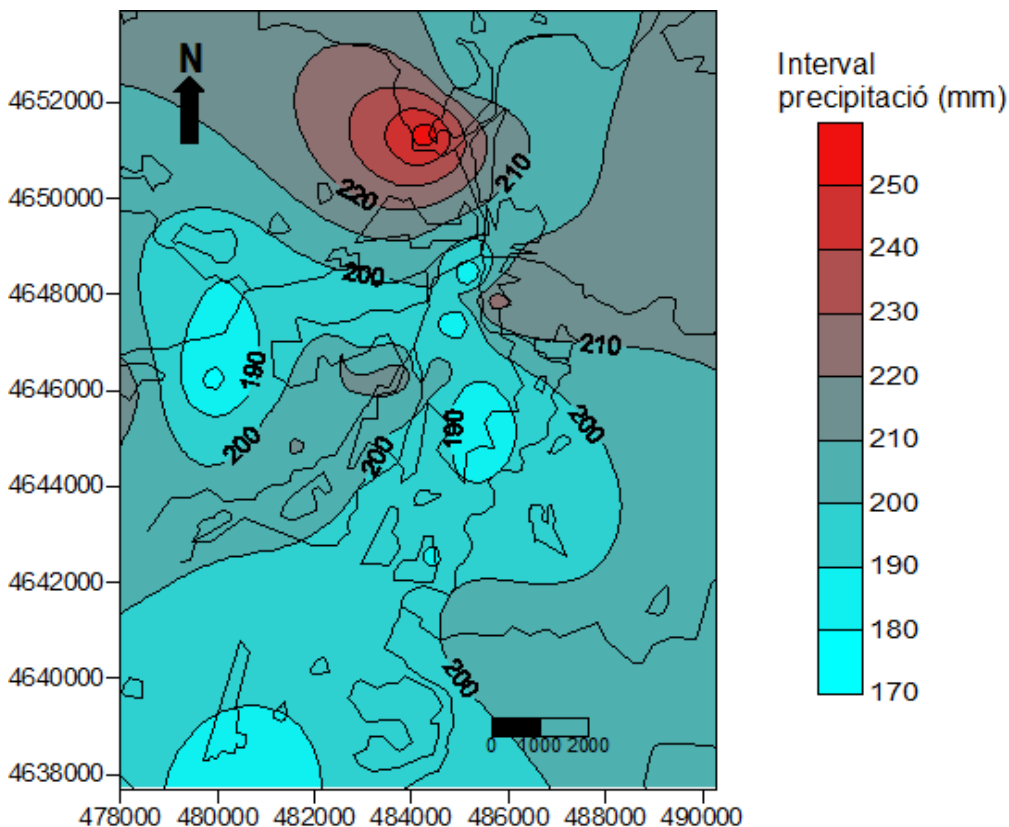


Figura 6.26 Mapa d'isohietes de la precipitació de primavera. Període 1998-2014.

Una de les metodologies proposades per Lowry (1998) per a l'anàlisi de la precipitació urbano-rural és la comparació de la precipitació entre les diferents zones de la ciutat, per exemple, comparant els observatoris urbans i rurals i les estacions de sobrevent i

sotavent. La figura 6.28 ens assenyala com la influència urbana en la precipitació és relativament més important a l'estiu respecte les altres estacions astronòmiques. Així la desviació respecte les precipitacions idèntiques en ambdues àrees (100 %) és major a l'estiu, 7 %, en comparació amb la resta de l'any, amb un mínim a l'hivern, 1,6 %. A l'estiu s'observa el major dèficit urbà, amb el 93 %, igualment com a la primavera i a l'hivern, mentre que a la tardor hi ha un lleuger superàvit urbà (103,5 %). Les diferències relatives són inferiors al 10 % en totes les estacions, per tant la modificació urbana de la precipitació a la ciutat de Girona és força dèbil. No obstant, és a l'estiu quan s'observa la major anomalia urbana de la precipitació (percentatge relatiu de la precipitació del 93 % respecte la mitjana rural) i és negativa, això significa que a l'interior de la ciutat les tempestes són menys actives i donen menys precipitació que als afores. Les causes de la menor precipitació als centres de les ciutat de Girona i Salt són la manca d'aigua disponible al sòl en les zones urbanes, juntament amb la menor evapotranspiració procedent de la vegetació. Així, la taxa de Bowen més baixa a l'àrea urbanitzada respecte els camps i els boscos, cosa que implica un menor flux de calor latent a Girona que incrementi l'eficiència de la precipitació convectiva en les zones urbanes, que és menor que a les àrees rurals. Per confirmar aquesta asseveració necessitaríem perfils tridimensionals del contingut de vapor de l'aigua durant les tempestes estiuenques en la zona d'estudi.

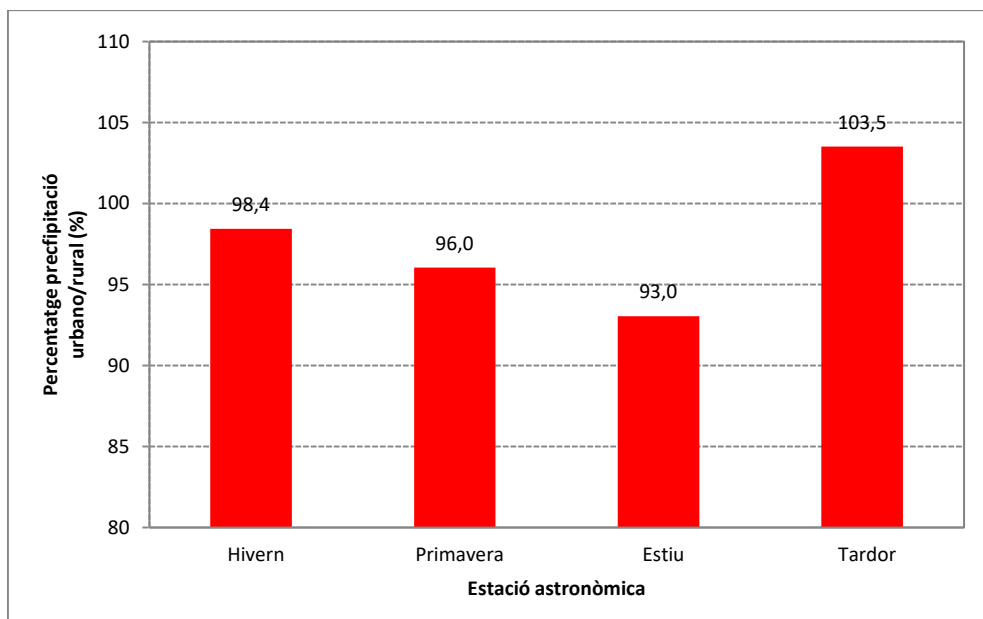


Figura 6.27 Percentatge de la precipitació urbano/rural estacional. Període 1998-2014.

La distribució de la precipitació estacional respecte el total anual ens mostra una similitud més important entre les diferents àrees en les estacions astronòmiques amb activitat convectiva més intensa (estiu i tardor) que a l'hivern quan l'aportació hídrica de les tempestes és anecdòtica. El màxim hivernal es dona a la zona suburbana (143,6 mm), el màxim primaveral és idèntic a les àrees rural i suburbana (203,6 mm), el màxim estiuenc és més elevat a l'àrea rural, 142,3 mm i a la tardor, 216 mm, a la zona suburbana. Per tant, en cap estació astronòmica el màxim és a la zona urbana, això ens fa deduir que la ciutat de Girona és una àrea més seca que els afores. L'efecte de l'illa de calor urbana i de l'illa de sequedat urbana (menys humitat relativa) són dos factors coadjuvants que expliquen l'illa de sequedat urbana (menor

precipitació a la ciutat). Com hem esmentat abans les dues explicacions que trobem més raonables per explicar el dèficit urbà són la menor disponibilitat d'aigua a la ciutat, ja que es caracteritza pel sòl impermeable que afavoreix l'escolament de l'aigua, i també la menor raó de Bowen. L'illa de calor urbana, tot i que en altres investigacions (GONZÁLEZ et al., 2001) és un factor que afavoreix la precipitació, a la ciutat de Girona és un factor negatiu ja que implica una menor humitat relativa dins de la ciutat i un menor flux de calor latent. En aquest cas el flux de calor sensible derivat de les altes temperatures és menys important que el flux de calor latent.

El percentatge de precipitació estacional és força diferent en funció de l'època de l'any, amb un màxim tardorenc i un mínim estiuenc en totes les àrees urbanes, si bé el màxim de la tardor és molt similar a la primavera, de la mateixa forma l'aportació hídrica estival és idèntica a l'hivernal. Les diferències percentuals entre les diferents zones són d'una magnitud reduïda, tot i que en el cas de l'hivern i a l'estiu són menys marcades que a les estacions equinoccials. L'explicació no és senzilla, així el tipus de precipitació estratiforme, predominant a l'hivern, implica diferències espacials de precipitació menys exagerades que en les pluges convectives a l'estiu, així teòricament els biaixos percentuals haurien de més forts a l'estiu que a l'hivern. No obstant, hem de tenir en compte que hi ha una menor contribució de la precipitació estiuenca respecte el total anual a tota l'àrea urbana. Les diferències percentuals entre sobrevent i sotavent disminueixen a l'estiu, quan les precipitacions convectives són més habituals. Per tant l'efecte urbà en les tempestes és menor a l'estiu en comparació amb les pluges estratiformes de la resta de l'any. Per tant emetem una nova hipòtesi en què afirmem que l'efecte urbà en les precipitacions no és molt important a l'àrea urbana de Girona ja que a l'estiu és quan la diferència relativa sotavent-sobrevent és menor.

L'efecte urbà en la precipitació estacional és ben palpable a l'àrea urbana de Girona, tant en els valors absoluts com en els relatius, les precipitacions són més elevades a la zona de sotavent respecte la de sobrevent. En totes les estacions astronòmiques tenim una precipitació més elevada a la part septentrional de l'àrea urbana de Girona, a l'àrea de sotavent, i la precipitació és inferior al sud de la ciutat, a la zona de sobrevent. Així, segons diferents investigadors dins del disciplina de la climatologia urbana com Moreno García (1999) i Hand i Shepherd (2009) hi ha un efecte urbà positiu en la precipitació a la ciutat de Girona, hi ha una major precipitació a la zona de sotavent. Però hi ha diferències interestacionals, amb una major modificació urbana de la precipitació a les estacions on la precipitació és més convectiva, per tant estiu (114,2 %) i tardor (115,7 %), que a l'hivern (104,7 %), tot i que a la primavera on la contribució de la precipitació associada a les tempestes és major que a l'hivern té un percentatge menor (103,7 %). Així les tempestes estiuencs impliquen una major contribució de precipitació a la part septentrional que el sud de Girona, com la direcció predominant del vent és del SW en superfície durant les tempestes, es pot afirmar que es pot constatar com la modificació urbana en la precipitació convectiva és positiva, i a sotavent, però com hem observat a la taula x és negativa al continu urbà de Salt i Girona. Així el vent del sud-oest afavoriria que el plomall urbà s'estengués a sotavent durant les tempestes cosa que ajudaria a explicar el superàvit a sotavent, mentre que al centre urbà tant la menor disponibilitat d'aigua en superfície com la major proporció de superfície impermeable explicarien les menors precipitacions de l'estiu.

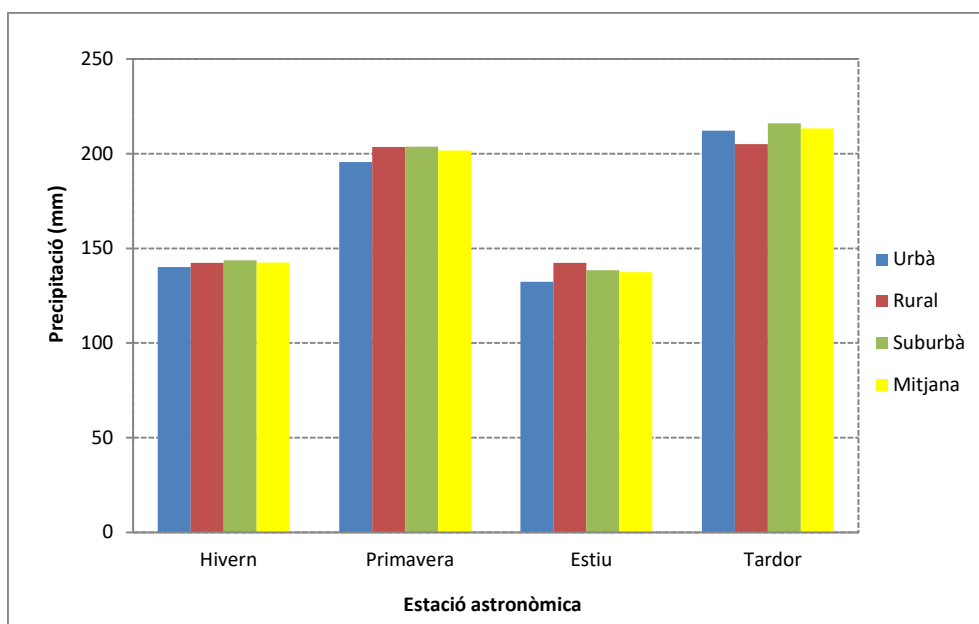


Figura 6.28 Precipitació estacional segons diferents usos del sòl. Període 1998-2014.

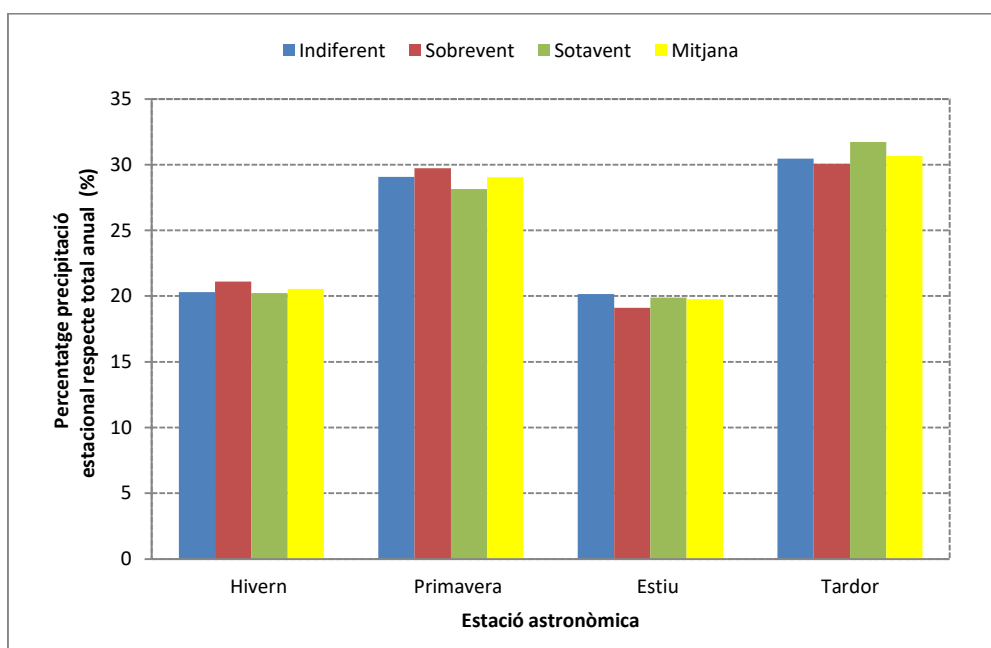


Figura 6.29 Percentatge (%) de la precipitació estacional respecte la precipitació anual. Zones en funció de la direcció predominant del vent en els dies de precipitació. Període 1998-2014.

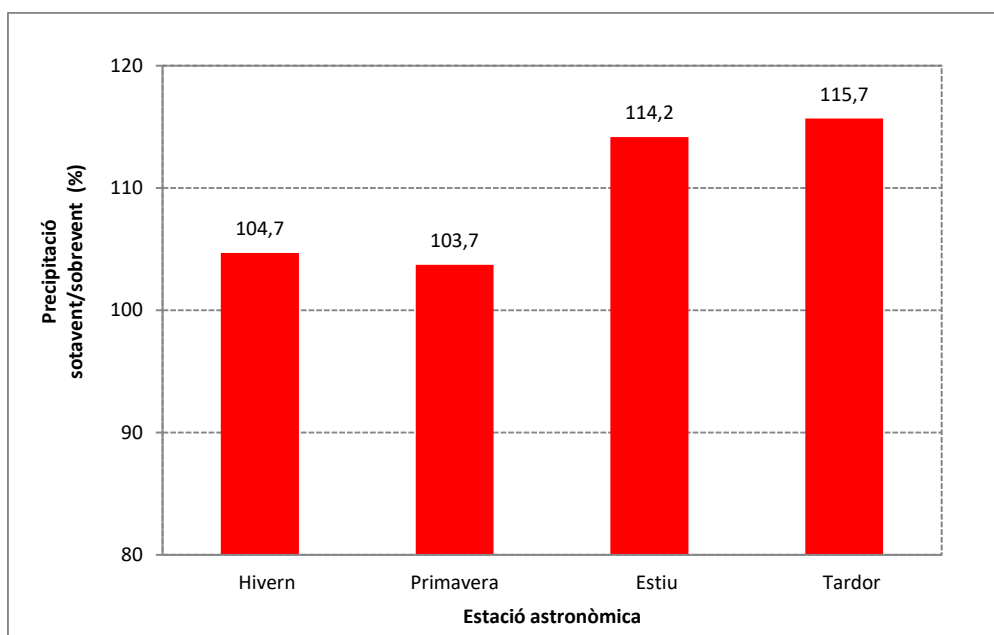


Figura 6.30 Percentatge estacional de precipitació sotavent/sobrevent. Període 1998-2014.

Algunes investigacions indiquen que la mida dels contaminants explica el sentit positiu o negatiu de la influència urbana en la precipitació, les partícules de major mida afavoririen la precipitació i les de menor grandària disminuirien la pluja. No obstant no disposem a Girona d'una sèrie gaire llarga i amb moltes llacunes de les dades diàries de PM 10 (2005-2017) i no podem fer una anàlisi seriosa de la influència de les partícules en la precipitació. Segons l'estudi de la terbolesa atmosfèrica a la ciutat de Girona fet per GONZÁLEZ GUTIÉRREZ *et al.* (2001) és a l'estiu quan hi ha una major presència d'aerosols a l'atmosfera de la ciutat de Girona, el transport del vent dels aerosols atmosfèrics a sotavent pot afavorir la major precipitació a sotavent, tant a Sant Gregori com especialment a Sarrià de Ter-Aiguës. Però hem de tenir en compte que aquests aerosols poden tenir un doble origen (natural i antropogènic), per la qual cosa no podem fer una relació causa-efecte entre aerosols i el superàvit pluviomètric a sotavent de Girona durant l'estiu. En el cas de la precipitació associada a tempestes hi ha una dificultat afegida a l'hora d'analitzar-les, el vent a 700 hPa és el que influeix en l'increment a sotavent de les tempestes a algunes ciutats, com per exemple Oklahoma (HAND i SHEPHERD, 2009). En canvi en aquesta investigació s'ha analitzat bàsicament la direcció del vent en superfície, tot i que a l'annex hem inclòs la precipitació convectiva segons el vent a 700 hPa. Aquest vent a l'estiu té una direcció diferent (W) a l'estiu respecte el vent mitjà diari en superfície a l'aeroport de Girona, pel que fa al vent en dies de tempesta. S'ha d'afegir que l'anàlisi del moviment de les cèl·lules convectives amb imatges de radar el moviment predominant de les tempestes és NW-SE. Això explica un increment de la precipitació al nord i nord-oest de la ciutat. Hem realitzat una anàlisi estadística amb Excel fent una taula dinàmica de la precipitació en el període 1998-2014 i s'ha detectat una correlació negativa entre a precipitació a l'estiu i la distància a Rocacorba, que es troba uns 15 Km al NW de Girona, i és una de les àrees de pas preferides per les tempestes abans d'arribar a l'àrea urbana de Girona. També s'observa com el percentatge de la precipitació estiuenca respecte la pluja anual és més elevat al nord-oest i és més baix a l'est, sud i sud-est. Per tant, si tenim en compte el moviment de desplaçament de les tempestes l'efecte urbà en la precipitació seria negatiu, aquestes són més actives, donen més

precipitació a la zona de sotavent que a l'àrea de sobrevent. La zona de sotavent segons el moviment de les tempestes seria a la inversa del vent de superfície, al sud de la ciutat de Girona

També hi ha uns altres factors orogràfics, geogràfics, meteorològics que poden afavorir la major precipitació de Sant Gregori i especialment a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües. El factor orogràfic és la proximitat a les serralades, en aquest cas al Sistema Transversal (Rocacorba), així les muntanyes impliquen un efecte de palanca envers les marinades, cosa que reforça els moviments ascendents i la precipitació convectiva, en el cas de Sarrià de Ter es troba en una vall (la del riu Ter) entre turons que són els últims contraforts de dos sistemes orogràfics (Gavarres i Serra de Finestres, Rocacorba). El factor geogràfic en el cas de Sarrià de Ter i la situació entre dues estructures geogràfiques oposades (la plana empordanesa i la plana de la Selva) i com hem esmentat abans l'enllaç entre dues àrees muntanyoses (Sistema Litoral i Sistema Transversal). La complexitat geogràfica de Sarrià de Ter pot generar una convergència de vent en aquesta zona durant les tempestes, que seria el factor meteorològic que afavoriria l'increment de la precipitació convectiva. A més a més, la situació de Sarrià de Ter a sotavent de Girona pot generar una convergència de vent a sotavent damunt de Sarrià de Ter. Un altre factor és l'alt contingut vapor d'aigua.

També hi han uns altres factors orogràfics, geogràfics, meteorològics que poden afavorir la major precipitació de Sant Gregori i especialment a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües. El factor orogràfic és la proximitat a les serralades, en aquest cas al Sistema Transversal (Rocacorba), així les muntanyes impliquen un efecte de palanca envers les marinades, cosa que reforça els moviments ascendents i la precipitació convectiva, en el cas de Sarrià de Ter es troba en una vall (la del riu Ter) que enllaça dos sistemes orogràfics (Gavarres i Serra de Finestres, Rocacorba). El factor geogràfic és en el cas de Sarrià de Ter la situació entre dues estructures geogràfiques oposades (la plana empordanesa i la plana de la Selva) i com hem esmentat abans l'enllaç entre dues àrees muntanyoses (Sistema Litoral i Sistema Transversal). Això pot generar una convergència de vent a Sarrià de Ter, que seria el factor meteorològic. Hem d'afegir que la situació geogràfica de Sarrià de Ter a sotavent de la ciutat de Girona pot generar una convergència de vent a sotavent (HAN et al., 2014) que pot produir un increment de la precipitació en les tempestes a Sarrià de Ter. Un altre factor és l'alt contingut vapor d'aigua de les tardes a Sarrià de Ter com s'observa en el mapa de distribució de la pressió de vapor d'aigua de les 15 hores en el capítol 7 on analitzem la modificació urbana d'altres variables meteorològiques.

La distribució de la precipitació mitjana anual a l'àrea urbana de Girona en el període 1998-2014 ens mostra uns màxims a sotavent de la ciutat de Girona (meitat nord de l'àrea urbana), així tenim el màxim principal a Sarrià de Ter-Aigües, 872,4 mm, mentre que tenim màxims secundaris a la Vall de Sant Daniel de Girona, Girona-Montjuïc i Sant Gregori amb precipitacions superiors a 700 mm. Les àrees més seques o ombres pluviomètriques es troben al centre urbà de Girona (observatoris del carrers Francesc Roges i Sèquia), 624 mm, i també a l'observatori del Parc de Bombers de Girona, amb una precipitació mitjana de 632 mm. S'ha de remarcar que els afores dels nuclis urbans de Fornells de la Selva i Cassà de la Selva tenen una precipitació mitjana més elevada (amb una mitjana anual superior als 700 mm) que els observatoris situats als centres urbans d'ambdues poblacions. Això es deu en part al fet que els observadors dels centres urbans només prenen les precipitacions iguals o superiors a 1 mm i no

prenen la precipitació inferior a 1 mm, i això pot influir en la quantitat de precipitació anual.

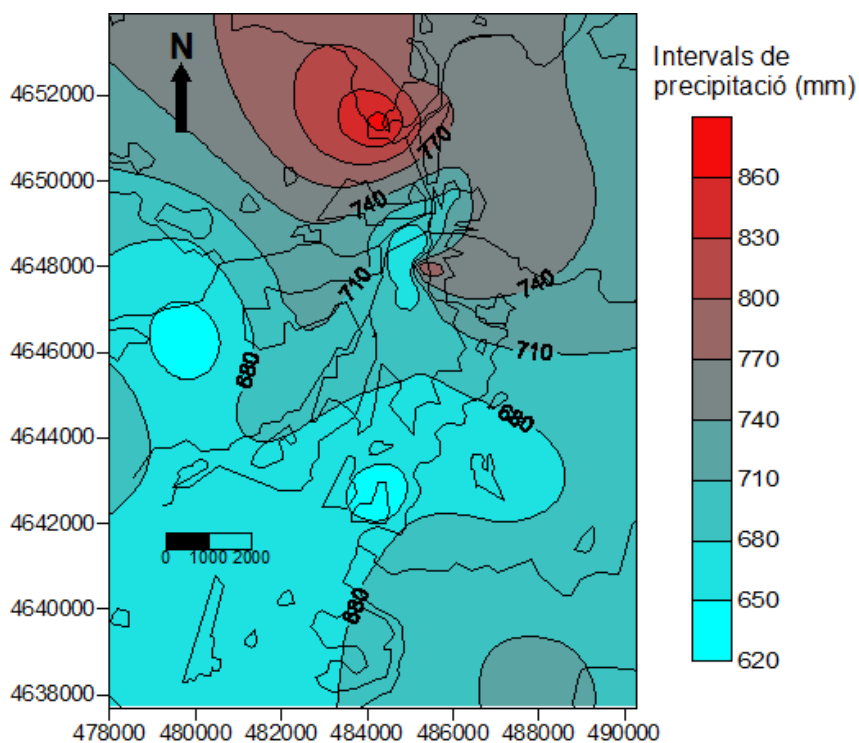


Figura 6.31 Mapa d'isohietes de la precipitació mitjana anual. Període 1998-2014.

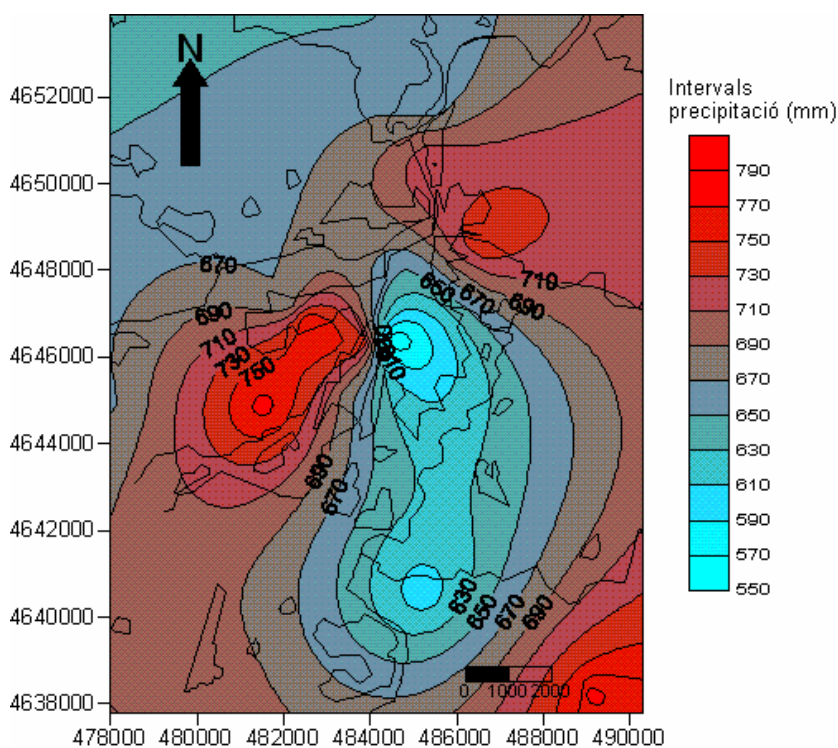


Figura 6.32 Mapa d'isohietes de la precipitació mitjana anual. Període 1998-2004.

La distribució de la precipitació del període 1998-2004 no sembla estar modulada especialment per l'efecte urbà teòric, amb un increment de la precipitació a sotavent

de la ciutat (meitat nord de l'àrea urbana) . Així el màxim pluviomètric es troben a l'àrea de sobrent de la ciutat, Vilablareix-SMC i Cassà de la Selva-SMC, amb 779,2 mm i 772,9 mm respectivament. D'altra banda també s'observen ombres pluviomètriques a la zona urbana de sobrent, Fornells de la Selva-XOM, 596,2 mm i Girona-Parc de Bombers, 549,8 mm. El nord de la ciutat enregistra precipitacions força elevades a la Vall de Sant Daniel de Girona, 751,8 mm o Girona-Montjuïc, 723,2 mm. Hi ha observatoris molt propers amb unes variacions molt importants de la precipitació, com és el cas de Girona-Bell-lloc, 740,2 mm en comparació amb l'estació de Girona-Parc de Bombers que no arriba a 550 mm.

La distribució de la precipitació a l'àrea urbana de Girona en el període 1998-2014 ens mostra uns màxims a sotavent de la ciutat de Girona (meitat nord de l'àrea urbana), així tenim el màxim principal a Sarrià de Ter-Aigües, 777,6 mm i a sobrent, 712,3 mm a Cassà de la Selva-centre. Les àrees amb menys precipitació o ombres pluviomètriques es troben al centre urbà de Girona, per exemple als observatoris del carrers Francesc Roges i Sèquia que tenen un continu de precipitació en aquest període, amb 624 mm, i també a l'observatori de Girona-Parc de Bombers (SMC), al sud de la ciutat Girona, i a sobrent d'aquesta, amb una precipitació mitjana de 632 mm.

La distribució de la precipitació del període 1998-2004 no sembla estar modulada especialment per l'efecte urbà teòric, amb un increment de la precipitació a sotavent de la ciutat (meitat nord de l'àrea urbana). Així el màxim pluviomètric es troben a l'àrea de sobrent de la ciutat, Vilablareix-SMC i Cassà de la Selva-SMC, amb 779,2 mm i 772,9 mm respectivament. D'altra banda també s'observen ombres pluviomètriques a la zona urbana de sobrent, Fornells de la Selva-XOM, 596,2 mm i Girona-Parc de Bombers, 549,8 mm. El nord i nord-est de la ciutat (sotavent) enregistra precipitacions força elevades a l'observatori de la vall de Sant Daniel de Girona, 751,8 mm o a Girona-Montjuïc, 723,2 mm. Hi ha observatoris molt propers amb unes variacions molt importants de la precipitació, com és el cas de Girona-Bell-lloc, 740,2 mm en comparació amb l'estació de Girona-Parc de Bombers que no arriba a 550 mm.

En el període 2005-2010 els observatoris situats al sud de la ciutat (a sobrent de la urbs) enregistren precipitacions més febles que els que es localitzen al nord (a sotavent de Girona). Per tant hi ha una certa influència urbana en la precipitació, que no es manifesta en un augment pluviomètric al centre urbà, que és precisament l'àrea més seca (Girona-Sèquia), sinó un increment de la precipitació a sotavent. Els observatoris que enregistren menys precipitació anual en el període 2005-2010 són Girona-Bell-lloc, 498,9 mm i l'aeroport de Girona, 541,9 mm. Aquestes dues estacions es troben a sobrent de la ciutat de Girona. S'observa un màxim pluviomètric a sotavent de la ciutat, així Sarrià de Ter-Aigües enregistra el màxim de precipitació, 761,3 mm de mitjana. La precipitació és més elevada a les parts septentrional i oriental de l'àrea urbana. Així Cassà de la Selva enregistra 652,2 mm de precipitació mitjana, força més que a l'aeroport de Girona, situat més cap a l'oest. La vall de Sant Daniel de Girona presenta una mitjana de 675,5 mm, mentre a Sant Gregori tenim 579,4 mm. Per tant podem afirmar que la precipitació a Girona no només experimenta un efecte urbà amb increment de la precipitació a la part nord de la ciutat (sotavent) sinó també està modulada per l'aportació de humitat del mar, que provoca un increment de la precipitació en la part oriental de l'àrea urbana en comparació amb la zona occidental.

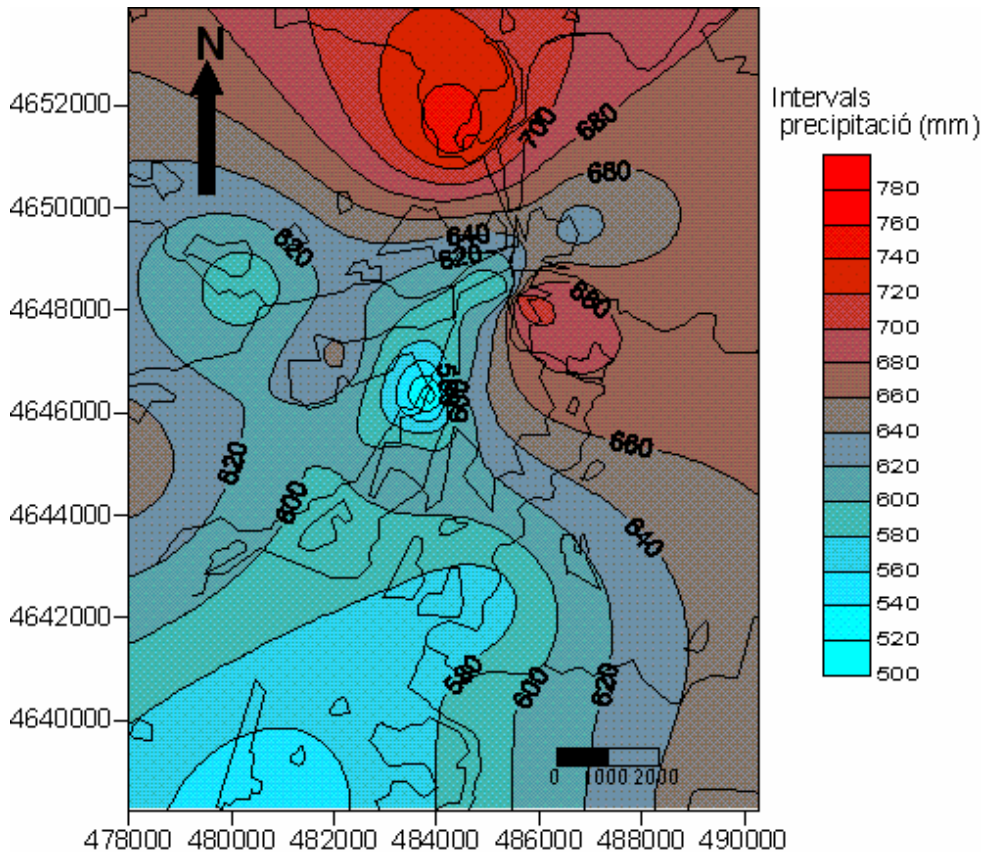


Figura 6.33 Mapa d'isohietes de la precipitació mitjana anual. Període 2005-2010.

Si comparem els dos períodes 1998-2004 i 2005-2010 ens adonem que la precipitació presenta variacions destacables en alguns observatoris com és el cas de l'aeroport de Girona amb un descens important en la precipitació, la precipitació mitjana davalla des dels 703,1 mm fins als 541,9 mm. Els observatoris que tenen el màxim pluviomètric de l'àrea d'estudi canvien depenent del període considerat, Cassà de la Selva i Vilablareix en el 1998-2004 i en canvi Sarrià de Ter-Aigües en el 2005-2010. El mínim és a Girona-Bell-lloc els dos períodes. La precipitació tan dèbil de l'observatori de Girona-Bell-lloc no ens sembla gaire fiable ja que en el període 1972-97 és força més abundant, 750 mm. Probablement l'augment de llacunes i l'automatització de l'observatori de Girona-Bell-lloc (AEMET) en els últims anys de la seva sèrie (2002-2008) explica la seva baixa pluviometria en ambdós períodes. Per tant s'observa un màxim a sotavent de la ciutat en el segon període i a sobrevent en el primer. En el període 1998-2010 l'àrea més plujosa correspon al nord de la ciutat, Sarrià de Ter amb 718 mm, després Girona-Sant Daniel 700 mm, i Montjuïc 797 mm. La pluja més intensa al nord de la ciutat durant les tempestes és la causa més probable d'aquesta anomalia a sotavent. En general a l'àrea de sotavent els totals pluviomètrics presenten una tendència cap a l'increment de precipitació en l'interval temporal 2005-2010, mentre que les estacions de sobrevent presenten una evolució decreixent de la pluviometria. Les causes per explicar aquesta diferent distribució de precipitació en dos períodes temporals consecutius són difícils d'entendre, ja que la ciutat no ha experimentat un creixement significatiu en aquest període, probablement s'han d'associar amb el caràcter aleatori de la precipitació i especialment de les pluges associades a tempestes a l'àrea urbana de Girona.

6.2 Estudi de les precipitacions convectives

La rosa dels vents dels dies de precipitació intensa no segueix el mateix patró que l'homòloga en el cas dels dies de precipitació superior a 1 mm. Així el vent predominant és el del NNE que apareix en el 19,8 % dels dies de precipitació elevada, no obstant també els vents del SSW són força freqüents en dies de precipitació intensa, amb un 15 % de la mostra. Per tant es pot considerar que l'àrea de sotavent de la ciutat correspon al sud de l'àrea urbana de Girona, mentre que el nord és la zona de sobrevent pel que fa als episodis de precipitació elevada.

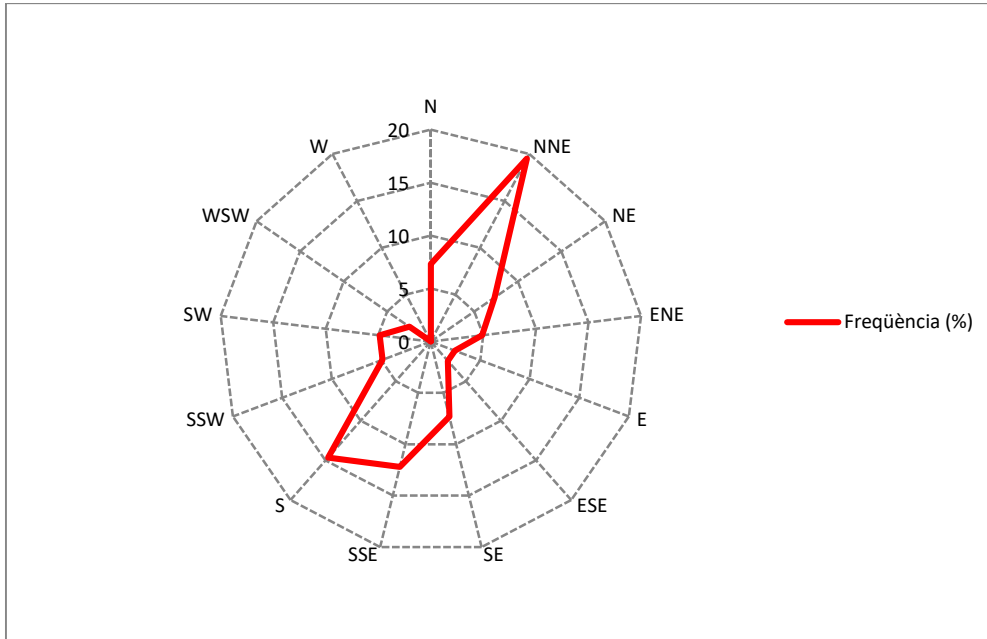


Figura 6.34 Rosa dels vents dels dies de precipitació intensa a l'observatori de Girona-Ciudadans. Període 2003-2011.

Les precipitacions iguals o superiors a 30 mm són més intenses al nord de la ciutat de Girona, així els observatoris de Sarrià de Ter-XVPCA i Girona-Narcís Xifra amb 104,3 mm i 101,2 mm respectivament. D'altra banda al sud de la ciutat s'observa una àrea força plujosa que comprèn els observatoris de Cassà de la Selva i Fornells de la Selva amb 80,6 mm i 79,5 mm en ambdós observatoris. D'altra banda el sector nord de l'Eixample de la ciutat de Girona enregistra les precipitacions més febles, 53,9 mm a Girona-Barri Vell i 55,5 mm a Girona-Devesa de la xarxa Meteoclimatic, observatoris situats a la Plaça de la Independència i al carrer Bonastruc, respectivament. Per tant l'efecte urbà en les precipitacions implica una disminució dels valors totals al centre de Girona mentre que s'observa un increment de les quantitats al nord (sobrevent) de la ciutat en comparació amb el sud (sotavent) de l'àrea urbana.

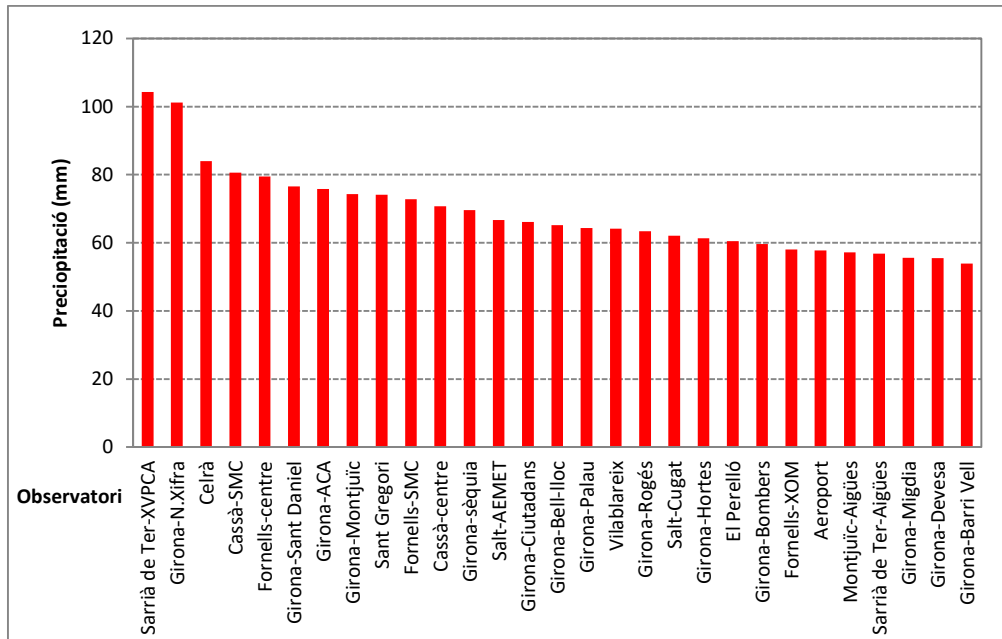


Figura 6.35 Precipitació mitjana màxima en 24 hores. Àrea urbana de Girona. Període 1998-2011.

L'anàlisi de les precipitacions mitjanes màximes anual en 24 hores en relació amb la situació geogràfica dels observatoris respecte el centre de Girona ens assenyalen com les precipitacions més elevades les trobem a sobrevent de la ciutat, amb uns valors mitjans de 87,4 mm al sector nord i 77,3 mm al nord-est de l'àrea urbana. L'observatori més plujós correspon a Sarrià de Ter-XVPCA amb 104,3 mm, en segon lloc trobem Girona-Narcís Xifra, 101,2 mm. D'altra banda l'estació meteorològica amb menor pluviometria és Girona-Barri Vell, amb 53,9 mm, precipitació similar d'un observatori del nord de l'Eixample, Girona-Devesa (carrer Bonastruc), 55,5 mm. També al centre de Salt la precipitació mitjana màxima és relativament dèbil, 62,1 mm a l'observatori de la Plaça Sant Cugat. S'observa per tant una intensificació de les precipitacions elevades a sotavent de la ciutat i un debilitament al centre urbà. Els mínims de precipitació es donen a sotavent de l'àrea urbana i al centre. Així tenim les precipitacions més baixes als quadrants sud-oest, centre i oest de l'àrea urbana amb 60,8 mm, 62,9 mm i 63,3 mm respectivament. La influència de la ciutat és per tant poc important ja que el màxim del percentatge de precipitacions intenses no es dona a sotavent, però també es produeix un efecte natural de dessecament de les masses d'aire humit procedents del nord-est que produeixen un efecte de petita ombra pluviomètrica a la zona occidental de l'àrea urbana en comparació amb la meitat oriental. La proximitat d'un observatori al massís de les Gavarres és un factor molt important en la distribució de les precipitacions intenses a l'àrea urbana de Girona, per tant tenim una influència orogràfica important. També s'ha d'esmentar que les precipitacions són relativament abundants al sud i sud-est de l'àrea urbana, amb 70,5 mm i 67,2 mm respectivament. Si tenim en compte les zones d'acord amb l'esquema de Lowry (1998) l'increment pluviomètric per efecte urbà és força palès, amb una precipitació mitjana de 66,6 mm a sobrevent de l'àrea urbana, al sud de la ciutat, valor força inferior a la mitjana de zona de sotavent, 81,6 mm. És remarcable el valor mínim de les precipitacions màximes als centres urbans de Girona i Salt, que corresponen a l'àrea indiferent, amb 63 mm de mitjana. En el cas de l'àrea urbana de Girona la ciutat provocaria una supressió pluviomètrica en el cas de les pluges abundants als centres urbans de Girona i Salt i un increment pluviomètric a sotavent d'aquestes dues ciutats.

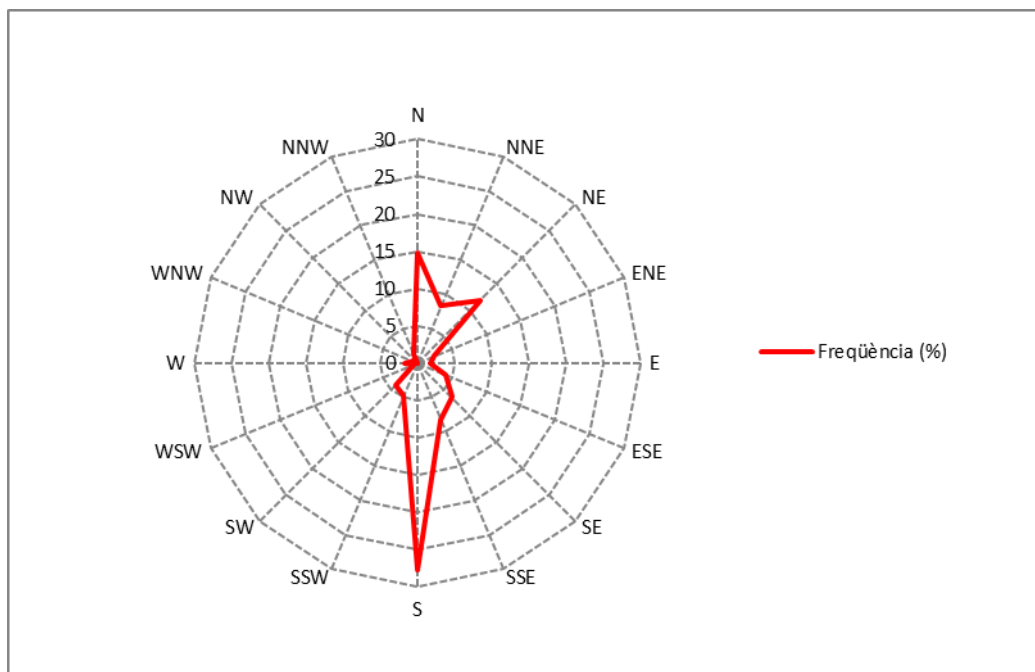


Figura 6.36 Rosa dels vents amb precipitació igual o superior a 1 mm.

Els dies de precipitació igual o superior a 1 mm associats a fenòmens convectius són més freqüents amb vent del sud, on el 28,3 % dels dies tenim precipitació tempestuosa. La tempesta del 26 de juliol de 2001 es pot qualificar d'històrica, així la precipitació recollida a Girona-Sant Daniel en 24 hores és la més intensa en un dia des de 1911 en un mes de juliol. La irregularitat de la precipitació va ser important però no massa tenint en compte l'elevada quantitat de l'aigua caiguda. Així a grans trets tenim que l'àrea més plujosa amb més de 100 mm de precipitació que correspon a dues franges, una situada al nord-est de la ciutat (Girona-Sant Daniel i Celrà) i una situada a la meitat oest que s'estén de sud a nord des de l'aeroport de Girona fins a Salt i també comprèn part del sud de la ciutat de Girona (observatori del parc del Migdia). Les zones menys plujoses es troben als extrems septentrional i meridional de l'àrea urbana, Cassà de la Selva-SMC 64,5 mm i Sarrià de Ter, 79 mm, però també es pot incloure el centre de Girona amb precipitacions properes a 80 mm tant a Girona-Devesa o Girona-Bonastruc i Girona-Barri Vell (Plaça de la Independència). L'observatori més plujós fou Fornells de la Selva-SMC amb 114,2 mm.

Si analitzem la precipitació en funció de diferents àrees segons la direcció del vent a l'aeroport (xaloc) ens adonem que la influència urbana en la precipitació no es va produir en aquest dia, ja que l'àrea de sobrevent presenta una precipitació lleugerament superior a la de sotavent, 98,7 mm enfront de 92,5 mm. L'àrea indiferent és la zona més plujosa amb 99,5 mm.

La distribució espacial de la precipitació màxima en 24 hores ens mostra un màxim a sotavent, Celrà i Sarrià de Ter, amb precipitacions superiors a 130 mm, probablement associat amb l'efecte urbà sobre la precipitació, 133,2 mm i 133,2 mm respectivament en ambdós observatoris. També tenim un màxim de precipitació a sobrevent superior a 120 mm a Fornells de la Selva-SMC (124 mm), també a Salt tenim un altre màxim, 137 mm. En general la precipitació és més dèbil a la ciutat de Girona que a les rodalia, probablement com a conseqüència de la supressió de la precipitació durant les precipitacions intenses damunt de la ciutat. No obstant també la instal·lació dels

pluviòmetres urbans i l'efecte del vent sobre la precipitació d'aquests pot influir en aquesta menor precipitació, tal com va passar el dia 26 de juliol de 2011. En aquest dia només van caure 94 mm a Girona-Bonastruc, i a 600 metres 114 mm a Girona-Ciutadans. També és important d'assenyalar que la precipitació més elevada també es dona cap a l'est de l'àrea urbana de Girona on hi ha una serra, les Gavarres, que probablement l'increment de la precipitació és d'índole orogràfica, no pas urbana.

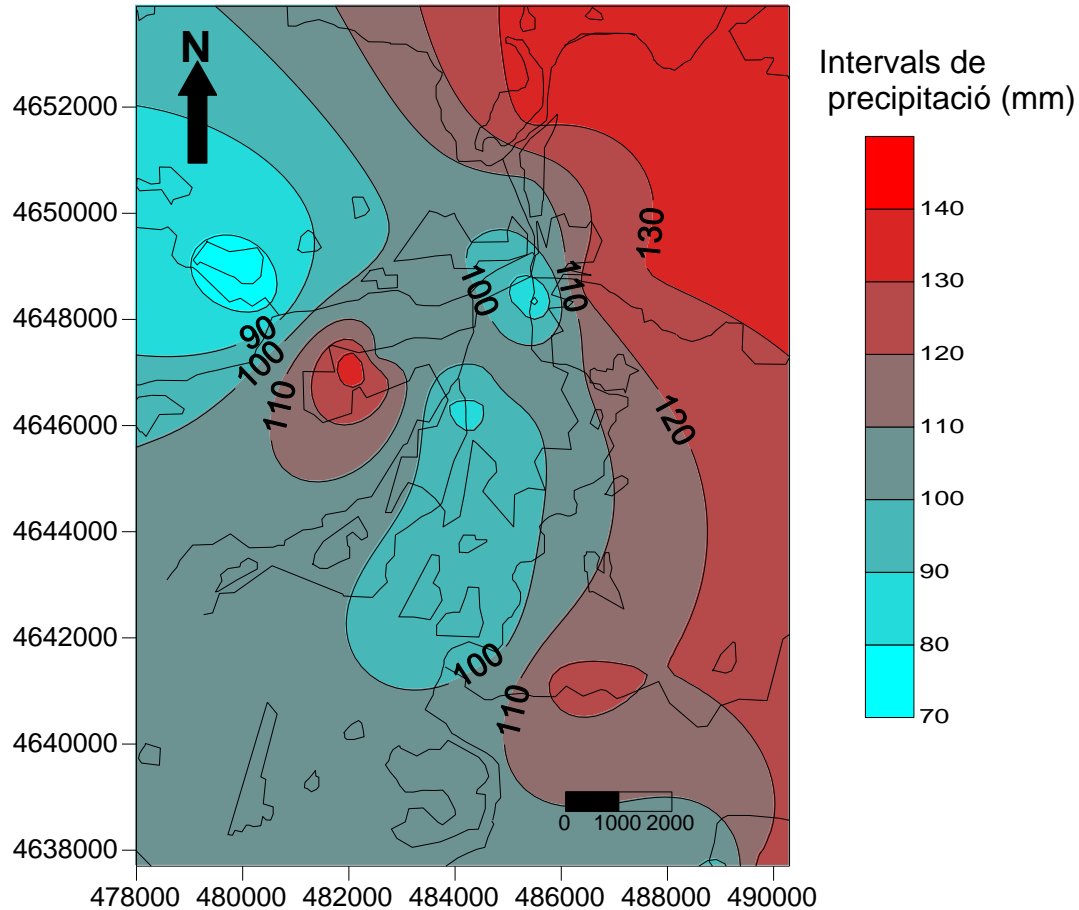


Figura 6.37 Mapa d'isohietes. Precipitació màxima en 24 hores de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

Com s'observa en la rosa dels vents els dies de precipitació convectiva igual o superior a 1 mm a la ciutat de Girona, en concret, a l'observatori de Girona-Sèquia, en el període 1998-2014, són més freqüents amb vent del sud, on el 28,3 % dels dies tenim precipitació tempestuosa.

Si analitzem la precipitació en funció de diferents àrees segons la direcció del vent a l'aeroport (xaloc) ens adonem que la influència urbana en la precipitació no es va produir en aquest dia, ja que l'àrea de sobrevent presenta una precipitació lleugerament superior a la de sotavent, 98,7 mm enfront de 92,5 mm. L'àrea indiferent és la zona més plujosa amb 99,5 mm.

La distribució espacial de la precipitació màxima en 24 hores ens mostra un màxim a sotavent, Celrà i Sarrià de Ter, amb precipitacions superiors a 130 mm, probablement associat amb l'efecte urbà sobre la precipitació, 133,2 mm i 133,2 mm respectivament en ambdós observatoris. També tenim un màxim de precipitació a sobrevent superior a 120 mm a Fornells de la Selva-SMC (124 mm), també a Salt tenim un altre màxim, 137 mm. En general la precipitació és més dèbil a la ciutat de Girona que a les rodalia,

probablement com a conseqüència de la supressió de la precipitació durant les precipitacions intenses damunt de la ciutat. No obstant també la instal·lació dels pluviòmetres urbans i l'efecte del vent sobre la precipitació d'aquests pot influir en aquesta menor precipitació, tal com va passar el dia 26 de juliol de 2011. En aquest dia només van caure 94 mm a Girona-Bonastruc, al nord de l'Eixample, mentre que en direcció ESE i només a 500 metres en línia recta es van mesurar 114 mm a l'observatori de Girona-carrer Ciutadans, situat al Barri Vell. També és important d'assenyalar que la precipitació més elevada també es dona cap a l'est de l'àrea urbana de Girona on hi ha una serra, les Gavarres, que probablement l'increment de la precipitació és d'índole orogràfica, no pas urbana.

6.1.3. Precipitació estacional

L'estudi de la influència urbana en la precipitació a escala estacional ens permetrà comprovar si a l'àrea d'estudi l'efecte urbà és més important a l'estiu i tardor és més feble a l'hivern com assenyalen Han *et al.* (2014) i Changnon *et al.* (1991). Aquestes dues investigacions afirmen que l'augment pluviomètric a sotavent i al centre de la ciutat és més important a l'estiu i tardor i no es detecta a l'hivern. Amb aquest objectiu hem realitzat els mapes d'isohietes estacionals.

La precipitació de la tardor està modulada per l'efecte urbà però també per la proximitat del mar i l'orientació del relleu. L'observatori més plujós és Fornells de la Selva-SMC, amb 218,8 mm, en segon lloc tenim Sarrià de Ter-Aigües amb 206,5 mm. Mentre que a Fornells de la Selva-SMC la major proximitat del mar, situat al SE, implica una major efectivitat dels temporals de pluja procedents del Mediterrani, fonamentalment de xaloc, en canvi a Sarrià de Ter l'increment de la precipitació probablement es deu a efectes urbans. Els indrets més secs són Vilablareix, amb 157,9 mm de mitjana, i Girona-Sèquia, amb 169,1 mm, estació del centre urbà de Girona. Mentre que Vilablareix es troba al sud-oest de la zona urbana de Girona, per tant en una zona relativament a recés dels temporals de xaloc, en canvi Girona-Sèquia pot experimentar una precipitació reduïda, per la supressió d'aquesta per la contaminació.

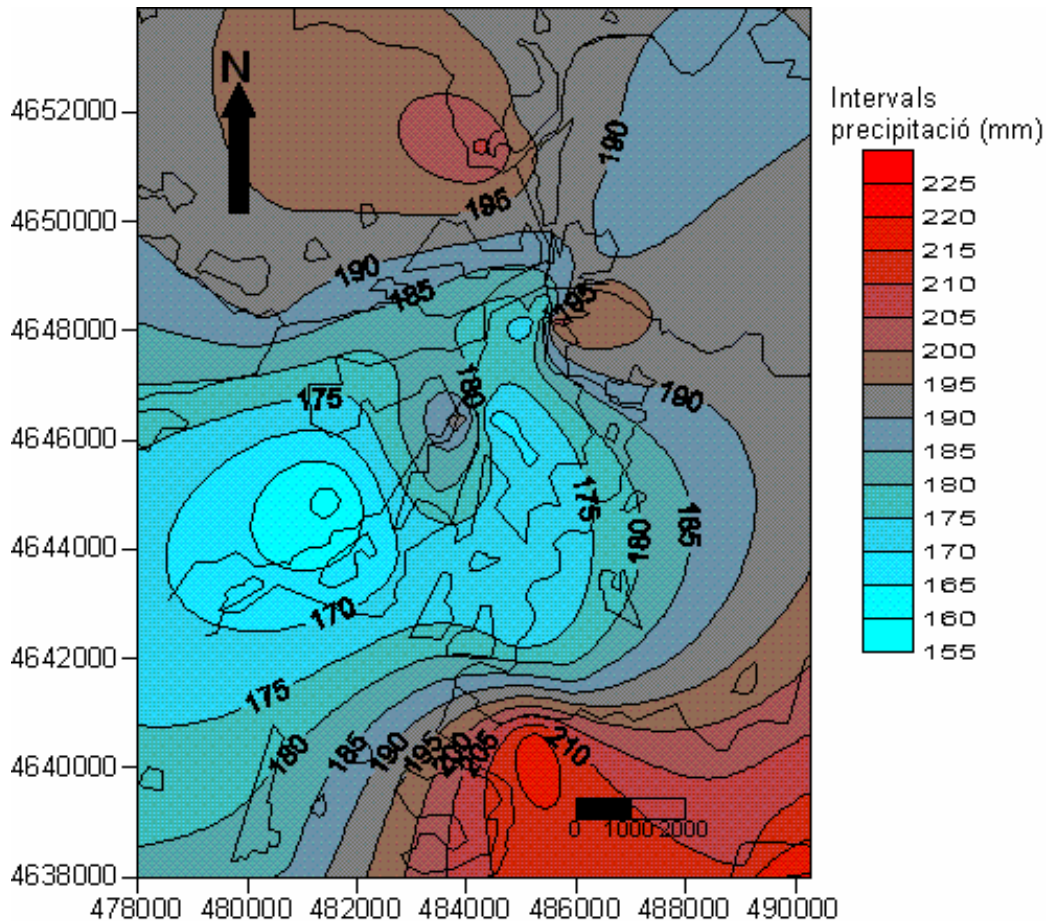


Figura 6.38 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana de tardor de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

La precipitació de l'hivern a l'àrea urbana de Girona és més elevada cap a les Gavarres, especialment al SE de la ciutat de Girona, on Cassà de la Selva-SMC registra la precipitació més elevada, 194,4 mm, mentre en canvi és més escassa cap a l'oest on s'observa un efecte d'ombra pluviomètrica, per exemple a Salt-AEMET, on només cauen 143,8 mm. Els temporals de pluja de llevant i xaloc són les situacions sinòptiques que impliquen precipitacions més elevades a l'àrea d'estudi, el relleu afavoreix les precipitacions a sobrevent, en la zona més propera al massís de les Gavarres. També el nord de la ciutat de Girona registra més pluja probablement també per la proximitat de les Gavarres, és el cas de l'estació meteorològica de Sarrià de Ter-Aigües, 194,2 mm. El centre urbà de Girona és també una zona amb una relativament escassa precipitació, només plou 157,8 mm a Girona-Sèquia. Sembla doncs que la precipitació estratiforme, típica d'aquesta estació astronòmica, és un tipus de pluja on hi ha una certa supressió de la precipitació, per efecte de la contaminació atmosfèrica, ja que al centre de Girona la quantitat de precipitació és inferior respecte els voltants.

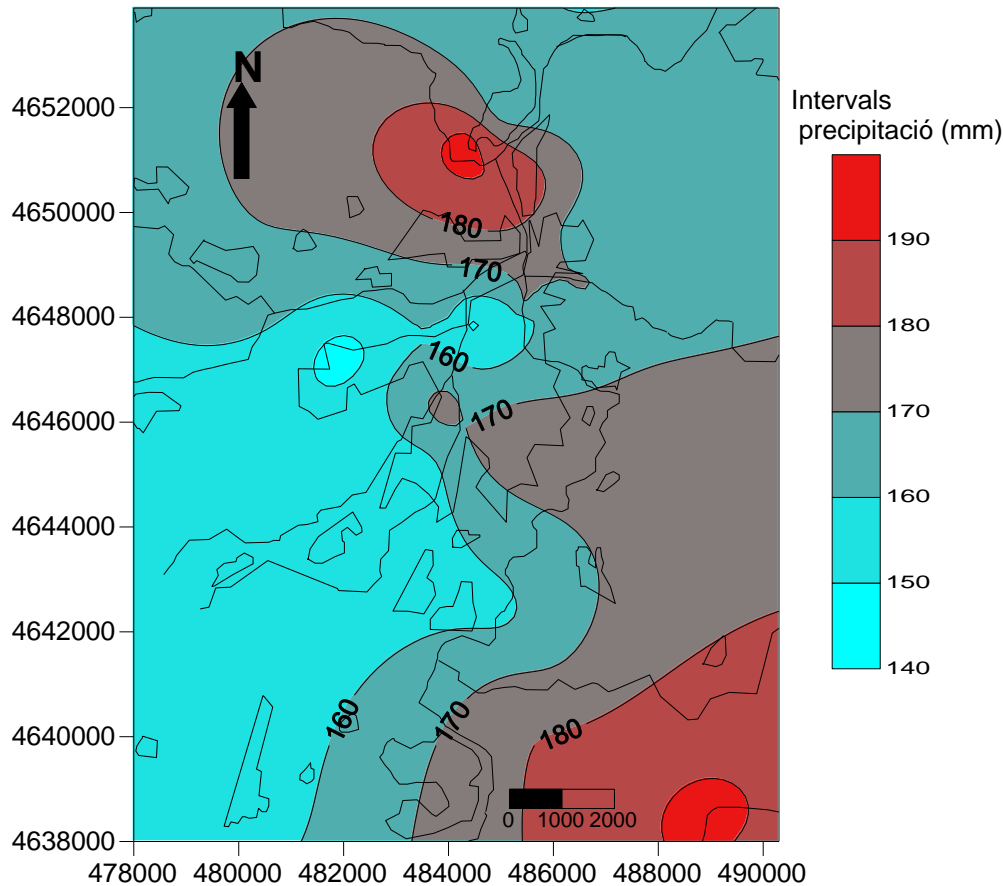


Figura 6.41 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana de l'hivern de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

La distribució geogràfica de la precipitació mitjana anual a l'estiu és força diferent respecte la resta d'estacions. Mentre que a les altres estacions s'observa un increment de la pluja cap a l'est de l'àrea urbana, a l'estiu aquest increment és remarcable especialment a l'oest, nord-oest i nord de l'àrea urbana de Girona. Les tempestes són més intenses cap al nord-oest i nord, probablement perquè fora de l'àrea urbana de Girona les pluges s'incrementen per efecte natural cap al nord-oest, ja que la major part de les tempestes estiuenques venen d'aquesta direcció, apart del SW. L'observatori de Fornells de la Selva-SMC enregistra la precipitació més escassa, 96,8 mm, mentre Cassà de la Selva-SMC enregistra la segona més baixa, amb 102,4 mm. Els dos observatoris estan al sud-est de l'àrea urbana, per tant en una zona on per efecte natural les tempestes que venen del nord-oest arriben relativament desgastades, i no sofreixen una reactivació a sotavent de la ciutat de Girona. Igualment com la supressió de la pluja de les tempestes sembla un fet verídic al centre de Girona, on Girona-Sèquia enregistra una precipitació mitjana de 110,6 mm de precipitació. D'altra banda al nord-est de l'àrea urbana tenim un mínim secundari a Girona-Montjuïc-Aigües, amb 114,8 mm de precipitació.

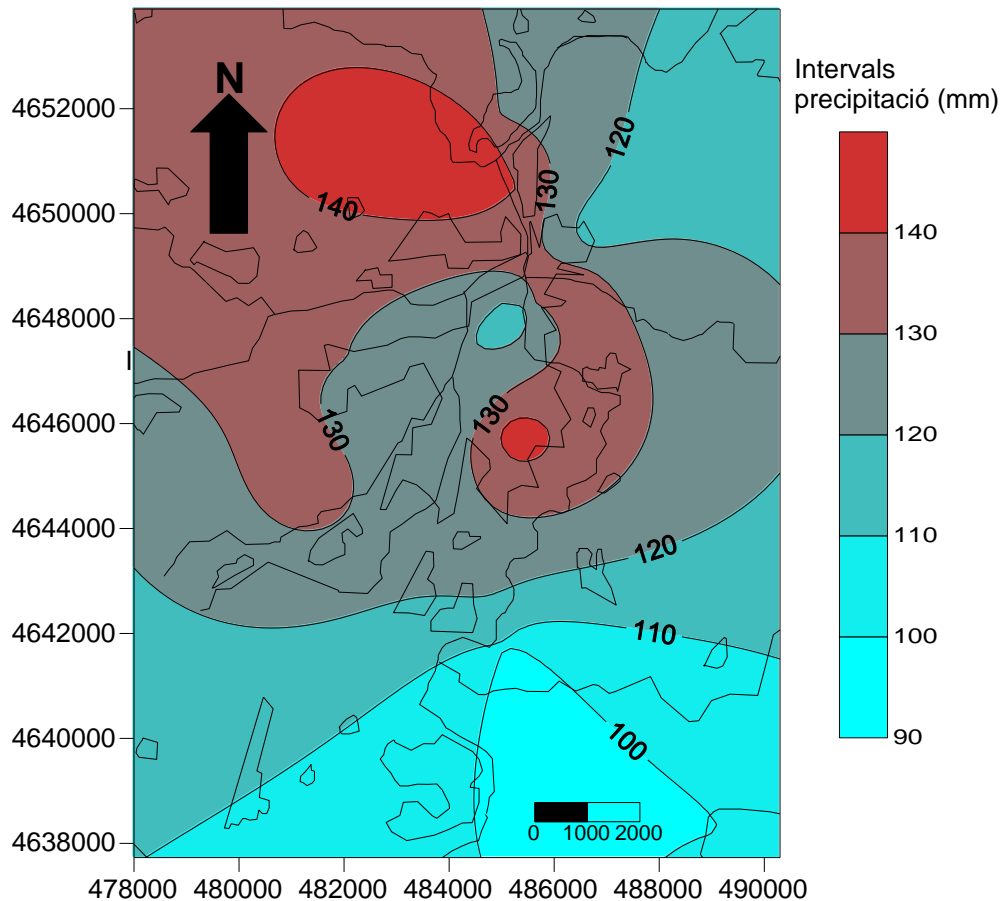


Figura 6.41 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana de l'estiu de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

La precipitació a la primavera és més elevada a la part oriental de l'àrea urbana i al nord. Els observatoris més plujosos són Sarrià de Ter, 222,5 mm, Girona-Sant Daniel, 214,1 mm, Cassà de la Selva-SMC, 218 mm. En canvi l'estació més seca és Girona-Narcís Xifra, observatori situat a sotavent de l'àrea urbana de Girona, al nord de la ciutat, i que es troba molt a prop de Sarrià de Ter-Aigües. L'efecte orogràfic és un dels factors claus que expliquen la major precipitació de la part oriental de la zona urbana de Girona, mentre que l'efecte urbà implica precipitacions més abundants a Sarrià de Ter-Aigües. D'altra banda, Girona-Santa Eugènia, enregistra una precipitació escassa, 165,1 mm, aquesta estació es troba en una àrea indiferent de l'àrea urbana. Girona-Sèquia amb 177,6 mm no té una disminució de la precipitació tan important com en altres estacions astronòmiques. Per tant el descens de la precipitació atribuïble a la supressió de la pluja al centre de Girona no és tan important a la primavera com en altres estacions.

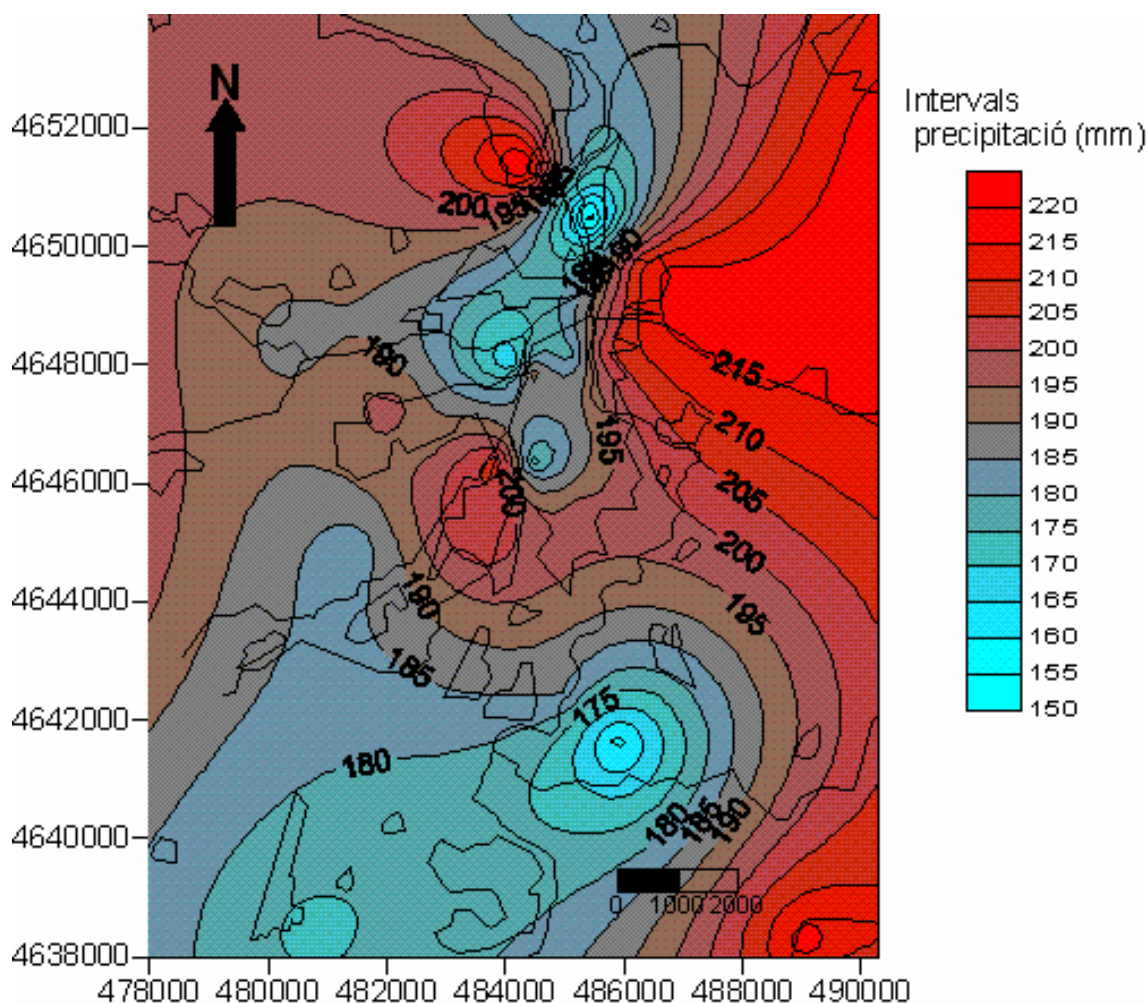


Figura 6.42 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana de la primavera de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

6.2.1 La intensitat de la precipitació a l'àrea urbana de Girona

La distribució de la intensitat de la precipitació ens pot donar unes pautes de la influència urbana en les precipitacions. S'ha analitzat la sèrie de precipitació amb intervals de intensitat cinc minutals de 4 observatoris pluviomètrics pertanyents a la xarxa pluviomètrica de l'empresa Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. Aquests 4 pluviòmetres són tipus Davis. Els observatoris analitzats són els de Sarrià de Ter (en la part SW del terme municipal, a Sarrià de Dalt), Girona-Palau, Girona-Montjuïc i Girona-Ciudadans, aquest últim pluviòmetre es troba a l'Ciudadans de l'empresa esmentada. També s'ha fet un estudi de la intensitat de la precipitació en 5 observatoris més (Girona-Bonastruc, Girona-Parc de Bombers (SMC), Fornells de la Selva-SMC, Cassà de la Selva-SMC i Vilablareix-SMC). En aquest cas el període mínim d'observació és de 10 minuts.

L'anàlisi de la màxima intensitat de precipitació de cada observatori en funció de l'estació de l'any no ens dona unes pautes clares en la seva distribució, les diferències entre la zona de sobrevent (Girona-Palau) i sotavent de la ciutat (Sarrià de Ter-Aigües i Girona-Montjuïc) són força dèbils. No obstant a l'estiu les diferències entre els observatoris són molt poc rellevants. Així a l'estació càlida l'efecte urbà teòricament hauria de ser més important, amb un increment de la precipitació convectiva a

sotavent de les ciutats, no es produeix aquest augment pluviomètric a sotavent de Girona. Les precipitacions associades a tempestes tenen una distribució força aleatòria en funció de la direcció del vent, per tant podem tenir precipitacions molt intenses a sotavent en alguns dies, però en d'altres el màxim es produeix a l'àrea de sobrevent o fins i tot a la zona indiferent que correspon als centres urbans de Girona i Salt.

Durant la primavera l'observatori de Girona-Montjuïc enregistra la precipitació més intensa en aquesta època dels 4 observatoris analitzats, 147,8 mm/h. Aquesta intensitat fou enregistrada a les 16,55 hores del 16 de maig de 2009. D'altra banda a l'hivern s'observa un increment de les precipitacions més intenses al sud de la ciutat, a l'observatori de Girona-Palau hi ha actives per tant al nord de la ciutat, probablement per l'efecte de la ciutat que incrementa la quantitat d'energia disponible per a les tempestes. També hem de tenir en compte que el contingut de vapor de l'aire és més elevat al nord de la ciutat respecte el sud, la pressió de vapor relativa de les 15 hores és més elevada a Sarrià de Ter que als altres observatoris, com podem veure al capítol 7.

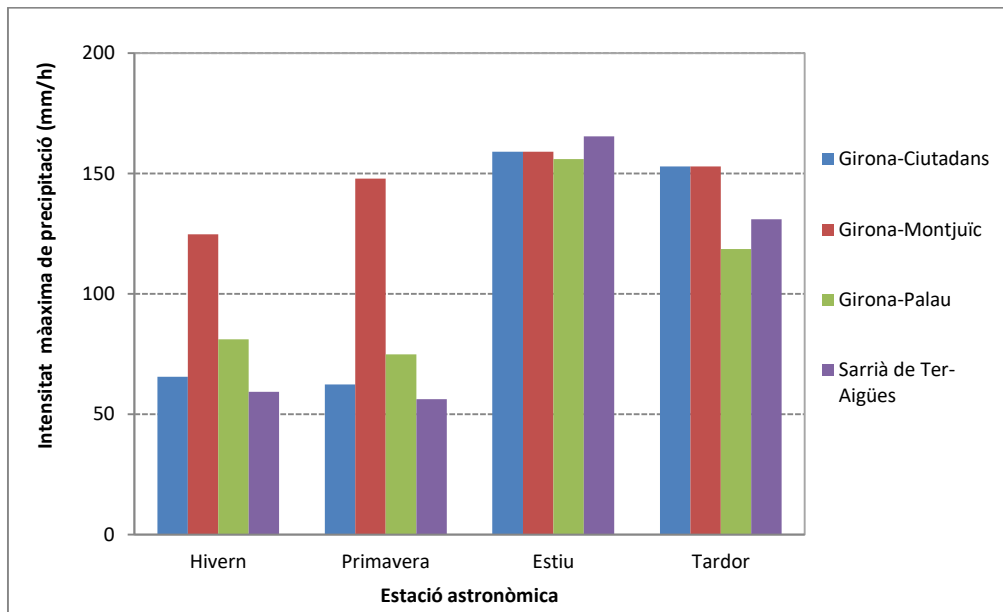


Figura 6.39 Intensitat màxima de la precipitació estacional. Períodes de 5 minuts. Període 2003-2011.

La intensitat màxima de precipitació és més elevada en la zona de sotavent que a la de sobrevent durant totes les estacions de l'any. També el nombre de les diferències són més importants a la primavera, on la precipitació de sobrevent és del 51 % respecte la de sotavent, i més escasses a l'estiu (94 %). S'ha de remarcar que a l'estiu teòricament les tempestes haurien de provocar un increment de la precipitació a sotavent, i és en aquesta estació quan l'efecte urbà és menor. És important d'assenyalar que el desplaçament de les tempestes més típic a l'àrea urbana de Girona NW-SE, mentre que el vent en superfície més freqüent és el del S, per tant les precipitacions haurien de ser més intenses teòricament al nord de la ciutat, a sotavent de la ciutat, mentre que en canvi la diferència en la precipitació caiguda entre sobrevent i sotavent és molt poc important. Les precipitacions estratiformes típiques d'hivern presenten intensitats força més elevades al nord-est de la ciutat, a

l'observatori de Girona-Montjuïc. Una de les causes d'aquest increment de la intensitat pluviomètrica en aquest sector situat a sotavent de Girona és la major exposició als temporals de llevant que impliquen les precipitacions més quantioses en aquesta època. Per tant s'hauria de qüestionar el caràcter urbà en les precipitacions hivernals associades sovint amb vents del 1r quadrant, i en aquest cas l'observatori més afavorit per les precipitacions intenses (Montjuïc) es troba a sobrevent, no pas a sotavent.

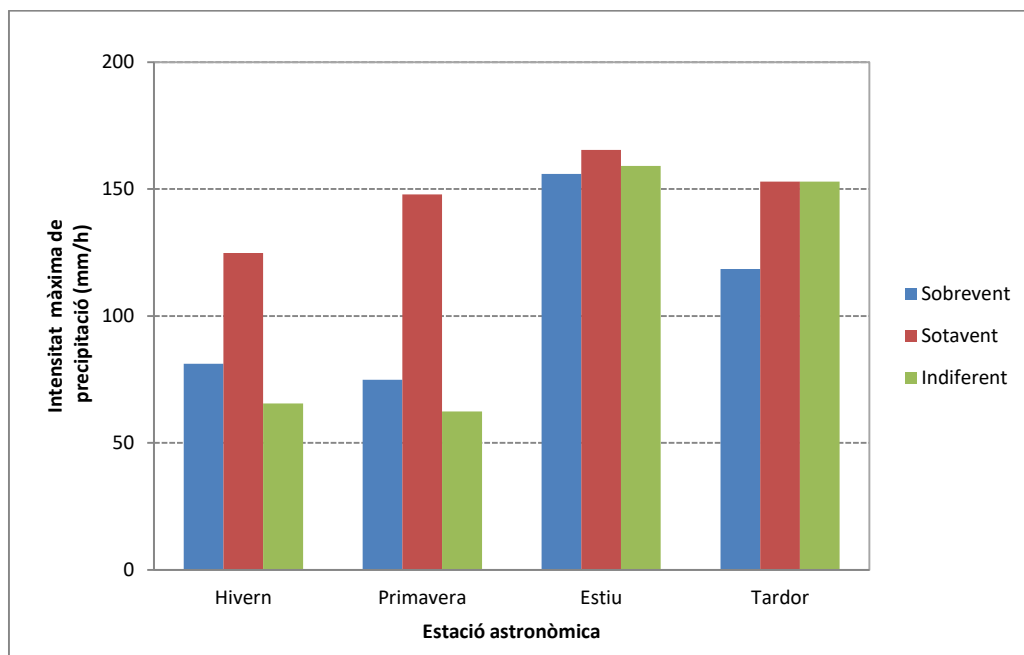


Figura 6.40 Intensitat màxima de la precipitació en diferents àrees. Períodes de 5 minuts. Període 2003-2011.

Hi ha un increment de la freqüència de seqüències de 5 minuts amb precipitació intensa (igual o superior a 60 mm/h) a l'àrea de sotavent de la ciutat, amb el valor màxim a Sarrià de Ter-Aigües, amb 35 episodis de pluja torrencial, d'altra banda a Palau (sobrevent) només tenen 23 episodis. Tenim una mitjana de 33 seqüències de pluja torrencial a sotavent, mentre a sobrevent només s'han donat 23 episodis. Per tant a l'àrea de sobrevent de Girona la precipitació intensa és menys freqüent que a la zona de sotavent. Durant la primavera i l'hivern es produeix una freqüència més elevada de precipitacions intenses a sobrevent respecte sotavent. A la resta de l'any tenim un major nombre d'episodis de pluja torrencial a sotavent. Així a l'hivern l'observatori de Girona-Palau té 2 episodis de precipitació torrencial, mentre Sarrià de Ter-Aigües no en té cap i n'hi ha 3 a Girona-Montjuïc (Aigües). Cal remarcar que les diferències en la freqüència d'episodis de pluja intensa entre el sud i el nord de la ciutat (sobrevent i sotavent) són més importants a la tardor i en canvi perden rellevància a la resta de l'any. Així a la tardor el màxim de períodes de cinc minuts amb pluja torrencial, 14, es dona a Girona-Montjuïc, en una àrea indiferent, però Sarrià de Ter té 16 episodis en comparació amb els 5 de Girona-Palau. D'altra banda, a la primavera Girona-Montjuïc té un nombre d'episodis molt inferior respecte Girona-Palau, 2 i 6 dies respectivament, i el màxim es dona a Sarrià de Ter, 8 dies. A l'estiu hi ha una homogeneïtat espacial molt més important, 15 dies a Sarrià de Ter enfront els 12 de Palau.

Taula 6.2 Freqüència estacional d'episodis de precipitació amb intensitat igual o superior a 60 mm/h en diferents observatoris.

Observatori	Girona-Palau	Girona-Montjuïc	Girona-Ciutadans	Sarrià de Ter
Hivern	2	3	0	0
Primavera	6	2	3	8
Estiu	12	12	13	15
Tardor	5	14	7	12
Any	25	31	23	35

Taula 6.3 Episodis de precipitació estacional igual o superior a 60 mm/h en diferents àrees. Període 1998-2014.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Indiferent	0	3	13	7
Sobrevent	2	6	12	5
Sotavent	1,5	5	13,5	13

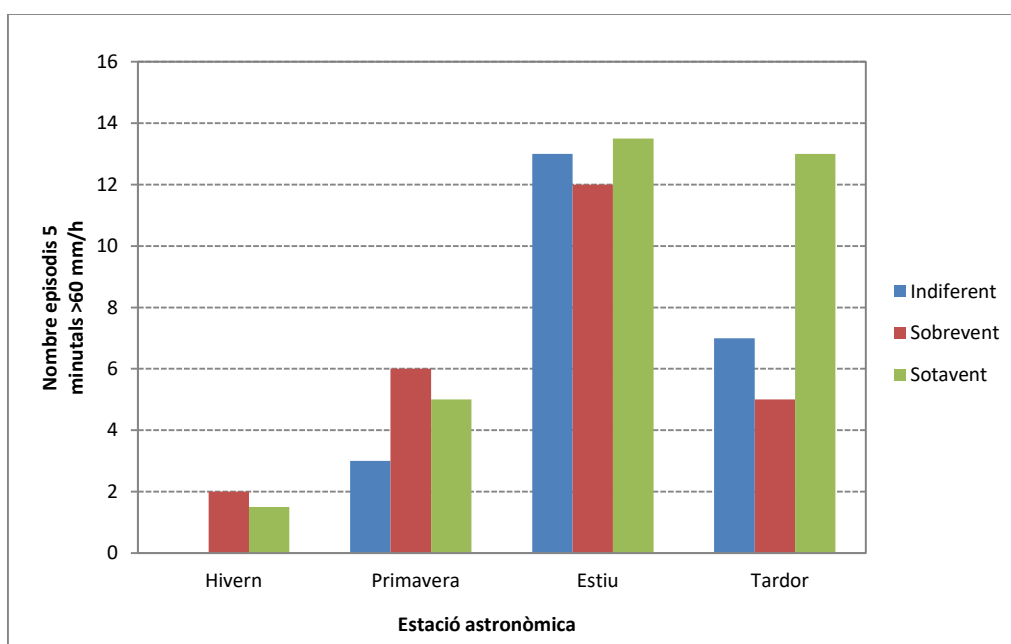


Figura 6.41 Freqüència estacional de períodes de 5 minuts amb intensitat superior a 60 mm/h. Període 2003-2011.

Cal remarcar que la zona suburbana té una major freqüència d'episodis de precipitació intensa (30,3) que l'àrea urbana (23), ens referim pluges amb una intensitat superior a 60 mm/h. Les diferències estacionals són més elevades en les estacions equinoccials, primavera i tardor (177,8 % i 144,6 % respectivament), respecte l'estiu en què el nombre d'episodis intensos és idèntic. A l'estiu el predomini de precipitacions convectives no es tradueix en un màxim de la intensitat en zones urbanes sinó en àrees suburbanes. Per tant s'aprecia un increment de la intensitat de precipitació associada a tempestes que no coincideix amb el centre de la ciutat de Girona sinó en observatoris suburbans, especialment els situats en àrees a sotavent de la ciutat, al nord d'aquesta.

Taula 6.4 Freqüència estacional de períodes de 5 minuts amb intensitat superior a 60 mm/h de diferents àrees. Període 2003-2011.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Suburbana	1,7	5,3	13,0	10,3	30,3
Urbana	0,0	3,0	13,0	7,0	23,0
Urbana/Suburbana (%)	n.c.	177,8	100,0	147,6	131,7

Aclariment: n.c. No es pot calcular, ja que el valor és de 0 % a la zona urbana

L'anàlisi de la intensitat de la precipitació segons diferents intervals temporals, de 5, 10, 30 i 60 minuts ens permet observar un descens més important d'aquest paràmetre en els observatoris de sotavent respecte l'àrea de sotavent. Així la intensitat de precipitació mesurada en períodes de 5 minuts és força més elevada a les àrees de sotavent i indiferent, el valor màxim és de 165,36 mm/h a Sarrià de Ter, i en canvi valors molt inferiors en l'observatori de sobrevent, Girona-Palau, 124,8 mm/h. La intensitat màxima de la precipitació mesurada en 10 minuts encara hi ha una superàvit de intensitat a la zona de sotavent (Sarrià de Ter 146,64 mm/h) en comparació amb observatoris de sobrevent (Casà de la Selva 80,4 mm/h). Si analitzem la precipitació de 30 minuts les diferències són molt més subtils, la intensitat de precipitació màxima es dona a sobrevent, 83,2 mm/h a Girona-Palau, seguida de molt a prop per Sarrià de Ter 81,64 mm/h, i l'observatori amb menys intensitat es a la zona indiferent, Girona-Ciudadans, 63,96 mm/h. La precipitació màxima en 60 minuts ens dona un panorama oposat al que succeïa amb els períodes de 5 i 10 minuts, la intensitat més elevada es produeix a sobrevent, 53,6 mm a Cassà de la Selva, i en canvi a sotavent les intensitats són menors, 40,6 mm tant a Sarrià de Ter com a Girona-Montjuïc. Per tant la intensitat de la precipitació ens mostra una corba amb un pendent més dèbil a l'àrea de sobrevent, amb intensitats que són inferiors a sotavent en intervals de temps curts, 5 i 10 minuts, i en canvi amb intensitats superiors amb períodes més llargs 30 i 60 minuts. Els observatoris de sotavent enregistren intensitats més fortes en intervals curts i més dèbils amb intervals més llargs, la precipitació és d'un tipus més convectiu als observatoris de sotavent i més advectiona en les estacions de sobrevent.

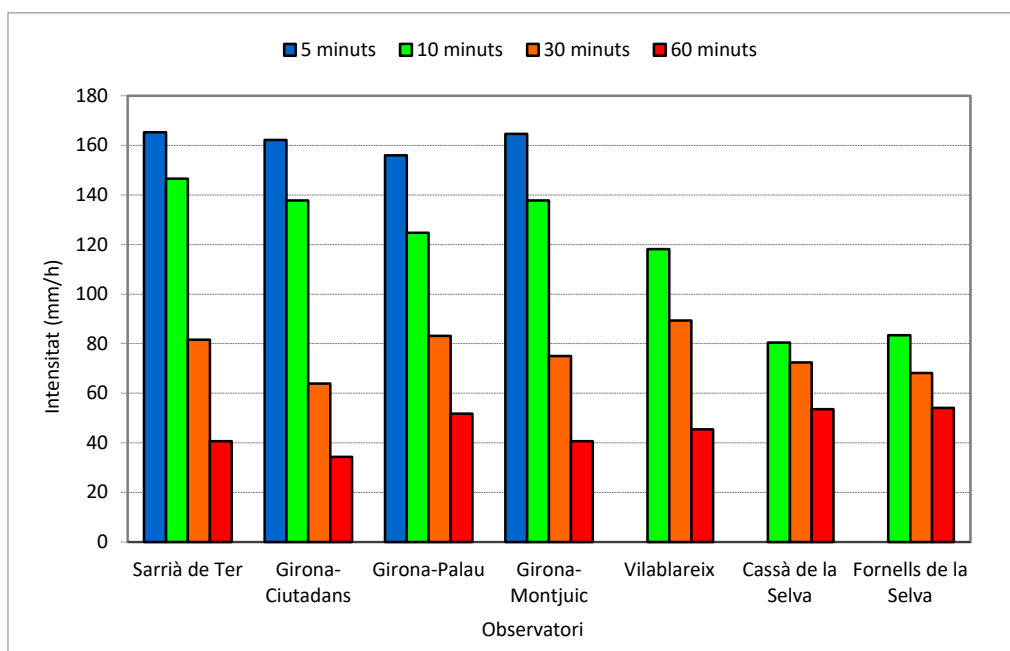


Figura 6.42. Intensitat de precipitació màxima segons diferents intervals de temps en diferents observatoris. Període 2003-11. Observatoris d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter i del Servei Meteorològic de Catalunya.

La intensitat de la precipitació disminueix més ràpidament amb l'increment de la resolució temporal en els observatoris suburbans i de sotavent que en les estacions rurals i de sobrevent. Mentre que a l'àrea suburbana i de sotavent les precipitacions són molt més intenses en intervals de temps curts que les altres dues àrees rurals i de sobrevent, en canvi les diferències són menys significatives en trams temporals més llargs. Hi haurà més risc de inundacions per tant en observatoris suburbans i de sotavent que en àrees rurals i de sobrevent, mentre que en àrees urbanes el risc és més elevat en trams curts que en intervals de temps llarg ja que es dona una elevada concentració de la precipitació, i a més la intensitat és clarament més baixa que en les altres àrees en intervals de temps llargs. Com es pot veure en la gràfica les diferències en la intensitat són més acusades en intervals temporals curts i en canvi són menys importants quan el període analitzat és més llarg. Així els observatoris suburbans presenten una intensitat de precipitació superior a les altres dues àrees en els trams curts (5 i 10 minuts) i més dèbils que l'àrea rural en els llargs (60 minuts). Els observatoris suburbans enregistren més intensitat de precipitació mitjana en el període de retorn de 10 anys en els intervals de 5 minuts curt, mm/h, que els urbans, 171,6 mm/h i 152 mm/h respectivament. No disposen de dades de 5 minuts de les estacions rurals. Si s'analitza la intensitat de precipitació de l'interval de 10 minuts les estacions suburbanes superen lleugerament els observatoris urbans, 142,5 mm/h i 134,8mm/h respectivament, mentre que els rurals tenen 99,9 mm/h. En l'interval de 30 minuts tenim que els valors de la intensitat són més elevats a les àrees rurals, 76,5 mm/h, que a les urbanes i suburbanes, 61,4 mm/h i 75,7 mm/h respectivament. En el tram de 60 minuts la superioritat dels observatoris rurals s'incrementa, 46,3 mm/h per 41,6 mm/h als suburbans i 40,1 mm/h als urbans. No obstant les precipitacions màximes 24 hores probables en 10 anys són més elevades a l'àrea rural que la suburbana, 107,9 mm i 103,5 mm respectivament. Els observatoris urbans enregistren la precipitació més dèbil, 88,1 mm.

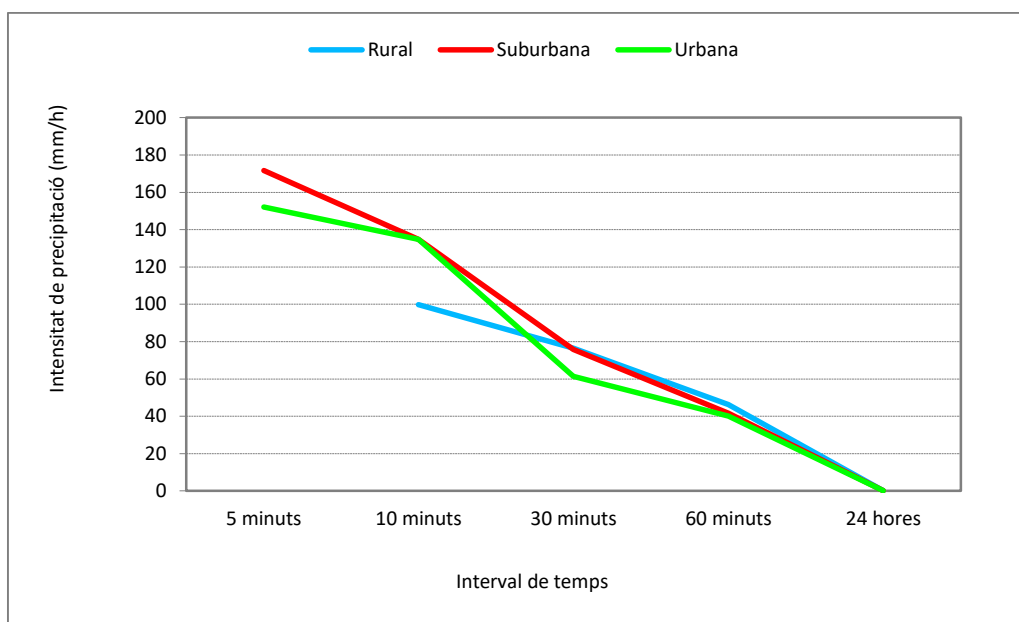


Figura 6.43 Intensitat de precipitació màxima en un període de retorn de 10 anys en relació amb l'ús del sòl predominant dels observatoris. Període 2003-2011.

El període de retorn de 10 anys de les intensitats màximes de precipitació (excepte les 24 hores en què parlen de precipitació màxima en aquest interval de temps) ens mostra unes diferències importants entre l'àrea de sotavent i sobrevent. Així parlen de unes diferències en les intensitats molt més elevades en les franges de 5 i 10 minuts i més dèbils en els altres trams temporals. Així les intensitats són molt més elevades a sotavent que a sobrevent en l'interval de 5 minuts, 185,2 mm/h i 114,2 mm/h respectivament. En el tram dels 10 minuts tenim 148,3 mm/h i 107,6 mm/h en la zona de sotavent i sobrevent. Les intensitats previstes en 10 anys per a l'interval de 30 minuts són de 87,2 mm/h a sotavent i de 71,6 mm/h a sobrevent. Les precipitacions de 24 hores que es podem assolir en un període de retorn de 10 anys són més elevades a sotavent i en observatoris suburbans, 116,1 mm i 116,7 mm respectivament. En canvi als observatoris urbans només tenim 88,1 mm per 100,9 mm en estacions de sobrevent. Com es pot veure en la gràfica 6.18, les diferències en la intensitat són més acusades en intervals temporals curts (5 i 10 minuts) i en canvi són menys importants quan el període analitzat és més llarg (30 i 60 minuts). Així els observatoris suburbans presenten una intensitat de precipitació superior a les altres dues àrees en els trams curts (5 i 10 minuts) i més dèbils que l'àrea rural en els llargs (60 minuts).

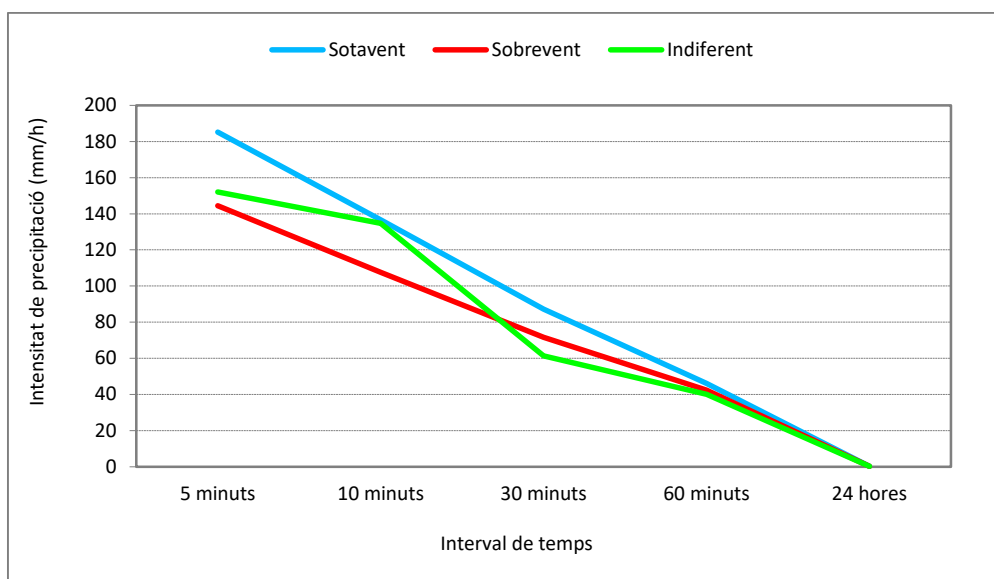


Figura 6.44 Intensitat de precipitació màxima en un període de retorn de 10 anys en relació amb la zona tenint en compte el vent predominant a l'aeroport de Girona en els dies de precipitació. Període 2003-2011.

Les precipitacions intenses durant l'estiu pel que fa a períodes 5 minutals en el període 2003-2011 mostren un patró similar a l'estiu en tota l'àrea d'estudi, les diferències en les intensitats màximes dels diferents observatoris són molt reduïdes. Per exemple, tenim 156 mm/h a Girona-Montjuïc i Girona-Palau, 159,1 mm a Girona-Ciudadans i Sarrià de Ter. A la primavera la superioritat dels observatoris de sotavent és manifesta, amb 147,8 mm a Girona-Montjuïc, només 84,2 mm a Girona-Palau. A la tardor les diferències entre els observatoris minven i així l'estació amb més intensitat és Sarrià de Ter, 159,1 mm/h, mentre que l'observatori amb menys intensitat és Girona-Palau amb 134,2 mm/h. La tardor és l'època de l'any en què els observatoris de sotavent tenen un efecte urbà més important, així en aquesta estació la freqüència de intensitats iguals o superiors a 60 mm/h és més elevada que a la resta de l'any. Girona-Montjuïc és l'estació amb més dies amb una intensitat elevada, 14 dies, seguida de Sarrià de Ter amb 12 dies. Girona-Palau, estació situada a sobrevent de la ciutat, és l'observatori que enregistra menys dies de precipitació intensa, 4 dies, mentre al centre urbà de Girona, l'estació del carrer Ciudadans té 6 dies amb unes fortes intensitats de la precipitació.

Taula 6.5 Intensitat de la precipitació màxima estacional de la precipitació amb intensitat igual o superior a 60 mm/h. 5 minuts. Període 2003-2011.

Observatori	Estiu	Hivern	Primavera	Tardor	Total general
Girona-Ciudadans	159,1	65,5	81,1	127,9	159,1
Girona-Montjuïc	156,0	84,0	147,8	144,5	156,0
Girona-Palau	156,0	87,4	84,2	134,2	156,0
Sarrià de Ter	159,1	152,9	103,0	159,1	159,1

El vent és del sud-est durant el dia 26 de juliol de 2011 i no es dona la major intensitat de la precipitació a sotavent de la ciutat, sinó a sobrevent, a Fornells de la Selva-SMC, al sud-est de la ciutat, on es va produir la major torrencialitat de la precipitació de tota l'àrea urbana. Aquest dia vam tenir un fort aiguat, amb unes intensitats molt elevades,

es van recollir quantitats superiors a 20 mm en una hora. Els aiguats foren torrencials especialment a Fornells de la Selva, 54,1 mm. La precipitació no va ser tan intensa a Vilablareix i Girona-Santa Eugènia, 39,1 mm i 27,0 mm respectivament. Cassà de la Selva fou l'observatori de l'SMC amb menor intensitat, 18,1 mm.

Taula 6.6 Intensitat de la precipitació mitjana diària segons la direcció del vent mitjana a l'aeroport de Girona en tempestes amb precipitació igual o superior a 1 mm. Període 1998-2014.

Vent	Sobrevent	Sotavent	Indiferent	Percentatge (sotavent/sobrevent) %
N	17,5	15,0	14,7	116,8
NNE	18,4	17,9	16,2	103,2
NE	18,6	18,2	13,2	102,6
ENE	15,1	14,8	24,1	101,8
E	13,8	18,0	11,1	76,9
ESE	6,6	8,1	6,7	80,6
SE	13,4	14,4	15,4	92,6
SSE	6,2	14,8	8,8	41,6
S	11,9	12,2	10,8	97,9
SSW	13,2	13,5	12,0	97,3
SW	11,5	13,9	13,7	82,9
WSW	13,6	11,6	11,6	117,0
W	15,3	21,3	8,8	71,9
WNW	18,0	30,7	21,5	58,7
NW	5,8	17,6	10,8	33,0
NNW	20,7	25,7	31,7	80,7

La ciutat de Girona afavoreix l'increment de la precipitació convectiva a sotavent d'aquesta pel que fa als vents de l'E, ESE, NE, NNE, NNW, NW, S, SE,SSW, W i WNW, per tant en 11 de les 16 direccions de la rosa dels vents la precipitació és més elevada a sotavent de Girona. El superàvit de precipitació de sotavent més important es dona amb vents de E, NW, NNW, W i WNW, quan la relació sobrevent/sotavent és inferior al 80 %. D'altra banda amb vents d'ENE, N, SSE, SW i WSW la precipitació és més elevada a la zona de sobrevent de la ciutat. Pel que fa a la mitjana de precipitació de tots els dies de tempesta amb registres superiors a 1 mm és de 13,2 mm a sobrevent i 16,6 mm a sotavent, per tant tenim una ràtio sobrevent/sotavent del 82 %.

Taula 6.7 Precipitació mitjana durant les tempestes d'acord amb la direcció del vent en superfície a l'aeroport de Girona i el quadrant geogràfic en relació amb el centre de Girona.

	Centre	S	N	SE	W	NE	SW	NW
N	14,7	15,5	17,3	18,7	13,2	16,3	10,8	16,9
NNE	16,2	16,8	18,5	21,5	17,2	18,4	15,3	15,9
NE	13,2	20,8	16	16,6	13	21,3	17	10,8
ENE	24,1	14,3	11,1	11,8	16,8	18,3	12,9	s.d.
E	11,1	10,4	13,3	13,1	12,3	14,6	23,7	s.d.
ESE	6,7	8,3	15	5,9	8,2	7,2	8,1	s.d.

La precipitació urbana

SE	15,4	16	23	10	16,8	18,9	12,5	15,4
SSE	8,8	11,5	6,5	19,2	10,5	10,5	8,6	3,5
S	10,8	11,8	10,9	12,2	12	12,2	9,9	14,9
SSW	12	9,1	19,6	13,4	9,6	13,7	8,9	11,1
SW	13,7	15,2	14,4	15,5	10,2	12,3	12,3	8
WSW	11,6	10	1	9,8	9,7	13,4	17,5	s.d.
W	8,8	13,7	4,9	34	21,2	8,6	9,5	s.d.
WNW	21,5	25	31,5	34,4	21,8	27,1	14,2	s.d.
NW	10,8				12,4	5,8	17,6	
NNW	31,7	41,5	15,8	10,7	27,7	19,6	24,8	4,5
Calma	44,3	28,7	22,1	15,7	39,3	44,6	15,3	

Aclariment: s.d.: sense dades o dades insuficients

Si tenim en compte la precipitació de cada quadrant geogràfic en funció de la direcció del vent la precipitació mitjana dels dies de tempesta més elevada és de 15,6 mm al quadrant sud-est de la ciutat, mentre que les zones situades al nord i nord-est també es troben entre els indrets més plujosos, i reben 15,1 mm de precipitació mitjana. Les àrees situades a N i NE de la ciutat es troben a sotavent de la ciutat, per tant s'observa un increment de la precipitació per efecte urbà, mentre que l'àrea del SE, sobrevent, és la més plujosa. El quadrants de SW i NW són els que enregistren la menor precipitació amb 12,4 mm i 11,2 mm respectivament. La precipitació és màxima en el quadrant SW amb vents de llevant, amb 23,7 mm de mitjana, per tant el màxim es produeix en una àrea a sotavent de la ciutat, ja que els vents de llevant han de travessar la franja meridional de la ciutat per arribar a l'àrea del sud-oest. Quan tenim vents de tramuntana la mitjana és de 18,7 mm al sud-est de la ciutat, en aquest cas el màxim es dona a sotavent. Els fluxos de gregal donen el màxim de precipitació al nord-est de la ciutat, 21,3 mm, per tant a sobrevent d'aquesta. Amb vents de mestral el màxim de precipitació es dona al SW de Girona, per tant una àrea situada a sobrevent de la ciutat. En els dies en què tenim vent de migjorn la zona amb més precipitació són el sud-est i el nord-est de la ciutat amb 12,2 mm de precipitació mitjana, mentre que la primera és una franja del sobrevent de la urbs, la 2^a és una zona de sotavent de l'àrea urbanitzada. El nord de la ciutat és la zona més plujosa quan les tempestes apareixen en dies amb vent de migjorn, amb una mitjana força elevada, 23 mm. 15,5 mm és la precipitació mitjana de l'àrea més plujosa, el SE de la ciutat, quan bufa el vent de llebeig o garbí, per tant el màxim convectiu es dona a sobrevent de l'àrea urbana de Girona. En els dies tempestuosos amb vent de ponent es produeix un màxim a sotavent de la ciutat, el SE de Girona amb 34 mm de mitjana.

Taula 6.8 Precipitació mitjana de les tempestes segons el vent a 700 hPa en el dia de la tempesta, l'ús del sòl i la zona geogràfica. Període 1998-2014.

	Urbà	Suburbà	Rural	Sobrevent	Sotavent
N	-	-	-	-	-
NE	15,8	15,4	16,6	18,3	15,9
E	24,6	27,4	29,9	35,6	29,9
SE	27,0	33,3	31,6	33,5	23,4
S	24,0	21,7	29,4	32,3	25,1
SW	22,8	21,7	24,1	24,5	23,9
W	15,9	15,7	9,3	13,3	14,8
NW	21,0	19,9	21,6	20,7	19,8
Mitjana	21,6	22,1	23,2	25,5	21,8

Si es considera el desplaçament de les cèl·lules de precipitació (tenint en compte el vent de 700 hPa) el màxim de precipitació és a sotavent amb vent de nord-est i oest i en canvi la precipitació màxima es produeix a sobrevent amb llevant, xaloc, migjorn i garbí. El moviment més típic de les taques de precipitació és de mestral, oest i sud-oest, vents en què les diferències són poc notòries.

Comparant la precipitació en zones amb similar grau de urbanització tenim que l'àrea rural hi plou més que a les altres dues àrees (suburbana i urbana) amb vents de gregal, llevant, migjorn, garbí i mestral, mentre que l'àrea urbana les precipitacions són més quantioses amb vent de ponent. La zona suburbana enregistra més precipitació amb vents de xaloc.

La precipitació és més elevada a sotavent de la ciutat, especialment amb tempestes que es produeixen amb vent del sud i sud-oest. També s'ha observat una major freqüència de les precipitacions intenses de 5 minuts de durada al nord i nord-est de la ciutat. Els dies de precipitació superior a 30 mm són més freqüents a l'àrea septentrional de la ciutat, en aquest tipus de precipitació abundant el vent predominant és de tramuntana i gregal, per tant l'efecte urbà no té excessivament importància ja que ens trobem en una àrea de sobrevent de la ciutat.

Taula 6.8 Precipitació mitjana de la tempesta segons la direcció del vent en superfície a l'aeroport de Girona. Període 1998-2014.

	Sobrevent	Sotavent	Indiferent	Màxim a sotavent
N	6,9	7,5	9,3	Si
NNE	1,2	5,0	0,0	Si
NE	2,5	4,4	2,5	Si
ENE	0,0	0,3	1,2	Si
E	0,6	0,0	1,9	No
ESE	1,2	1,2	1,9	No
SE	0,6	1,6	1,2	Si
SSE	0,9	3,4	2,8	Si
S	9,7	12,8	7,5	Si
SSW	1,6	0,6	2,8	No
SW	1,2	0,0	1,6	No
WSW	0,3	0,0	0,0	No
W	0,3	0,3	0,6	No
WNW	0,0	0,3	0,0	Si

NW	0,0	0,0	0,0	No
NNW	0,6	0,6	0,0	No
Calma	0,6	0,3	0,0	No

S'ha de remarcar que amb vents del primer quadrant i segon quadrant les precipitacions convectives són més importants a sotavent de la ciutat, mentre que amb fluxos d'aire del tercer i quart quadrant l'efecte urbà respecte la precipitació no es dona, ja que els màxims no es donen a sotavent, sinó a sobrevent. No obstant hem de tenir en compte que l'escassa freqüència de vents terrals durant les tempestes i per aquest motiu és poc significatiu que la precipitació convectiva no sigui més important amb vents del 3r i 4t quadrant. Com la majoria de dies tempestuosos el vent bufa del 1r i 2n quadrant es pot afirmar que l'efecte urbà és significatiu ja que tenim una mostra més gran de dies amb màxim de precipitació a sotavent que a sobrevent de la ciutat amb vents marítims d'aquestes procedències.

Taula 6.9 Freqüència relativa de la màxima precipitació en dies de tempesta. Període 1998-2014.

Observatori meteorològic	Freqüència relativa (%)
Celrà	9,0
Aeroport de Girona	7,5
Fornells de la Selva-centre	7,2
Bescanó	6,5
Sarrià de Ter-aigües	6,2
Salt-AEMET	6,2
Girona-la vall de Sant Daniel	5,6
Girona-Montjuïc	5,3
Fornells de la Selva-SMC	5,0
Montjuïc-Aigües	4,7
Girona-Parc de Bombers (SMC)	4,4
Girona-Sèquia	3,4
Sarrià de Ter-XVPCA	3,1
Fornells-SMC	3,1
Vilablareix-El Perelló (nucli urbà)	2,8
Girona (Bell-lloc)	2,8
Salt-Pl. St. Cugat	2,5
Girona-Ciutadans-aigües	2,5
Girona-Barri Vell	2,5
Girona-F.Roges	2,2
Vilablareix (SMC), afores.	1,9
Sant Gregori	1,6
Girona-Palau-Aigües	1,6
Girona-IES Narcís Xifra	1,2
Girona-Bonastruc	0,9
Cassà de la Selva-SMC	0,3
Fornells de la Selva-XOM	0,0
Cassà de la Selva-centre	0,0

Els observatoris amb les freqüències més elevades de la precipitació màxima en dies de tempesta són Celrà, 9,0 %, l'aeroport de Girona, 7,5 %, Fornells de la Selva-centre,

7,2 %, Bescanó, 6,5 % i Sarrià de Ter-Aigües, 6,2 %. Per tant tenim dos observatoris de sotavent (Celrà i l'aeroport de Girona) i dues estacions de sobrevent (Fornells i l'aeroport) entre els indrets amb una major probabilitat de produir-se la màxima precipitació convectiva. D'altra banda entre els 5 observatoris amb menys assiduitat dels màxims de precipitació associats a tempesta tenim 3 estacions de sobrevent (Cassà de la Selva-centre, 0 %, Cassà de la Selva-SMC, 0,3%, i Fornells de la Selva-XOM, 0 %), una estació de l'àrea indiferent, Girona-Bonastruc, 0,9 %, i només un observatori de sotavent (Girona-Narcís Xifra, 1,2 %). Hem de tenir en compte l'escassa durada del període en què tenim dades de Girona-Narcís Xifra per explicar la baixa freqüència de màxims en aquest observatori.

Taula 6.6 Precipitació mitjana diària de les tempestes a l'àrea urbana de Girona.

Observatori	Precipitació mitjana (mm)
Cassà de Ter-centre	15,3
Girona-Ciutadans-aigües	15,0
Girona-Barri Vell	13,5
Salt-AEMET	13,0
Fornells de la Selva-centre	12,1
Girona-IES Narcís Xifra	11,5
Fornells de la Selva-XOM	11,4
Girona-Parc Bombers (smc)	11,1
Sarrià-aigües	10,9
Girona-Bonastruc	10,7
Girona-Montjuïc	10,6
El Perelló. Vilablareix. Nucli urbà.	10,6
Girona (Bell-lloc)	10,3
Girona-Montjuïc-Aigües	10,2
Girona-Sèquia	9,7
Celrà	9,5
Fornells de la Selva-SMC	9,3
Aeroport de Girona	9,2
Girona-Palau	9,1
Girona-la vall de Sant Daniel	9,0
Fornells de la Selva-SMC	8,5
Sarrià de Ter-XVPCA	8,1
Girona-F.Roges	8,0
Salt-Pl. St. Cugat	7,8
Bescanó	7,6
Vilablareix-SMC. Afores.	6,4
Cassà de la Selva-SMC	6,3
Sant Gregori	6,0

La precipitació mitjana en dies amb fenòmens convectius és més elevada a dos observatoris de sobrevent, Cassà de la Selva-centre, on s'assoleix el màxim, 15,3 mm, i Fornells de la Selva-centre, i tres estacions de l'àrea indiferent (Girona-Ciutadans, amb 15,0 mm és la 2a estació, Girona-Barri Vell i Salt-AEMET). El 6è observatori amb una mitjana més elevada es troba a sotavent, és l'estació de Girona-Narcís Xifra amb una mitjana de 11,5 mm. La pluja mitjana dels dies de tempesta és més baixa en dos

observatoris de sobrevent (Cassà de la Selva-SMC i Vilablareix), 6,3 i 6,4 mm respectivament, un observatori de sotavent (Sant Gregori), on s'assoleix el mínim, 6,0 mm, i dos estacions de l'àrea indiferent (Bescanó i Salt-Plaça Sant Cugat), 7,6 mm i 7,8 mm respectivament.

La freqüència dels dies de precipitació igual o superior a 30 mm és més elevada en els observatoris de Cassà de la Selva-centre i Fornells de la Selva-centre(sobrevent), Girona-Narcís Xifra (sotavent), Girona-Ciutadans i Girona-Barri Vell (zona indiferent). Així el percentatge de dies tempestuosos amb precipitació intensa és igual o superior al 15 % en dos observatoris, Cassà-centre, 16,0 %, i 15,0 % a Girona-Narcís Xifra. La freqüència més baixa es dona a Cassà de la Selva-SMC, 8,6 % i Sant Gregori, 10,1 %. Mentre el primer observatori (Cassà) es troba a sobrevent, el segon està en una àrea indiferent.

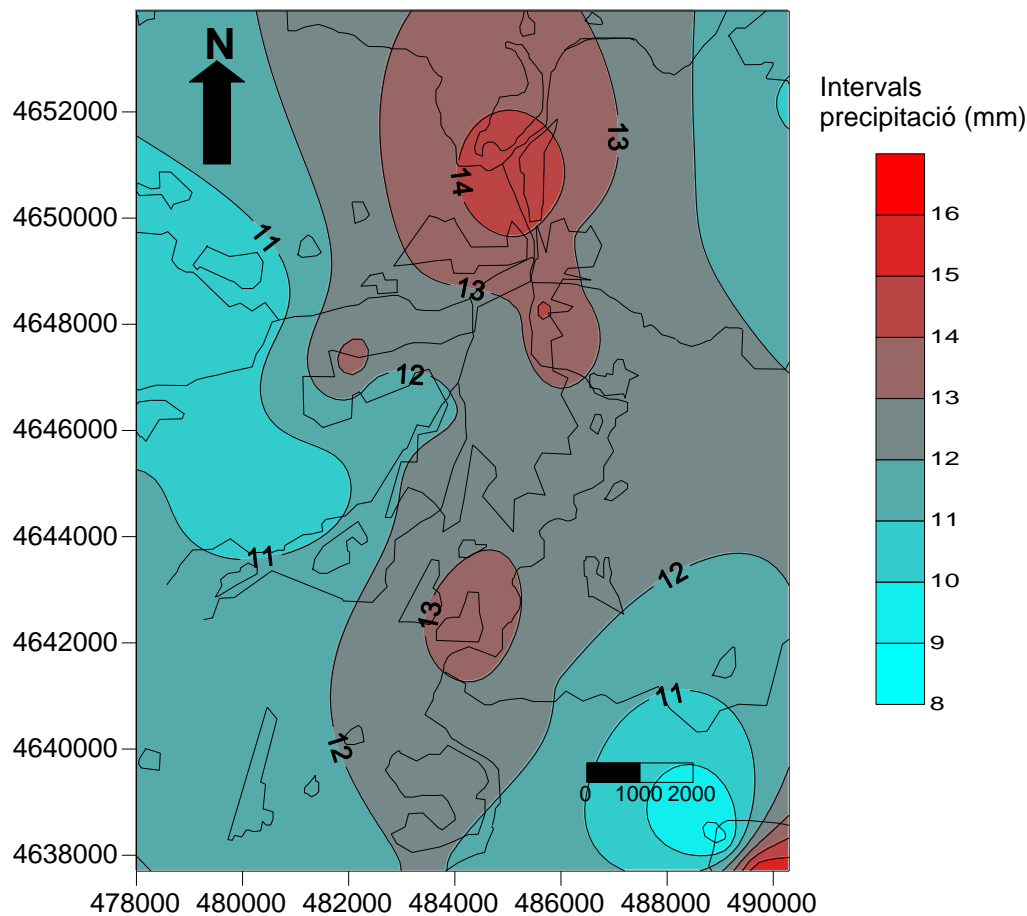


Figura 6.45 Mapa d'isohietes. Freqüència de la precipitació igual o superior a 30 mm en dia de tempesta. Àrea urbana de Girona.

En els dies de tempesta amb vent del sud-oest la precipitació més elevada es produeix a Fornells de la Selva-centre, amb 28 mm, és una estació de l'àrea indiferent. Girona-Francesc Roges, amb 23,6 mm, és el segon observatori més plujós, està situat al centre de Girona, per tant en una àrea indiferent. La precipitació mitjana més baixa es dona a Girona-Palau, 6,9 mm, mentre que Girona-Sèquia, observatori molt proper a Girona-Francesc Roges (situat a 300 m de distància) enregistra el segon mínim pluviomètric, 7,8 mm.

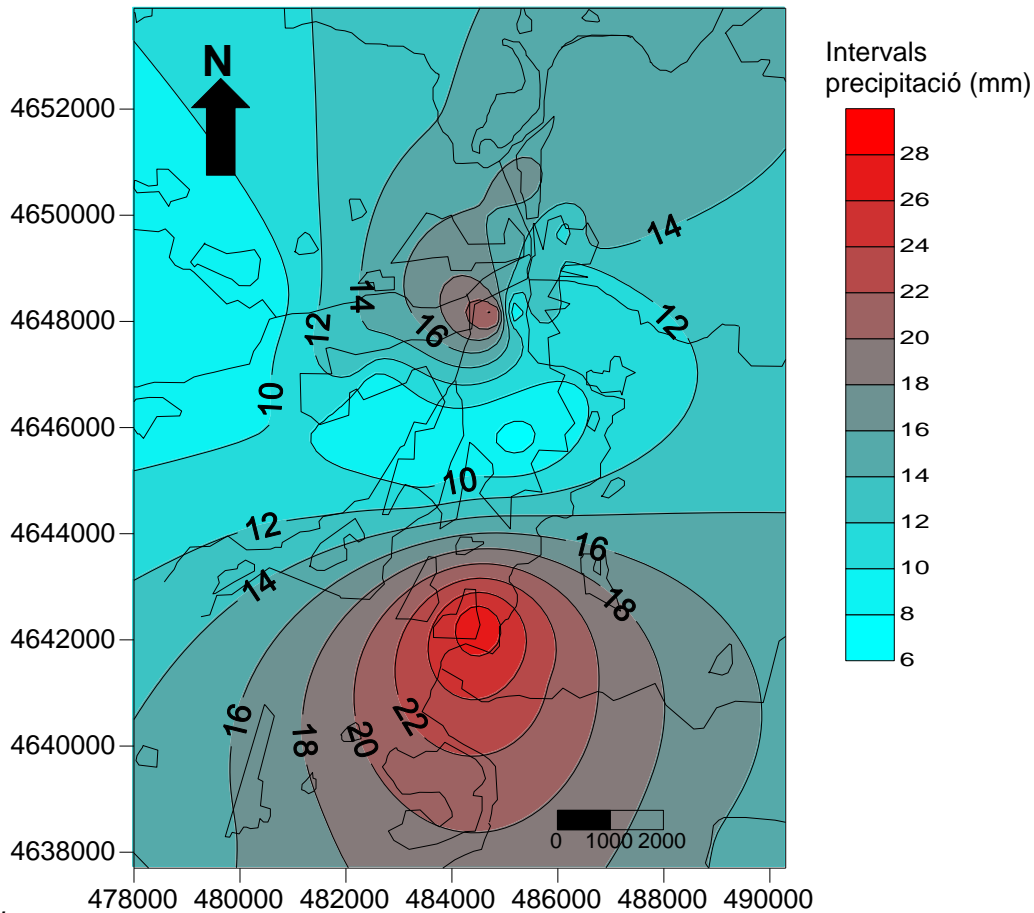


Figura 6.46 Mapa d'isohietes. Precipitaci3 mitjana en dia de tempesta amb vent de SW. rea urbana de Girona.

La precipitaci3 en dies de tempesta en dies amb vent de tramuntana s més elevada a Cassà de la Selva-centre, amb 22,9 mm, aquest observatori se situa a sobrevent de la ciutat de Girona. També el segon indret ms pluj3s, Fornells-XOM, pertany a l'rea de sobrevent de la ciutat. Bescan3, amb 10,2 mm, és l'observatori menys pluj3s, aquesta estaci3 es troba a l'rea indiferent de la ciutat. Girona-Barri Vell amb 10,8 mm és el segon observatori més sec.

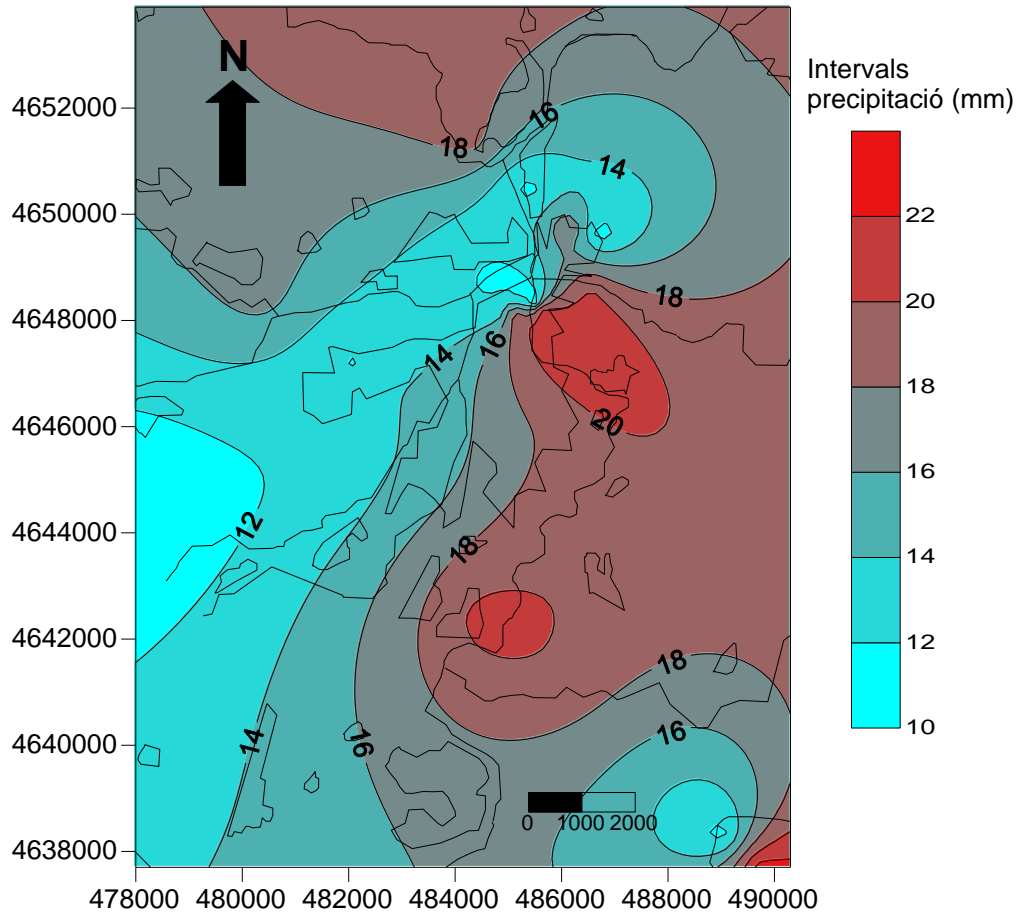


Figura 6.47 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana en dia de tempesta amb vent del N. Àrea urbana de Girona.

Girona-Montjuïc-Aigües, observatori que pertany a l'empresa Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, és una estació meteorològica del nord-est de la ciutat que enregistra la precipitació convectiva més elevada amb vents de gregal, 30,7 mm de mitjana, per tant l'efecte urbà no és gaire important amb vents de gregal. No obstant, altres observatoris situats a sobrevent enregistren la 2a i 3a mitjana de precipitació més elevada, Cassà-centre i Girona-Palau amb 27,7 mm i 19,3 mm de mitjana. Girona-Narcís Xifra és l'estació menys plujosa, amb 9,1 mm de mitjana. L'estació de l'ACA de Girona amb 10,3 mm i Sant Gregori amb 10,8 mm són dues estacions amb una pluviometria mitjana baixa amb vent del nord-est. Sant Gregori es troba en una àrea indiferent amb predomini del sòl suburbà, mentre que Girona-ACA és una estació urbana que pertany a l'àrea indiferent, està molt a prop del centre de Girona, es troba dins del barri de l'Eixample.

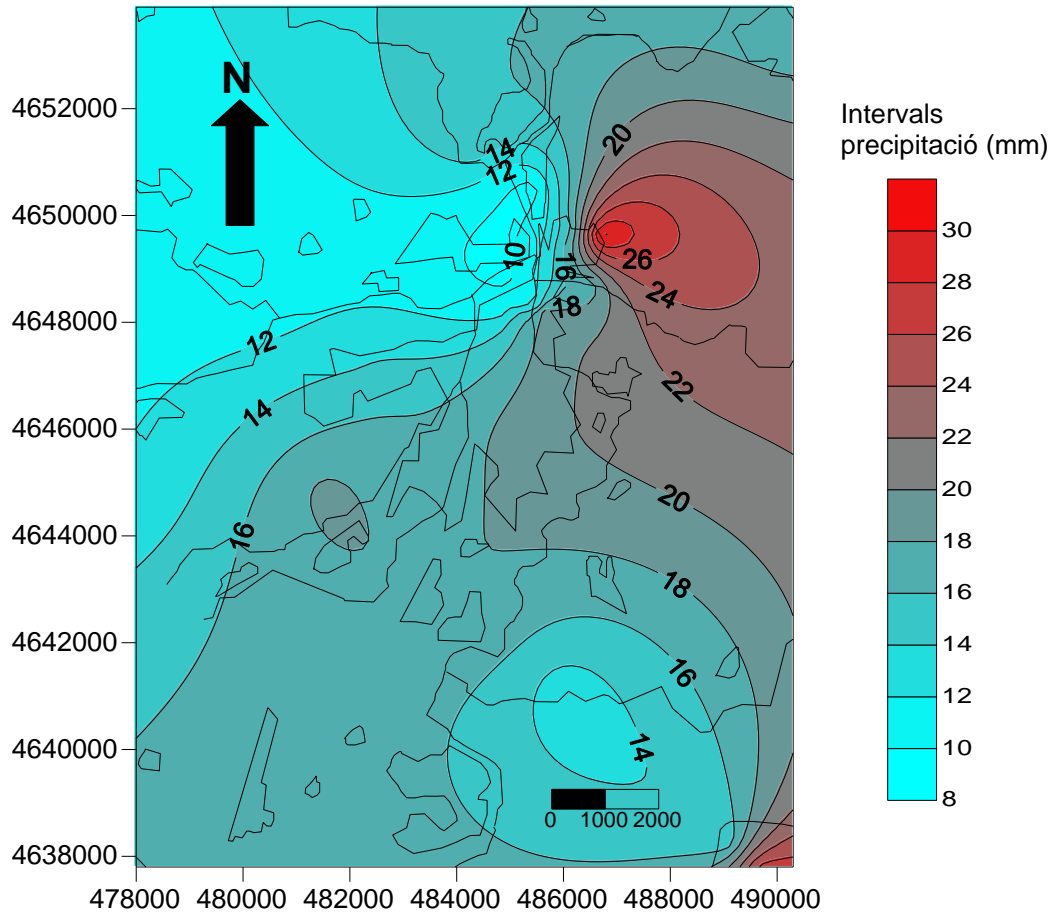


Figura 6.48. Mapa d'isohietes. Precipitaci·o mitjana en dia de tempesta amb vent del NE. Àrea urbana de Girona.

La precipitaci·o m·es elevada amb vents de mestral es produeix en una àrea indiferent, el centre de Salt, 30,7 mm. Altres observatoris plujosos tamb·e es troben en aquesta àrea indiferent on l'efecte urbà és menor que a sobrevent, és el cas de Girona-Sant Daniel, Girona-Ciudadans i Girona-S·equia. No obstant tenim un efecte urbà en la precipitaci·o ja que la pluja m·es forta es concentra en la zona m·es densament urbanitzada, als centres urbans de Girona i Salt. Els observatoris de l'aeroport de Girona i Fornells de la Selva-XOM (situats a sobrevent de la ciutat de Girona, respectivament) s·on els observatoris menys plujosos, amb 11,4 mm i 15,8 mm respectivament.

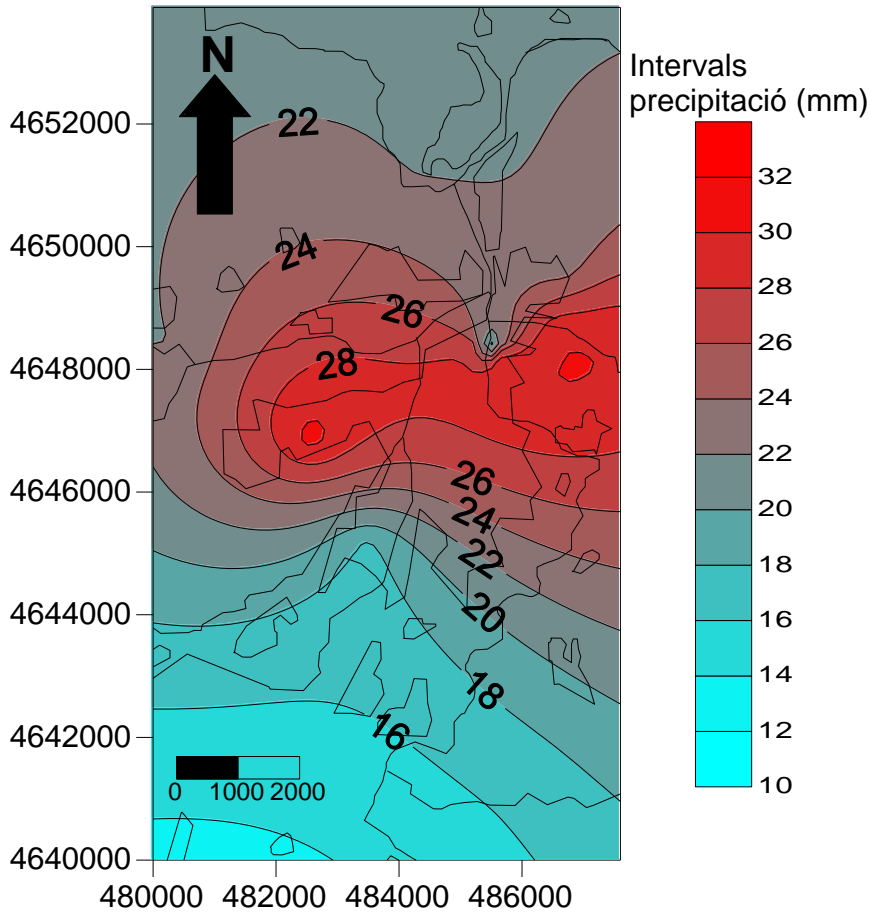


Figura 6.49 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana en dia de tempesta amb vent de NW. Àrea urbana de Girona.

L'observatori més plujós amb vent del sud està situat al nord-oest de la ciutat de Girona, Sant Gregori, amb 14,9 mm, per tant en una àrea indiferent, ja que no hi ha la ciutat de Girona al sud del poble, ni tampoc hi trobem una àrea urbanitzada important on el vent del sud pugui influir en la precipitació estiuenca. Altres observatoris meteorològics força plujosos es troben a sotavent, a la part nord de la ciutat de Girona, Girona-Montjuïc al nord-est, 14,6 mm, i Girona-Bonastruc, en una àrea indiferent, 14,0 mm. D'altra banda l'observatori més sec és el de Girona-Narcís Xifra, 7,6 mm, també està situat al nord de l'àrea urbana. En segon lloc tenim Girona-Barri Vell, 9,2 mm, i Bescanó, 9,3 mm.

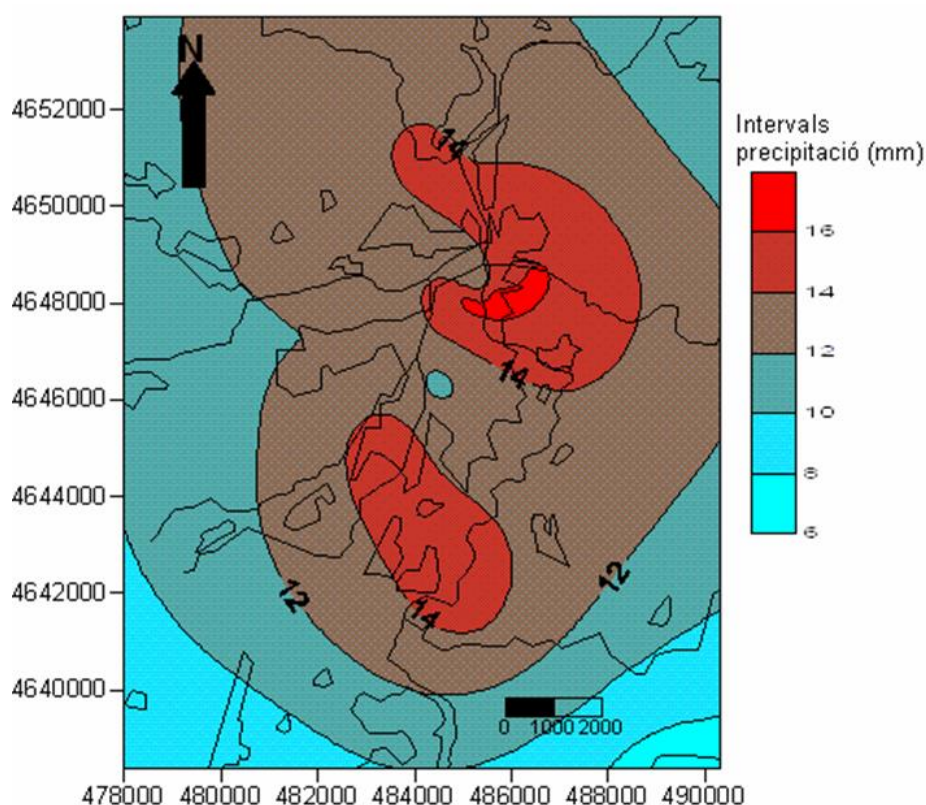


Figura 6.50 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana en dia de tempesta amb vent de S. Àrea urbana de Girona.

Els vents de ponent no tenen un impacte gaire important en la precipitació tenint en compte l'efecte urbà. Així tant els observatoris més plujosos Sarrià de Ter-XVPCA, 16,7 mm, Cassà de la Selva-centre, 14,8 mm, com l'estació amb menys precipitació mitjana, Girona-IES Narcís Xifra, 3,8 mm, es troben en una àrea indiferent. S'ha de remarcar que Girona-Narcís Xifra presenta una precipitació molt baixa en comparació amb indrets propers com són els dos observatoris de Sarrià de Ter, que són uns dels observatoris més plujosos. Una de les possibles causes de la baixa precipitació de Girona-Narcís Xifra és l'escàs nombre de dies de precipitació amb vent de ponent, ja que només tenim dades del període gener 1998-març de 2000 d'aquest observatori de les quals analitzem la mitjana, tot i que la sèrie de l'observatori comença l'any 1994. L'estació de Salt-centre és la 3a estació més plujosa i es troba a sobrent de la ciutat de Girona. Girona-Ciudadans és l'estació de sotavent amb una precipitació més elevada, 11,2 mm, tot i que és força inferior a la mitjana de l'observatori més plujós. L'efecte urbà amb vents de l'oest probablement és el més difícil d'estimar a la ciutat de Girona ja que gran part de la zona situada a sotavent de la ciutat és una àrea muntanyosa, les Gavarres, on no disposem d'observatoris meteorològics, i a més apart de l'efecte urbà probablement hi ha un efecte orogràfic respecte les tempestes que venen de ponent.

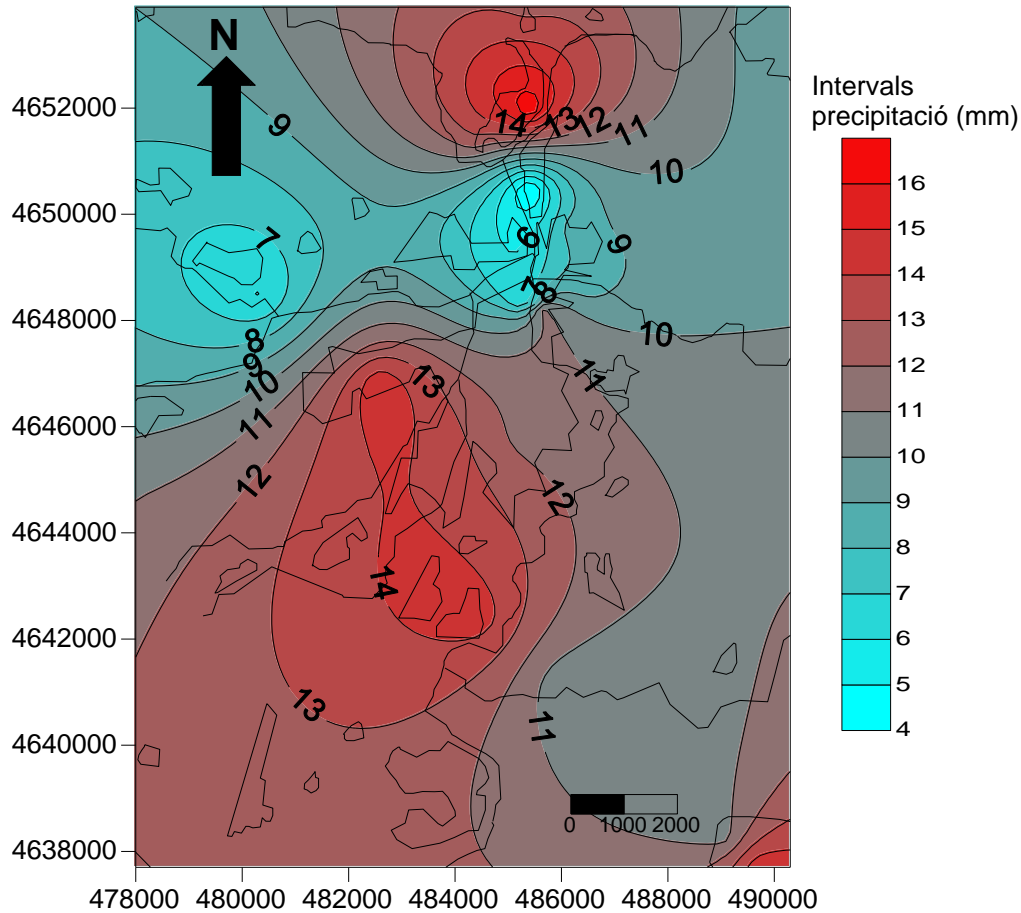


Figura 6.51 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana en dia de tempesta amb vent de l'W. Àrea urbana de Girona.

Els observatoris situats a sobrevent de la ciutat, Girona-Montjuïc-Aigües, 19,1 mm, Girona-Sèquia, 16,6 mm, Girona-Narcís Xifra, 15,3 mm, i Girona-Ciudadans, 13,7 mm, es troben entre els 4 indrets més plujosos quan bufa el vent de llevant en dies de tempesta. Per tant l'efecte urbà és poc important amb precipitacions d'origen marítim, amb predomini de vents de l'est. L'aeroport de Girona, 5,6 mm, i Vilablareix, 5,8 mm, són les 2 estacions més seques, aquests observatoris es troben al sud-oest de la ciutat de Girona, per tant en una àrea de sotavent. Per tant la precipitació convectiva amb vents de llevant està més condicionada per l'orografia que per l'efecte urbà. Així els turons de l'est de la ciutat permeten registrar els màxims de precipitació en indrets urbans propers a les Gavarres, a l'est de l'àrea urbana, mentre que al sud-oest de la ciutat tenim un efecte d'ombra pluviomètrica. Així l'efecte urbà és molt menys palès que l'increment orogràfic de la precipitació amb vents de llevant.

Figura 6.52 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana en dia de tempesta amb vent de l'E. Àrea urbana de Girona.

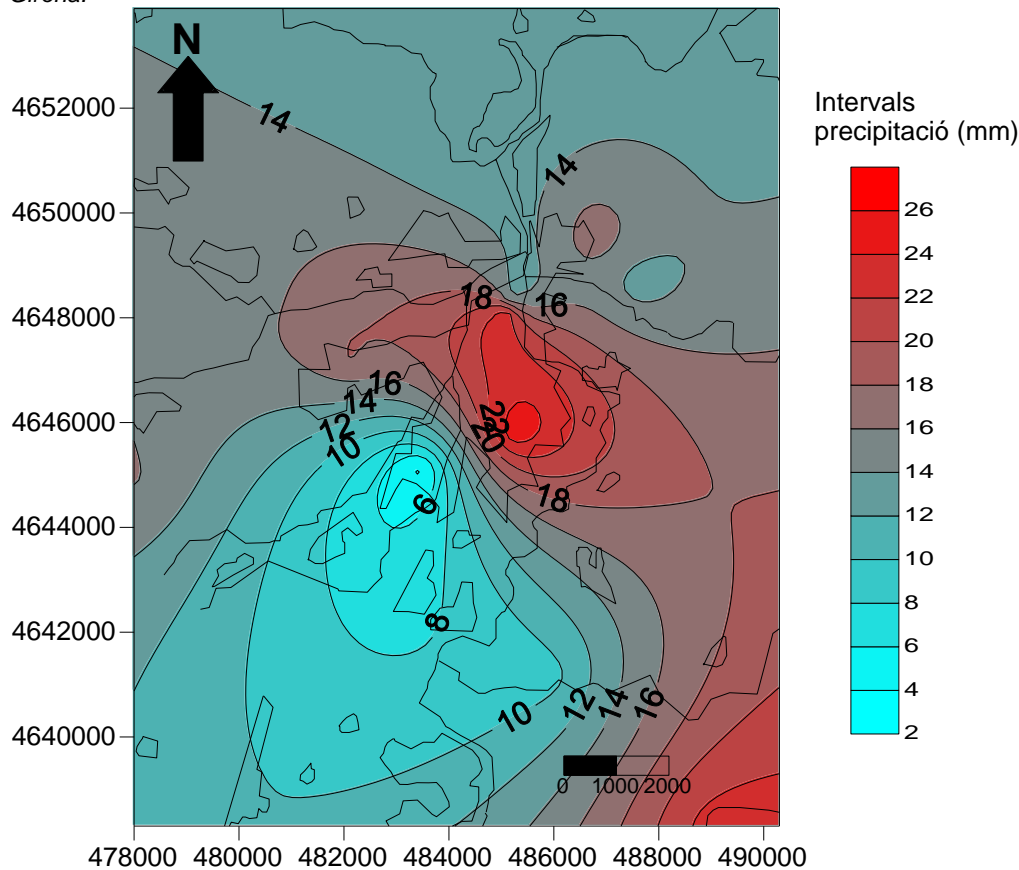


Figura 6.53 Mapa d'isohietes. Precipitació mitjana en dia de tempesta amb vent del SE. Àrea urbana de Girona.

Girona-Palau enregistra la precipitació més elevada de Girona i rodalia amb vent de xaloc, 25,5 mm, aquest observatori es troba a sobrevent de la ciutat. Cassà-SMC amb 23,3 mm és el 2n indret més plujós amb 23,3 mm i també es troba a la zona de sobrevent. Tanmateix és important de destacar que les estacions amb menor precipitació també se situen a sobrevent de l'àrea urbana, és el cas de Perelló i Fornells de la Selva-XOM amb 3,6 mm i 9,3 mm de mitjana.

L'evolució de la precipitació estiuenca en el període 1998-2010 ens dona valors molt elevats per una tendència, probablement l'escassa durada de la sèrie implica que hi hagin valors aberrants. Hem de tenir en compte que la major part de la precipitació de l'estiu és de tipus convectiu, fruit de tempestes, que són molt irregulars pel que fa a la precipitació i que hi ha alguns observatoris amb un escàs nombre d'anys de la sèrie, inferior a 5, i per tant no és gaire significativa aquesta tendència. Hi ha un total de sis observatoris amb una tendència significativa de la precipitació estiuenca amb relació a l'aeroport de Girona. Alguns tendeixen a un increment estadísticament significatiu, aquest és el cas de Bescanó ($p < 0,05$), 5,1 mm/dècada, Girona-Montjuïc-Aigües ($p < 0,10$), 14,1 mm/dècada, i Sarrià de Ter-Aigües, ($p < 0,02$), 26 mm/dècada, ($p < 0,02$) i Girona (Palau)-Aigües ($p < 0,01$), 10,48 mm/any, el primer es troba a l'àrea indiferent i el segon i el tercer a la zona de sotavent, mentre que Girona-Palau està a sobrevent. D'altra banda Girona-Bonastruc ($p < 0,01$), -35,2 mm/any i la universitat de Girona ($p < 0,10$), -6,17 mm/dècada, tenen una tendència significativa cap al descens, mentre

Girona-Bonastruc es troba en una àrea urbana indiferent, la universitat està en una zona suburbana de sobrevent.

Taula 6.7 Tendència de la precipitació d'estiu dels observatoris de l'àrea urbana de Girona en comparació a l'aeroport de Girona. Període 1998-2010.

Observatori	Tendència (mm/any)	R ²	Nombre anys analitzats	Zona	Nivell de significació estadística (%)
Bescanó	5,12	0,2992	13	Indiferent	95
Cassà-centre	-3,88	0,2173	8	Sobrevent	Sense
Cassà-SMC	2,76	0,0841	13	Sobrevent	Sense
Celrà	4,92	0,1084	12	Sotavent	Sense
El Perelló	3,34	0,0447	6	Sobrevent	Sense
Fornells-centre	-0,14	0,0004	13	Sobrevent	Sense
Fornells-SMC	1,94	0,08	11	Sobrevent	Sense
Fornells-XVPCA	-1,85	0,0741	8	Sobrevent	Sense
Girona-B.Vell	-1,75	0,0063	5	Indiferent	Sense
Girona-Bonastruc	-35,20	0,7822	5	Indiferent	99
Girona-centre (Sèquia i Francesc Roges)	0,57	0,0027	13	Indiferent	Sense
Girona-Ciutadans	8,65	0,1413	6	Indiferent	Sense
Girona-la vall de Sant Daniel	3,54	0,1056	9	Sotavent	Sense
Girona-Montjuïc	4,09	0,0317	13	Sotavent	Sense
Girona-Montjuïc (Aigües)	14,10	0,428	6	Sotavent	90
Girona-Palau	10,48	0,0994	6	Sobrevent	Sense
Girona-Parc de Bombers (SMC)	-0,10	0,0001	10	Sobrevent	Sense
Girona-Xifra	-8,84	0,1517	6	Sotavent	Sense
Salt-AEMET	1,85	0,0231	11	Sobrevent	Sense
Salt-Pl. St. Cugat	-0,72	0,0042	12	Indiferent	Sense
Sant Gregori	3,28	0,0305	5	Indiferent	Sense
Sarrià de Ter-Aigües	26,00	0,6413	6	Sotavent	98
Sarrià-XVPCA	-4,21	0,0986	12	Sotavent	Sense
Universitat de Girona	-6,17	0,2651	10	Sobrevent	90
Vilablareix (SMC)	-2,09	0,0524	10	Sobrevent	Sense

La precipitació d'estiu tendeix a incrementar-se a sotavent respecte l'aeroport, 5,66 mm/any, a l'àrea indiferent hi ha una tendència lleu al descens, -2,86 mm/any, mentre que a la zona de sobrevent pateix un increment poc significatiu, 0,56 mm/any. Pel que fa als usos del sòl, l'àrea urbana presenta el màxim increment, 1,68 mm/any i l'àrea rural el mínim augment, 0,09 mm/any. Per tant, l'efecte urbà és important en la tendència de la precipitació, amb un increment més clar de la precipitació a sotavent i en àrees urbanes que a sobrevent i en zones rurals. gran part d'aquesta es troba al centre de Girona i Salt.

Taula 6.8 Tendència de la precipitació d'estiu segons la zona. Període 1998-2010.

Àrea	Indiferent	Sobrevent	Sotavent	Mitjana
Tendència/dècada	-2,9	0,6	5,7	1,1
Àrea	Rural	Suburbà	Urbà	
Tendència/dècada	0,1	1,1	1,7	1,1

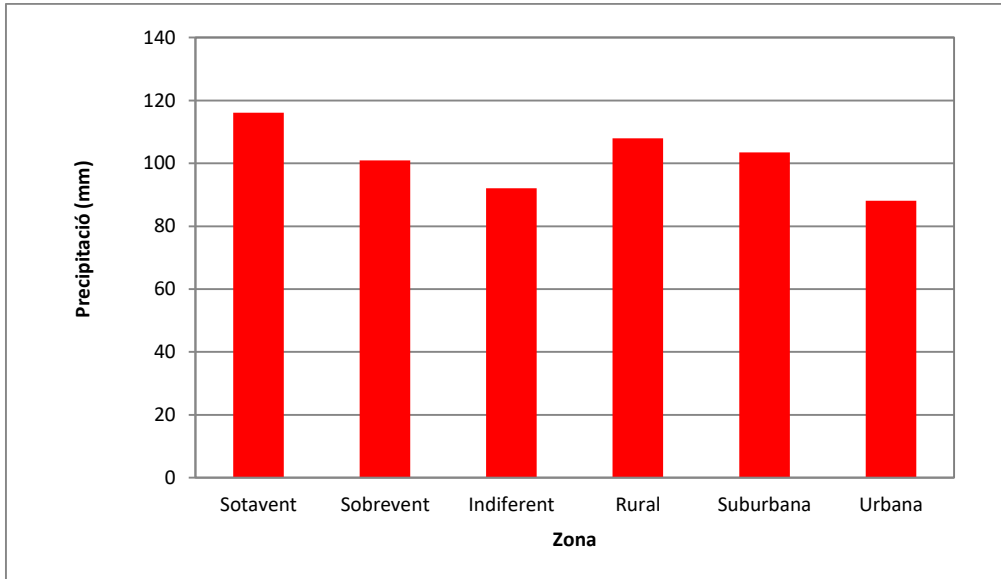


Figura 6.54 Mitjana de la precipitació màxima anual en diferents zones i segons l'ús del sòl segons la direcció del vent predominant en dies de pluja a l'aeroport de Girona. Període 1998-2014.

La precipitació màxima mitjana anual en diferents zones és més elevada a la zona de sotavent, 116,1 mm i més baixa en la zona indiferent, 92 mm, per tant hi ha un increment de la pluja a sotavent de la ciutat en comparació amb sobrevent (100,9 mm) per efecte urbà. Així al nord de l'àrea urbana de Girona les precipitacions diàries són més quantioses, mentre que al centre urbà de Girona l'efecte urbà provocaria una supressió de la precipitació ja que la pluja és més dèbil. Si tenim en compte l'ús del sòl la precipitació més abundant es detecta en observatoris rurals, 107,9 mm, mentre que les pluges més dèbils són a l'àrea urbana, 88,1 mm. Així l'efecte urbà implica que les pluges més fortes es produeixin en zones rurals i a sotavent, mentre que al nucli urbà de Girona la pluja és menys intensa.

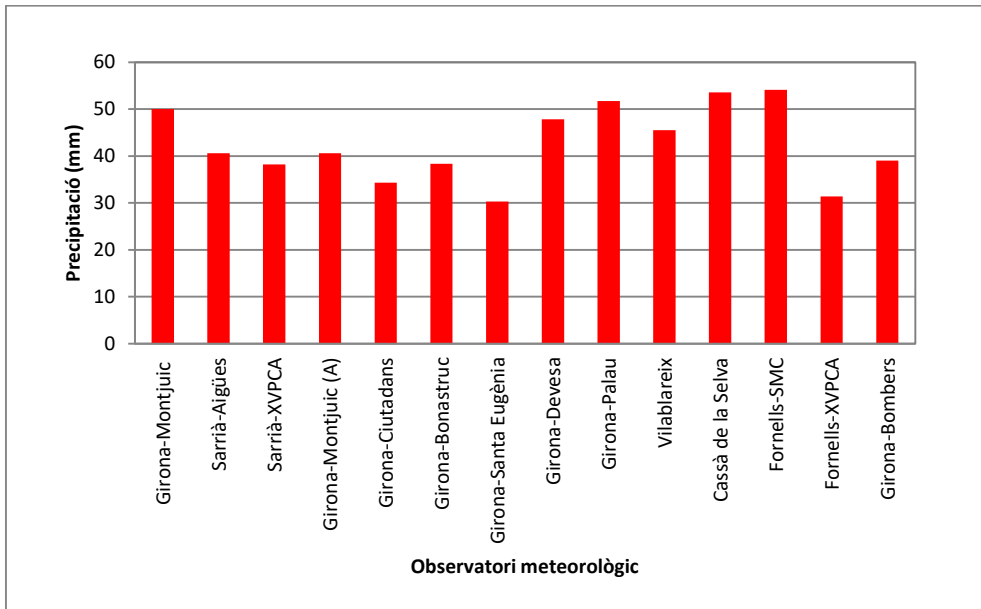


Figura 6.55 Precipitació màxima en 60 minuts dels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

L'àrea urbana de Girona presenta sovint aiguats amb precipitacions superiors a 20 mm/hora, no obstant a la zona rural de sobrevent tenim les pluges més intenses de

Girona i rodalia si considerem intervals de temps horaris. La màxima intensitat de la precipitació es va produir a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC el 27 d'octubre de 2011 quan es van recollir 54,1 mm en una hora. La distribució de la precipitació màxima en 24 hores és força anàrquica, així hi ha llocs de sobrevent de l'àrea urbana amb quantitats relativament modestes, és el cas de Fornells de la Selva-XVPCA, 31,4 mm, mentre que molt a prop tenim el màxim de Fornells de la Selva-SMC, amb 54,1 mm. En general però s'observa un augment de la intensitat de la precipitació al sud de l'àrea urbana, per tant a sobrevent, ja que tenim 3 observatoris amb valors superiors a 50 mm (Girona-Palau., Fornells de la Selva-XVPCA I Cassà de la Selva-SMC), mentre a sotavent només tenim una estació meteorològica amb 50 mm, Girona-Montjuïc, que va tenir un fort aiguat el 12 de novembre de 1999.

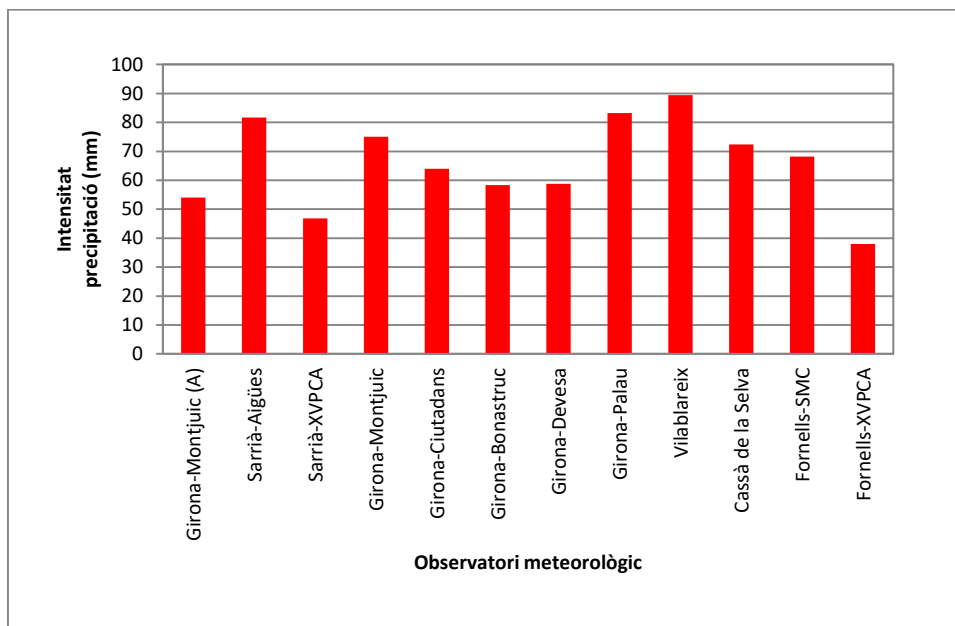


Figura 6.56 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 30 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

El Servei Meteorològic de Catalunya emet avisos de situació meteorològica de perill de llindar baix quan la precipitació supera els 20 mm en 30 minuts (intensitat de 40 mm/hora) i de llindar alt quan es superen els 40 mm en aquest interval temporal. A l'àrea urbana de Girona només s'ha superat els 40 mm en 30 minuts en 3 observatoris, Sarrià de Ter-Aigües, Girona-Palau-Aigües i Vilablareix-SMC.- El màxim de intensitat s'ha produït a Vilablareix-SMC, 89,4 mm/h, després a Palau, 83,2 mm/h i finalment a Sarrià de Ter, 81,6 mm/h. S'ha de remarcar però que en observatoris propers a aquests la intensitat màxima enregistrada en aquest interval temporal és força més baixa. Així tenim 68,2 mm/h a Fornells de la Selva-SMC, en canvi Fornells de la Selva-XVPCA, al centre del poble només va tenir un aiguat de 38 mm/h en el període 1994-2001. De la mateixa manera Sarrià de Ter-XVPCA presenta una intensitat màxima de 46,8 mm/h en el període 1992-2003.

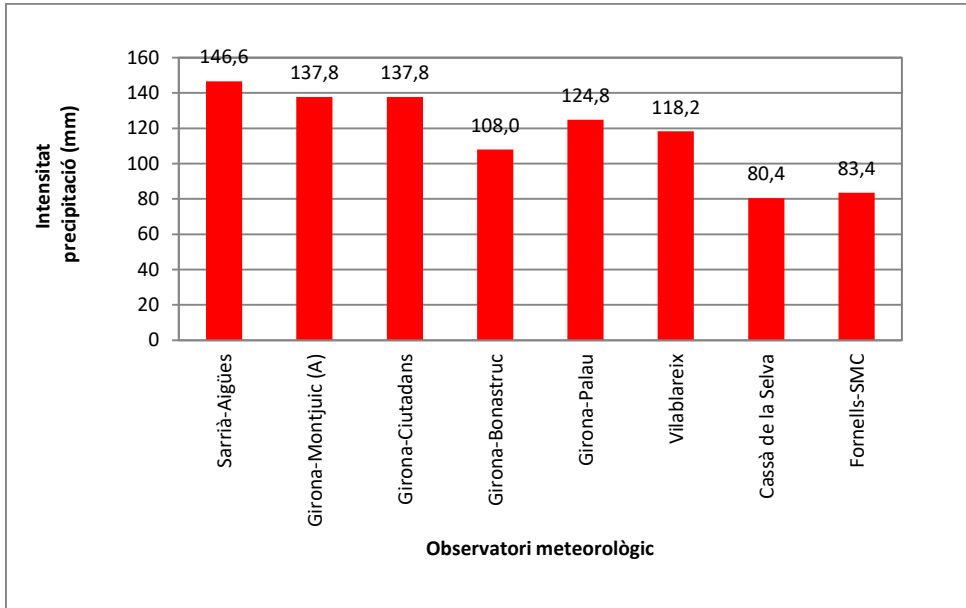


Figura 6.57 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 30 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació. Aclariment Girona-Montjuïc (A): Girona-Montjuïc Aigües

L'efecte urbà en la precipitació no és gaire clar pel que fa l'interval temporal de 10 minuts a 10 minuts, en què tenim el màxim de intensitat a sotavent de la ciutat de Girona. als observatoris de Sarrià de Ter-Aigües, 146,6 mm/h i Girona-Montjuïc-Aigües, 137,8 mm/h, mentre que a sobrevent es dona la menor intensitat de precipitació, Fornells de la Selva-SMC (83,4 mm/h) i Cassà de la Selva-SMC (80,4 mm/h).

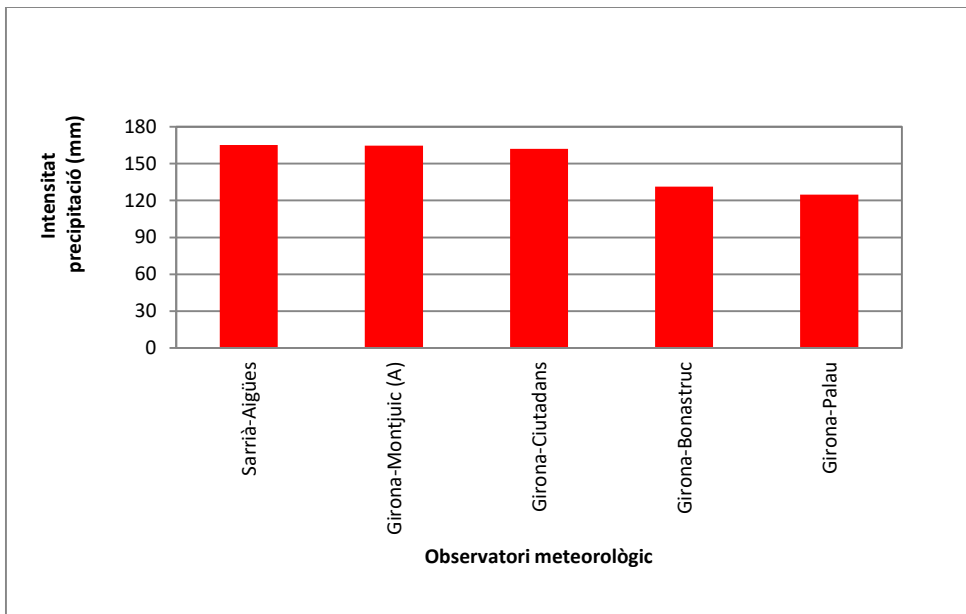


Figura 6.58 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 10 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació. Aclariment Girona-Montjuïc (A): Girona-Montjuïc Aigües

Si en l'interval temporal de 10 minuts hi ha una clara bipolaritat entre la zona de sotavent (més plujosa) i l'àrea de sobrevent (amb menys intensitat pluviomètrica), aquest desequilibri s'incrementa pel que fa als intervals de 5 minuts on augmenta la preponderància de la zona de sotavent respecte la franja de sobrevent. L'estació més plujosa és Sarrià de Ter-Aigües amb 165,4 mm/h., després tenim Girona-Montjuïc,

164,6 mm/h, ambdós observatoris situats a sotavent, i a l'últim lloc trobem un observatori de sobrevent, Girona-Palau, amb només 124,8 mm/h. Les estacions situades al centre urbà de Girona enregistren una intensitat intermèdia entre sobrevent i sotavent, essent més elevada a Girona-Ciutadans, 162,2 mm/h, i més baixa a Girona-Bonastruc, 131,4 mm/h.

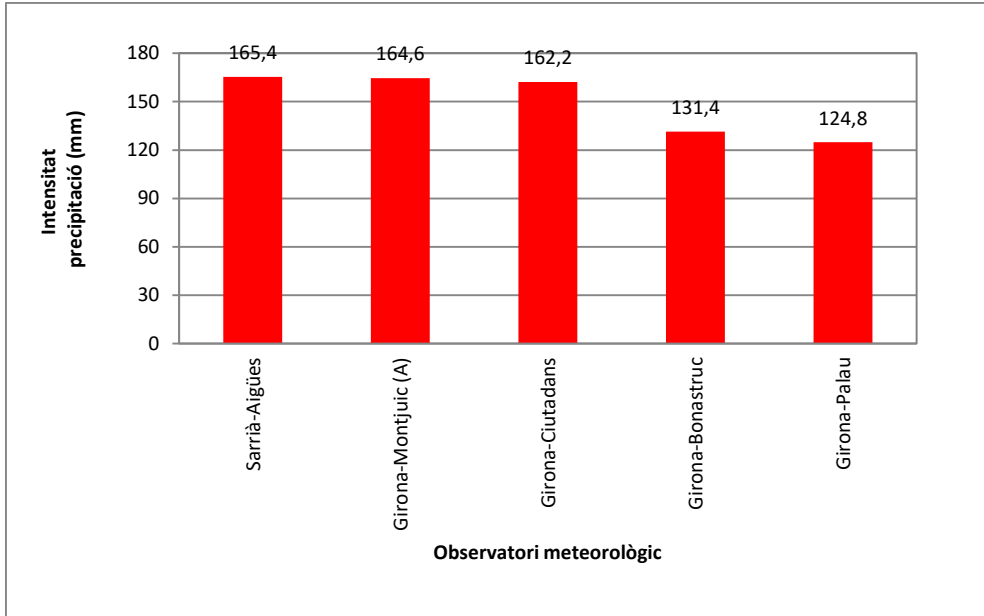


Figura 6.59 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 5 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

L'efecte urbà en la precipitació s'hauria de palesar teòricament en un increment de la intensitat de les pluges a sotavent de l'àrea urbana. Si observem la gràfica hi ha un efecte urbà molt clar en els intervals temporals curts (5 i 10 minuts), en aquests intervals la zona de sotavent és més plujosa que l'àrea de sobrevent, mentre que en canvi per períodes temporals més llargs la zona de sobrevent és la més plujosa. D'altra banda el comportament del centre urbà de Girona (zona indiferent) s'assembla més al patró de la zona de sotavent respecte l'àrea de sobrevent. S'ha de remarcar però la baixa intensitat mitjana màxima de les pluges de 30 minuts a l'àrea indiferent, que correspon al centre urbà de Girona, amb una intensitat de 64 mm/h.

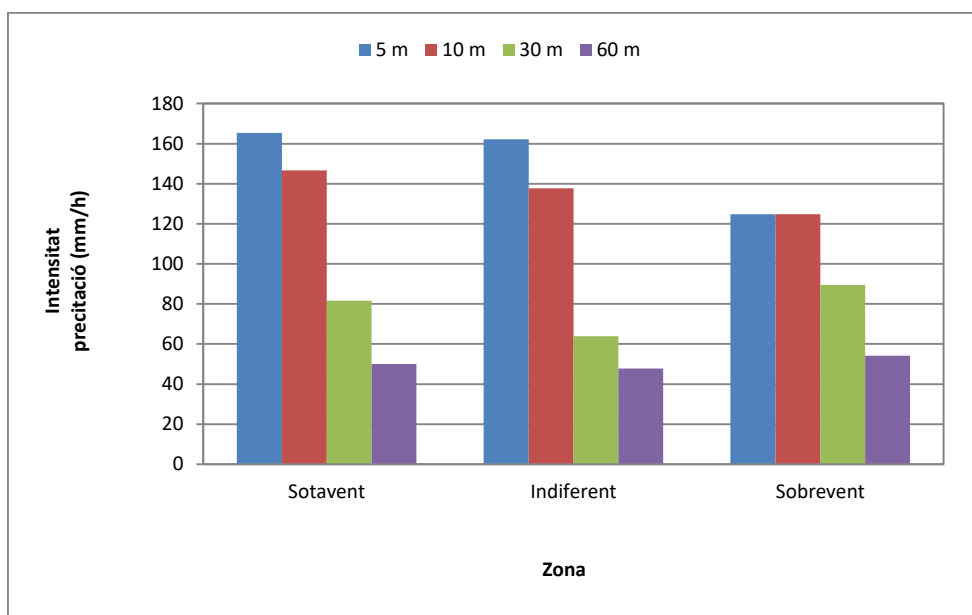


Figura 6.60 Intensitat de precipitació mitjana màxima per hora recollida en intervals de 5, 10, 30 i 60 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona en diferents zones segons el vent a l'aeroport en els dies de precipitació. Diferents períodes d'observació.

Els valors extrems de les precipitacions en diferents intervals de temps segons les estacions ens mostren valors més elevats a sotavent i en àrees suburbanes en els trams temporals més curts, Girona-Montjuïc-Aigües enregistra les intensitats més elevades en els intervals de 10 minuts, 156,6 mm/h, mentre que Sarrià de Ter-Aigües té la intensitat més alta en el tram dels 30 minuts, 88,6 mm/h i en 5 minuts, 165,4 mm/h. En canvi Girona-Palau, que és una estació de sobrevent, enregistra la intensitat més baixa en l'interval de 5 minuts, 124,8 mm/h, mentre que Girona-Bonastruc dona la intensitat més baixa en el tram dels 30 minuts, 117 mm/h. Hi ha una disparitat de valors en la distribució dels valors extrems de les intensitats dels intervals de 30 minuts, 60 minuts i 24 hores. Així hi ha una estació de sobrevent que enregistra la intensitat més elevada en 60 minuts, Cassà de la Selva, 49,4 mm, però també dues estacions de sobrevent donen les intensitats més baixes, Fornells de la Selva-XVPCA i l'aeroport de Girona. Sarrià de Ter enregistra la intensitat més elevada en 30 minuts, 88,6 mm/h, i Girona-Sant Daniel té la precipitació probable més elevada en 24 hores, 139,4 mm. En resum les estacions de sotavent són les que enregistren la major part de les intensitats més elevades de precipitació i els observatoris de sobrevent les que presenten intensitats més baixes, tot i que algunes tenen valors elevats de intensitat.

Taula 6.9 Intensitat màxima i mínima de la precipitació de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

	5 minuts	10 minuts	30 minuts	60 minuts	24 hores
Màxim	165,4	155,6	88,6	49,4	139,4
Observatori	Sarrià de Ter-Aigües	Girona-Montjuïc (A)	Sarrià de Ter (A)	Cassà de la Selva-SMC	Girona-Sant Daniel
Mínim	124,8	117,7	45,1	35,4	70,0
Observatori	Girona-Palau (A)	Girona-Bonastruc	Fornells de la Selva (XVPCA)	Fornells de la Selva (XVPCA)	Aeroport de Girona

Les tempestes a l'àrea urbana de Girona són més freqüents a l'estiu i als inicis de la tardor, amb un mínim acusat a l'estiu en totes les zones estudiades. La temperatura és el factor que explica la distribució mensual de les tempestes, que són més habituals en els mesos més càlids i menys freqüents a l'hivern. No obstant, s'ha de remarcar que s'observen clares variacions en què tenim el màxim de freqüència del màxim de la precipitació convectiva de tota la zona urbana. Mentre a la zones indiferent i de sotavent l'agost és el mes amb la major freqüència de tempestes amb la precipitació màxima de la zona urbana de Girona, amb el 17,8 % i el 18,8 % respectivament, a l'àrea de sobrevent el setembre presenta el percentatge més elevat, 19,8 %. Els mesos d'hivern són els que tenen les freqüències més baixes, ja que en aquesta època de l'any les tempestes són rares a Girona (al febrer no hi ha cap tempesta amb el màxim a sobrevent).

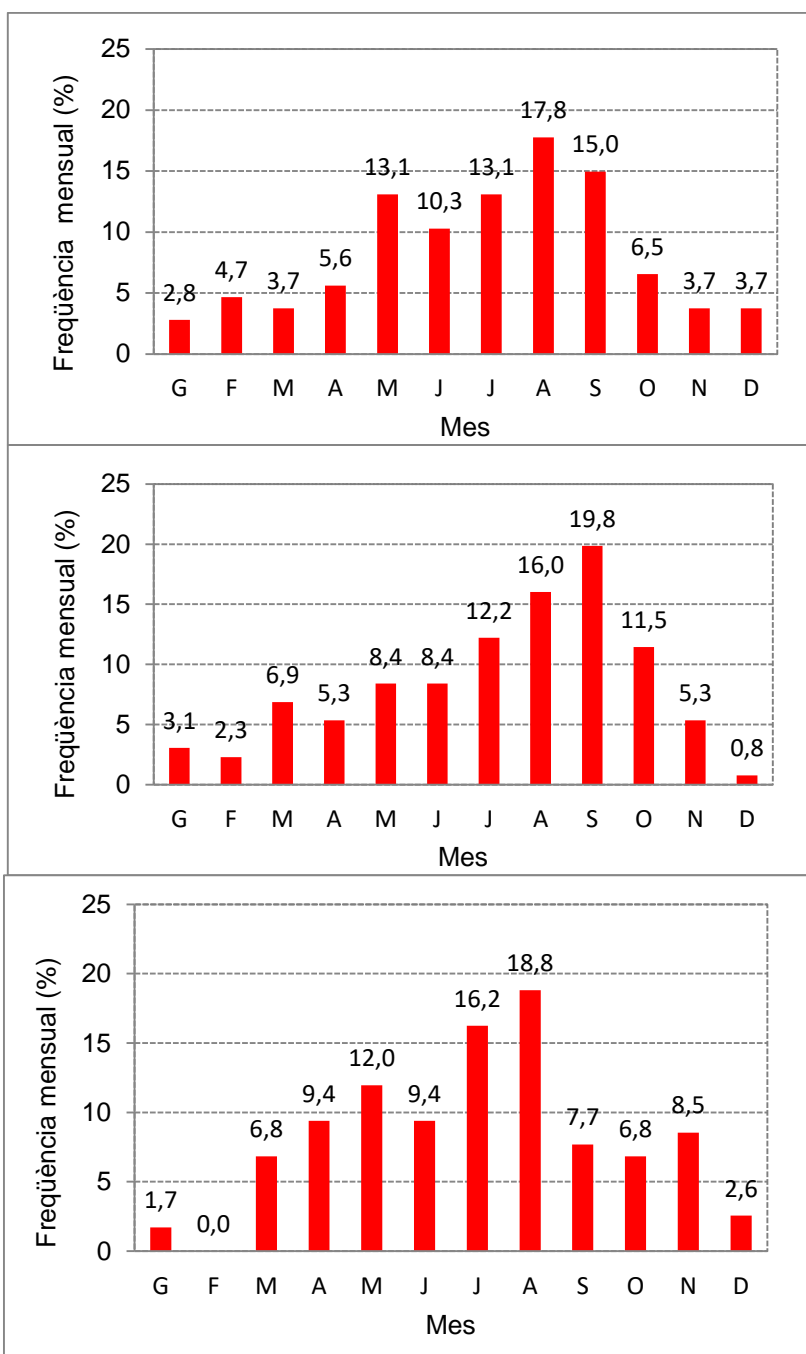


Figura 6.61 Frequència mensual de la precipitació màxima en dies de tempesta respecte el còmput anual i tota l'àrea d'estudi en diferents zones de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014. De dalt a baix gràfiques de la zona indiferent, de sobrevent i sotavent.

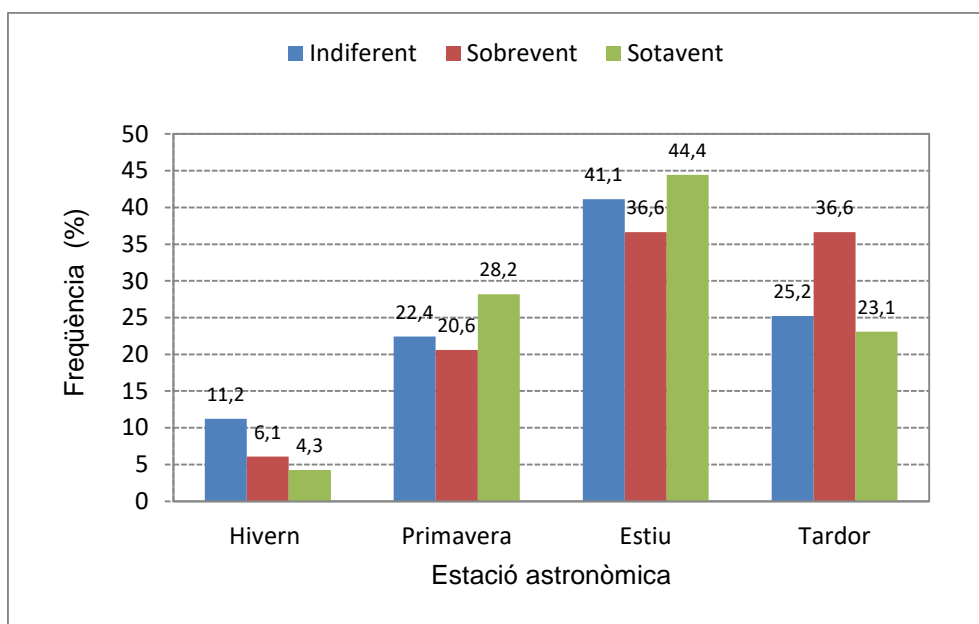


Figura 6.62 Freqüència estacional de la precipitació màxima en dies de tempesta respecte el còmput anual i tota l'àrea d'estudi en diferents zones de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

L'efecte urbà és un xic palès a l'estiu ja que el màxim de freqüència de la màxima precipitació convectiva es dona al nord de la ciutat, a la zona de sotavent, 44,4 %, no obstant les diferències són minses amb les altres zones, 41,1 % a la zona indiferent i 36,6 % a l'àrea de sobrevent. En canvi a la tardor l'efecte termorregulador del mar Mediterrani i la major proximitat de l'àrea de sobrevent al mar afavoreix que les tempestes siguin molt més freqüents a l'àrea de sobrevent (36,6 %), respecte les altres zones, 25,2 % a l'àrea indiferent i 23,1 % a la zona de sotavent. A la primavera la zona de sotavent és l'àrea amb un percentatge relatiu més elevat de precipitació màxima, 28,2 %, mentre que a l'àrea de sobrevent tenim el mínim 20,6 %. A l'hivern les zones amb una latitud similar a la del centre de Girona (àrea indiferent) presenten la major freqüència de tempestes més intenses, 11,2 %, mentre que a l'àrea de sotavent tenim el mínim, 4,3 %, amb un valor lleugerament més elevat a sobrevent, 6,1 %.

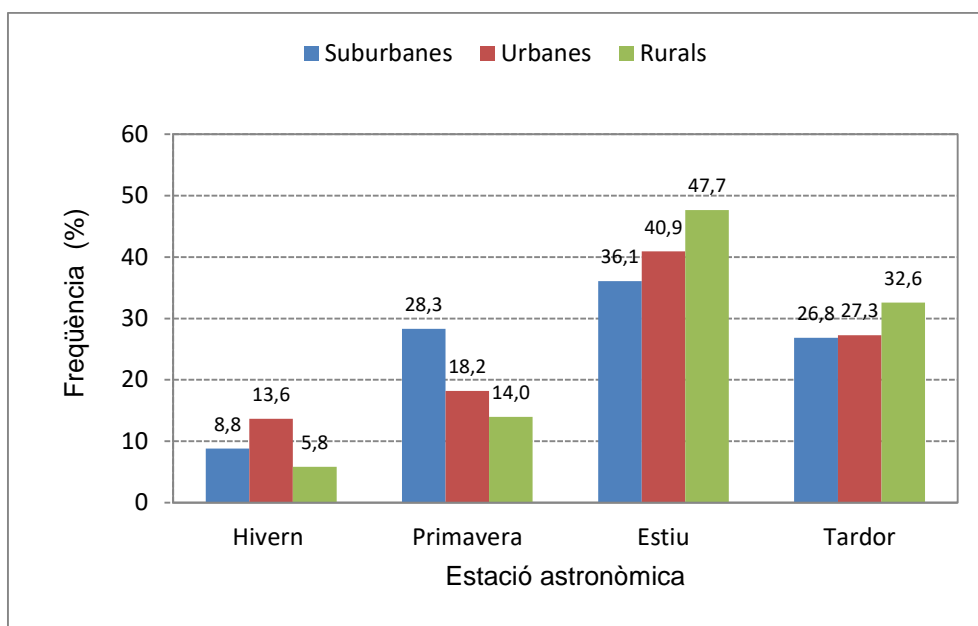


Figura 6.63 Freqüència estacional de la precipitació màxima segons els usos del sòl predominant dels diferents observatoris meteorològiques de tempesta respecte el nombre total anual de tempestes de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

L'efecte de la contaminació atmosfèrica reactiva la precipitació de les tempestes dels centres de la ciutat de Girona i Salt durant l'hivern, aquesta és l'única estació astronòmica que presenta el màxim de freqüència de precipitacions convectives màximes a la zona urbana. En canvi a l'estiu quan teòricament l'efecte urbà és major, el màxim es dona a les zones rurals (47,7 %) i el mínim a les zones suburbanes, 36,1 %. Les causes que expliquen la freqüència menor dels màxims en zones urbanes i suburbanes en comparació amb àrees rurals és la menor contaminació en aquesta època en comparació amb la resta de l'any, la menor disponibilitat hídrica al sòl de les zones urbanitzades, juntament amb una aportació de calor latent més elevada en àrees rurals. Així l'evapotranspiració és més elevada en els boscos i els camps que envolten Girona que al centres de Girona i Salt i els altres pobles o en la perifèria de la ciutat de Girona, com a conseqüència d'una fracció de sòl verd menor.

Les tempestes d'estiu a Girona es caracteritzen per l'escassa durada de la precipitació intensa (60 mm/hora), tenim pocs minuts amb precipitació igual o superior a 1 mm. Això és perquè són tempestes multicel·lulars mòbils, que es desplacen amb celeritat, empeses per vents a 700 hPa que són força intensos, és molt difícil que tinguem tempestes estancades a la ciutat de Girona. Quan la precipitació acumulada de les tempestes és gran (igual o superior a 50 mm/dia) pot ser deguda al pas de varies tempestes multicel·lulars (11 de juliol de 2013) o per una tempesta multicel·lular embeguda en una precipitació estratiforme de llarga durada (26 de juliol de 2011, 22 d'agost de 2014). La gran irregularitat de la precipitació de les tempestes de l'àrea urbana de Girona està causada per l'escassa extensió de les cèl·lules convectives amb elevada intensitat i per la rapidesa amb que es mouen les tempestes. Això complica l'anàlisi de la influència urbana en la intensitat de les tempestes.

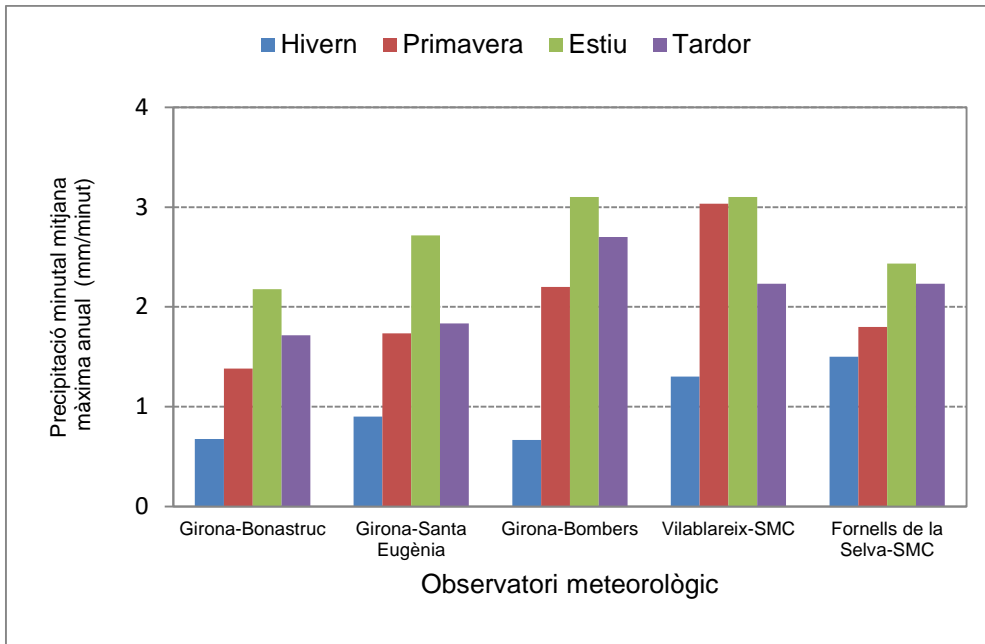


Figura 6.64 Precipitació minutal mitjana de les intensitats màximes anuals (mm/minut) de les estacions astronòmiques de varis observatoris meteorològics de l'àrea urbana. Varis períodes d'observació. Període 1998-2014.

La precipitació mitjana màxima minutal estacional (valors mitjans anuals) es dona a l'estiu en tots els observatoris meteorològics. Les estacions meteorològiques de Girona-Parc de Bombers i Vilablareix-SMC són els observatoris amb la màxima intensitat de precipitació en aquesta estació astronòmica, 3,1 mm/minut, mentre que Girona-Bonastruc és l'estació amb menor intensitat, 2,1 mm/minuts. Durant l'hivern es dona la menor intensitat pluviomètrica, ja que la convecció no està afavorida per les baixes temperatures. Així els valors mitjans són els més baixos de tot l'any, amb el valor màxim a Fornells de la Selva-SMC, i els valors mínims a Girona-Bonastruc i Girona-Parc de Bombers amb 0,7 mm/minut. La tardor és la 2^a estació astronòmica amb major intensitat mitjana minutal de l'àrea urbana de Girona amb l'excepció de Vilablareix que té 3 mm/minut a la primavera, és la 2^a estació amb major intensitat de precipitació minutal en aquest observatori de la zona de sobrevent de Girona.

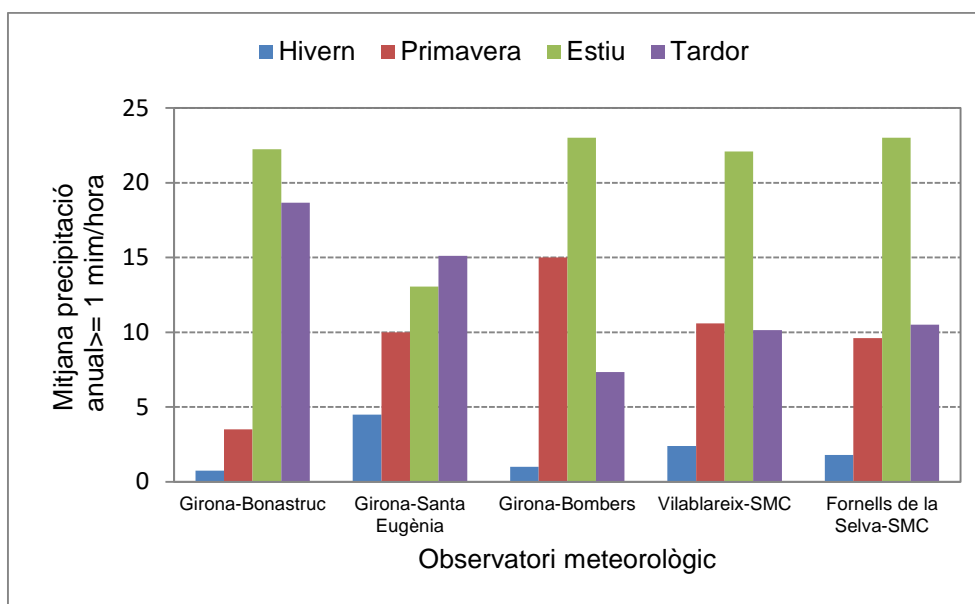


Figura 6.65 Mitjana anual de minuts de precipitació intensa ≥ 1 mm de varis observatoris meteorològics en les diferents estacions meteorològiques. Diferents períodes d'observació.

El Servei Meteorològic de Catalunya ens ha proporcionat dades amb una resolució temporal minutal de precipitació dels seus observatoris meteorològics, també tenim dades de precipitació minutal de l'observatori de Girona-Bonastruc, que consta com a Girona-Devesa a Meteoclimatic i va funcionar des de l'any 2006 fins al febrer de 2020. Hem analitzat la precipitació convectiva a una escala minutal per veure els efectes urbans de les tempestes a una resolució temporal molt fina. S'ha de remarcar que els resultats s'han d'agafar amb precaució per diferents motius, per l'escassa durada de les sèries, pel diferent tipus de pluviòmetres i també perquè les sèries no coincideixen. En un clima mediterrani com el del pla de Girona això implica que les diferències en la quantitat de precipitació i sobretot en la freqüència mensual de les precipitacions intenses variï força, per això hem comparat els resultats estacionals, per suavitzar les diferències. En tot cas a grans trets, mentre que la precipitació 5 minutal i 10 minutal més forta es dona a sotavent respecte sobrevent, i a resolució 30 minutal i 60 minutal és més forta a sobrevent que a sotavent, en canvi a resolució minutal la precipitació minutal és més forta a la zona de sobrevent respecte l'àrea indiferent. L'observatori de Vilablareix presenta unes grans diferències amb la resta d'observatoris, per tant és en aquest sector del sud-oest de Girona, poc afectat per la ciutat (vent en superfície, vent a 700 hPa i moviment de les tempestes) on la precipitació, per tant podem dir que la ciutat de Girona no produeix un increment substancial de les tempestes. A més a més hem descobert que les precipitacions intenses tenen una durada curta, sovint inferior a mitja hora, i especialment a l'estiu, quan a vegades les tempestes només tenen una durada inferior a 15 minuts, amb un pic molt fort de intensitat que dura 2 o 3 minuts, i a la resta de la tempesta la intensitat és clarament inferior.

L'estiu és l'estació astronòmica en què tenim més minuts amb precipitació intensa en 4 dels 5 observatoris analitzats, l'excepció és a Girona-Santa Eugènia on la tardor té una mitjana anual lleugerament superior a l'estiu, 15,1 minuts vs 13,1 minuts. Tot i que l'estiu és l'estació astronòmica amb menys precipitació en la majoria d'observatoris de l'àrea urbana de Girona i també amb menys dies de precipitació, com la gènesi de precipitació és fonamentalment convectiva és l'època de l'any amb més minuts de precipitació intensa. Així gairebé tots els observatoris analitzats tenen una mitjana

igual o superior a 1 mm/minut, amb l'excepció de Girona-Santa Eugènia, 13,1 mm/minut. És difícil d'explicar les causes d'aquesta anormalment baixa freqüència de minuts de pluja intensa estiuenca d'aquest observatori, de fet és una paradoxa, ja que és un dels observatoris amb una major contribució de la precipitació mitjana de l'estiu a la precipitació total anual. L'hivern és l'estació amb la mitjana menor en totes les estacions meteorològiques, però curiosament a Girona-Santa Eugènia on té la mitjana més elevat, 4,5 minuts/any, mentre a Girona-Bonastruc només hi ha 0,8 minuts/any. La tardor també té una elevada freqüència de minuts de precipitació convectiva amb l'excepció de Girona-Bombers, que pot ser produïda pel diferent període d'observació respecte els altres observatoris.

Taula 6.10 Mitjana minutal mensual amb precipitació intensa > 1 mm/minut. Varis observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

Mes	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Girona-Bonastruc	0,0	0,0	0,3	1,3	2,0	0,5	9,3	12,5	5,8	10,7	2,3	0,8	45,2
Girona-Santa Eugènia	0,0	0,0	3,5	1,8	4,8	3,5	5,3	4,3	2,9	9,3	3,0	4,5	42,7
Girona-Bombers	1,0	0,0	3,0	6,7	5,3	5,8	6,8	10,5	4,0	1,7	1,7	0,0	46,3
Vilablareix-SMC	2,4	0,0	2,4	0,4	7,8	3,2	12,0	6,9	1,8	5,0	3,4	0,0	45,2
Fornells de la Selva-SMC	1,0	0,6	2,2	0,0	7,4	1,0	18,0	4,0	3,3	6,3	1,0	0,2	44,9
Màxima	2,4	0,6	3,5	6,7	7,8	5,8	18,0	12,5	5,8	10,7	3,4	4,5	18,0
Mitjana	0,9	0,1	2,3	2,0	5,5	2,8	10,3	7,6	3,5	6,6	2,3	1,1	10,3
Mínima	0,0	0,0	0,3	0,0	2,0	0,5	5,3	4,0	1,8	1,7	1,0	0,0	5,3
Zona indiferent	0,0	0,0	1,9	1,5	3,4	2,0	7,3	8,4	4,3	10,0	2,6	2,6	43,9
Zona de sobrevent	1,5	0,2	2,5	2,4	6,8	3,3	12,3	7,1	3,0	4,3	2,0	0,1	45,5

Taula 6.11 Precipitació màxima minutal mensual. Varis observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

Mes	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Girona-Bonastruc	0,5	0,8	1,0	1,6	1,5	1,2	2,5	2,8	1,6	3,3	0,3	0,8	3,3
Girona-Santa Eugènia	0,5	0,5	2,4	1,2	1,6	1,8	3,8	2,6	1,0	2,7	1,8	1,7	3,8
Girona-Bombers	0,6	0,8	1,6	1	4	3,5	3,4	2,4	2,8	4	1,3	0,6	4
Vilablareix-SMC	2,2	1,3	4,0	1,0	4,1	2,2	5,3	1,8	1,6	3,2	1,9	0,4	5,3
Fornells de la Selva-SMC	2,2	1,1	2,4	0,7	2,3	1,1	4,0	2,2	2,0	3,4	1,3	1,2	4,0
Màx	2,2	1,3	4,0	1,6	4,1	3,5	5,3	2,8	2,8	4,0	1,9	1,7	5,3
Mitjana	1,2	0,9	2,3	1,1	2,7	2,0	3,8	2,4	1,8	3,3	1,3	0,9	4,1
Mínima	0,5	0,5	1,0	0,7	1,5	1,1	2,5	1,8	1,0	2,7	0,3	0,4	3,3
Indiferent	0,5	0,6	1,7	1,4	1,6	1,5	3,1	2,7	1,3	3,0	1,0	1,2	3,5
Sobrevent	1,7	1,1	2,7	0,9	3,5	2,3	4,2	2,1	2,1	3,5	1,5	0,7	4,4

La intensitat de la precipitació mitjana màxima estacional expressada en mm/minut i per zones d'observació és lleugerament inferior en totes les estacions astronòmiques en l'àrea indiferent respecte l'àrea de sobrevent. En els observatoris meteorològics del centre urbà de Girona i en una mateixa latitud però situats en una zona rural com Girona-Hortes de Santa Eugènia, que pertanyen a l'àrea indiferent, les precipitacions mitjanes màximes minutals són inferiors probablement per la supressió de la precipitació produïda per la contaminació atmosfèrica generada pels vehicles. S'ha de remarcar que la màxima diferència de la intensitat estacionals entre les dues zones es

dóna a la primavera (0,7 mm/minut) i la mínima a l'hivern (0,4 mm/minut). A l'estiu que és quan les tempestes donen les precipitacions més intenses la diferència és moderada en la intensitat, 0,5 mm/minut.

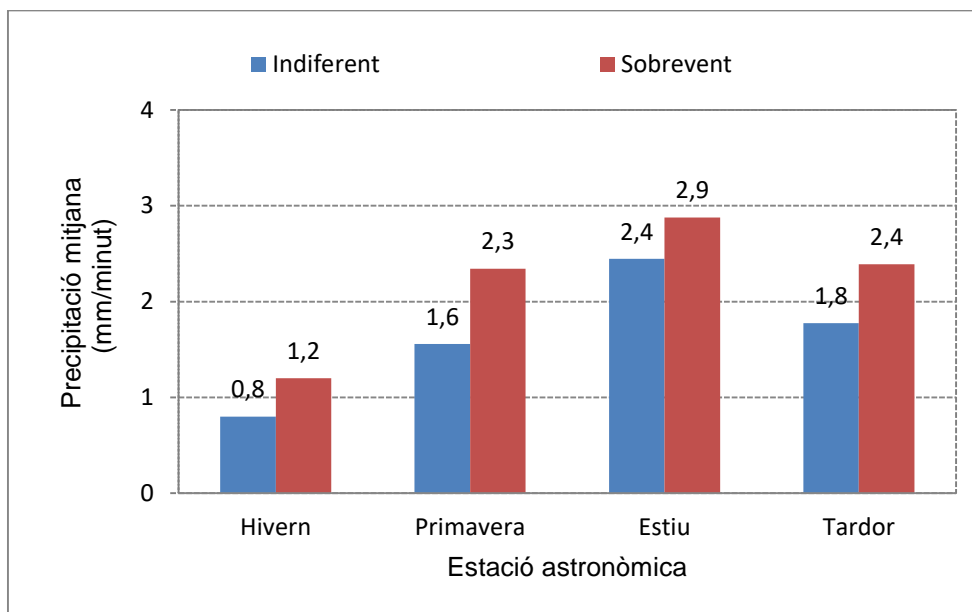


Figura 6.66 Intensitat de la precipitació mitjana màxima anual (mm/minut) per zones. Zona indiferent i zona de sobrevent. Diferents períodes d'observació.

S'observen clares diferències en el nombre de minuts amb una intensitat de precipitació igual o superior a 1 mm/minut en la zona indiferent i de sobrevent. La mitjana anual de minuts a la zona de sobrevent oscil·la entre 1,7 minuts a l'hivern i 22,7 minuts a l'estiu. Això és lògic ja que és a l'estiu quan les tempestes són més freqüents i tenen una intensitat superior a la resta de l'any. D'altra banda, no sempre és l'àrea de sobrevent la que enregistra un major nombre de minuts amb intensitat igual o superior a 1 mm/minut, això només és cert pel que fa a la primavera i a l'estiu, mentre que la zona indiferent té a l'hivern i a la tardor un nombre de minuts més elevat respecte l'àrea de sobrevent. Es pot afirmar que en totes les estacions astronòmiques la intensitat mitjana màxima és més elevada al sud de la ciutat de Girona respecte el centre urbà i zones adjacents amb una latitud similar (àrea indiferent) però que la durada de períodes minutals amb intensitat igual o superior a 1 mm/minut no segueix el mateix patró. No obstant, en el còmput anual hi ha una minsa diferència entre la zona de sobrevent i la zona indiferent. L'àrea de sobrevent té 45,4 minuts i a la indiferent 44 minuts.

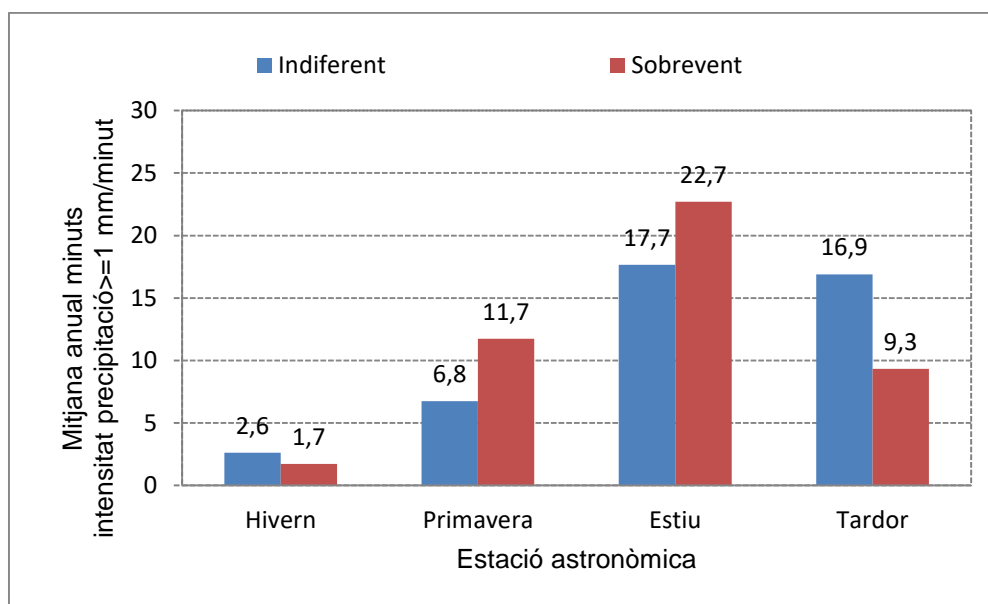


Figura 6.67 Mitjana anual de minuts amb intensitat de precipitació de precipitació ≥ 1 mm/minut. per zones i diferents estacions astronòmiques. Zona indiferent i zona de sobrevent. Diferents períodes d'observació.

Les diferències en la mitjana anual de minuts amb precipitació intensa entre els 5 observatoris de l'àrea urbana amb dades minutals és molt inferior en comparació amb les variacions observades entre els diferents observatoris meteorològics pel que fa a la precipitació màxima minutal anual. Així l'observatori amb menys minuts de precipitació intensa és Girona-Santa Eugènia amb 42,7 minuts, mentre Girona-Bombers és l'estació amb més minuts, 46,3 minuts. En canvi l'estació amb menys intensitat de precipitació és Girona-Bonastruc on la intensitat de la precipitació màxima minutal és de 3,3 mm/minut, mentre a Vilablareix és de 5,3 mm/minut. Per tant la intensitat de la precipitació màxima en un minut de l'observatori del centre de Girona (Bonastruc) representa el 62,3 % de l'estació rural ubicada al sud-oest de Girona (Vilablareix-SMC). L'observatori rural de Vilablareix, situada al SW de l'àrea urbana, té una intensitat de la precipitació màxima minutal clarament superior respecte a Girona-Bonastruc, observatori situat al nord de l'Eixample de Girona. Hi ha diferents causes que expliquen aquestes diferències entre aquests dos paràmetres. Així les tempestes recorren un temps similar a tota l'àrea urbana de Girona, però en canvi la intensitat de la precipitació és més elevada a sobrevent que al centre de Girona. A mesura que ens allunyem del centre de Girona la precipitació màxima augmenta, encara que no és una funció lineal exacta, ja que l'estació meteorològica de Fornells de la Selva-SMC, que és un dels observatoris rurals més allunyats del centre de Girona no té el màxim de intensitat, amb 4,0 mm/minut. Una altra causa pot ser la subestimació de la precipitació de les estacions automàtiques Davis en comparació amb les estacions automàtiques professionals de l'SMC. L'altura del pluviòmetre damunt del sòl, més elevat en el cas dels observatoris urbans, com és el cas de l'estació de Girona-Bonastruc pot ser una altra causa de la menor intensitat de precipitació al centre de Girona. En tot cas es pot afirmar que les precipitacions minutals més intenses de l'àrea indiferent i de sobrevent es donen a Vilablareix, amb 5,3 mm/minut, ja que els altres 3 observatoris tenen precipitacions màximes minutals al voltant de 4 mm/minut, amb un valor lleugerament inferior a Girona-Santa Eugènia, 3,8 mm/minut. Les causes que expliquen que el màxim es doni a Vilablareix probablement és pel desplaçament de la

part més activa de les tempestes damunt d'aquest sector, ja que la direcció del vent en superfície durant les tempestes no n'és la causa, així aquest és del sud, i per tant Vilablareix es troba a sobrevent. El moviment de les tempestes predominant de les tempestes segons el vent observat a 700 hPa segons la reanàlisi de NOAA, que oscil·la entre el SW a l'hivern i l'W a l'estiu, i les observacions del moviments de les cèl·lules que són bàsicament de SW-NE, W-E, NW-SE, ens fan deduir que l'efecte urbà no és la causa d'aquest màxim relatiu. D'acord amb el desplaçament de les tempestes estiuenques, l'observatori de Vilablareix-SMC es troba a sobrevent en uns casos i en d'altres en una àrea indiferent.

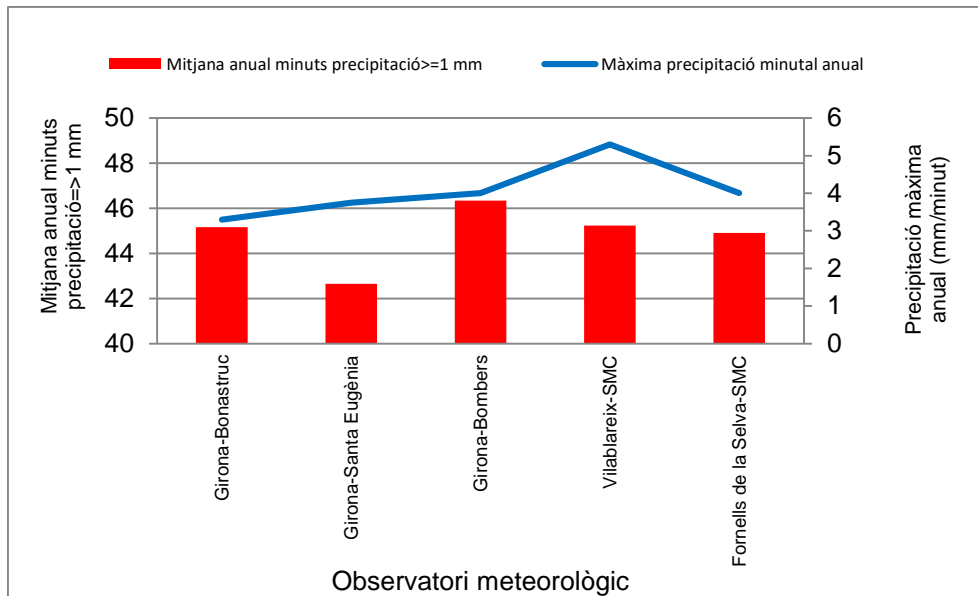


Figura 6.68 Mitjana anual de minuts de precipitació intensa ≥ 1 mm de varis observatoris meteorològics en les diferents estacions meteorològiques versus la màxima precipitació minutal anual. Diferents períodes d'observació.

Taula 6.12 Mitjana anual de minuts de precipitació intensa ≥ 1 mm de varis observatoris meteorològics en les diferents estacions meteorològiques i màxima precipitació minutal anual. Diferents períodes d'observació.

	Girona-Bonastruc	Girona-Santa Eugènia	Girona-Bombers	Vilablareix-SMC	Fornells de la Selva-SMC
Mitjana anual minuts precipitació ≥ 1 mm	45,2	42,7	46,3	45,2	44,9
Màxima precipitació minutal anual	3,3	3,8	4,0	5,3	4

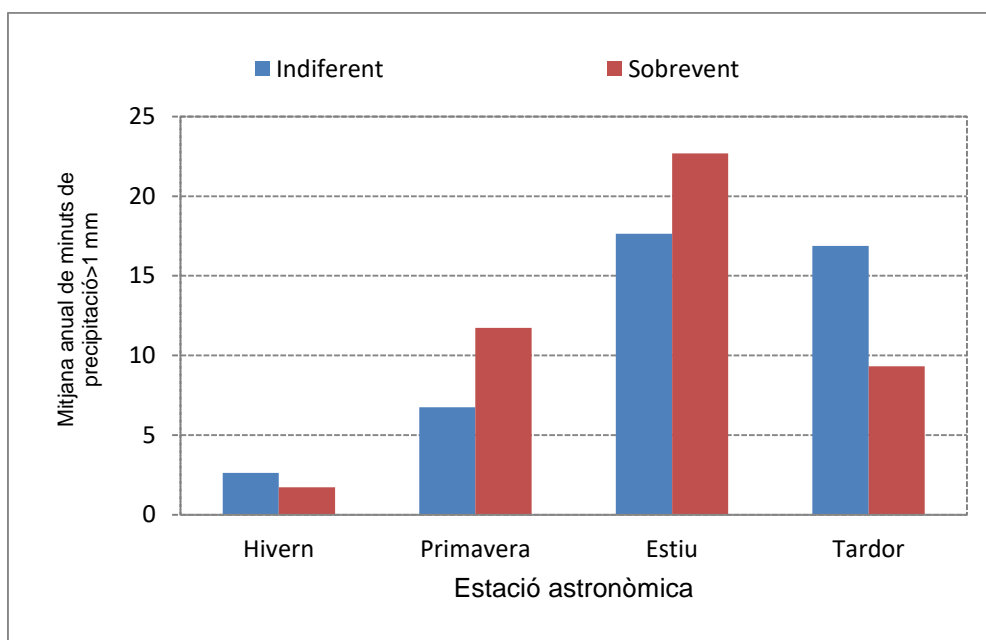


Figura 6.69 Mitjana anual de minuts de precipitació intensa ≥ 1 mm de varis observatoris meteorològics en les diferents estacions meteorològiques a la zona indiferent i de sobrevent. Diferents períodes d'observació.

La zona de sobrevent és l'àrea urbana de Girona amb més minuts de precipitació intensa (precipitació minutal ≥ 1 mm), 45,5 minuts vs 43,9 minuts a l'àrea indiferent, però les diferències entre ambdós zones no són estadísticament significatives, són de molt poca entitat. S'ha de remarcar que només s'inclouen les zones indiferent i de sobrevent, no disposem de dades minutals de precipitació de l'àrea de sotavent.

El màxim de freqüència de minuts de pluja intensa a l'àrea urbana de Girona es dona a l'estiu, 22,7 minuts a la zona de sobrevent, per 17,7 minuts a l'àrea indiferent. Això s'explica per les elevades temperatures que afavoreixen una major quantitat de vapor a l'atmosfera i perquè la màxima freqüència de tempestes es dona en aquesta estació. En segon lloc tenim la tardor a l'àrea indiferent, amb 16,9 minuts, mentre que a la zona de sobrevent el màxim secundari es dona a la primavera, 11,7 minuts. S'observen importants diferències en el nombre de minuts de pluja intensa de les estacions equinoccials d'ambdues zones, que es poden explicar pels diferents períodes d'observació, i també perquè Girona-Bonastruc és un observatori urbà on es superen lleugerament les intensitats superiors a 60 mm/hora, i aquestes es donen fonamentalment a l'estiu i a la tardor, no pas a la primavera. L'hivern és l'estació amb menys minuts de precipitació intensa, això es deu a les baixes temperatures, cosa que inhibeix la convecció, és l'estació astronòmica amb menys tempesta, i també per la menor quantitat de vapor d'aigua disponible a l'atmosfera, la proporció d'aigua és funció de la temperatura.

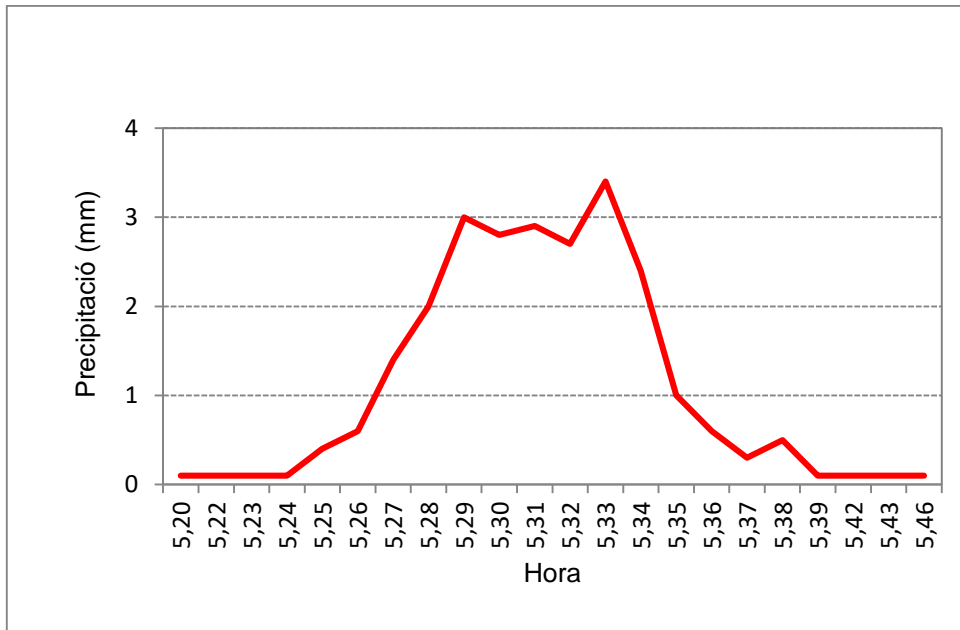


Figura 6.70 Precipitació de diferents intervals temporals (1 a 3 minuts) a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC. 21 d'octubre de 2012.

Taula 6.13 Precipitació, intensitat màxima i durada de la precipitació de la tempesta a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC. 21 d'octubre de 2012.

Quantitat de precipitació: 24,9 mm
Intensitat màxima de precipitació minuts: 3,4 mm/hora (5,33 hores)
Durada: 27 minuts (5,20-5,47 hores)

Les precipitacions estiuenques tenen un horari diferent a les tardorenques, són més típiques de les hores amb temperatures més elevades (12-18 hores), mentre que a la tardor són més habituals a la nit, ja que sovint s'originen al mar ja que la inestabilitat atmosfèrica a la tardor damunt del mar és major durant en hores nocturnes. Les gràfiques de regressió entre la precipitació total de la tempesta (tenim en compte la precipitació total de les tempestes fins a una durada màxima de 120 minuts) mostren una correlació estadísticament significativa a les zones indiferent i de sotavent, mentre en canvi a l'àrea de sotavent no hi ha una relació gaire evident entre durada dels fenòmens convectius i la precipitació acumulada. No obstant en totes les zones hi ha lògicament un increment de la precipitació amb la persistència de les tempestes, però aquest és molt menor a la zona de sotavent. L'explicació d'aquesta anomalia de sotavent probablement es deu al fet que a la zona de sotavent les cèl·lules convectives actives (amb abundant precipitació) discorren menys sovint en les parts mitjanes i finals de les tempestes de llarga durada, mentre que si ho fan a les zones indiferent i de sobrevent.

Quan s'analiza una associació entre la intensitat màxima de la precipitació 5 minuts i la durada dels fenòmens convectius s'observa que a sotavent les tempestes amb més durada temporal presenten una intensitat més elevada (precipitació màxima en 5 minuts més alta), tot i no ser estadísticament significativa ($R^2=0,0009$). Els fenòmens convectius a sobrevent presenten una tendència contrària a sotavent, les tempestes més persistents tenen una intensitat màxima de la precipitació inferior als fenòmens convectius amb menys durada. No obstant no hi ha una correlació significativa entre la

persistència de la precipitació i la durada de la precipitació en les tempestes observades a sobrevent, al sud de la ciutat de Girona ($R^2=0,0598$). No obstant on tenim una correlació estadísticament significativa és a la zona indiferent, on hi ha una disminució important de la precipitació màxima 5 minutal en les tempestes de més durada ($R^2=0,1161$). A més a més hem de tenir en compte el valor absolut de la precipitació màxima que és més elevat a sobrevent en les tempestes de menys durada (10 minuts), al voltant de 9,5 mm, mentre a sotavent tenim 8 mm en tempestes de 20 minuts de durada. En canvi les tempestes persistents (120 minuts) tenen intensitats de precipitació elevades a sotavent (8,2 mm és la precipitació màxima 5 minuta), amb una intensitat més baixa a sobrevent (7 mm) i el valor mínim de la intensitat es dona a la zona indiferent, amb 5,8 mm. Podem concloure que hi ha una clara correlació entre intensitat màxima de la precipitació de la tempesta i la seva durada a les zona indiferent (zona urbana i observatoris a idèntica latitud com Girona-Santa Eugènia) i en les altres zones la correlació és menor, però de sentit contrari, davallada de la intensitat amb l'increment del temps a sotavent i a l'inrevés a sobrevent. La part més activa de les tempestes amb més durada acostuma a passar damunt de la zona de sotavent, mentre que els fenòmens convectius de menys durada discorren especialment a sobrevent.

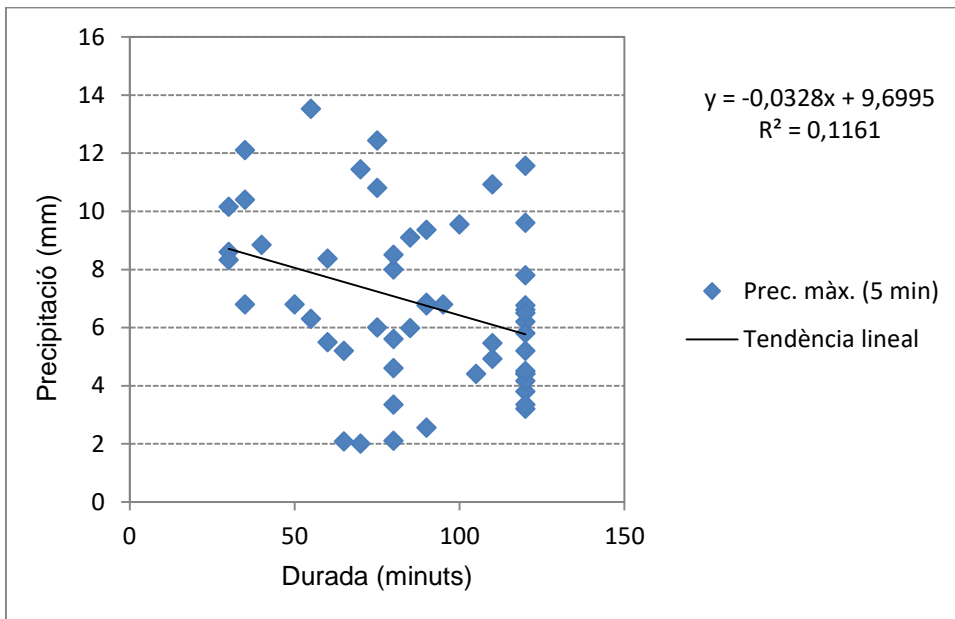


Figura 6.71 Precipitació màxima 5 minutal de les tempestes versus durada. Zona indiferent.

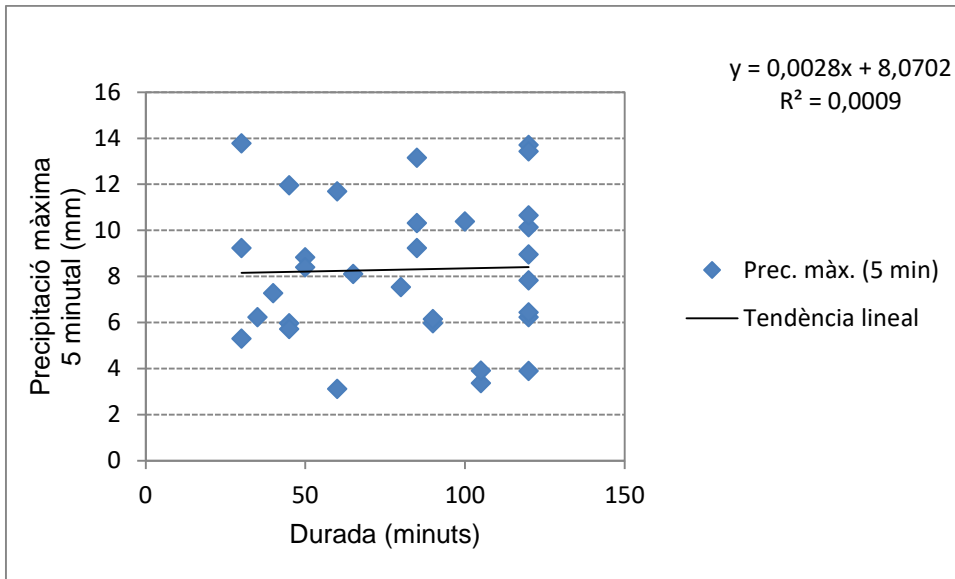


Figura 6.72 Precipitació màxima 5 minutal de les tempestes versus durada. Zona de sotavent.

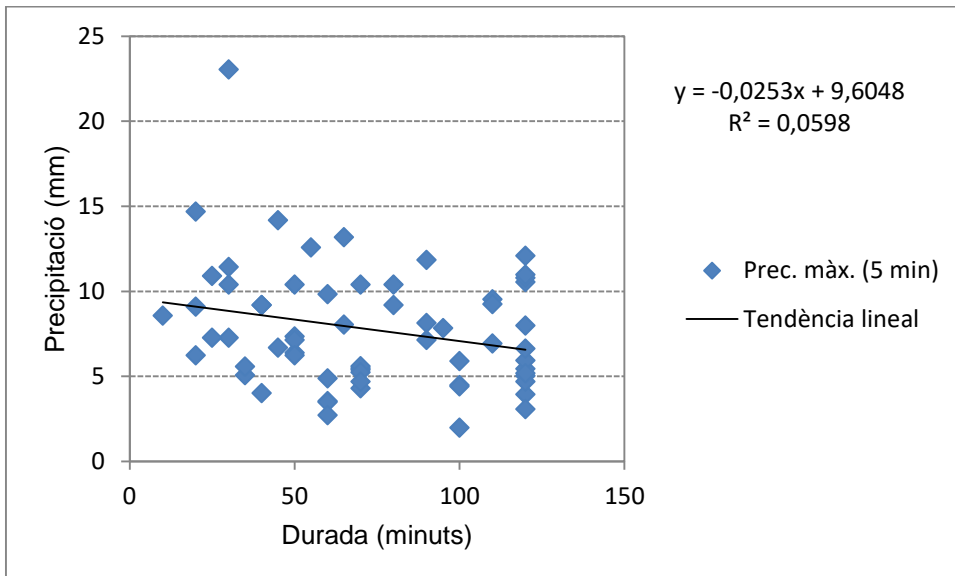


Figura 6.73 Precipitació màxima 5 minutal de les tempestes versus durada. Zona de sotavent.

Les corbes de la precipitació acumulada mitjana de les zones de sobrevent i sotavent són idèntiques, així tenim un ràpid augment de la precipitació acumulada que normalment ja supera els 20 mm en els 25 minuts amb major pluviometria, mentre que a partir d'aquest moment l'increment es fa més gradual i més lent fins un estancament a partir dels 75 minuts de les tempestes. L'acumulació final de la pluja de les tempestes de sotavent és lleugerament superior (30,2 mm) respecte a les tempestes de sobrevent (29,7 mm). Es pot dir per tant que la major part de les tempestes de l'àrea urbana de Girona presenten una precipitació intensa en intervals curts de temps (inferiors a mitja hora), mentre que després d'aquest màxim d'activitat la pluja es transforma en estratiforme, la intensitat de la pluja davalla clarament i a partir dels 75 minuts tenim força pauses de la precipitació intercalades amb ruixats de molt escassa intensitat. La zona indiferent és l'àrea on la pluja intensa és menys freqüent i més dèbil

que a la resta d'àrea urbana, així l'acumulació de pluja als primers 30 minuts és de 18 mm, i l'acumulació global és força inferior a les altres dues zones, 22 mm.

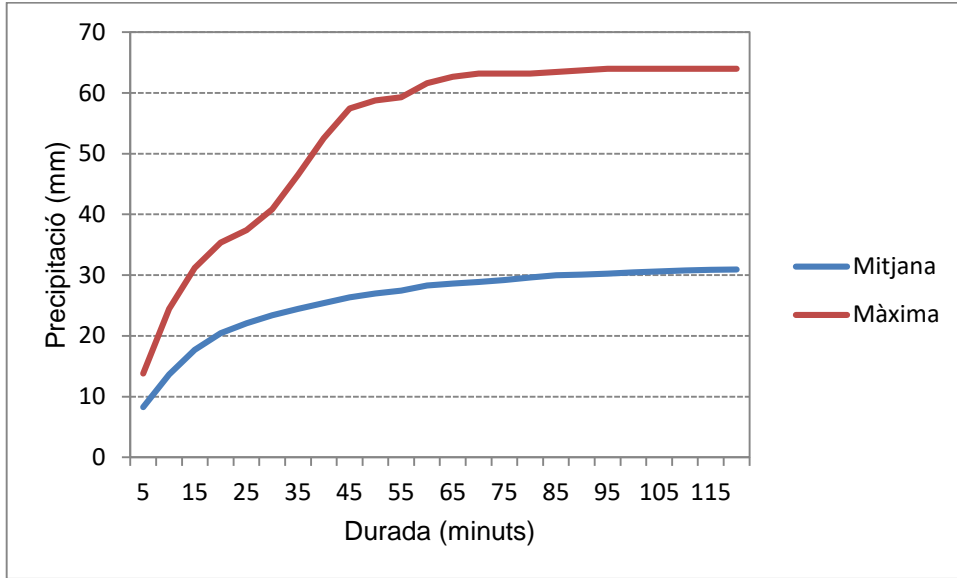


Figura 6.74 Precipitació mitjana i màxima acumulada a la zona de sotavent en varies tempestes analitzades.

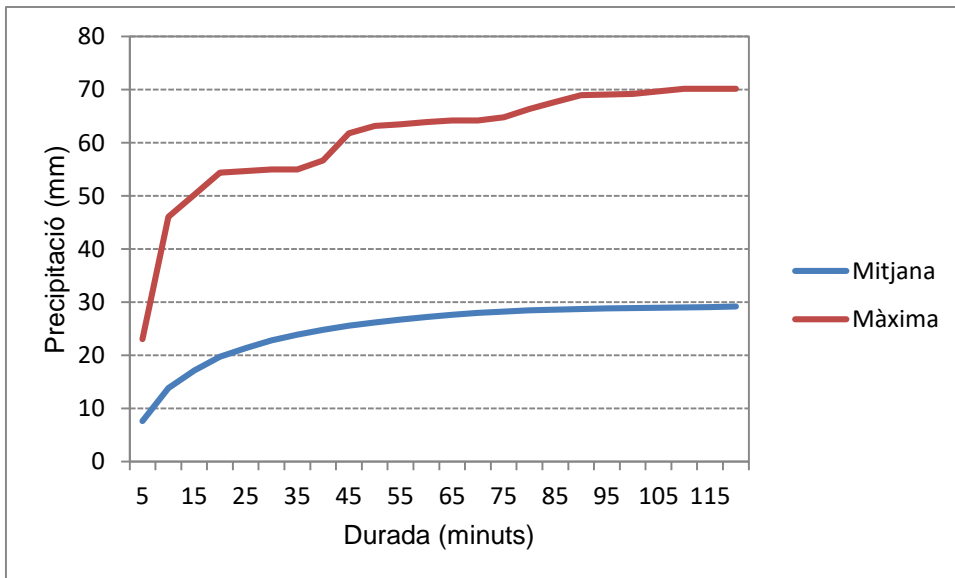


Figura 6.75 Precipitació mitjana i màxima acumulada a la zona de sobrevent en varies tempestes analitzades.

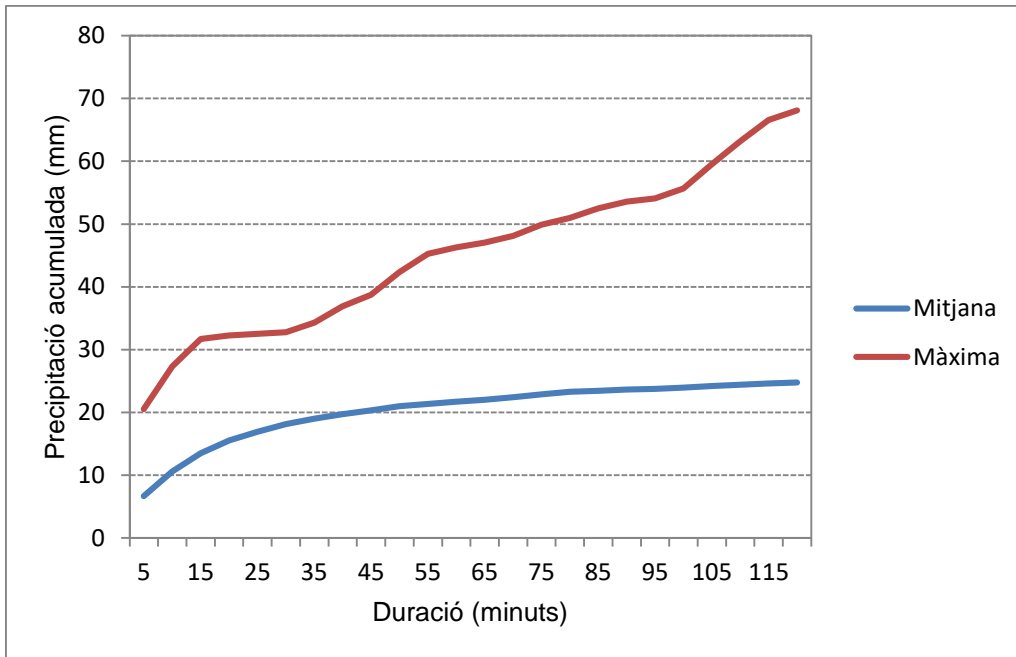


Figura 6.76 Precipitació mitjana i màxima acumulada a la zona indiferent en varies tempestes analitzades.

D'altra banda la precipitació acumulada màxima és molt superior en intervals curts de temps a l'àrea de sobrevent respecte a les altres dues zones. Així tenim un màxim de 46,1 mm en 10 minuts a sobrevent (tempesta del 7 de juliol de 2002 a Vilablareix), mentre en canvi a sotavent només s'arriba a 27 mm. A partir dels 65 minuts no s'observa un increment de la precipitació acumulada a sotavent sinó un estancament, mentre hi ha un dèbil ascens a sobrevent. El comportament de la precipitació acumulada de la zona indiferent és diferent a les altres dues zones. Així hi ha un increment progressiu de la precipitació excepte en el tram inicial de les tempestes (5-15 minuts) en què s'observa un augment important de la precipitació tot i que és inferior a les altres dues zones. S'ha de remarcar que la precipitació acumulada màxima en 120 minuts és inferior a sotavent (62 mm) i més alta a sobrevent (64,4 mm) i a l'àrea indiferent (61,7 mm).

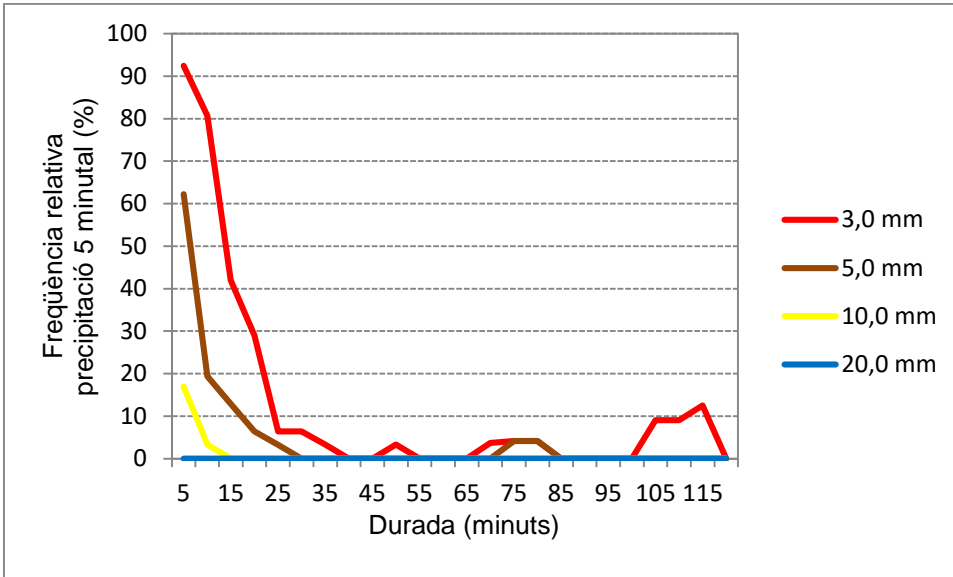


Figura 6.77 Freqüència relativa de la precipitació 5 minutal igual o superior a un determinat llindar en la zona indiferent vâries tempestes analitzades. Zona indiferent. Període 2003-2014.

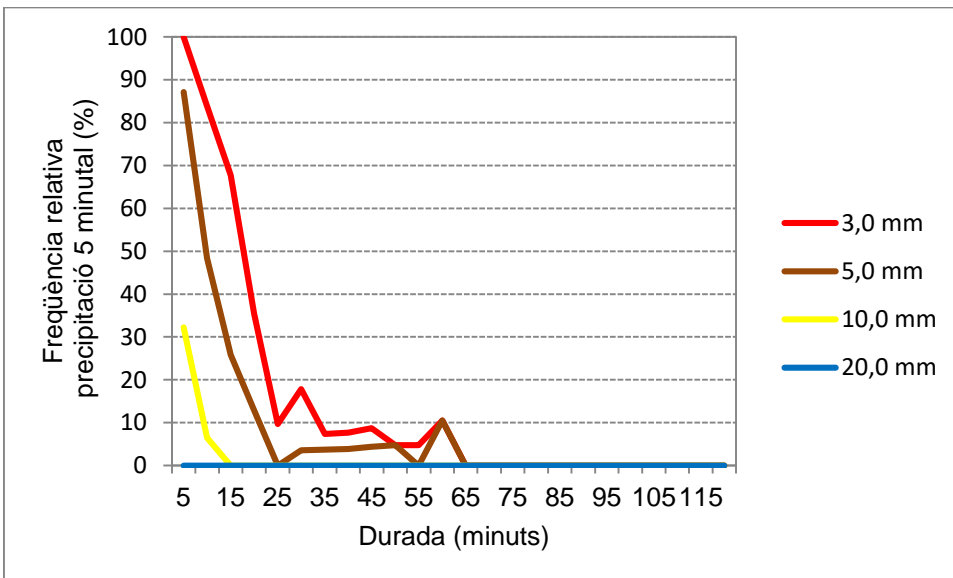


Figura 6.78 Freqüència relativa de la precipitació 5 minutal igual o superior a un determinat llindar en la zona indiferent de vâries tempestes analitzades. Zona de sotavent. Període 2003-2014.

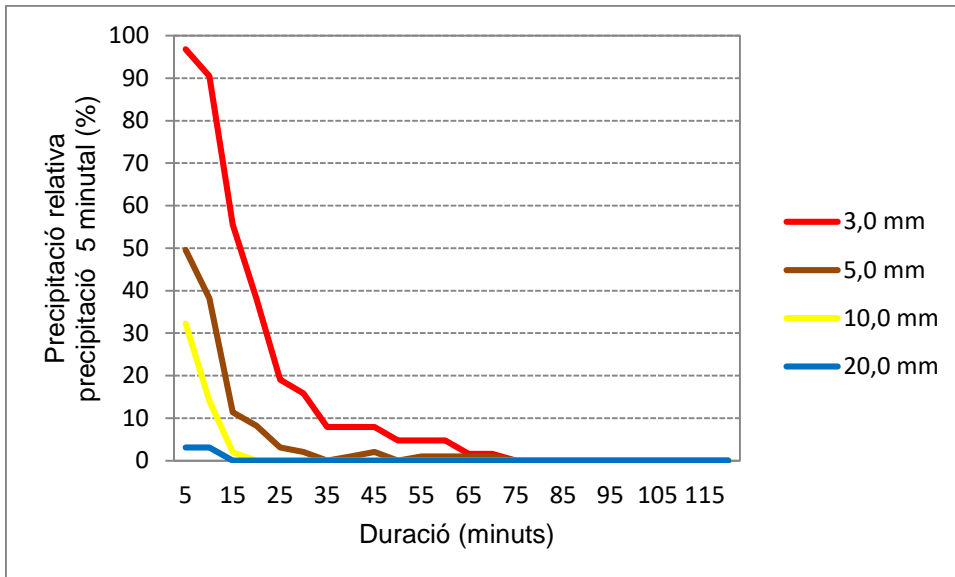


Figura 6.79 Freqüència relativa de la precipitació 5 minutal igual o superior a un determinat llindar en la zona indiferent de diverses tempestes analitzades. Zona de sobrevent. Període 2003-2014.

El llindar per determinar la pluja convectiva és de 35 mm/h (LLASAT *et al.*, 1998), en aquest cas hem considerat 3 mm/5 minuts. L'anàlisi de les figures de la freqüència de la precipitació segons diferents llindars de precipitació (3 mm o 35 mm/hora, 5 mm o 60 mm/hora, 10 mm o 120 mm/hora, i 20 mm o 240 mm/hora) ens mostra que només durant 10 minuts són molt habituals les pluges convectives en les diferents zones, mentre que en la resta de tempesta són molt menys freqüents, especialment a partir dels 25 minuts de la durada de la tempesta. Tenim un pic màxim a sotavent en el minut 30 (que inclou l'interval 25-30 minuts) amb el 19 %, mentre que a partir dels 60 minuts la pluja convectiva és nul·la. En el cas de sobrevent les pluges convectives tenen més persistència que a sotavent, arriben fins a 75 minuts i després desapareixen. A l'àrea indiferent les pluges convectives tenen diferents màxims relatius a partir dels 40 minuts de les tempestes tot i que són poc rellevants, es pot dir que a la zona indiferent arriben més cèl·lules convectives en l'última part de la tempesta respecte la resta d'àrea urbana. Les precipitacions intenses (5 mm o més en 5 minuts) són habituals als 5 minuts amb pluja més elevada de les tempestes a les diferents zones de l'àrea urbana, mentre que a mesura que transcorre la tempesta la intensitat de la precipitació davalla clarament. S'ha de remarcar que tenim un percentatge més elevat de tempestes intenses (intensitat igual o superior a 60 mm/h, precipitació 5 minutal igual o superior a 5 mm) a sotavent que a sobrevent en els 5 minuts de pluja més intensa (87 % vs 48 %), mentre la zona indiferent tenim un 62 %. D'altra banda les pluges amb intensitat igual o superior a 120 mm/h (pluja 5 minutal igual o superior a 10 mm) representen el 36 % dels 5 primers minuts a la zona de sotavent, el 18 % a la zona indiferent i el 34 % a la zona de sobrevent. Aquestes pluges no persisteixen gaire temps, ja que a partir dels 10 minuts en la zona indiferent són nul·les, igual que a sotavent i a sobrevent encara en tenim fins als 15 minuts de pluja més intensa. Les precipitacions 5 minutals iguals o superiors a 20 mm (intensitat igual o superior a 240 mm/h) només s'han produït a la zona de sobrevent, concretament el dia 7 de juliol de 2002 a Vilablareix. Per tant la seva freqüència és anecdòtica, i nul·la en les altres dues zones.

Els hietogrames mostren com es distribueix la precipitació en funció del temps. Hem calculat la distribució temporal de la pluja en hietogrames de 60 minuts ja que tot i que les tempestes a vegades tenen una durada superior a 60 minuts gran part de la precipitació es recull en una hora. En general la pluja de les tempestes està concentrada bàsicament en 20 minuts, mentre que la resta del temps la pluja és d'escassa quantitat. La zona de sotavent té el pic màxim de intensitat 5 minutal més alt, 99,2 mm, a l'interval 30-35 minuts, mentre a sobrevent tenim 92,0 mm i 77,8 mm a la zona indiferent. No obstant el següent pic més alt (10 minuts) és a la zona de sobrevent, 83,1 mm, a l'interval 25-30 minuts. El 3r màxim es dona a l'interval dels 35-40 minuts, es dona a sotavent, 70,8 mm, mentre a sobrevent tenim 68,9 mm i 63,0 mm a la zona indiferent.

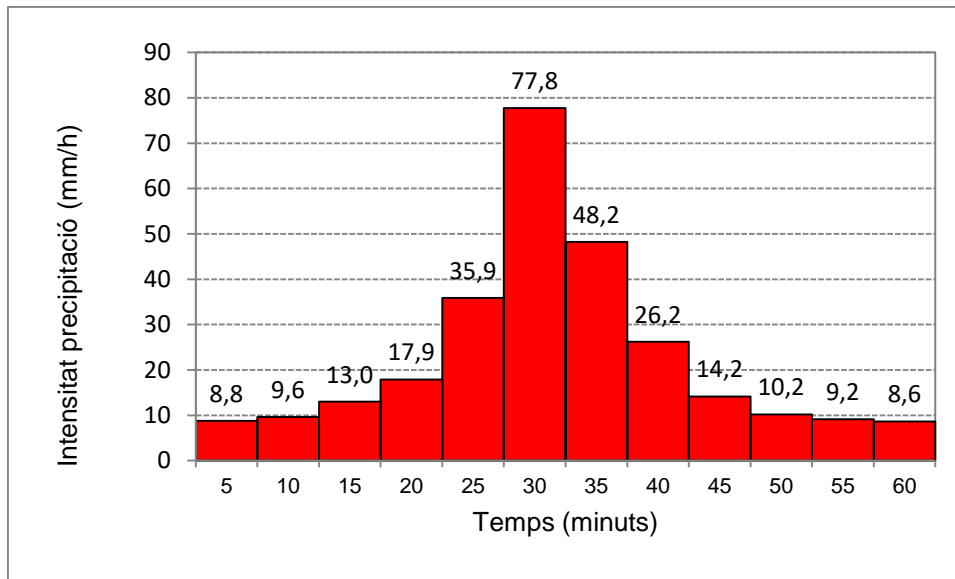


Figura 6.80 Hietograma mitjà de blocs alternats de la intensitat de la precipitació de les tempestes a la zona indiferent d'una tempesta ideal de 60 minuts de durada. Període 2003-2014.

La zona indiferent és la zona d'estudi que comprèn la majoria d'observatoris del centre urbà de Girona juntament amb l'estació rural de Girona-Hortes de Santa Eugènia. Aquesta zona presenta un augment més progressiu de la intensitat de la precipitació respecte les altres àrees (sobrevent i sotavent). Aquesta és l'àrea amb la menor intensitat de precipitació màxima 5 minutal (8,6 mm/h en 5 minuts) en l'interval 5 minuts amb menys pluviometria. D'altra banda la franja 5 minutal amb més intensitat de precipitació (30 minuts) presenta el valor més baix de les 3 àrees analitzades, 77,8 mm/h. Les causes que expliquen la menor intensitat de la precipitació probablement poden ser diverses, es poden dividir en dues, els errors en el mesurament de la precipitació associades a l'exposició, presència d'edificis properse i l'altura dels pluviòmetres, i les urbanes, com la menor quantitat d'aigua al sòl que provoca menor evaporació, la presència de més nuclis de condensació associats a la contaminació pels automòbils, cosa que disminueix l'eficiència de la precipitació.

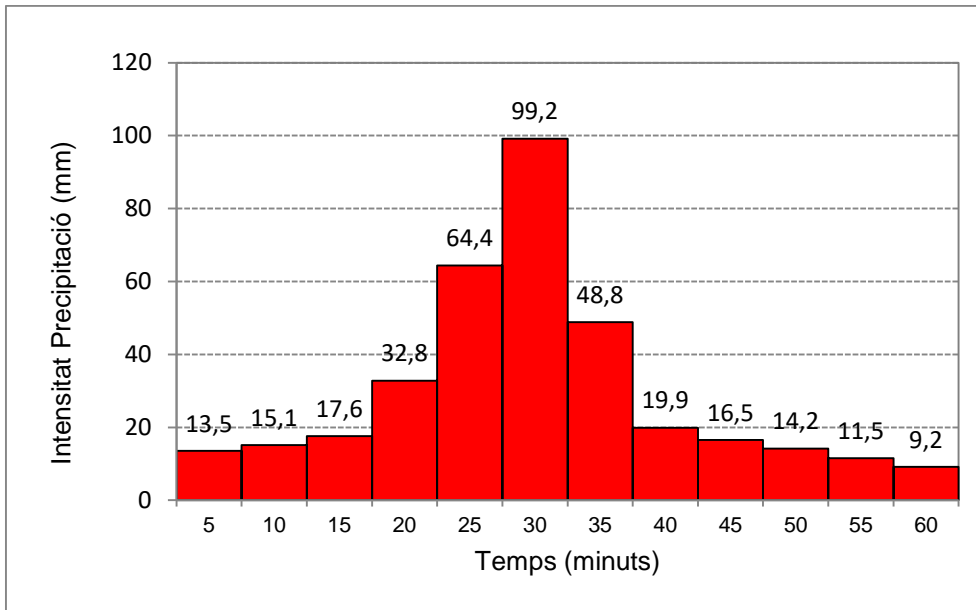


Figura 6.81 Hietograma mitjà de blocs alternats de la intensitat de la precipitació de les tempestes a la zona indiferent d'una tempesta ideal de 60 minuts de durada. Període 2003-2014.

La zona de sotavent és la zona que presenta la intensitat més elevada en els 5 minuts amb menys intensitat (28,6 mm/h) i els 5 minuts amb més intensitat (99,2 mm/h), en la franja 25-30 minuts. L'interval amb menys intensitat de precipitació és de 9,2 mm/h, valor lleugerament més alt que a la zona indiferent. No obstant les diferències són minses en comparació amb la zona de sobrevent. Les tempestes són un xic més eficients pluviomètricament que a la zona de sotavent, probablement per l'efecte urbà ja que els vents predominants en dies de tempesta són de migjorn, per tant les zones septentrionals queden a sotavent i reben la influència urbana de la ciutat de Girona.

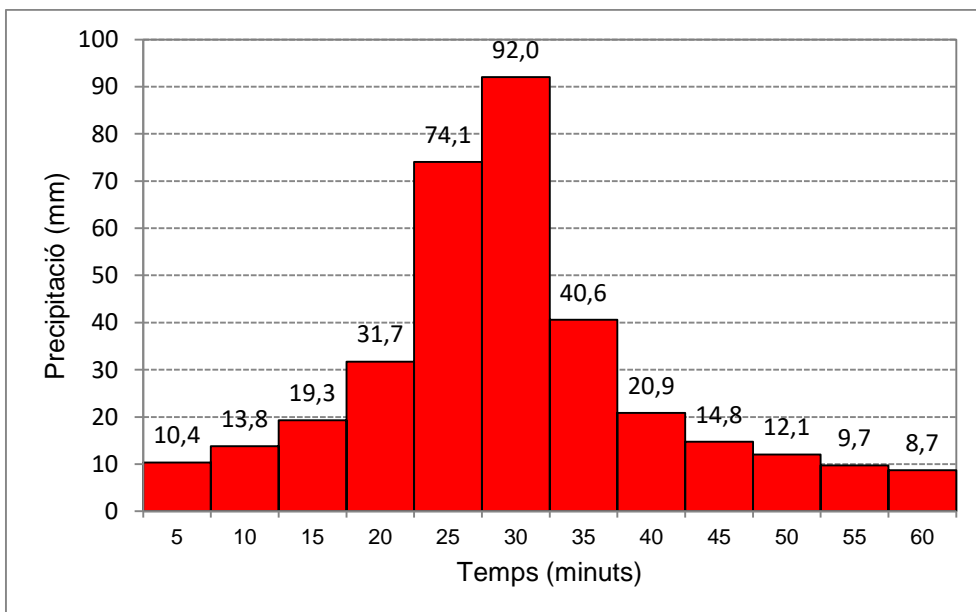


Figura 6.82 Hietograma mitjà de blocs alternats de la intensitat de la precipitació de les tempestes a la zona indiferent d'una tempesta ideal de 60 minuts de durada. Període 2003-2014.

La zona de sobrevent és la que teòricament hauria de tenir les intensitats més baixes de precipitació, i en canvi és la 2^a, per darrera de sotavent. L'histograma d'aquesta àrea é similar al de la resta d'àrea urbana, amb un màxim clar en l'interval de 25-30

mm amb una intensitat màxima de 74,1 mm/h. El següent màxim (20-25 minuts) té un pic de intensitat més elevat que a sotavent, 74,1 mm/h. Així les tempestes serien més intenses en els 5 minuts a sotavent i en canvi en els següents 10 minuts a sobrevent.

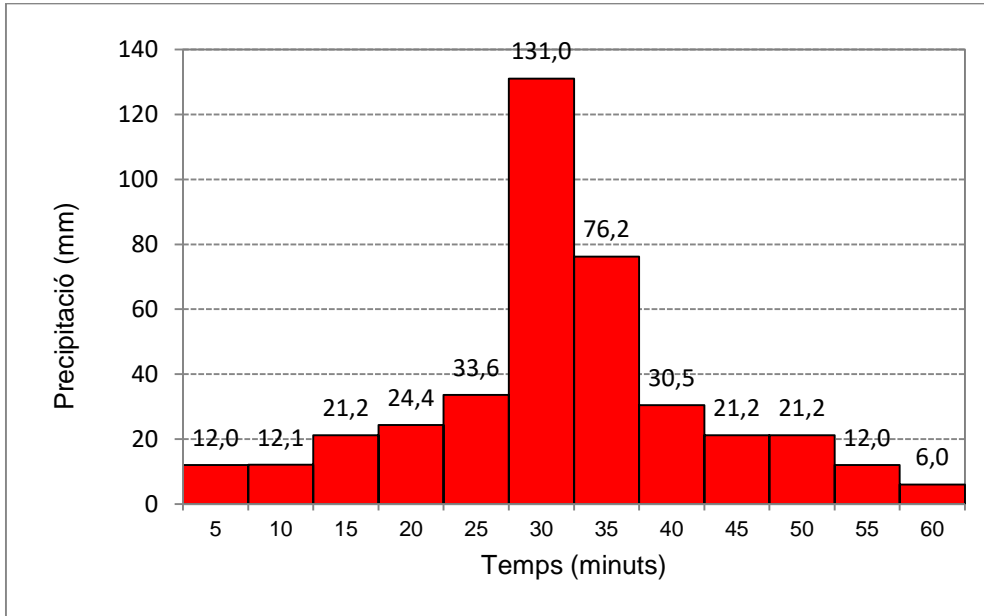


Figura 6.58 Hietograma mitjà de blocs alternats de la intensitat de la precipitació de la tempesta de Girona-Bonastruc del dia 6 de juliol de 2006.

Aquest és l'exemple d'una pluja intensa però amb fortes variacions en la intensitat. El 6 de juliol de 2006 la intensitat màxima de la precipitació enregistrada a Girona-Bonastruc (que té el nom de Girona-Devesa a Meteoclimatic) fou de 131 mm/h en l'interval 25-30 minuts. És una tempesta de caràcter intens, ja que la pluja torrencial (intensitat igual o superior a 60 mm/h) va tenir una durada de 20 minuts, i de fort caràcter convectiu, la intensitat va superar el llindar de 35 mm/h en 10 dels 60 minuts. Per tant les tempestes són poc persistents en observatoris urbans, estacions properes al centre de la ciutat de Girona com és l'esmentada. En una hora es van acumular 37,2 mm a l'observatori meteorològic de Girona-Bonastruc.

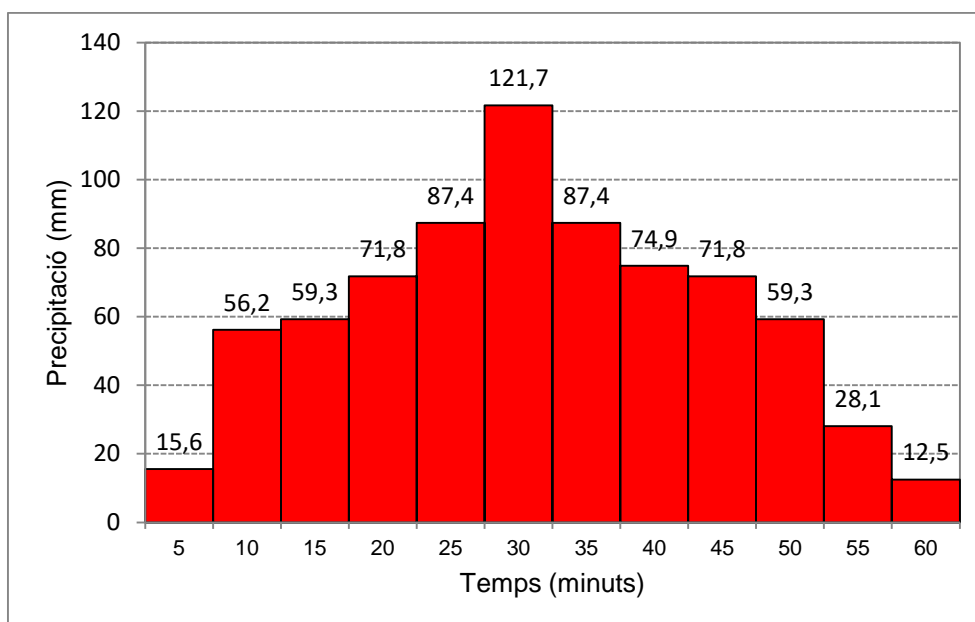


Figura 6.83 Hietograma mitjà de blocs alternats de la intensitat de la precipitació de la tempesta de Sarrià de Ter-Aiguës del dia 20 de juliol de 2014.

L'hietograma de la tempesta del dia 20 de juliol de 2014 a Sarrià de Ter correspon a un dia amb pluja molt intensa, en una hora es van recollir 42,4 mm. La distribució de la precipitació 5 minutal té un pendent més suau que a l'hietograma de Girona-Bonastruc del 20 de juliol de 2014, això significa que la intensitat de la precipitació va ser més constant durant la tempesta de Sarrià de Ter. Es tracta d'una tempesta molt intensa i persistent, en què la intensitat de la precipitació superior a 60 minuts (pluja torrencial) va durar mitja hora, i va haver-hi 45 minuts amb pluja convectiva (intensitat igual o superior a 35 mm/h).

L'hietograma de la tempesta de l'11 de juliol de 2013 mostra un màxim molt accentuat de la intensitat de la precipitació, 158,4 mm/h, en el pic màxim de la tempesta, de 5 minuts de durada. És una tempesta que té una intensitat màxima molt elevada però en la qual els trams 5 minutals amb intensitat superior a 5 minuts no són molt persistents, tenen 30 minuts de durada, com la major part de les tempestes de l'àrea urbana.

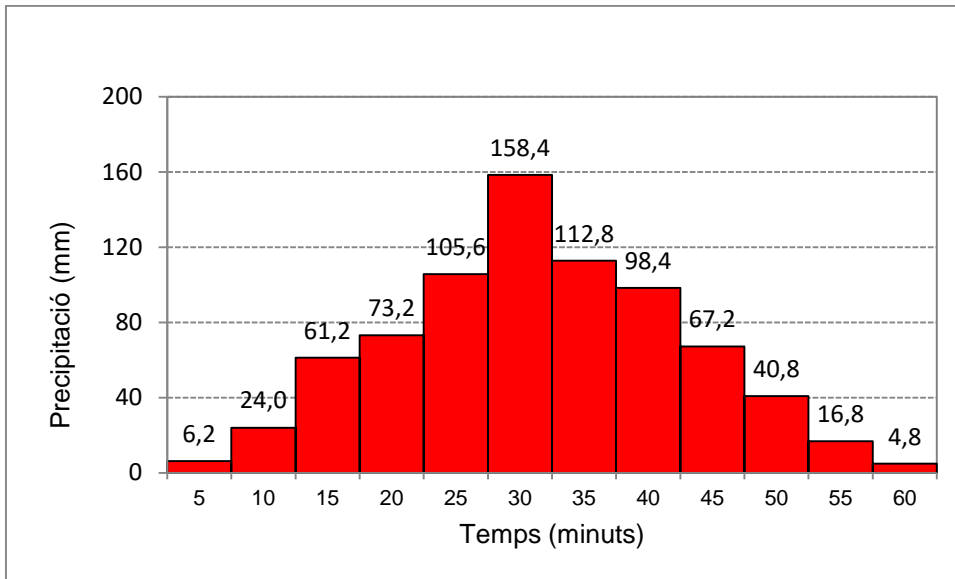


Figura 6.84 Hietograma mitjà de blocs alternats de la intensitat de la precipitació de la tempesta de l'observatori de Fornells de la Selva-SMC del dia 11 de juliol de 2013.

Les corbes IDF (Intensitat-Durada-Freqüència) ens indiquen com evoluciona la intensitat mitjana de la precipitació acumulada amb el pas del temps. La intensitat més elevada en els 5 minuts de pluja més forta es donen a la zona de sotavent (99,2 mm/h), mentre que a la zona de sobrevent tenim en la seva fase inicial tempestes menys intenses (92 mm/h) i a la zona indiferent presenta els valors més baixos, 77,8 mm/h. La intensitat de la precipitació davalla ràpidament en l'interval 5-30 minuts en totes les zones, mentre que a partir d'aquest minut hi ha un descens més progressiu. Als 30 minuts l'ordre de zones en funció de la intensitat de la pluja ha variat, la intensitat mitjana és de 47,1 mm/h a la zona de sotavent, 51,9 mm/h a sobrevent, 36,7 mm/h a la franja indiferent. En els 60 minuts de pluja més quantiosa és a la zona de sotavent, 30,2 mm/h, valor molt similar al de sobrevent, 29,1 mm/h i tenim un valor força més baix a l'àrea indiferent, 23,3 mm/h.

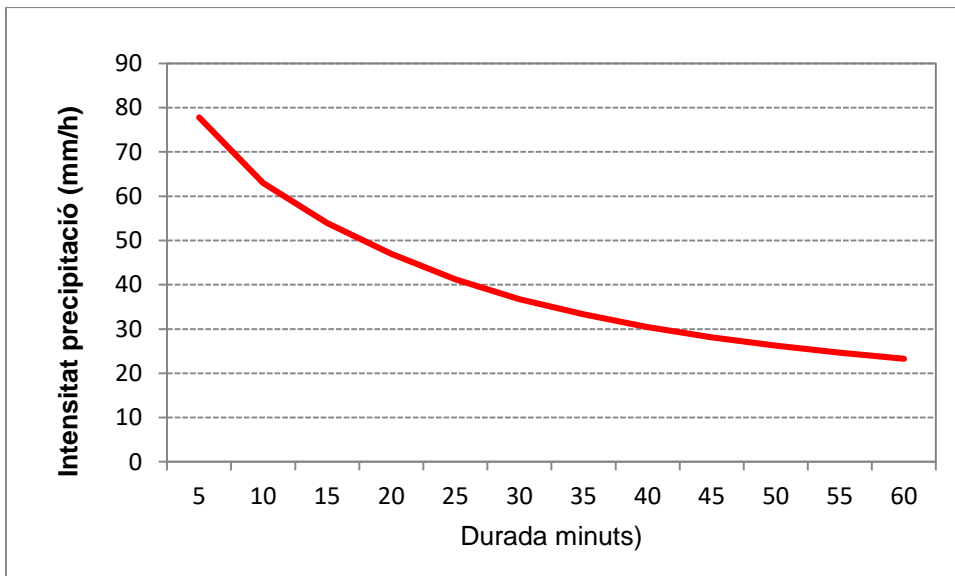


Figura 6.85 Corba IDF (Intensitat-Durada-Freqüència) per les tempestes de la zona indiferent. Diferents períodes d'observació.

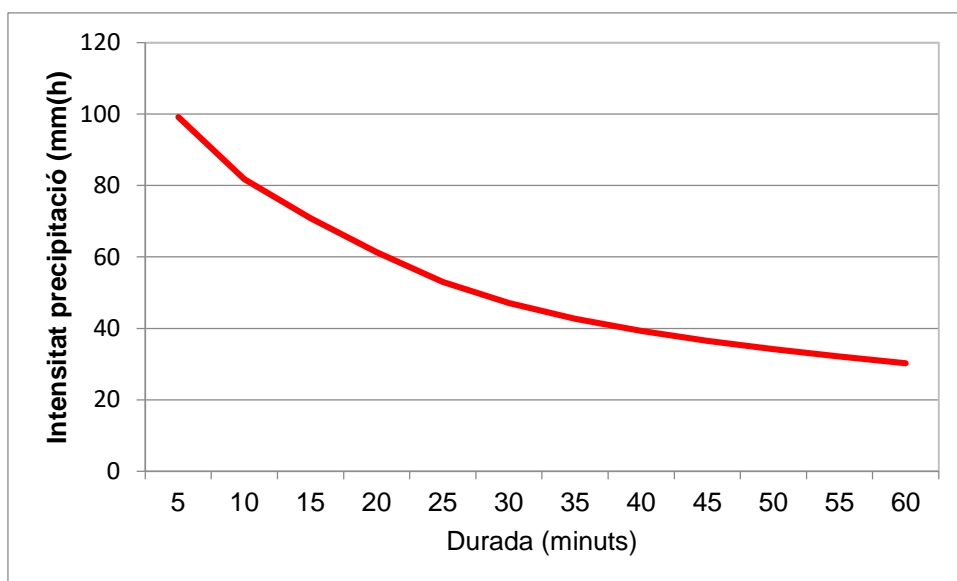


Figura 6.86 Corba IDF (Intensitat-Durada-Freqüència) per les tempestes de la zona de sotavent. Diferents períodes d'observació.

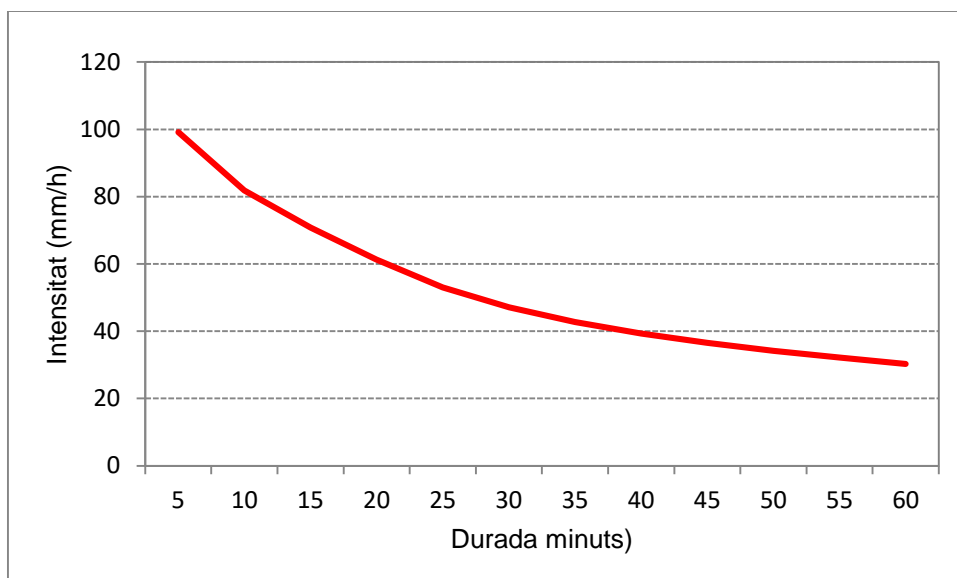


Figura 6.87 Corba IDF (Intensitat-Durada-Freqüència) per les tempestes de la zona de sobrent. Diferents períodes d'observació.

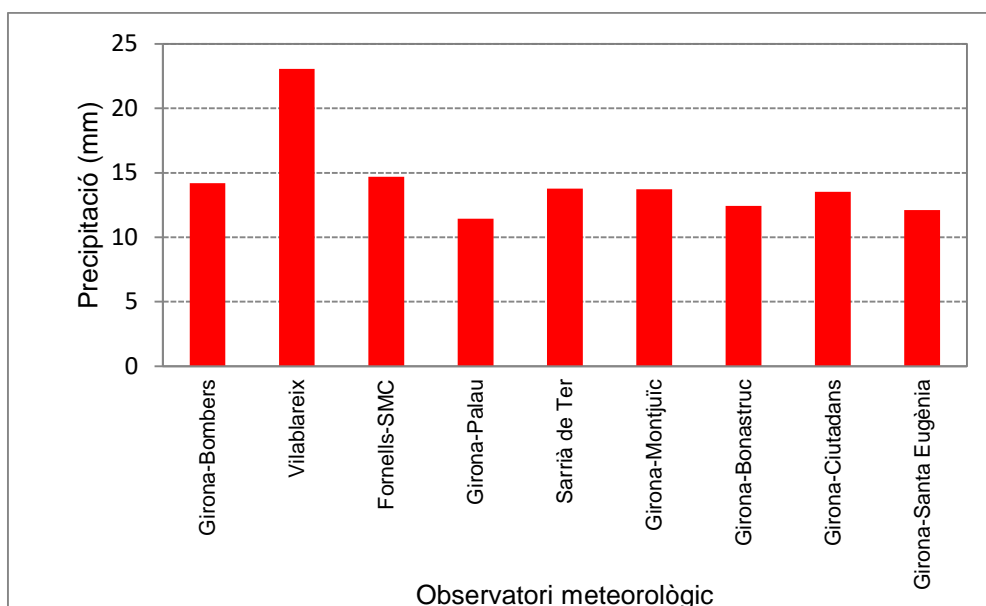


Figura 6.88 Precipitació màxima 5 minutal en diferents observatoris. Àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

El valor de la precipitació màxima 5 minutal és similar a la majoria d'observatoris amb l'excepció de Vilablareix-SMC, amb 23,05 mm al dia 7 de juliol de 2002. S'ha de remarcar però que tenim la precipitació 10 minutal d'aquell dia, 46,1 mm. El valor 5 minutal que hem calculat és la meitat, però segurament seria una precipitació més elevada. En següent lloc tenim Fornells de la Selva-SMC, amb 14,7 mm i en 3r lloc Girona-Parc de Bombers amb 14,2 mm. Els 3 observatoris esmentats pertanyen a la zona de sobrevent. L'estació meteorològica de sotavent amb una precipitació més elevada és Sarrià de Ter-Aigües amb 13,78 mm, valor molt similar al de Girona-Montjuïc amb 13,72 mm. Girona-Ciudadans és l'estació urbana amb una precipitació més elevada, 13,52 mm. Girona-Palau (sobrevent) enregistra la precipitació més baixa de tota l'àrea d'estudi. Així tindriem una anomalia pluviomètrica; tenim dues pautes oposades, mentre els observatoris de sotavent enregistren la precipitació mitjana 5 minutal més elevada i són les estacions que tenen els màxims diaris de precipitació 5 minutal de l'àrea urbana de Girona, els pics més alts de intensitat es donen a sobrevent.

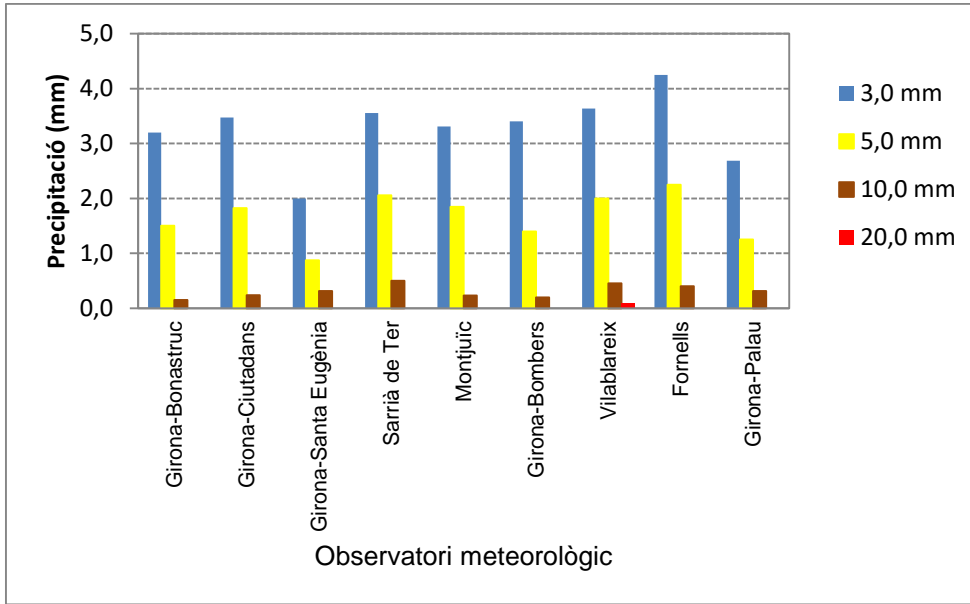


Figura 6.89 Mitjana anual de períodes 5 minutals amb precipitació convectiva. Diferents períodes d'observació

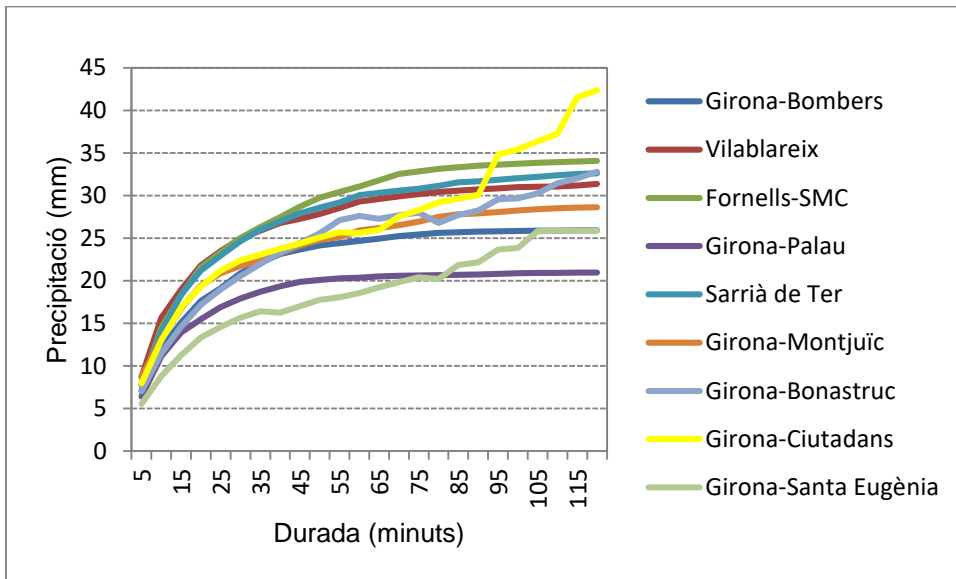


Figura 6.90 Precipitació mitjana acumulada de períodes 5 minutals durant les tempestes amb precipitació ≥ 15 mm en diferents observatoris. Diferents períodes d'observació

La precipitació convectiva es concentra durant els 15 minuts amb més precipitació de les tempestes i després tenim precipitació estratiforme. S'ha d'assenyalar que la corba de la precipitació acumulada és una funció monotòna creixent amb un pendent menor a mesura que augmenta la durada de la tempesta. La precipitació acumulada en funció del temps dels diferents observatoris presenta un pendent diferent, més accentuat a Fornells de la Selva-SMC (on la precipitació creix més amb el temps) respecte Girona-Palau (de forma inversa a Fornells). La precipitació mitjana acumulada 5 minutal de les tempestes varia moderadament en els diversos observatoris de l'àrea urbana de Girona. Així Girona-Santa Eugènia (indiferent) és l'estació amb la precipitació més dèbil en els 5 minuts de les tempestes, 5,5 mm, mentre que Girona-Montjuïc-Aigües

(sotavent-suburbà) és l'observatori amb la pluja més elevada, 8,8 mm, valor molt semblant al de Vilablareix, 8,7 mm. En els primers 10 minuts l'observatori de Vilablareix (sobrevent-rural) enregistra la màxima quantitat de precipitació, 15,7 mm. Una de les causes que expliquen la divergència entre els resultats en aquesta gràfica i la freqüència dels llocs amb més precipitació en 10 minuts que és a sotavent és la precipitació del dia 7 de juliol de 2002, que va acumular 41,2 mm en 10 minuts, cosa que fa pujar molt la mitjana. El següent observatori amb la mitjana acumulada més alta és Fornells de la Selva-SMC (sobrevent-rural) amb 14,5 mm. Girona-Hortes de Santa Eugènia és l'estació amb menor precipitació (indiferent-rural). El posicionament dels observatoris en la precipitació acumulada als 30 minuts és molt similar als 10 minuts amb pluja més intensa. Fornells de la Selva-SMC presenta la precipitació més intensa, 25 mm, seguida de Vilablareix, 24,9 mm, i finalment Girona-Santa Eugènia, 15,6 mm. La distribució dels observatoris en la precipitació acumulada als 60 minuts és idèntica a l'interval de 30 minuts, amb un màxim de 31,1 mm a Fornells de la Selva-SMC i un mínim de 18,5 mm a Girona-Santa Eugènia. Entre l'interval de 60 minuts i els 120 minuts la precipitació presenta un creixement molt lent amb l'excepció de Girona-Ciutadans on la pluja mostra un creixement moderat en la franja 100-120 minuts, probablement per tempestes que han donat pluges estratiformes més persistents al centre urbà de Girona. En les 2 hores acumulades de les tempestes la precipitació és més elevada en un observatori urbà de la zona indiferent, Girona-Ciutadans, 42,3 mm, i és més dèbil a Palau, observatori suburbà a sobrevent de la ciutat de Girona, 21,0 mm. Fornells de la Selva-SMC és l'estació de sobrevent amb una precipitació tempestuosa més quantiosa, 34,1 mm, mentre Sarrià de Ter presenta la pluja acumulada més elevada de sotavent, 32,6 mm. Girona-Bonastruc té un valor idèntic a Sarrià de Ter, 32,8 mm.

6.2.2 La intensitat de la precipitació a l'àrea urbana de Girona

La distribució de la intensitat de la precipitació ens pot donar unes pautes de la influència urbana en les precipitacions. S'ha analitzat la sèrie de precipitació amb intervals de intensitat cinc minutals de 4 observatoris pluviomètrics pertanyents a la xarxa pluviomètrica de l'empresa Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. Aquests 4 pluviòmetres són tipus Davis. Els observatoris analitzats són els de Sarrià de Ter (en la part SW del terme municipal, a Sarrià de Dalt), Girona-Palau, Girona-Montjuïc i Girona-Ciutadans, aquest últim pluviòmetre es troba al carrer Ciutadans del Barri Vell de Girona. També s'ha fet un estudi de la intensitat de la precipitació en 5 observatoris més (Girona-Bonastruc, Girona-Parc de Bombers (SMC), Fornells de la Selva-SMC, Cassà de la Selva-SMC i Vilablareix-SMC). En aquest cas el període mínim d'observació és de 10 minuts.

L'anàlisi de la màxima intensitat de precipitació de cada observatori en funció de l'estació de l'any no ens dona unes pautes clares en la seva distribució, les diferències entre la zona de sobrevent (Girona-Palau) i sotavent de la ciutat (Sarrià de Ter-Aigües i Girona-Montjuïc) són força dèbils. No obstant a l'estiu les diferències entre els observatoris són molt poc rellevants. Així a l'estació càlida l'efecte urbà teòricament hauria de ser més important, amb un increment de la precipitació convectiva a sotavent de les ciutats, no es produeix aquest augment pluviomètric a sotavent de Girona. Les precipitacions associades a tempestes tenen una distribució força aleatòria en funció de la direcció del vent, per tant podem tenir precipitacions molt intenses a sotavent en alguns dies, però en d'altres el màxim es produeix a l'àrea de sobrevent o fins i tot a la zona indiferent que correspon als centres urbans de Girona i Salt.

Durant la primavera l'observatori de Girona-Montjuïc enregistra la precipitació més intensa en aquesta època dels 4 observatoris analitzats, 147,8 mm/h. Aquesta intensitat fou enregistrada a les 16,55 hores del 16 de maig de 2009. D'altra banda a l'hivern s'observa un increment de les precipitacions més intenses al sud de la ciutat, a l'observatori de Girona-Palau hi ha actives per tant al nord de la ciutat, probablement per l'efecte de la ciutat que incrementa la quantitat d'energia disponible per a les tempestes. També hem de tenir en compte que el contingut de vapor de l'aire és més elevat al nord de la ciutat respecte el sud, la pressió de vapor relativa és més elevada a Sarrià de Ter que als altres observatoris (veure capítol 7.2.).

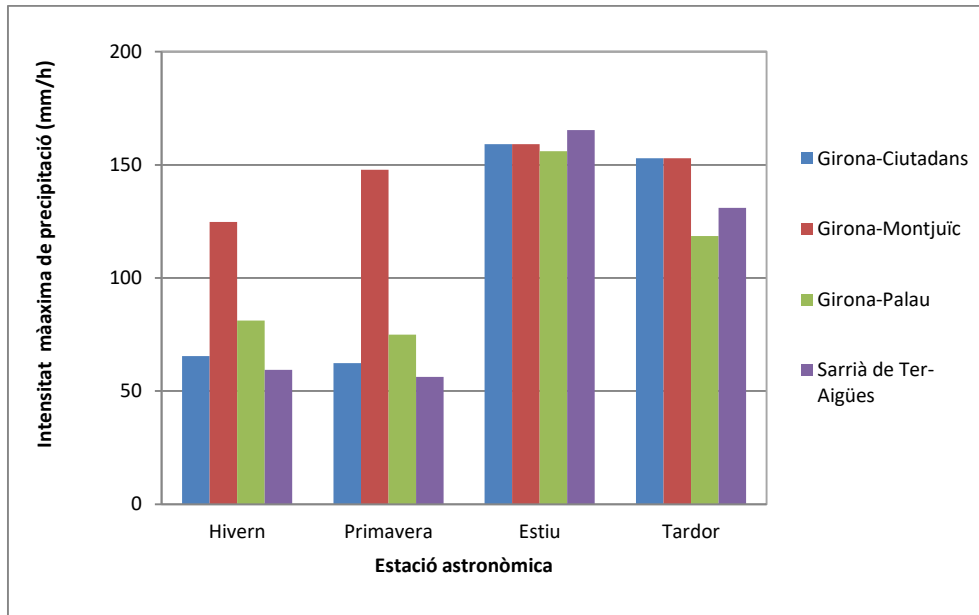


Figura 6.91 Intensitat màxima de la precipitació estacional. Períodes de 5 minuts. Període 2003-2011.

La intensitat màxima de precipitació és més elevada en la zona de sotavent que a la de sobrevent durant totes les estacions de l'any. També el nombre de les diferències són més importants a la primavera, on la precipitació de sobrevent és del 51 % respecte la de sotavent, i més escasses a l'estiu (94 %). S'ha de remarcar que a l'estiu teòricament les tempestes haurien de provocar un increment de la precipitació a sotavent, i és en aquesta estació quan l'efecte urbà és menor. És important d'assenyalar que el desplaçament de les tempestes més típic a l'àrea urbana de Girona és W-E, SW-NE i NW-SE, mentre que el vent en superfície més freqüent és el del SW, per tant les precipitacions haurien de ser més intenses teòricament al nord de la ciutat, a sotavent de la ciutat, mentre que en canvi la diferència en la precipitació caiguda entre sobrevent i sotavent és molt poc important. Les precipitacions estratiformes típiques d'hivern presenten intensitats força més elevades al nord-est de la ciutat, a l'observatori de Girona-Montjuïc. Una de les causes d'aquest increment de la intensitat pluviomètrica en aquest sector situat a sotavent de Girona és la major exposició als temporals de llevant que impliquen les precipitacions més quantioses en aquesta època. Per tant s'hauria de qüestionar el caràcter urbà en unes precipitacions associades sovint amb vents del 3r quadrant, i en aquest cas l'observatori més afavorit per les precipitacions intenses (Montjuïc) es trobaria a sobrevent, no pas a sotavent.

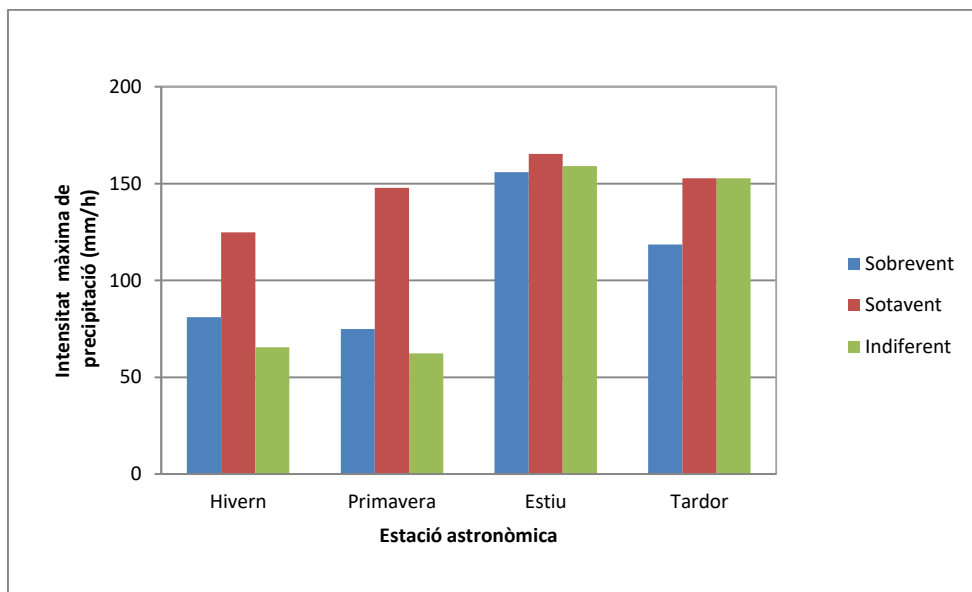


Figura 6.92 Intensitat màxima de la precipitació en diferents àrees. Períodes de 5 minuts. Període 2003-2014.

Hi ha un increment de la freqüència de seqüències de 5 minuts amb precipitació intensa (igual o superior a 60 mm/h) a l'àrea de sotavent de la ciutat, amb el valor màxim a Sarrià de Ter, amb 45 episodis de pluja torrencial, d'altra banda a Palau (sobrevent) només tenen 30 episodis. Tenim una mitjana de 38,5 seqüències de pluja torrencial a sotavent, mentre a sobrevent només s'han donat 30 episodis. Per tant a l'àrea de sobrevent de Girona la precipitació intensa és menys freqüent que a la zona de sotavent. (veure figura 6.15). L'hivern és l'única estació astronòmica en què es produeix una freqüència més elevada de precipitacions intenses a sobrevent, a la resta de l'any tenim un major nombre d'episodis de pluja torrencial a sotavent. Així l'observatori de Palau té 6 tongades de precipitació torrencial, mentre Sarrià de Ter només en té 3. Cal remarcar que les diferències entre el sud i el nord de la ciutat (sobrevent i sotavent) són més importants a les estacions equinoccials i en canvi perden rellevància a l'estiu i l'hivern. Així a la tardor el màxim de períodes de cinc minuts amb pluja torrencial, 17, es dona a Girona-Ciudadans (que també es coneix com Ciudadans segons , en una àrea indiferent, però Sarrià de Ter té 16 episodis en comparació amb els 9 de Girona-Palau, a la primavera Girona-Montjuïc dobla el nombre de dies de Palau, 8 i 4 dies respectivament. A l'estiu hi ha una homogeneïtat espacial molt més important, 22 dies a Sarrià de Ter enfront els 18 de Palau.

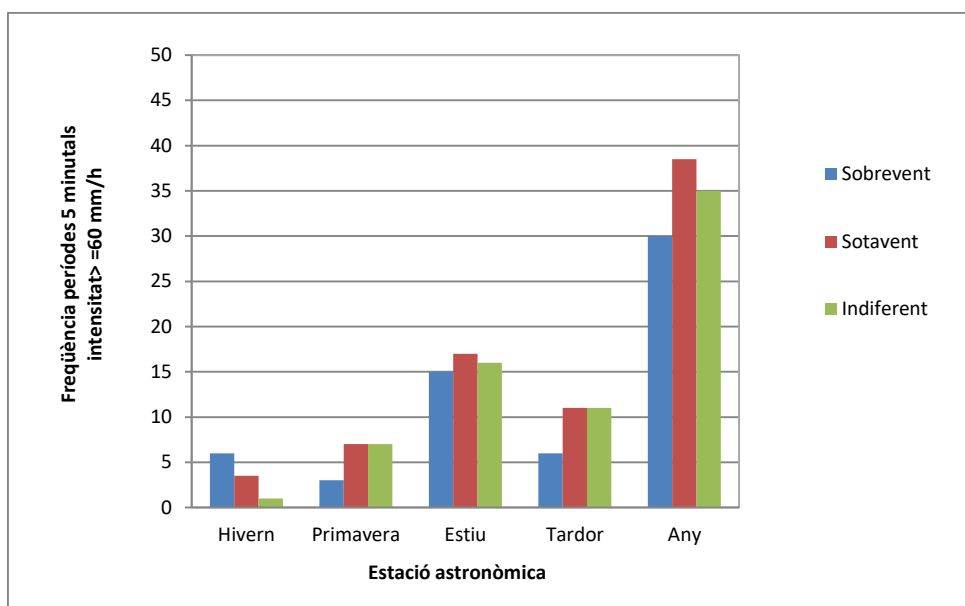


Figura 6.93 *Freqüència estacional de períodes de 5 minuts amb intensitat igual o superior a 60 mm/h. Període 2003-2014.*

Cal remarcar que la zona urbana i la suburbana tenen un nombre idèntic en el conjunt de l'any de precipitacions intenses, precipitacions amb una intensitat superior a 60 mm/h. No obstant quan les precipitacions són exclusivament estratiformes la zona suburbana té més precipitació que els observatoris urbans, en canvi durant la primavera i tardor la zona urbana té una major freqüència de precipitacions que la zona suburbana. A l'estiu el predomini de precipitacions convectives no es tradueix en un màxim de la intensitat en zones urbanes sinó en àrees suburbanes. Per tant s'aprecia un increment de la intensitat de precipitació associada a tempestes que no coincideix amb el centre de la ciutat de Girona sinó en observatoris suburbans, especialment els situats en àrees a sotavent de la ciutat, al nord d'aquesta.

Taula 6.14 *Freqüència estacional de períodes de 5 minuts amb intensitat superior a 60 mm/h de diferents àrees. Observatoris d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. Període 2004-2011.*

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Urbana	1,0	7,0	16,0	17,0	41,0
Suburbana	4,7	6,3	18,3	12,0	41,3
Urbana/Suburbana	21,4	110,5	87,3	141,7	100,8

L'anàlisi de la intensitat de la precipitació segons diferents intervals temporals (ens permet observar un descens més important d'aquest paràmetre en els observatoris de sotavent respecte l'àrea de sotavent. Així la intensitat de precipitació mesurada en períodes de 5 minuts és força més elevada a les àrees de sotavent i indiferent, el valor màxim és de 165,36 mm/h a Sarrià de Ter, i en canvi valors molt inferiors en l'observatori de sobrevent, Girona-Palau, 124,8 mm/h. La intensitat màxima de la precipitació mesurada en 10 minuts encara hi ha una superàvit de intensitat a la zona de sotavent (Sarrià de Ter 146,64 mm/h) en comparació amb observatoris de sobrevent (Casà de la Selva 80,4 mm/h). Si analitzem la precipitació de 30 minuts les diferències són molt més subtils, la intensitat de precipitació màxima es dona a sobrevent, 83,2 mm/h a Girona-Palau, seguida de molt a prop per Sarrià de Ter 81,64 mm/h, i l'observatori amb menys intensitat es a la zona indiferent, Girona-Ciudadans, 63,96 mm/h. La precipitació màxima en 60 minuts ens dona un panorama oposat al

que succeïa amb els períodes de 5 i 10 minuts, la intensitat més elevada es produeix a sobrevent, 53,6 mm a Cassà de la Selva, i en canvi a sotavent les intensitats són menors, 40,6 mm tant a Sarrià de Ter com a Girona-Montjuïc. Per tant la intensitat de la precipitació ens mostra una corba amb un pendent més dèbil a l'àrea de sobrevent, amb intensitats que són inferiors a sotavent en intervals de temps curts, 5 i 10 minuts, i en canvi amb intensitats superiors amb períodes més llargs 30 i 60 minuts. Els observatoris de sotavent enregistren intensitats més fortes en intervals curts i més dèbils amb intervals més llargs, la precipitació és d'un tipus més convectiu als observatoris de sotavent i més advectiona en les estacions de sobrevent.

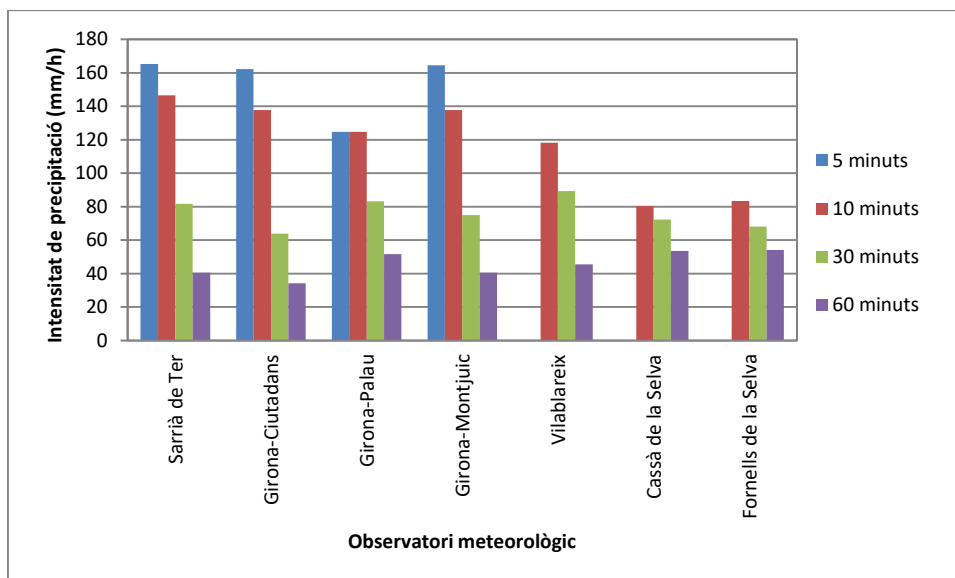


Figura 6.94 Intensitat de precipitació màxima de diferents observatoris segons diferents intervals de temps. Període 2003-11.

La intensitat de la precipitació màxima de varis observatoris disminueix més ràpidament amb l'increment de la resolució temporal en els observatoris suburbans i de sotavent que en les estacions rurals i de sobrevent. Mentre que a l'àrea suburbana i de sotavent les precipitacions són molt més intenses en intervals de temps curts que les altres dues àrees rurals i de sobrevent, en canvi les diferències són menys significatives en trams temporals més llargs. Hi haurà més risc de inundacions per tant en observatoris suburbans i de sotavent que en àrees rurals i de sobrevent, mentre que en àrees urbanes el risc és més elevat en trams curts que en intervals de temps llarg ja que es dona una elevada concentració de la precipitació, i a més la intensitat és clarament més baixa que en les altres àrees en intervals de temps llargs. Com es pot veure en la gràfica les diferències en la intensitat són més acusades en intervals temporals curts i en canvi són menys importants quan el període analitzat és més llarg. Així els observatoris suburbans presenten una intensitat de precipitació superior a les altres dues àrees en els trams curts (5 i 10 minuts) i més dèbils que l'àrea rural en els llargs (60 minuts). Els observatoris suburbans enregistren més intensitat de precipitació mitjana en el període de retorn de 10 anys en els intervals de 5 minuts curt, mm/h, que els urbans, 171,6 mm/h i 152 mm/h respectivament. No disposen de dades de 5 minuts de les estacions rurals. Si s'analitza la intensitat de precipitació de l'interval de 10 minuts les estacions suburbanes superen lleugerament els observatoris urbans, 142,5 mm/h i 134,8mm/h respectivament, mentre que els rurals tenen 99,9

mm/h. En l'interval de 30 minuts tenim que els valors de la intensitat són més elevats a les àrees rurals, 76,5 mm/h, que a les urbanes i suburbanes, 61,4 mm/h i 75,7 mm/h respectivament. En el tram de 60 minuts la superioritat dels observatoris rurals s'incrementa, 46,3 mm/h per 41,6 mm/h als suburbans i 40,1 mm/h als urbans. No obstant les precipitacions màximes 24 hores probables en 10 anys són més elevades a l'àrea rural que la suburbana, 107,9 mm i 103,5 mm respectivament. Els observatoris urbans enregistren la precipitació més dèbil, 88,1 mm.

Taula 6.15 Màxima intensitat estacional de la precipitació a l'àrea urbana de Girona. Observatoris de l'empresa d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter.

Observatori	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Girona-Ciudadans	65,5	62,4	162,2	152,9	159,1
Girona-Montjuïc	84,0	147,8	164,6	146,9	146,9
Girona-Palau	96,7	74,9	124,8	134,2	168,5
Sarrià-Aigües	152,9	74,9	165,4	131,4	165,4

L'observatori de la xarxa d'observatoris d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter que ha enregistrat més intensitat de precipitació és el de Sarrià de Ter-Aigües. Aquest observatori va registrar el 20 d'agost de 2005 una intensitat màxima de 165,4 mm/h. En tercer lloc tenim el de Girona-Ciudadans que va registrar el 20 d'agost de 2005 una intensitat màxima de 162,2 mm/h. En segon lloc hi ha Girona-Montjuïc, amb 164,6 mm el dia 20 d'agost de 2005. En últim lloc tenim l'estació de Girona-Palau, amb 124,8 mm/h durant el 6 de juliol de 2006. Quan analitzem la màxima intensitat de precipitació en funció de l'estació de l'any ens adonem que els observatoris de sobrevent enregistren els valors més elevats. Les precipitacions convectives són molt més actives per tant al nord de la ciutat, probablement per l'efecte de la ciutat que incrementa la quantitat d'energia disponible per a les tempestes. També hem de tenir en compte que el contingut de vapor de l'aire és més elevat al nord de la ciutat respecte el sud, la pressió de vapor relativa és més elevada a Sarrià de Ter que als altres observatoris. Això ho analitzarem amb més profunditat en el capítol dels fenòmens i la humitat. Tots aquests factors units, illa de calor, vent que dona el màxim de precipitació a sotavent, i més contingut d'aigua atmosfèric afavoreixen unes intensitats màximes de precipitació a sotavent.

Taula 6.16 Màxima intensitat estacional de precipitació segons la zona en funció de la direcció del vent

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	96,7	74,9	168,5	134,2	168,5
Sotavent	118,4	111,4	252,5	327,7	327,7
Sotavent/sobrevent	122,5	148,7	149,9	244,2	194,5

La màxima intensitat de precipitació és més elevada en la zona de sotavent que a la de sobrevent durant totes les estacions de l'any. Les diferències són més importants a la tardor i més escasses a l'hivern. En totes les estacions s'aprecia una intensitat de precipitació més elevada en les estacions de sotavent que de sobrevent. Així el nord de la ciutat de Girona enregistra precipitacions associades a tempestes que donen molta més intensitat de precipitació que les tempestes que arriben al sud de la ciutat, a l'observatori de Palau. És important d'assenyalar que el desplaçament de les tempestes més típic a l'àrea urbana de Girona és N-S i NW-SE, el vent en superfície

més freqüent és el del SW, per això les tempestes descarreguen més precipitació i amb més intensitat al nord de la ciutat de Girona respecte el sud de la urbs.

Taula 6.17 Períodes de 5 minuts amb precipitacions intenses (>60 mm/h) en diferents observatoris meteorològics de la xarxa d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sarrià de Ter	3	7	22	16	48
Girona-Ciudadans	1	7	16	17	41
Girona-Montjuïc	5	8	15	11	39
Girona-Palau	6	4	18	9	37
Mitjana	3,8	6,5	17,8	13,3	41,3

Hi ha un increment de la freqüència de precipitacions intenses des del sud cap al nord de la ciutat. Per tant l'àrea de sobrevent de Girona enregistra menys episodis de precipitació intensa que la zona de sotavent. L'hivern és l'única estació en què tenim una freqüència més elevada de precipitacions intenses al sud, a l'observatori de Palau, que a les estacions del centre i nord de la ciutat. Cal remarcar que les precipitacions intenses es donen més sovint al nord de la ciutat en comparació amb el sud a les estacions equinoccials respecte l'estiu. Així a la tardor el màxim de dies, 17, es dona a Girona-Ciudadans, en una àrea indiferent, però Sarrià de Ter té 16 episodis en comparació amb els 9 de Girona-Palau, a la primavera Girona-Montjuïc dobla el nombre de dies de Palau, 8 i 4 dies respectivament. A l'estiu hi ha una homogeneïtat més important, 22 dies a Sarrià enfront els 18 de Palau.

Taula 6.18 Períodes de 5 minuts amb precipitacions intenses (>60 mm/h) en diferents zones segons la direcció del vent predominant

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	6	4	18	9	37
Sotavent	4	7,5	18,5	13,5	43,5
Indiferent	1	7	16	17	41
Sotavent/Sobrevent	66,7	187,5	102,8	150,0	117,6

La zona de sotavent té més períodes de 5 minuts amb precipitacions intenses que l'àrea de sobrevent, 43,5 i 37 períodes respectivament. Cal remarcar que l'àrea de sotavent té més freqüència de precipitacions intenses en totes les estacions excepte a l'hivern quan l'àrea de sobrevent té més episodis 6, enfront als 4 de sotavent. La precipitació convectiva per tant afavoriria una freqüència més elevada de precipitació intensa als observatoris de sotavent en comparació amb els de sobrevent, en canvi la precipitació estratiforme de l'hivern afavoreix més els observatoris de sobrevent. Per tant no només la intensitat màxima s'assoleix a sotavent de la ciutat, sinó també aquesta persisteix durant més temps respecte els indrets de sobrevent de la ciutat de Girona.

Taula 6.19 Períodes de 5 minuts amb precipitacions intenses (>60 mm/h) en diferents zones segons l'ús del sol. Període 2003-2011.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Urbana	1,0	7,0	16,0	17,0	41,0
Suburbana	4,7	6,3	18,3	12,0	41,3
Urbana/Suburbana	21,4	110,5	87,3	141,7	100,8

Cal remarcar que la zona urbana i la suburbana tenen un nombre idèntic en el conjunt de l'any de precipitacions intenses, precipitacions amb una intensitat superior a 60

mm/h. No obstant quan les precipitacions són exclusivament estratiformes la zona suburbana té més precipitació que els observatoris urbans, en canvi durant la primavera i tardor la zona urbana té una major freqüència de precipitacions que la zona suburbana. A l'estiu el predomini de precipitacions convectives no es tradueix en un màxim de la intensitat en zones urbanes sinó en àrees suburbanes. Per tant s'aprecia un increment de la intensitat de precipitació associada a tempestes que no coincideix amb el centre de la ciutat de Girona sinó en observatoris suburbans, especialment els situats en àrees a sotavent de la ciutat, al nord d'aquesta.

Taula 6.20 Intensitat màxima 5 minutal i dia de la intensitat màxima en diferents observatoris de l'àrea urbana. Període 2003-2014.

Període/ Estació meteorològica	Sarrià de Ter	Girona-Ciutadans	Girona-Palau	Girona-Montjuic (Aigües)	Vilablareix-SMC	Cassà de la Selva-SMC	Fornells de la Selva-SMC
5 minuts	165,36	162,24	124,8	164,64			
10 minuts	146,64	137,76	124,8	137,76	118,2	80,4	83,4
30 minuts	81,64	63,96	83,2	75,04	89,4	72,4	68,2
60 minuts	40,6	34,32	51,74	40,6	45,5	53,6	43,2
Episodi més fort	20/08/2005	20/08/2005	06/07/2006	20/08/2005	20/08/2005	20/08/2005	18/10/2006

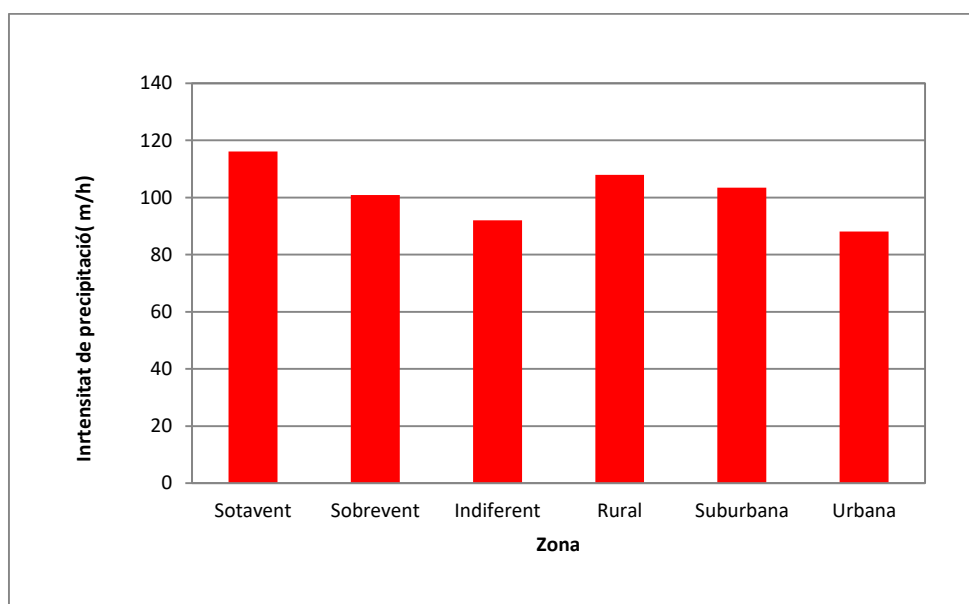


Figura 6.95 Precipitació màxima diària en diferents zones segons la direcció del vent predominant en dies de pluja i l'ús del sòl.

La precipitació màxima diària en diferents zones és més elevada a la zona de sotavent, 116,1 mm i més baixa en la zona indiferent, 92 mm, per tant hi ha un increment de la pluja a sotavent de la ciutat en comparació amb sobrevent (100,9 mm) per efecte urbà. Així al nord de l'àrea urbana de Girona les precipitacions diàries són més quantioses, mentre que al centre urbà de Girona l'efecte urbà provocaria una supressió de la precipitació ja que la pluja és més dèbil. Si tenim en compte l'ús del sòl la precipitació més abundant es detecta en observatoris rurals, 107,9 mm, mentre que les pluges més dèbils són a l'àrea urbana, 88,1 mm. Així l'efecte urbà implica que les

pluges més fortes es produeixen en zones rurals i a sotavent, mentre que al nucli urbà de Girona la pluja és menys intensa.

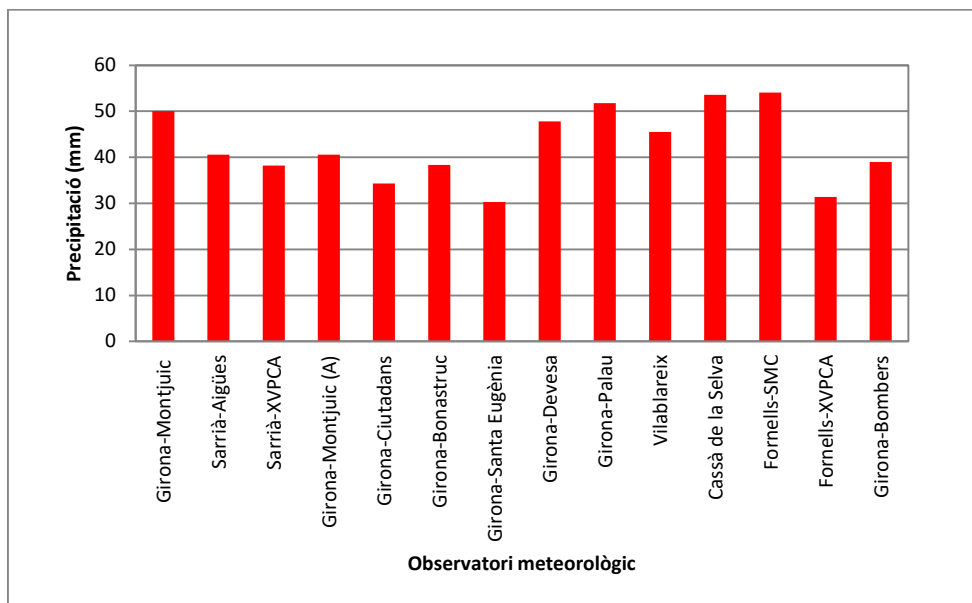


Figura 6.96 Precipitació màxima en 60 minuts dels observatoris de l'àrea urbana de Girona.

L'àrea urbana de Girona presenta sovint aiguats amb precipitacions superiors a 20 mm/hora, no obstant a la zona rural de sobrevent tenim les pluges més intenses de Girona i rodalia si considerem intervals de temps horaris. La màxima intensitat de la precipitació es va produir a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC el 27 d'octubre de 2011 quan es van recollir 54,1 mm en una hora. La distribució de la precipitació màxima en 24 hores és força anàrquica, així hi ha llocs de sobrevent de l'àrea urbana amb quantitats relativament modestes, és el cas de Fornells de la Selva-XVPCA, 31,4 mm, mentre que molt a prop tenim el màxim de Fornells de la Selva-SMC, amb 54,1 mm. En general però s'observa un augment de la intensitat de la precipitació al sud de l'àrea urbana, per tant a sobrevent, ja que tenim 3 observatoris amb valors superiors a 50 mm (Girona-Palau., Fornells de la Selva-XVPCA i Cassà de la Selva-SMC), mentre a sotavent només tenim una estació meteorològica amb 50 mm, Girona-Montjuïc, que va tenir un fort aiguat el 12 de novembre de 1999.

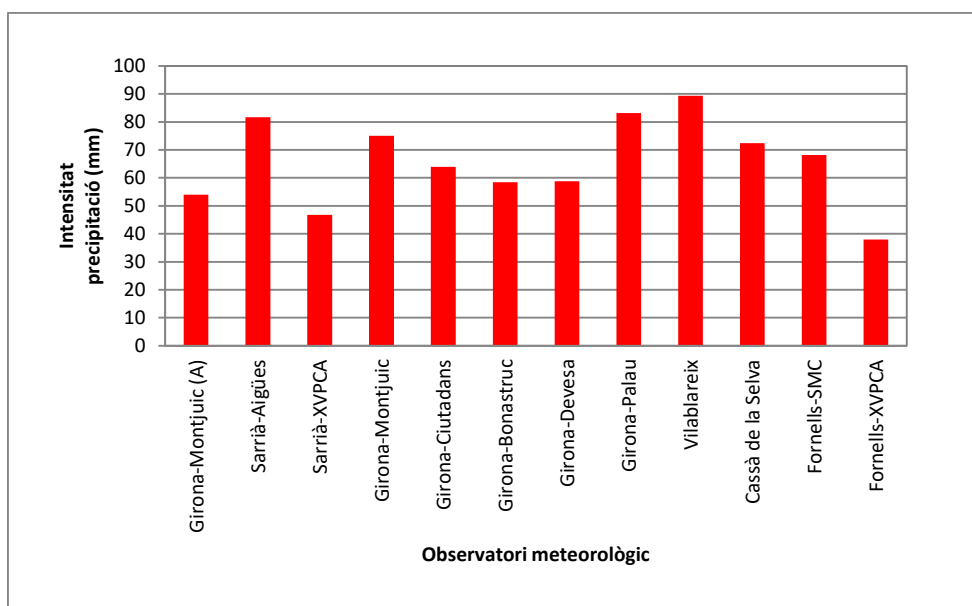


Figura 6.97 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 30 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona.

El Servei Meteorològic de Catalunya emet avisos de situació meteorològica de perill de llindar baix quan la precipitació supera els 20 mm en 30 minuts (intensitat de 40 mm/hora) i de llindar alt quan es superen els 40 mm en aquest interval temporal. A l'àrea urbana de Girona només s'ha superat el màxim llindar de intensitat (categoria 2) a 3 observatoris, Sarrià de Ter-Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, Girona – Palau-Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter i Vilablareix-SMC.- El màxim s'ha produït a Vilablareix, 89,4 mm/h, després a Palau, 83,2 mm/h i finalment a Sarrià de Ter, 81,6 mm/h. S'ha de remarcar però que en observatoris propers a aquests la intensitat màxima enregistrada en aquest interval temporal és força més baixa. Així tenim 68,2 mm/h a Fornells de la Selva-SMC, en canvi Fornells de la Selva-XVPCA, al centre del poble només va tenir un aiguat de 38 mm/h en el període 1994-2001. De la mateixa manera Sarrià de Ter-XVPCA presenta una intensitat màxima de 46,8 mm/h en el període 1992-2003.

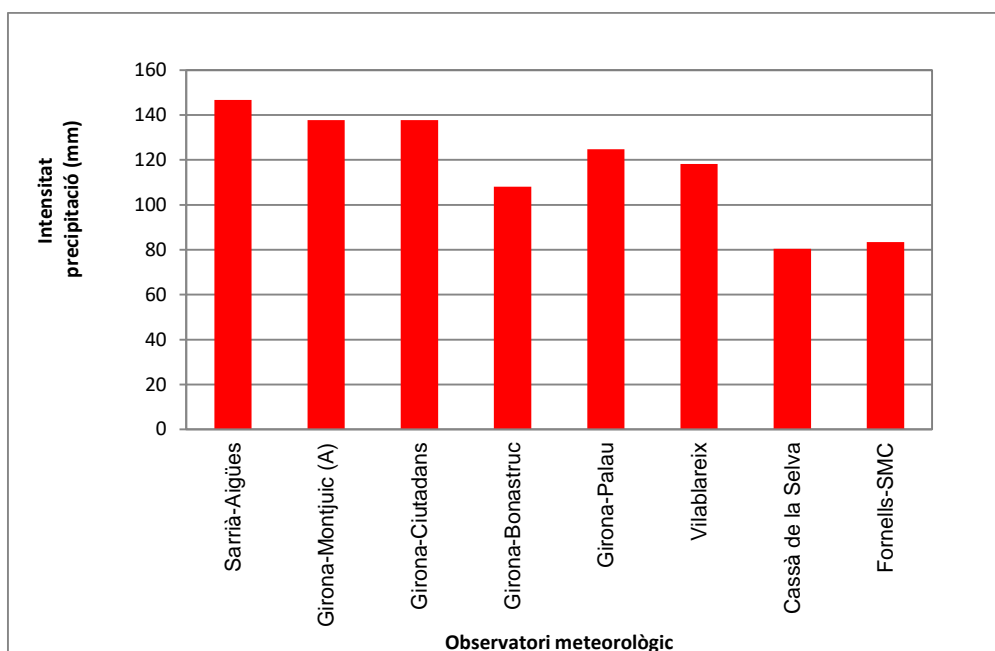


Figura 6.98 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 10 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes d'observació.

Aclariment: A (Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter)

L'efecte urbà en la precipitació no és gaire clar pel que fa als intervals temporals iguals o superiors a 30 minuts, on tenim el màxim de intensitat a sobrevent de la ciutat de Girona, mentre que en intervals temporals més petits sí que s'observa una major intensitat de precipitació a sotavent de l'àrea urbana. S'ha de remarcar que les estacions amb menor intensitat són Cassà de la Selva-SMC, 80,4 mm/h i Fornells de la Selva-SMC, 83,4 mm/h. D'altra banda els indrets amb major intensitat se situen a sotavent i a l'àrea indiferent, aquests són els casos de Sarrià de Ter-Aigües, 146,6 mm/h i Girona-Montjuïc-Aigües i Girona-Ciudadans amb 137,8 mm/h, els dos primers observatoris estan a sotavent i el tercer a l'àrea indiferent, al centre de Girona. L'estació amb major intensitat de la meitat sud de la zona urbana és Girona-Palau, 124,8 mm/h, i en següent lloc tenim Vilablareix amb 118,2 mm/h.

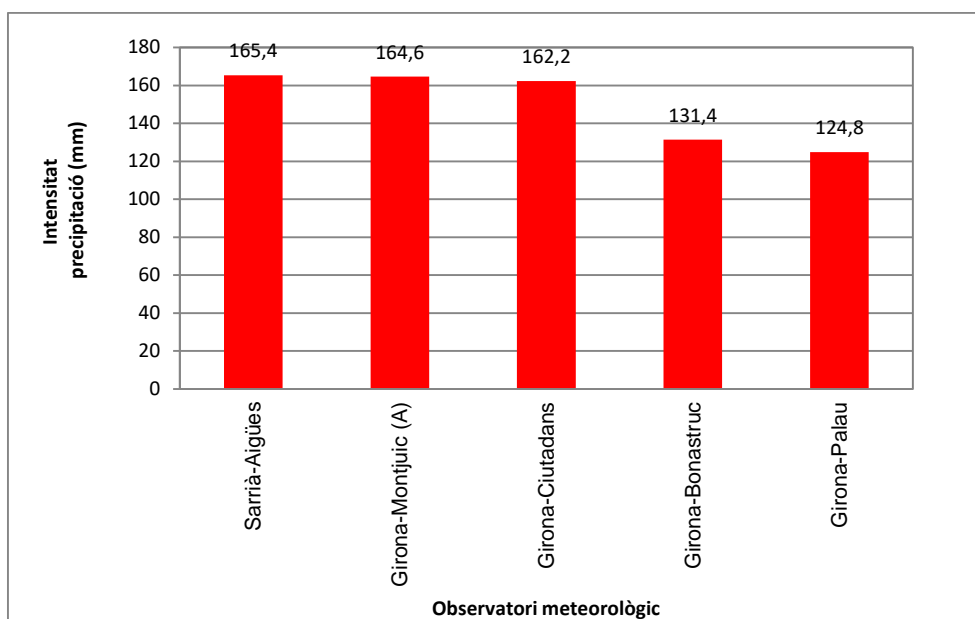


Figura 6.99 Intensitat de precipitació màxima per hora recollida en 5 minuts pels observatoris de l'àrea urbana de Girona. Diferents períodes de minuts d'observació.

Si en l'interval temporal de 10 minuts hi ha un clar contrast entre la zona de sotavent (amb una major intensitat pluviomètrica) i l'àrea de sobrevent (amb una menor intensitat pluviomètrica), aquest desequilibri en la intensitat de la precipitació s'incrementa pel que fa als intervals de 5 minuts on augmenta la preponderància de la zona de sotavent respecte la franja de sobrevent. L'estació més plujosa és Sarrià de Ter-Aigües amb 165,4 mm/h., després tenim Girona-Montjuïc, 164,6 mm/h, ambdós observatoris situats a sotavent, i a l'últim lloc trobem un observatori de sobrevent, Girona-Palau, amb només 124,8 mm/h. Les estacions situades al centre urbà de Girona enregistren una intensitat intermèdia entre sobrevent i sotavent, essent més elevada a Girona-Ciudadans, 162,2 mm/h, i més baixa a Girona-Bonastruc, 131,4 mm/h.

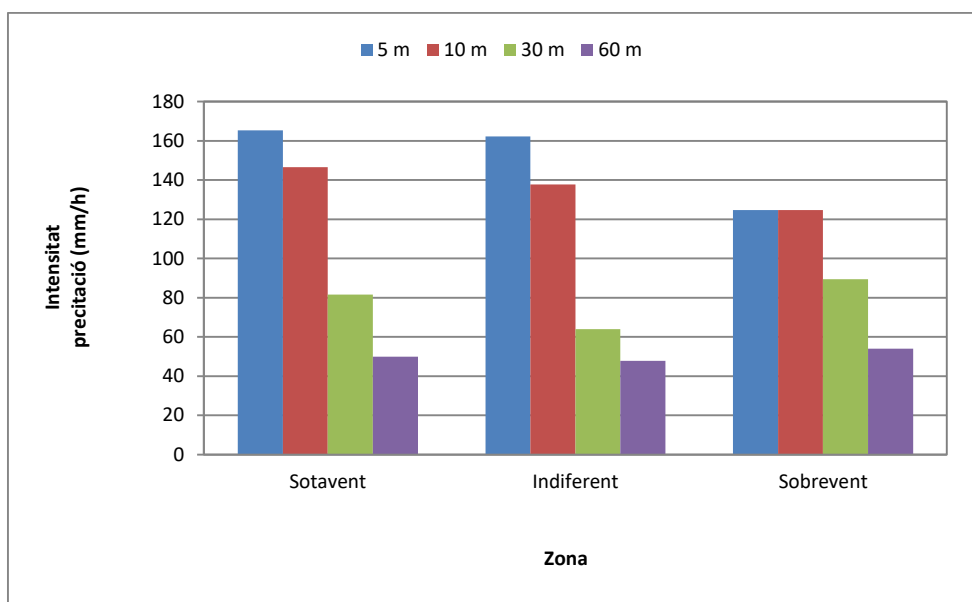


Figura 6.100 Intensitat més elevada de la precipitació màxima per hora recollida en diferents intervals temporals pels observatoris de l'àrea urbana de Girona.

L'efecte urbà en la precipitació s'hauria de palesar teòricament en un increment de la intensitat de les pluges a sotavent de l'àrea urbana. Si observem la gràfica hi ha un efecte urbà molt clar en els intervals temporals curts (5 i 10 minuts), mentre que en canvi per períodes més dilatats la zona de sobrevent és la més plujosa. D'altra banda el comportament del centre urbà de Girona (zona indiferent) s'assembla més al patró de la zona de sotavent respecte sobrevent. Hi ha un predomini de les intensitats elevades per intervals curts temporals (5 i 10 minuts) per observatoris de sotavent i en canvi les intensitats són relativament baixes per períodes temporals curts a sobrevent i més grans que a sotavent per períodes temporals llargs (30 i 60 minuts). La zona indiferent que comprèn el centre urbà de Girona i en general la zona latitudinalment intermèdia (Salt i Girona-Santa Eugènia) presenta unes intensitats relativament baixes per períodes de 60 minuts, són les més baixes de l'àrea urbana amb només 37,7 mm/h, mentre en canvi se superen els 40 mm/h a sotavent i sobrevent.

Taula 6.21 Intensitat de la precipitació (mm/h) màxima i mínima en diferents intervals de temps subdiaris i diaris en diferents observatoris. Diferents períodes d'observació

	5 minuts	10 minuts	30 minuts	60 minuts	24 hores
Màxim	165,4	155,6	88,6	49,4	139,4
Observatori	Sarrià de Ter-Aigües	Girona-Montjuïc-Aigües	Sarrià de Ter-Aigües	Cassà de la Selva-SMC	Girona-la vall de Sant Daniel
Mínim	124,8	117,7	45,1	35,4	70,0
Observatori	Girona-Palau-Aigües	Girona-Bonastruc	Fornells de la Selva (XVPCA)	Fornells de la Selva (XVPCA)	Aeroport de Girona

Els valors extrems de les precipitacions en diferents intervals de temps segons les estacions ens mostren valors més elevats a sotavent i en àrees suburbanes en els trams temporals més curts, Girona-Montjuïc-Aigües enregistra les intensitats més elevades en els intervals de 10 minuts, 156,6 mm/h, mentre que Sarrià de Ter-Aigües té la intensitat més alta en el tram dels 30 minuts, 88,6 mm/h i en 5 minuts, 165,4 mm/h. En canvi Girona-Palau, que és una estació de sobrevent, enregistra la intensitat més baixa en l'interval de 5 minuts, 124,8 mm/h, mentre que Girona-Bonastruc dona la

intensitat més baixa en el tram dels 30 minuts, 117 mm/h. Hi ha una disparitat de valors en la distribució dels valors extrems de les intensitats dels intervals de 30 minuts, 60 minuts i 24 hores. Així hi ha una estació de sobrevent que enregistra la intensitat més elevada en 60 minuts, Cassà de la Selva, 49,4 mm, però també dues estacions de sobrevent donen les intensitats més baixes, Fornells de la Selva-XVPCA i l'aeroport de Girona. Sarrià de Ter enregistra la intensitat més elevada en 30 minuts, 88,6 mm/h, i Girona-Sant Daniel té la precipitació probable més elevada en 24 hores, 139,4 mm. En resum les estacions de sotavent són les que enregistren la major part de les intensitats més elevades de precipitació i els observatoris de sobrevent les que presenten intensitats més baixes, tot i que algunes tenen valors elevats de intensitat.

Malgrat i que la major precipitació estiuenca es dona a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües, el màxim de freqüència relativa convectiva de les tempestes amb precipitació diària igual o superior a 30 mm es dona a l'observatori de Celrà, amb un 16 % respecte el total, mentre que a l'estació meteorològica de Sarrià de Ter-Aigües només el 4,2 % dels dies enregistra el màxim diari de les precipitacions elevades. No trobem una explicació a aquesta anomalia, no obstant, si analitzem altres màxims secundaris del conjunt d'observatoris s'observa un màxim de la freqüència de dies amb precipitació intensa als observatoris de sobrevent, l'aeroport de Girona (8,3 %), Fornells de la Selva-SMC (8,3 %) i Cassà de la Selva-SMC (10,6 %). La distribució del màxim principal i dels màxims secundaris ens assenyala una màxima influència de l'efecte urbà en la precipitació convectiva en observatoris rurals o suburbans força allunyats del centre urbà de Girona. Per tant, aquesta gràfica ens mostraria com les tempestes diàries amb una elevada precipitació són molt més freqüents en àrees relativament allunyades del centre de Girona respecte les estacions més properes al centre urbà. Una hipòtesi alternativa a l'efecte urbà en la precipitació és que les tempestes més efectives pel que fa a la precipitació acumulada es produeixen en parts allunyades del centre de Girona ja que el moviment de les cèl·lules de les precipitacions convectives implica una persistència més elevada de la intensitat elevada de la precipitació en les àrees perifèriques de la zona urbana de Girona.

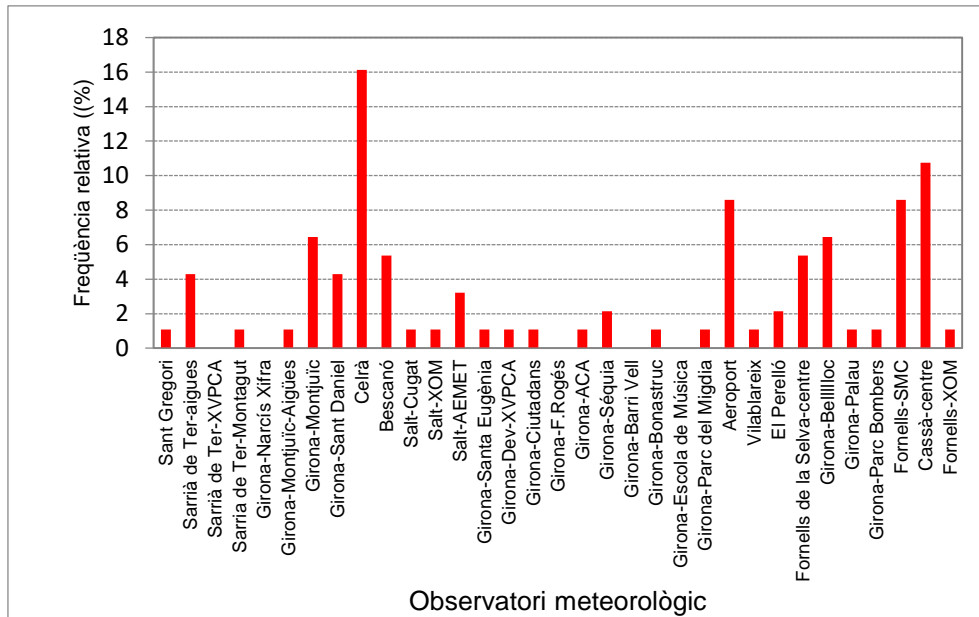


Figura 6.101 Freqüència relativa de l'observatori amb la màxima precipitació convectiva diària ≥ 30 mm en relació amb totes les tempestes del període 1998-2014.

La gràfica de la freqüència relativa de la màxima precipitació convectiva ens mostra uns majors percentatges de la màxima precipitació convectiva diària en observatoris situats a sobrevent i en sòl suburbà (amb un 46,2 % i 61,3 % respecte el total de les tempestes del període 1998-2014) i un menors percentatges als centres dels municipis de Salt i Girona, que són els observatoris urbans, amb un 7,5 %, i també en la zona indiferent, amb un 19,4 %. La zona indiferent comprèn tant els observatoris del centre urbà de Girona com els situats en una latitud similar a la del centre de Girona. Per tant la màxima precipitació convectiva diària intensa es dona molt menys sovint al centre de Girona respecte altres àrees situades al sud i nord de l'àrea urbana (sobrevent i sotavent), mentre que el màxim relatiu de l'àrea suburbana es deu a l'importància relativa de l'observatori de Celrà, que és una estació meteorològica on té un màxim rellevant en aquest tipus de precipitacions convectives.

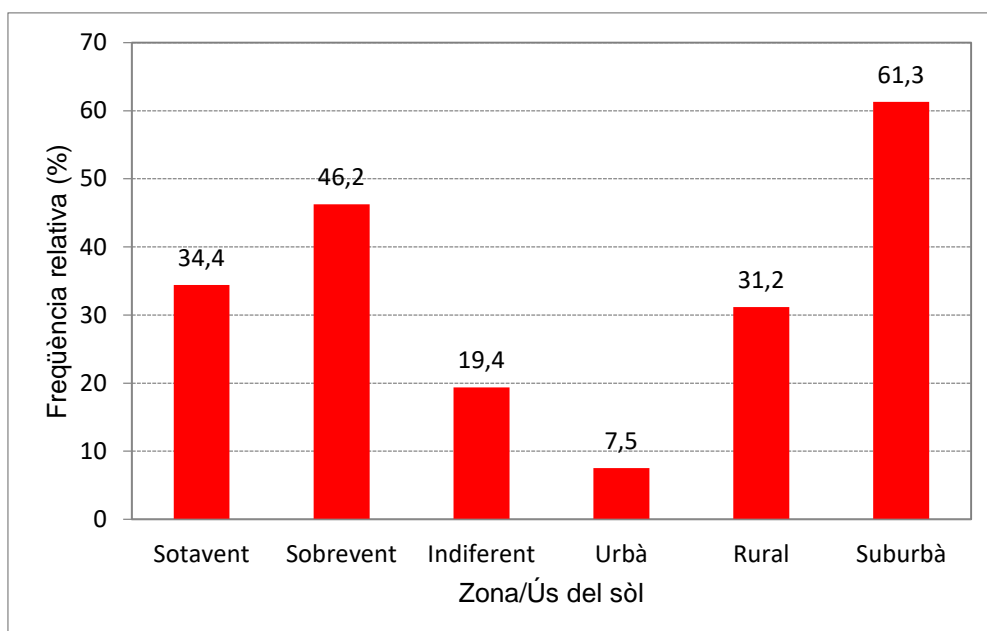


Figura 6.102 Freqüència relativa de la màxima precipitació convectiva diària ≥ 30 mm en relació amb totes les tempestes del període 1998-2014 segons l'ús del sòl i la zona en relació amb el vent en superfície a l'aeroport de Girona.

La distribució per municipis de la precipitació convectiva diària igual o superior a 30 mm ens mostra com a la ciutat de Girona amb un nombre d'observatoris molt més elevat que a la resta de municipis de l'àrea urbana té una freqüència del màxim de precipitació (20,4 %) que no és gaire superior al d'altres municipis amb només un observatori, com és el cas de Celrà (16,1 %) o 2 observatoris, Fornells de la Selva, 17,2 %, o Cassà de la Selva, 10,8 %. En canvi a Sarrià de Ter on s'observa la màxima precipitació mitjana estiuenca de tota l'àrea urbana a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües només té el 5,4 % del total de dies amb màxima precipitació estiuenca. No hi ha per tant una bona relació entre la freqüència relativa de la precipitació màxima i la precipitació mitjana estiuenca, mentre que la precipitació mitjana estiuenca és més elevada al nord, a Sarrià de Ter, si exceptuem la ciutat de Girona, la freqüència relativa màxima és més elevada en un municipi del nord-est (Celrà) i en un municipi de sobrevent, del sud-est (Fornells de la Selva) on les precipitacions estiuenques són inferiors respecte a Sarrià, sobretot a Fornells de la Selva.

La precipitació urbana

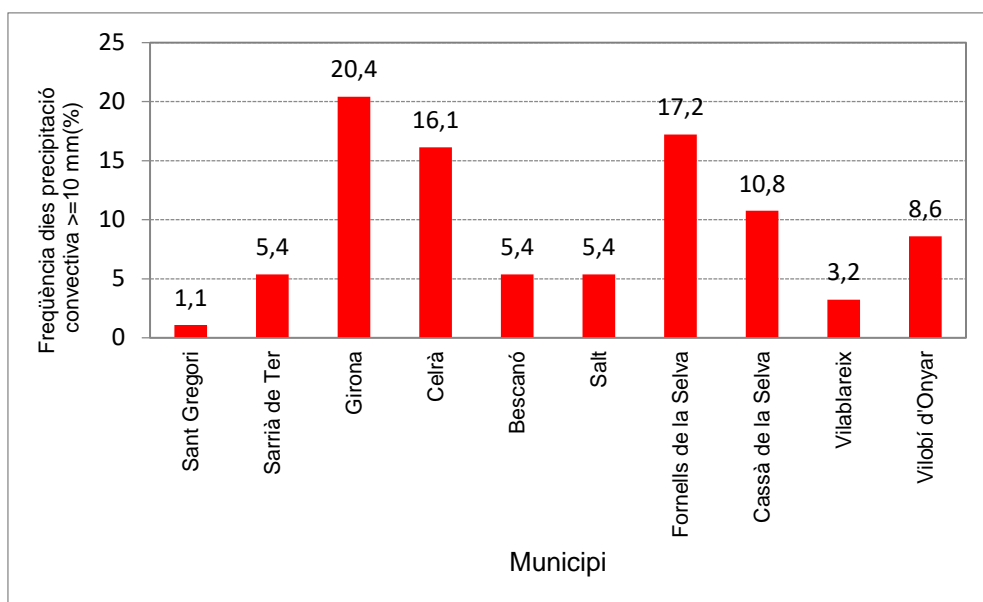


Figura 6.103 Freqüència relativa del nombre de dies de precipitació convectiva diària igual o superior a 30 mm per municipi respecte el total de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

La taula de la freqüència del màxim de les tempestes per observatori amb quantitat de precipitació diària igual o superior a 10 mm ens dona uns resultats molt similars a la distribució de la precipitació igual o superior a 30 mm, amb un màxim nombre de dies a Celrà, 15 dies, un màxim secundari a Cassà de la Selva-centre, 10 dies, i l'observatori amb el 3r màxim a Fornells de la Selva-SMC, 8 dies.

Taula 6.22 Freqüència absoluta i relativa del màxim de les tempestes diàries amb precipitació igual o superior a 10 mm per observatori. Àrea urbana de Girona.

Observatori meteorològic	Freqüència absoluta (dies)	Freqüència. relativa (%)
Sant Gregori	1,0	1,1
Sarrià de Ter-Aigües	4,0	4,4
Sarrià de Ter-XVPCA	0,0	0,0
Sarria de Ter-Montagut	1,0	1,1
Girona-Narcís Xifra	0,0	0,0
Girona-Montjuïc-Aigües	1,0	1,1
Girona-Montjuïc	6,0	6,6
Girona-Sant Daniel	4,0	4,4
Celrà	15,0	16,5
Bescanó	5,0	5,5
Salt-Pl. St. Cugat	1,0	1,1
Salt-XOM	1,0	1,1
Salt-AEMET	3,0	3,3
Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC)	1,0	1,1
Girona-Devesa-XVPCA	1,0	1,1
Girona-Ciudadans	1,0	1,1
Girona-F.Rogés	0,0	0,0
Girona-ACA	1,0	1,1
Girona-Séquia	2,0	2,2
Girona-Barri Vell	0,0	0,0
Girona-Bonastruc	1,0	1,1

Girona-Escola de Música	0,0	0,0
Girona-Parc del Migdia	1,0	1,1
Aeroport de Girona	6,0	6,6
Vilablareix-SMC	1,0	1,1
El Perelló (Vilablareix)	2,0	2,2
Fornells de la Selva-centre	5,0	5,5
Girona-Bell-lloc	6,0	6,6
Girona-Palau	1,0	1,1
Girona-Parc Bombers	1,0	1,1
Fornells de la Selva-SMC	8,0	8,8
Cassà-centre	10,0	11,0
Fornells-XOM	1,0	1,1

Malgrat que la precipitació mitjana és més elevada a sotavent, especialment a l'estiu, respecte sotavent, la precipitació mitjana és clarament inferior a la zona de sotavent (18,7 mm) respecte la zona de sobrevent (29,0 mm) en els dies amb precipitació convectiva en què la precipitació màxima iguala o supera els 30 mm. Fins i tot, la zona indiferent, que inclou el centres urbans de Girona i Salt i indrets propers com l'observatori de Girona-Hortes de Santa Eugènia o Bescanó, enregistra una precipitació mitjana lleugerament superior (20,0 mm). Hi ha varies causes que justifiquen aquesta anomalia, en alguns observatoris de sotavent, com Sarrià de Ter-XVPCA sovint la precipitació és molt dèbil en dies amb pluja intensa en comparació amb la resta d'observatoris, d'altra banda, hi ha dies en què la precipitació convectiva està molt focalitzada a la zona de sobrevent, mentre que l'àrea de sotavent queda al marge, i això implica unes precipitacions molt inferiors. D'altra banda, hi ha la possibilitat que hi hagi errors en la digitalització de les dades, i també poden haver-hi llacunes que produeixin una inhomogeneïtat en els resultats de la comparació de les precipitacions de sotavent i sobrevent. En tot cas, la precipitació mitjana segons les zones amb ús del sòl assenyala uns resultats molt significatius. Les precipitacions convectives amb precipitació abundant tenen una mitjana de la precipitació molt superior a la zona rural (33,1 mm) respecte la zona urbana (14,7 mm). Hi hauria per tant una supressió de la precipitació per efecte de la contaminació o una menor quantitat de vapor d'aigua al sòl com a conseqüència de l'illa de calor durant les tempestes fortes als centres urbans de Girona i Salt, mentre que en canvi hi hauria un increment de la precipitació en zones rurals. Els observatoris suburbans tenen una mitjana de la precipitació (22,6 mm) equidistant entre les dues àrees, la rural i la urbana.

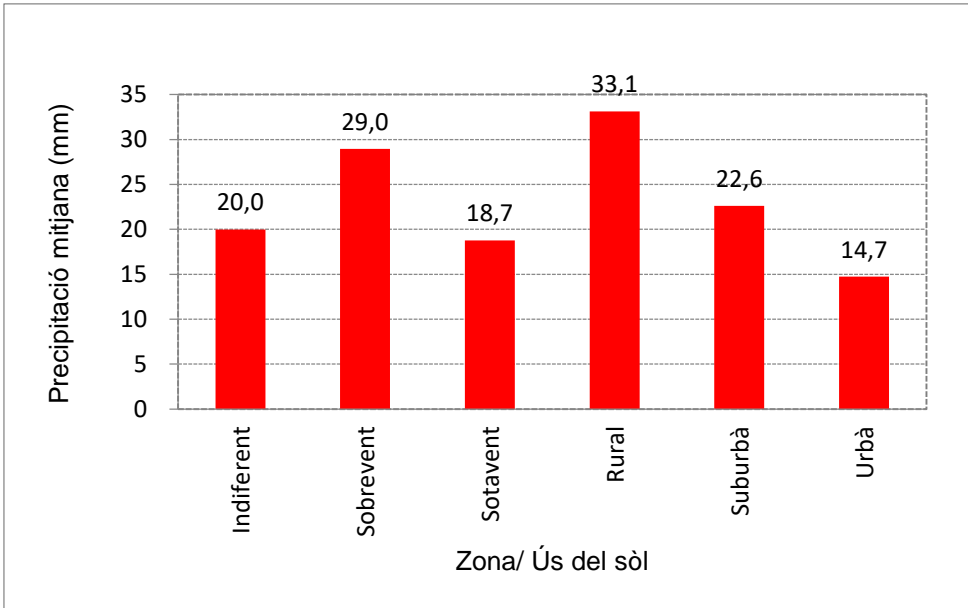


Figura 6.104 Precipitació mitjana diària de diferents zones i usos del sol del dia quan la precipitació màxima convectiva iguala o supera els 30 mm en algun observatori de l'àrea d'estudi..Període 1998-2014.

El dia 7 d'agost de 2014 el màxim pluviomètric 5 minutal es va produir a Vilablareix-SMC, amb 8 mm/5 minuts. Va ser una tempesta que va afectar tangencialment l'àrea urbana, ja que aquest indret fou l'únic lloc on la intensitat 5 minutal va superar els 60 mm/h, els altres observatoris van tenir intensitats molt inferiors excepte Girona-Santa Eugènia, amb 4,6 mm/h. Un altre observatori amb una intensitat remarcable fou Girona-Ciutadans amb 3,38 mm/5 minuts.

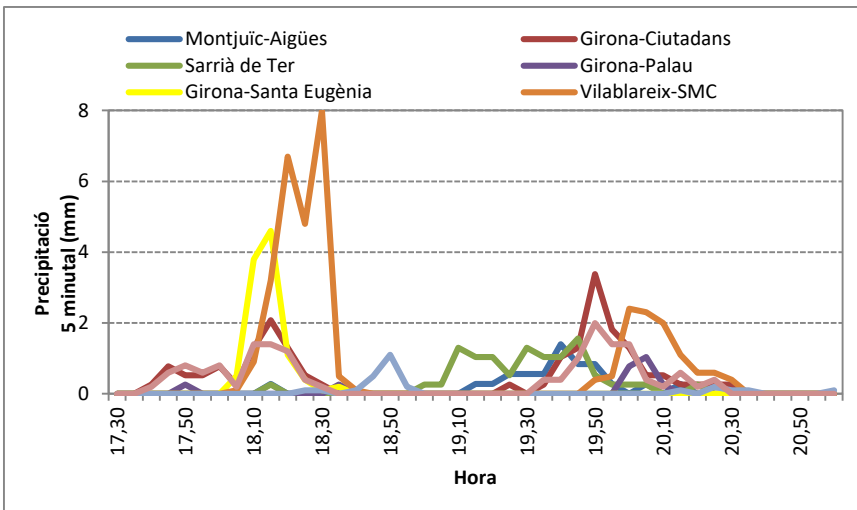


Figura 6.105 Precipitació 5 minutal a diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 7 d'agost de 2014.

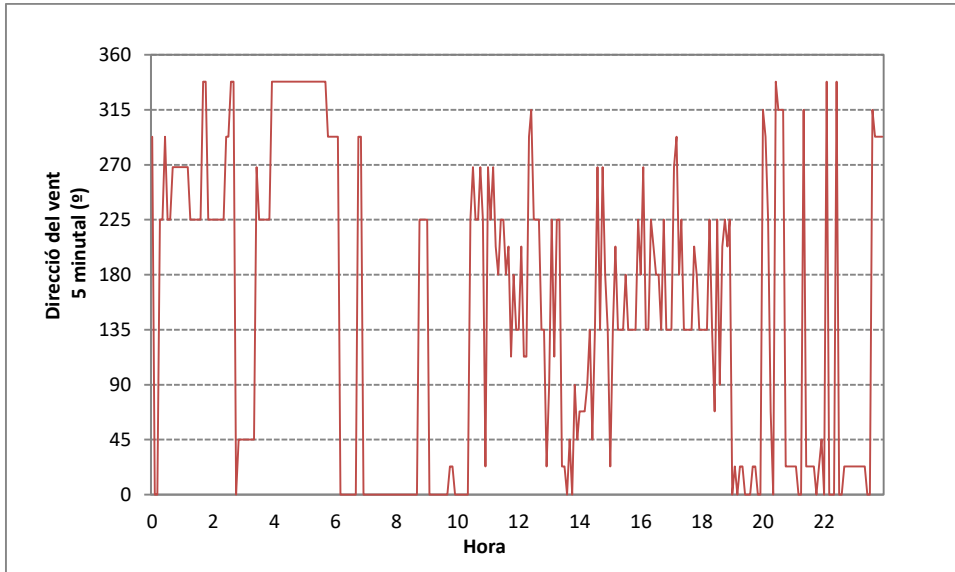


Figura 6.106 Direcció del vent 5 minutal a Girona-Bonastruc. Dia 7 d'agost de 2014. Direcció mitjana del vent: 146,2° (vent de SE).

La direcció mitjana del vent de l'observatori de Girona-Bonastruc durant el dia 7 d'agost de 2014 fou del SE (146°), el màxim de intensitat es va produir a Vilablareix, al SW de la ciutat, per tant en una àrea indiferent, no es pot afirmar per tant que en aquest dia hi hagués un efecte urbà positiu en la precipitació.

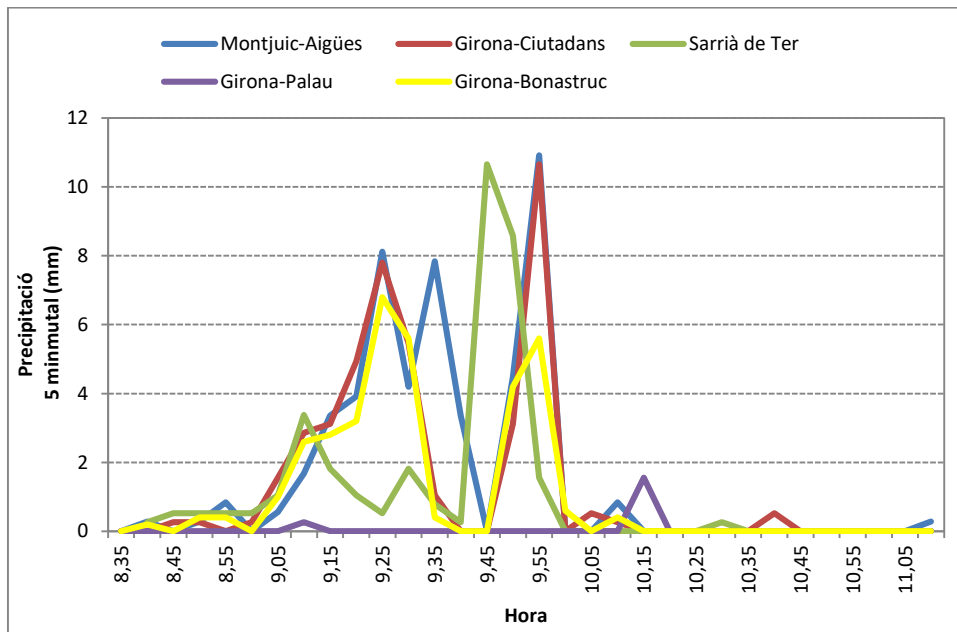


Figura 6.107 Precipitació 5 minutal a diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 22 d'agost de 2014.

La precipitació 5 minutal del dia 22 d'agost de 2014 és màxima en tres tongades, en tres tempestes que es van produir al matí i a la tarda, aquestes dues últimes estan separades per dues hores. La precipitació va ser molt intensa però poc persistent en la tempesta del matí en els diferents observatoris meteorològics, la qual cosa assenyala un ràpid moviment de les cèl·lules convectives empeses pel vent. Els màxims pluviomètrics es van donar a l'àrea de sotavent d'acord amb el vent en superfície, però que en aquest dia és de sotavent, tenint en compte el moviment de les cèl·lules convectives, NW-SE. El màxim es dona a l'observatori de Girona-Montjuic-Aigües a

les 9,55 hores, 10,6 mm/5 minuts, Mentre que a Girona-Ciutadans a la zona indiferent la precipitació màxima és de 10,5 mm en 5 minuts. D'altra banda a Sarrià de Ter-Aigües la precipitació màxima és de 1,3 mm en 5 minuts. S'ha de remarcar que la precipitació intensa no va afectar a l'observatori situat a Fornells de la Selva (pertanyent a l'SMC) ni a Vilablareix-SMC. Per tant, malgrat que en aquest dia són estacions que es poden considerar com a sotavent d'acord amb el moviment de les tempestes, la major intensitat pluviomètrica es dona a sobrevent de la ciutat. En un observatori de la ciutat de Girona situat a sotavent, al sud de Girona, l'observatori de Girona-Palau, la precipitació màxima 5 minutal només va ser de 1,7 mm en 5 minuts, la qual cosa recolza la hipòtesi que les tempestes d'aquest matí no tenen la màxima intensitat a la zona de sotavent, d'acord amb el moviment de les tempestes, sinó a la zona de sobrevent.

La màxima intensitat 5 minutal de les tempestes de la tarda es va produir en la primera tempesta, a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües, amb una precipitació màxima 5 minutal de 10,1 mm/5 entre les 16,05 i 16,10 hores. Aquesta primera tempesta només va afectar el nord de l'àrea urbana de Girona, la zona de sotavent, en els observatoris de sobrevent i del centre de Girona (Girona-Bonastruc i Girona-Ciutadans) no va ploure o només ho va fer molt feblement a Girona-Bonastruc, com s'observa a la gràfica. Un altre observatori en què va ploure molt en la primera tempesta fou Girona-Montjuïc-Aigües, amb un màxim de precipitació 5 minutal de 6,2 mm en la franja horària entre les 15,50 i les 15,55 hores. Com la tempesta només va afectar el nord de l'àrea urbana de Girona probablement les cèl·lules convectives tenien el moviment NW-SE, i l'àrea teòricament de sotavent tenint en compte el vent en superfície realment era de sobrevent, ja que les cèl·lules convectives circulaven en primer lloc per la part nord de l'àrea urbana de Girona. D'altra banda, en la segona tempesta el primer observatori on es dona el primer màxim de la precipitació està situat al SW de l'àrea urbana (Vilablareix-SMC). La precipitació màxima 5 minutal de Vilablareix-SMC fou clarament inferior al màxim pluviomètric d'un observatori de la primera tempesta, 5,6 mm/5 minuts. La precipitació va afectar més observatoris en aquesta segona tempesta, amb intensitats similars i lleugerament inferiors als 5 mm/5 minuts, amb l'excepció de Girona-Bonastruc, amb una precipitació màxima de 2,2 mm/5 minuts.

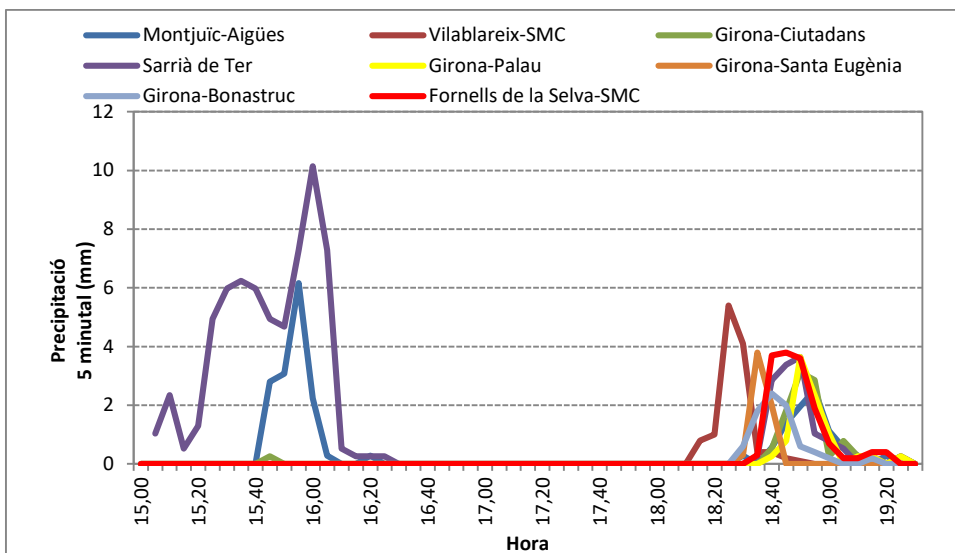


Figura 6.108 Precipitació 5 minutal a diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 22 d'agost de 2014.

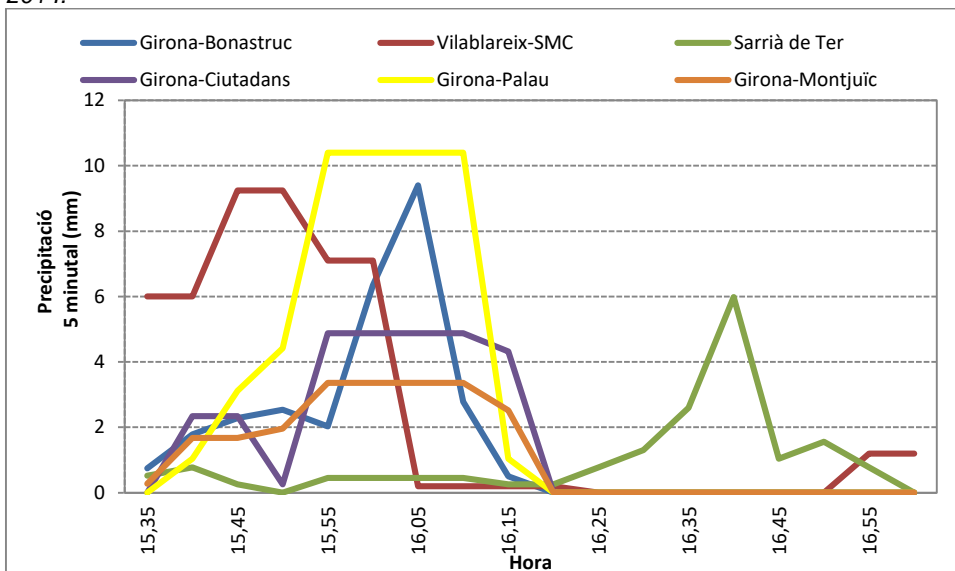


Figura 6.109 Precipitació 5 minutal a diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 6 de juliol de 2006.

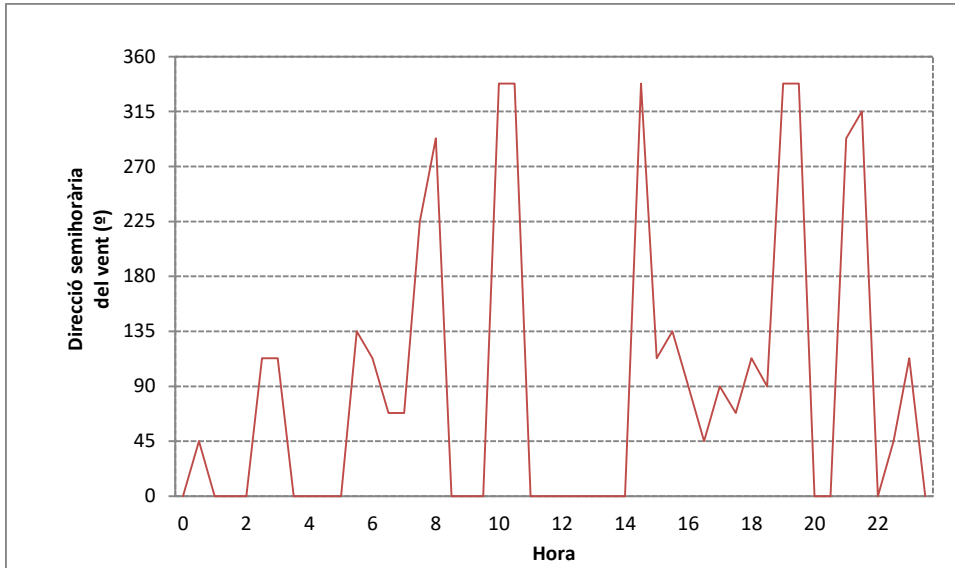


Figura 6.110 Direcció semihorària del vent. 6 de juliol de 2006. Girona-IES Vicens Vives.

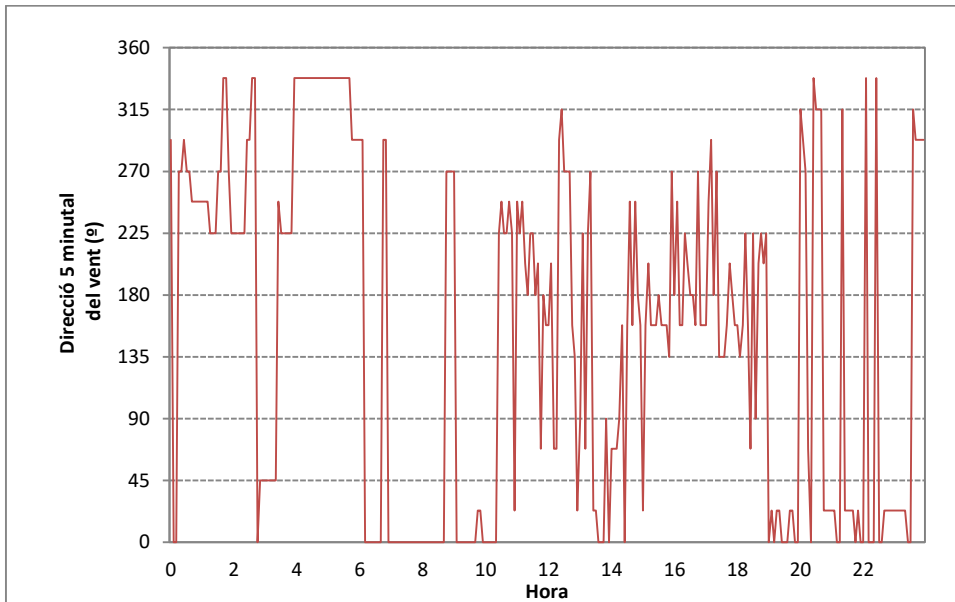


Figura 6.111 Direcció 5 minutal del vent. 7 d'agost de 2014. Girona-Bonastruc.

El dia 10 d'octubre de 1994 tenim una advecció del sud-est, tenim un flux d'aire mediterrani que va provocar que un sistema convectiu de mesoescala es desplaci per la part litoral i prelitoral de Catalunya en un sentit SW-NE i donés precipitacions torrencials, fins a 410 mm a Alforja (Baix Camp). La precipitació semihorària més intensa es va produir a Sarrià de Ter-XVPCA, amb 21,7 mm a les 14,30 hores, la tempesta es desplaçava de SW a NE, perquè mitja hora abans Fornells de la Selva-XVPCA té un màxim secundari de precipitació, 17,2 mm a les 14 hores. D'altra banda a les 20 hores es va formar una 2^a tempesta amb un màxim de precipitació de 18,2 mm en 30 minuts a Fornells de la Selva-XVPCA, mentre en canvi a Sarrià de Ter només es va recollir 9,2 mm en aquest interval temporal. En 24 hores va ploure 104,2 mm a Sarrià de Ter i 114,6 mm a Fornells de la Selva-XVPCA, altres precipitacions foren els mm de Fornells de la Selva-centre, mm a l'aeroport de Girona, mm a Girona-Bell-lloc i 108 mm a Girona-IES Narcís Xifra

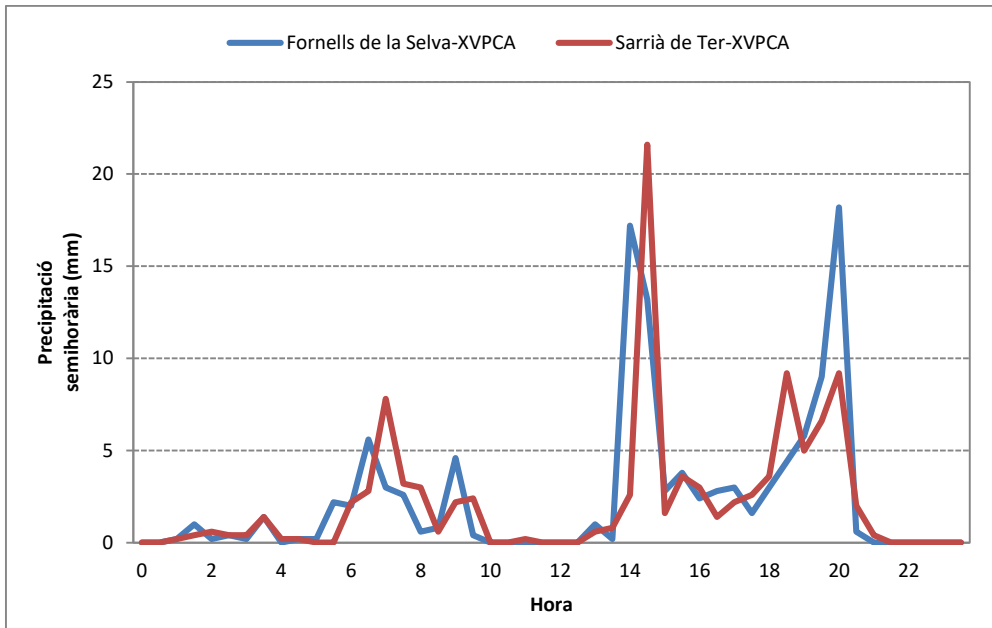


Figura 6.112 Precipitació semi-horària de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 10 d'octubre de 1994.

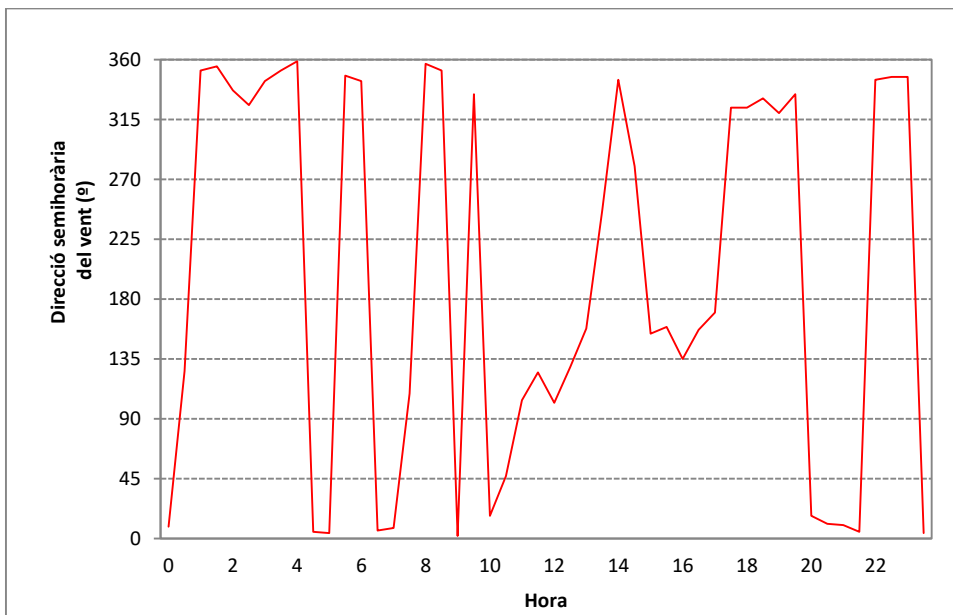


Figura 6.113 Direcció del vent semi-horària de Sarrià de Ter-XVPCA. 10 d'octubre de 1994. Direcció del vent mitjana: 197° (vent del S).

Si tenim en compte la precipitació diària no tenim un efecte urbà positiu ja que la precipitació fou més elevada a sobrent (Fornells) que a sotavent (Sarrià de Ter), però si tenim en compte la intensitat màxima semi-horària si que hi ha un efecte urbà positiu, ja que el màxim es dona a sotavent. Per tan tés difícil en aquest dia assegurar que hi ha un efecte urbà positiu en la precipitació.

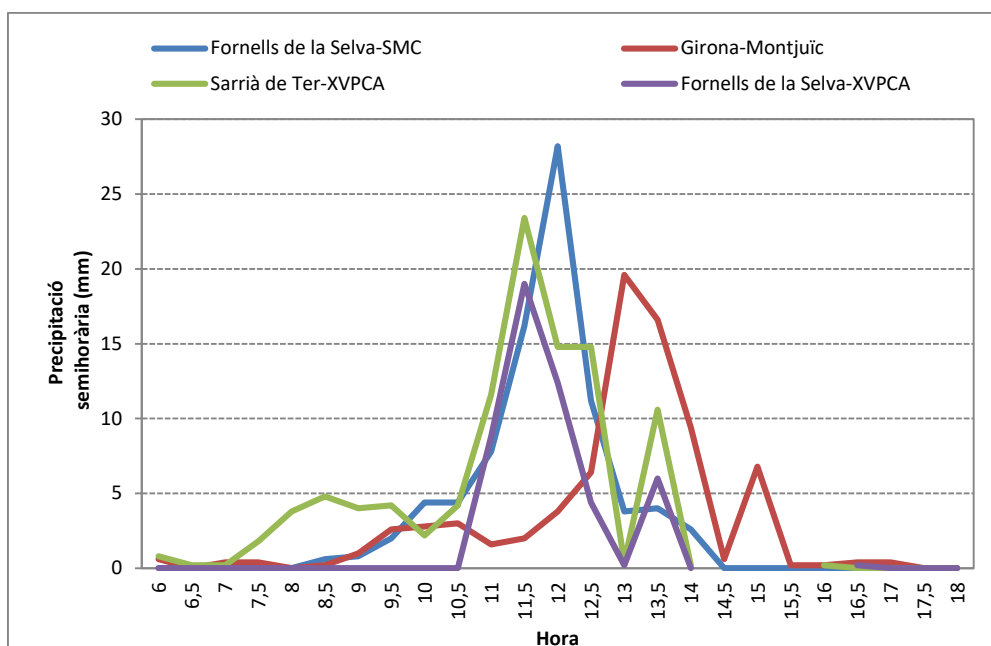


Figura 6.114 Precipitació semihorària de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 12 de novembre de 1999.

El màxim de precipitació semihorària del dia 12 de novembre de 1999 es va produir al sud de la ciutat, a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC, 28,2 mm en 30 minuts, el següent màxim es va donar a Sarrià de Ter, 23,4 mm en 30 minuts, en 3r lloc tenim Girona-Montjuïc amb 19,6 mm i l'estació amb menys precipitació es localitza al centre de Fornells, a l'observatori de Fornells de la Selva-XVPCA amb 19 mm. No sembla que hi hagi un desplaçament d'una única cèl·lula convectiva sinó de varies, ja que els màxims a sotavent estan separats (Sarrià de Ter té el màxim a les 11,30 hores i Girona-Montjuïc a les 13 hores), mentre a sotavent tenim el màxim a les 11,30 hores a Fornells de la Selva.-XVPCA i a les 12 hores a Fornells de la Selva-SMC. Sarrià de Ter fou l'indret on la precipitació fou més persistent ja que tenim altres màxims secundaris de precipitació apart del principal (12,30 i 13,30 hores). Estem en una situació d'advecció humida del SE amb el pas de diferents cèl·lules convectives que donaven xàfecs forts, de curta durada i que afecten a una poca extensió geogràfica. El vent va bufar de gregal molta estona i per tant la precipitació més elevada es va produir a sotavent de la ciutat, al sud d'aquesta, a Fornells de de la Selva, per tant hi ha un efecte urbà positiu en la precipitació.

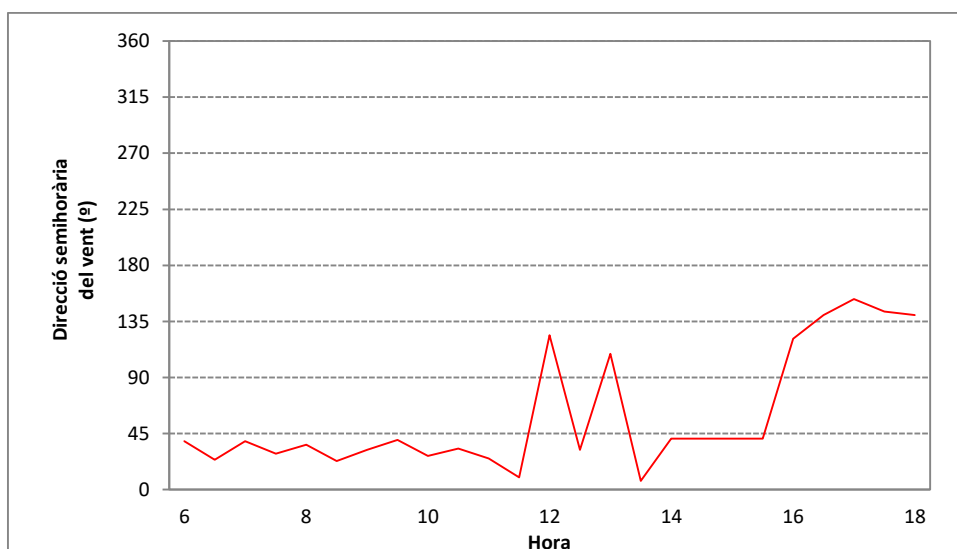


Figura 6.115 Direcció semihorària del vent de Fornells de la Selva-XVPCA. 12 de novembre de 1999. Direcció del vent mitjana: 39° (vent del NE).

El vent va bufar de gregal molta estona i com la precipitació més elevada es va produir a sotavent de la ciutat, al sud d'aquesta, Fornells de de la Selva, per tant hi ha un efecte urbà positiu en la precipitació.

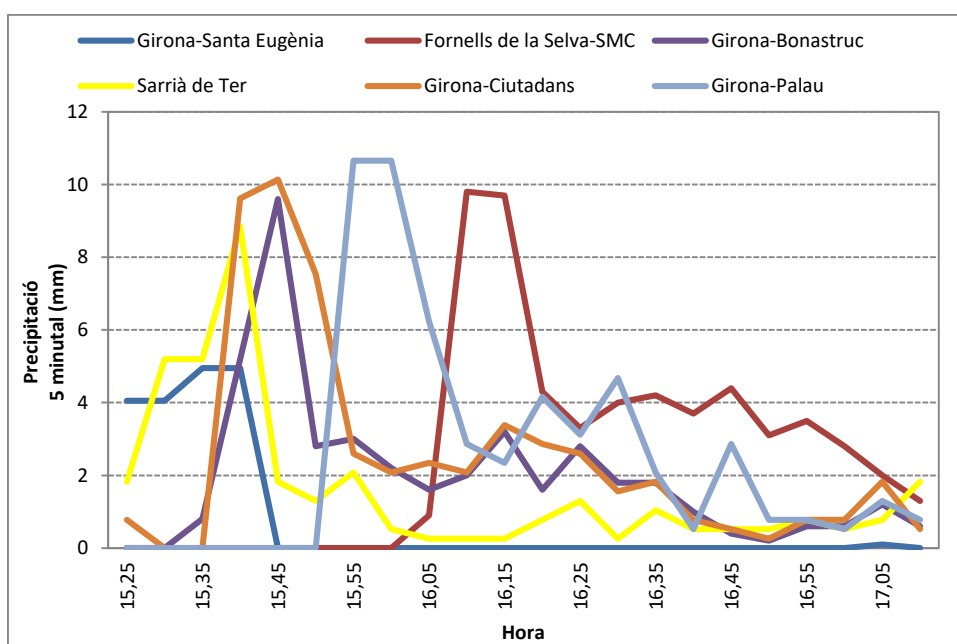


Figura 6.116 Precipitació 5 minutal de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 26 de juliol de 2011.

Els màxims de precipitació 5 minutal del 26 de juliol de 2011 foren respectivament de 10,66 mm a Girona-Palau, 10,14 mm a Girona-Ciudadans, 9,95 mm a Girona-Bonastruc i 8,84 mm a Sarrià de Ter-Aigües. S'observa com la precipitació es va desplaçar de N cap a S, ja que el màxim de precipitació es va donar abans al nord i centre de la ciutat (15,45 hores a Girona-Ciudadans i Sarrià de Ter-Aigües) i més tard al sud (Girona-Palau a les 15,55 hores, Fornells de la Selva-SMC a les 16,10 hores). La precipitació més dèbil es va produir prop del centre urbà, en una zona rural a l'oest del centre, a Girona-Sant Daniel amb 4,95 mm/5 minuts.

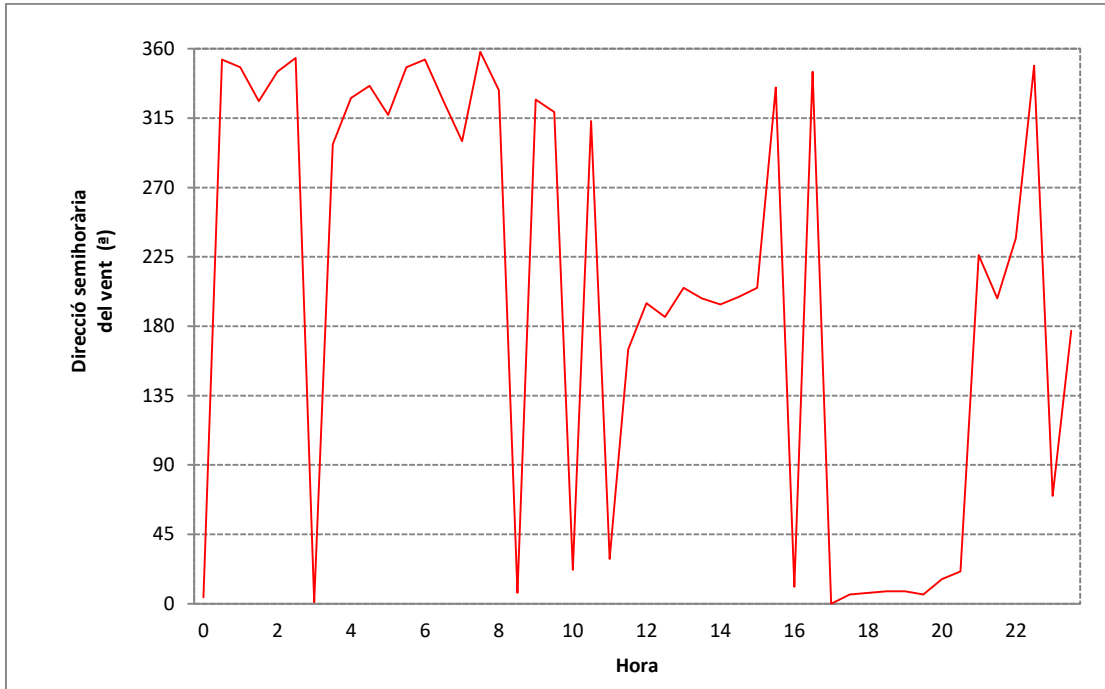


Figura 6.117 Direcció semihorària del vent de Girona-Escola de la Música. 26 de juliol de 2011. Direcció mitjana del vent: 256° (vent de l'W).

La direcció del vent va fluctuar molt el dia 26 de juliol de 2011, tot i això la direcció mitjana fou de 256°, vent de l'oest. Com es pot veure amb la gràfica de precipitació 5 minutal el desplaçament de la cèl·lula de precipitació no es correspon amb el vent de superfície sinó amb el vent en altura (700 hPa).

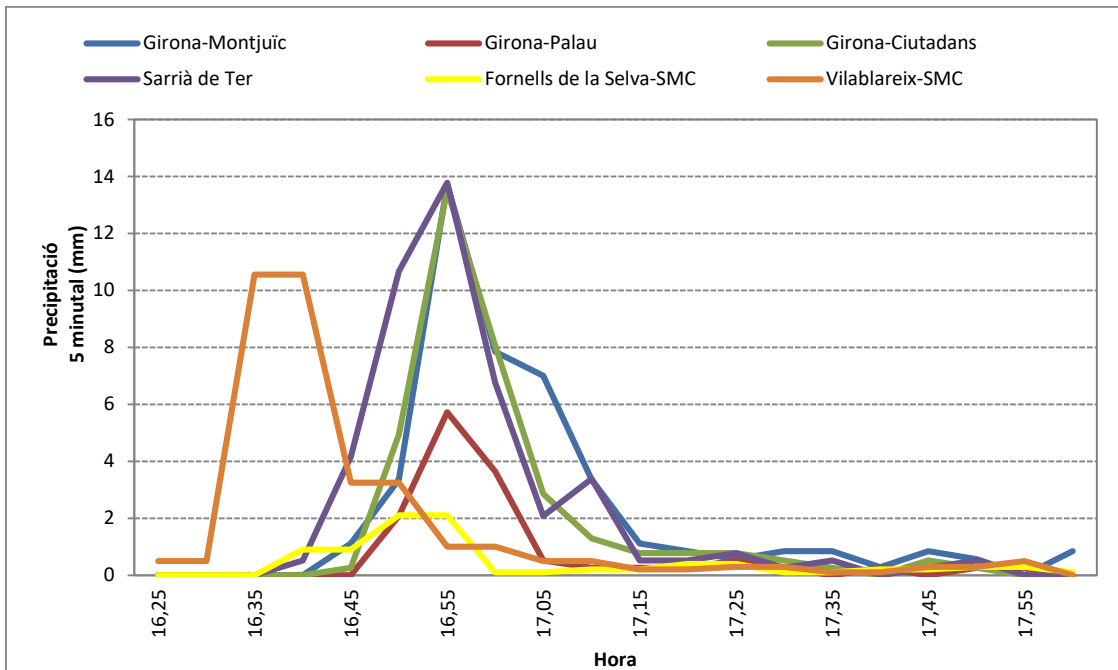


Figura 6.118 Precipitació 5 minutal de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 20 d'agost de 2005.

La precipitació màxima 5 minutal es va produir a Sarrià de Ter, 13,78 mm, després Girona-Montjuïc-Aigües amb 13,72 mm i en 3r lloc Girona-Ciutadans amb 13,52 mm. Aquestes són intensitats que superen els 120 mm/h i s'acosten a 168 mm/h que serien

14 mm/5 minuts. L'observatori de Fornells de la Selva-SMC amb 2,1 mm/5 minuts fou l'estació meteorològica on la tempesta va ser més dèbil.

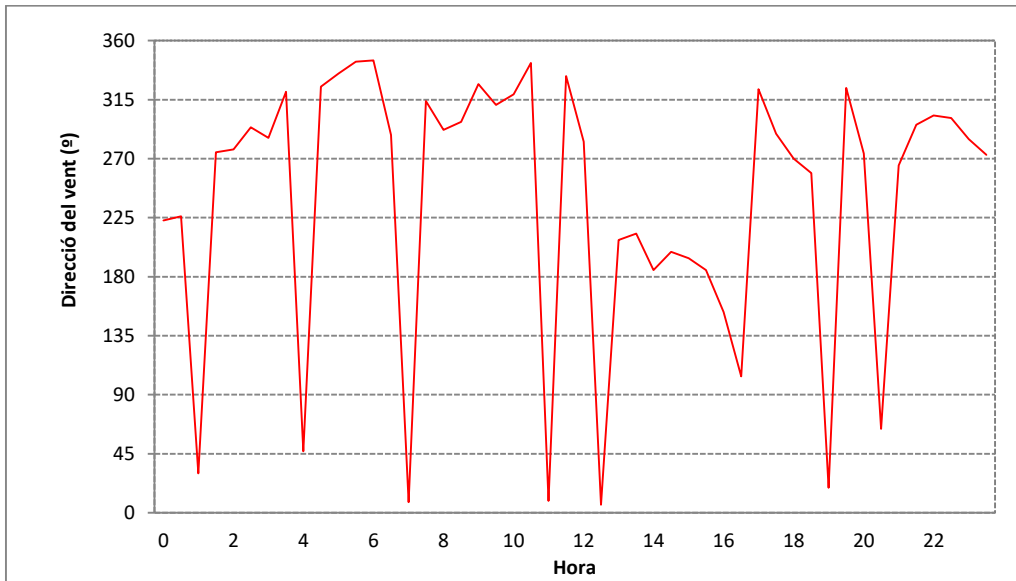


Figura 6.119 Direcció del vent semihorària a Girona-Devesa-XVPCA. Dia 20 d'agost de 2005. Direcció mitjana del vent: 238º (vent del SW).

El dia 20 d'agost de 2005 el vent va bufar de mitjana del garbí (SW), tot i que va tenir oscil·lacions molt importants, l'efecte urbà màxim (precipitació 5 minutal més elevada) es va produir al nord i nord-est de l'àrea urbana, per tant es pot afirmar que en aquest dia es va produir un increment urbà de la precipitació a sotavent de la ciutat i al centre urbà (Girona-Ciutadans).

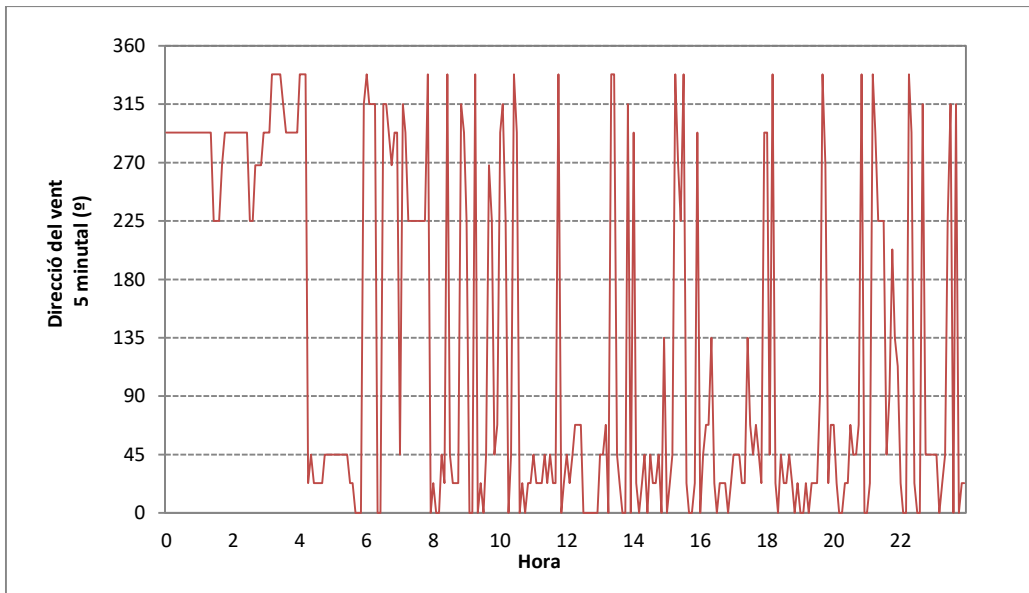


Figura 6.120 Direcció del vent 5 minutal a Girona-Bonastruc. Dia 22 d'agost de 2014. Direcció mitjana del vent: 130,6º (vent de SE).

El dia de la tempesta del 22 d'agost de 2014 va haver-hi una forta oscil·lació de la direcció mitjana del vent a l'observatori de Girona-Bonastruc, al nord de l'Eixample, per aquesta variabilitat del vent en superfície és més objectiu analitzar el vent a nivells baixos i mitjans de la troposfera durant les tempestes que el vent en superfície.

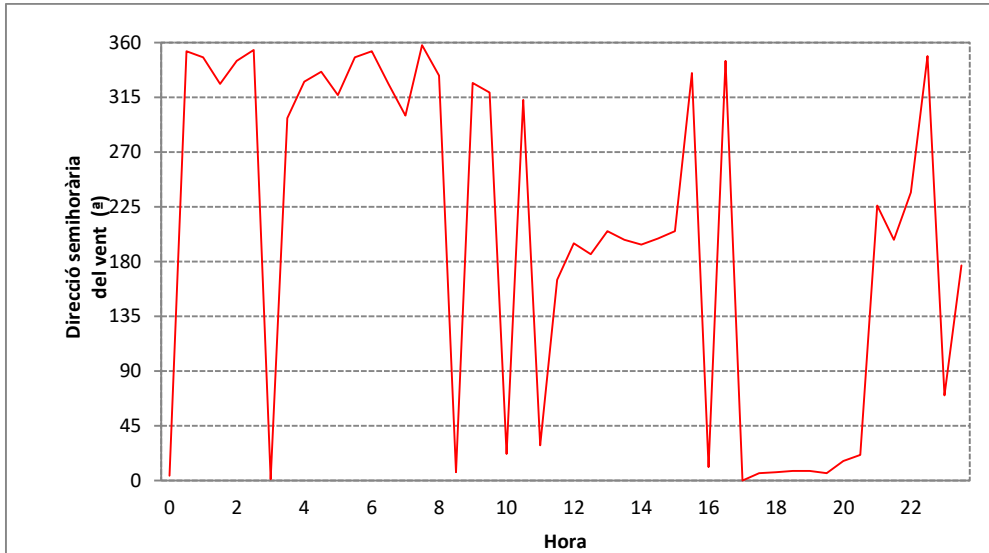


Figura 6.121 Direcció del vent semihorària a Girona-Escola de la Música. Dia 26 de juliol de 2011. Direcció mitjana del vent: 144° (vent del SE).

El vent en superfície observat a l'estació meteorològica va fluctuar molt de direcció segons la distribució semihorària de la direcció en el dia de la tempesta del 26 de juliol de 2011, és per tant complicat afirmar que hi hagi un efecte urbà en la precipitació basant-nos només en el vent de superfície, cal complementar-lo amb el vent observat a 700 hPa.

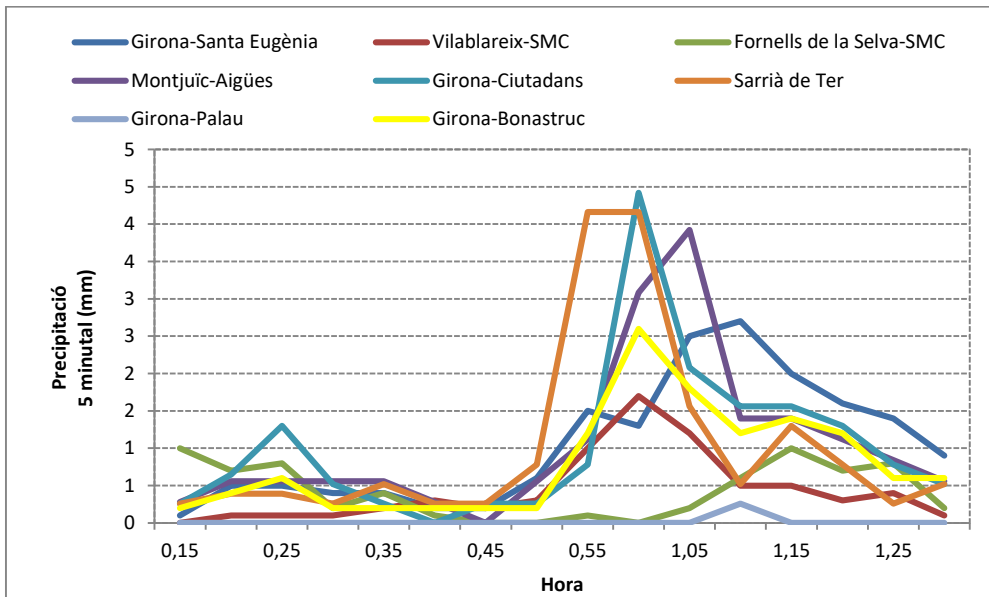


Figura 6.122 Precipitació 5 minutal de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. 0,25 hores-1,30 hores del dia 29 d'agost de 2014.

Durant les primeres hores de la nit del 29 d'agost de 2014 amb precipitació convectiva, en forma de tempesta, es pot afirmar que hi ha un efecte urbà positiu en la precipitació ja que l'àrea amb més precipitació és a sotavent i al centre urbà de Girona. La precipitació 5 minutal més intensa es va produir a Girona-Ciudadans (Barri Vell), 4,42 mm a les 1 hores, i a Sarrià de Ter 4,16 mm a les 0,55 i 1 hores. L'àrea menys plujosa correspon al sud de la ciutat, per tant a sobrevent, Fornells de la Selva-SMC i Girona-Palau amb màxims de 5 minuts d'1,0 mm i 0,26 mm respectivament.

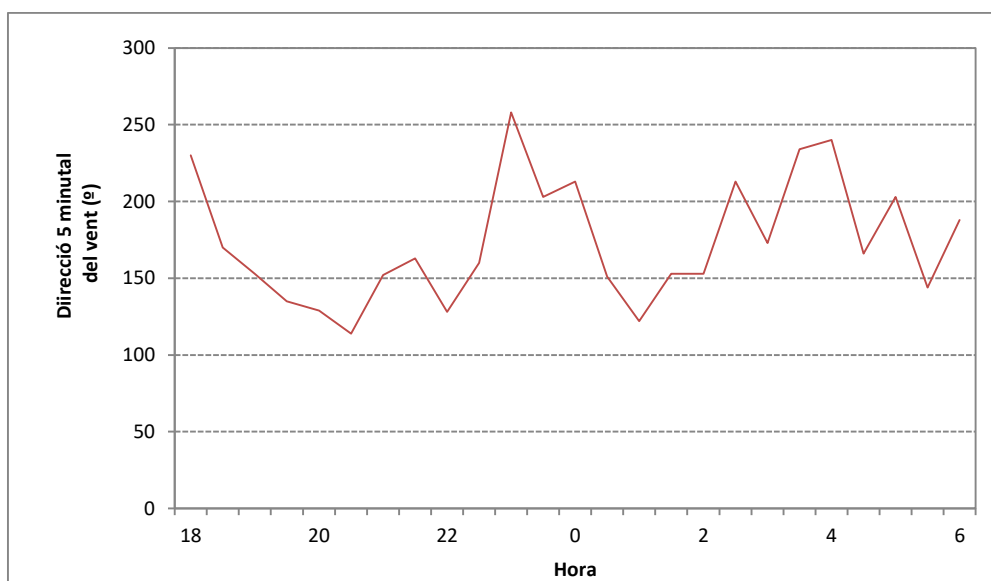


Figura 6.123 Direcció del vent semihorària a Girona-Escola de la Música. Dies 28 i 29 d'agost de 2014. Direcció mitjana del vent: 173,9° (vent del S).

El vent té oscil·lacions importants en la seva direcció a l'observatori de Girona-escola de la Música durant els dies 28 a 29 d'agost de 2014 quan va haver-hi una forta tempesta a Girona, amb una precipitació superior als 80 mm, és per tant complicat d'afirmar que hi hagi un efecte urbà en la precipitació tenint en compte el vent en superfície.

El percentatge de la precipitació 5 minutal amb intensitat igual o superior a 60 mm/h és més elevat a l'estiu en dues estacions situades en dues àrees diferents, Girona-Montjuïc-Aigües i Girona-Palau-Aigües, que corresponen a les zones de sotavent i sobrevent, amb un valor relatiu del 50 %. En canvi al Barri Vell, a l'estació de Girona-Ciudadans el percentatge és el menor, 40,2 %. Els percentatges més elevats de la precipitació intensa corresponen lògicament a l'estiu, quan les tempestes són més freqüents i són més baixos a l'hivern, estació astronòmica amb el menor nombre de tempestes. A la tardor els percentatges són més reduïts que a l'estiu amb l'excepció de 3 estacions meteorològiques (Girona-Bonastruc, Girona-Ciudadans i Fornells de la Selva-SMC). S'ha de remarcar que a l'Eixample, a Girona-Bonastruc, el percentatge de la tardor és idèntic al d'estiu, 40,2 %, en aquest observatori les tempestes de la tardor tenen tanta rellevància com a l'estiu, de la mateixa manera que l'estació de Girona-Ciudadans. A l'observatori de Fornells de la Selva-SMC el percentatge és més elevat a la tardor que a l'estiu (34,3 % vs 32,1 %). Girona-Bonastruc té una freqüència relativa molt baixa a la primavera de precipitacions intenses 5 minutals, 10,4 %, valor que contrasta amb Girona-Hortes de Santa Eugènia, 31,2 %, que és el màxim de tota l'àrea urbana.

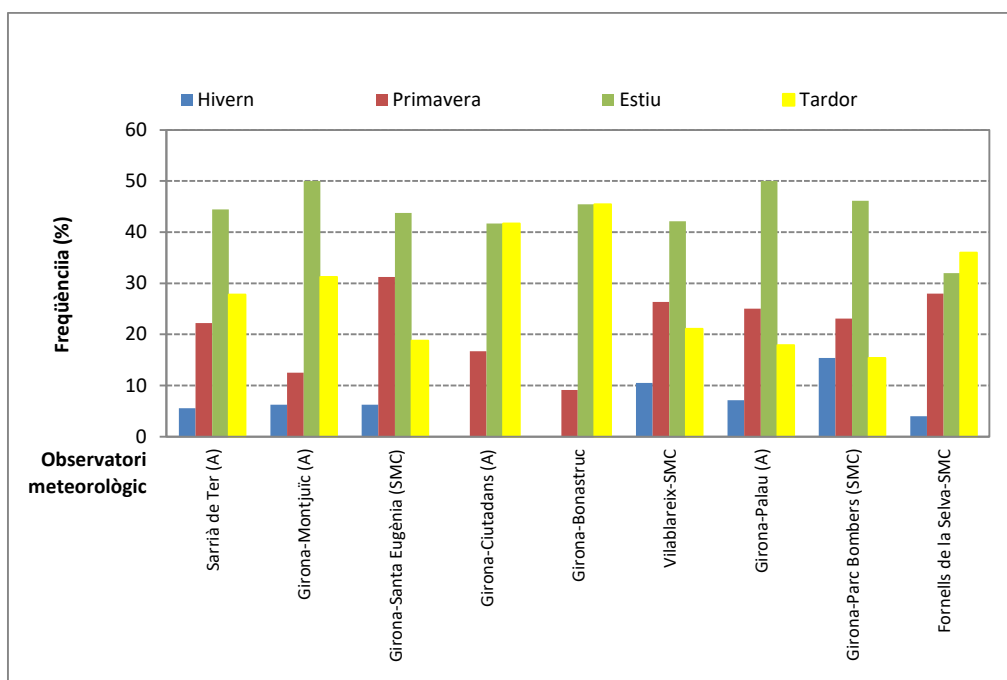


Figura 6.124 Percentatge de dies per estacions astronòmiques de precipitació 5 minutal amb intensitat igual o superior a 60 mm/h respecte el total anual de diferents estacions meteorològiques.

S'observa una estructura bipolar en el mapa de la precipitació mitjana de les tempestes amb dos màxims pluviomètric de més de 16 mm, un situat a sobrevent, Cassà de la Selva-centre, 16,9 mm, i un altre a sotavent, a l'observatori de Girona-IES Narcís Xifra, 16,5 mm. El mínim es dona a Bescanó, amb 9 mm, en una zona indiferent. Tenim dos mínims al municipi de Girona, un situat a sobrevent, a Girona-Palau, amb 9,8 mm, i l'altre a Girona-Sèquia, amb menys de 12,9 mm. En canvi tenim un màxim relatiu a sobrevent, a Girona-Bell-lloc, amb 14,8 mm, i un altre màxim a Salt-AEMET, 14,3 mm, en una zona propera a Salt-XOM, on tenim un altre mínim, 11,7 mm. Al centre urbà de Girona tenim un altre màxim secundari, 15,5 mm a Girona-Parc del Migdia. Sembla per tant que l'efecte urbà en la precipitació convectiva és poc important, l'estructura dels mínims i màxims no és clara, és en forma d'arxipèlags, sense cap connexió, i amb diferències clares en llocs propers. La precipitació no sembla estar condicionada ni per la presència de l'àrea urbana ni per la ciutat de Girona, tampoc el relleu hi juga un paper essencial en la distribució pluviomètrica.

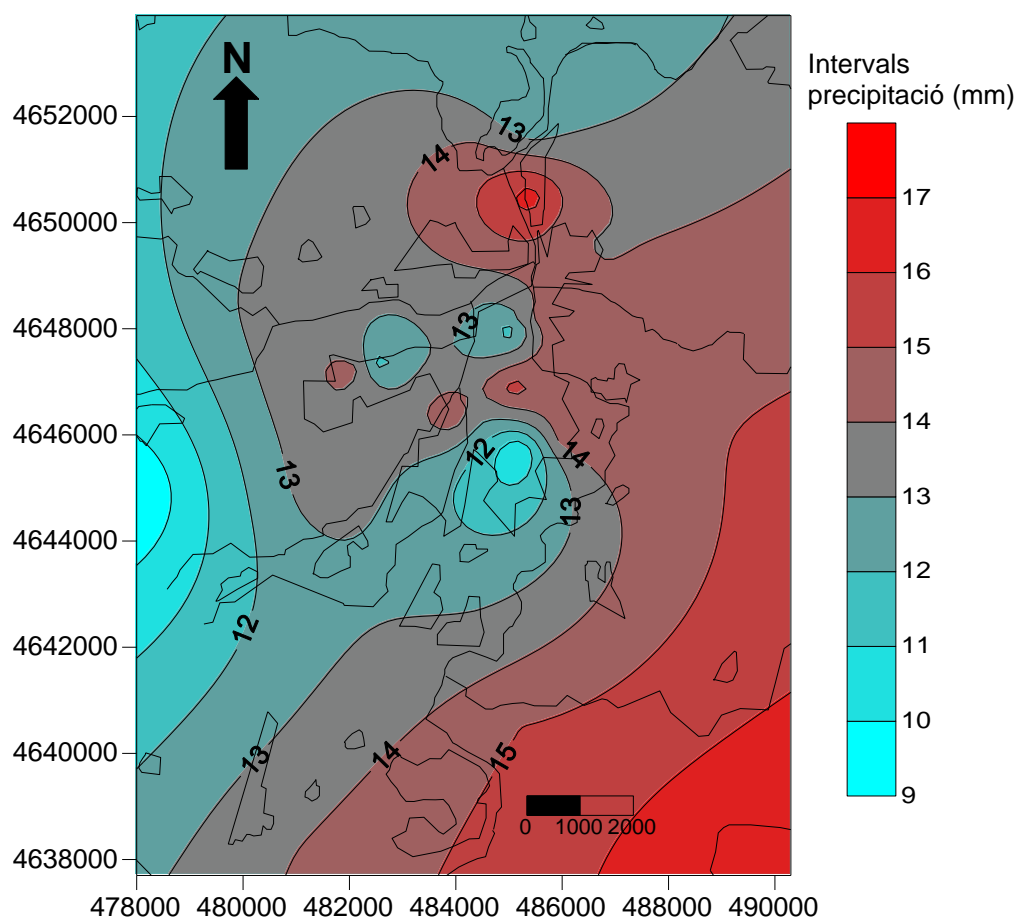


Figura 6.125 Precipitaci·o mitjana de les tempestes.

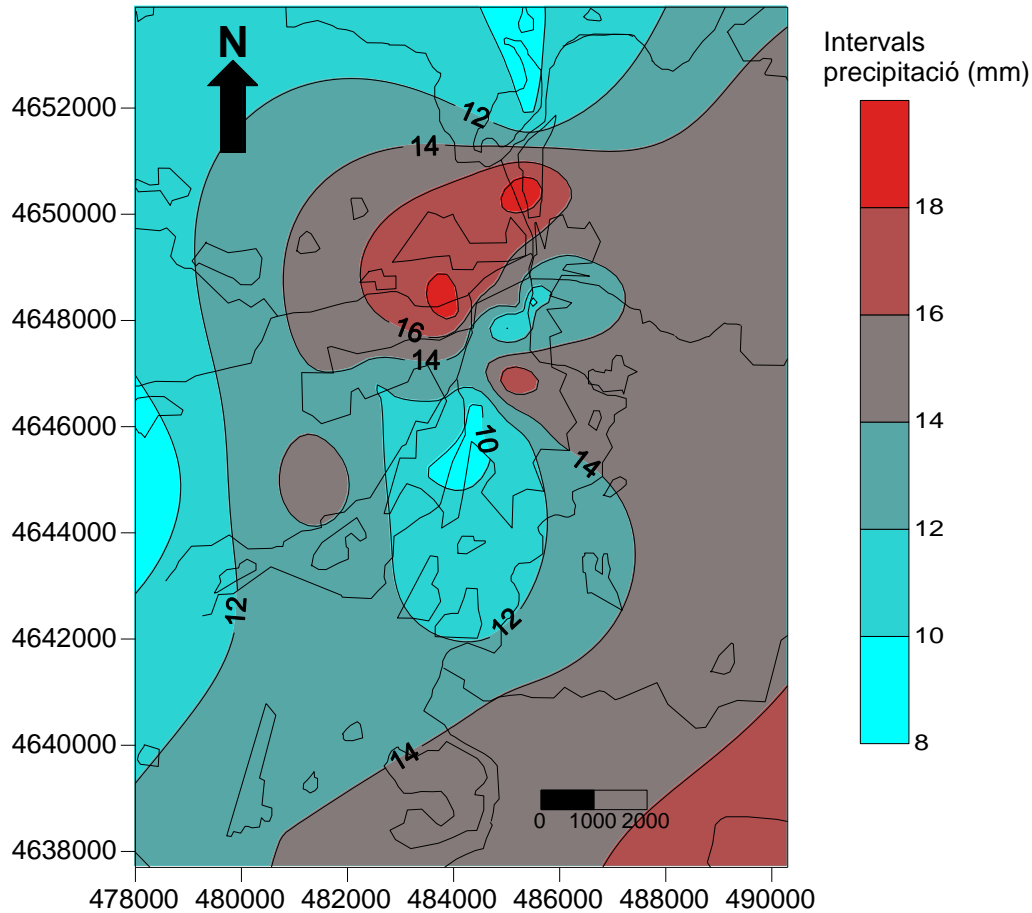


Figura 6.126 Precipitaci3 mitjana de les tempestes amb vent del nord.

Les tempestes amb vent del nord presenten el m3xim pluviom3tric en indrets situats a la meitat nord de l'3rea urbana, per tant no hi ha efecte urb3 en la precipitaci3. Aquests m3xims s3n a Girona-IES Narcis Xifra, 19,5 mm, i Girona-Hortes de Santa Eug3nia, amb 18,8 mm. Un altre m3xim secundari el trobem al centre de Girona, al Parc del Migdia, 18,2 mm. D'altra banda tenim un m3xim secundari en una 3rea indiferent, situat a la meitat sud, per3 fora del radi d'acci3 de Girona, ja que est3 al sud-est, aquest 3s el cas de Cass3 de la Selva-centre amb 16,7 mm. Els m3nims es situen en 3rees te3ricament favorables, com 3s el cas de Sarri3 de Ter-XVPCA, amb 9,9 mm, a sobrevent, i amb 12,4 mm a Girona-S3quia, en una 3rea indiferent. Tenim un m3nim secundari en una zona on te3ricament la precipitaci3 hauria de ser elevada, com Girona-Parc de Bombers, a sotavent, amb 9,3 mm,. Un m3xim relatiu se situa a Vilablareix, amb 15,6 mm, observatori de l'3rea indiferent.

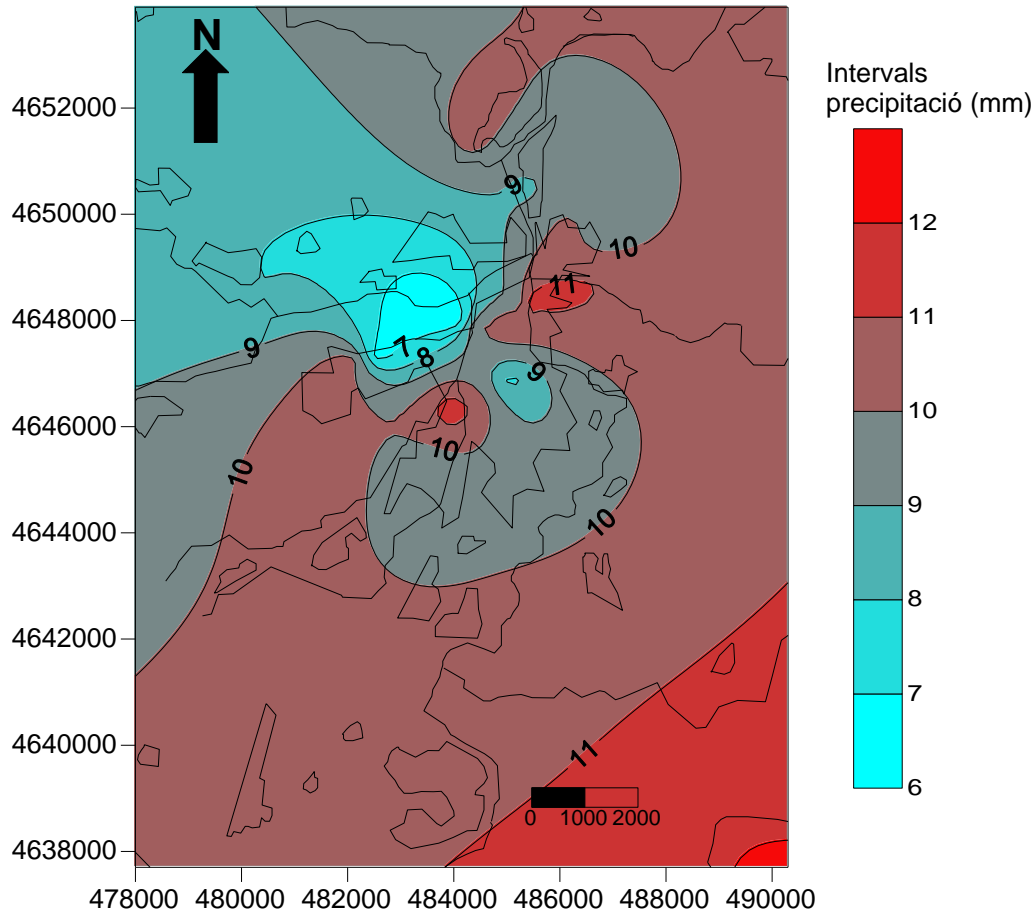


Figura 6.127 Precipitaci3 mitjana de les tempestes amb vent del nord-est.

Les tempestes amb vent de gregal mostren una distribuci3 an2rquica de la precipitaci3. Tenim varis m2xims i m2nims situats tant a sotavent com a sobrevent, per la qual cosa 3s complicat de dir si tenim o no un efecte urb2 positiu en la precipitaci3. El m2xim principal 3s a Fornells de la Selva-SMC amb 17,4 mm, tenim un m2xim secundari de Girona-Parc de Bombers, 14,7 mm. Ambd3s indrets es situen a sobrevent, on l'efecte urb2 te3ricament 3s positiu. El m2nim pluviom2tric es troba en una 2rea indiferent, Salt-XOM, amb 1,9 mm. Girona-Narc3s Xifra, situat a sobrevent, 3s un lloc d'un m2xim relatiu, 16,4 mm. A l'2rea de sotavent tenim un m2nim secundari a Girona-Palau, 9,3 mm, i hi ha un altre m2nim relatiu situat en una zona indiferent, Girona-Francesc Roges, 11,5 mm. Girona-Parc del Migdia, observatori del centre de Girona, situat a l'2rea indiferent, enregistra un m2nim secundari, 3,4 mm.

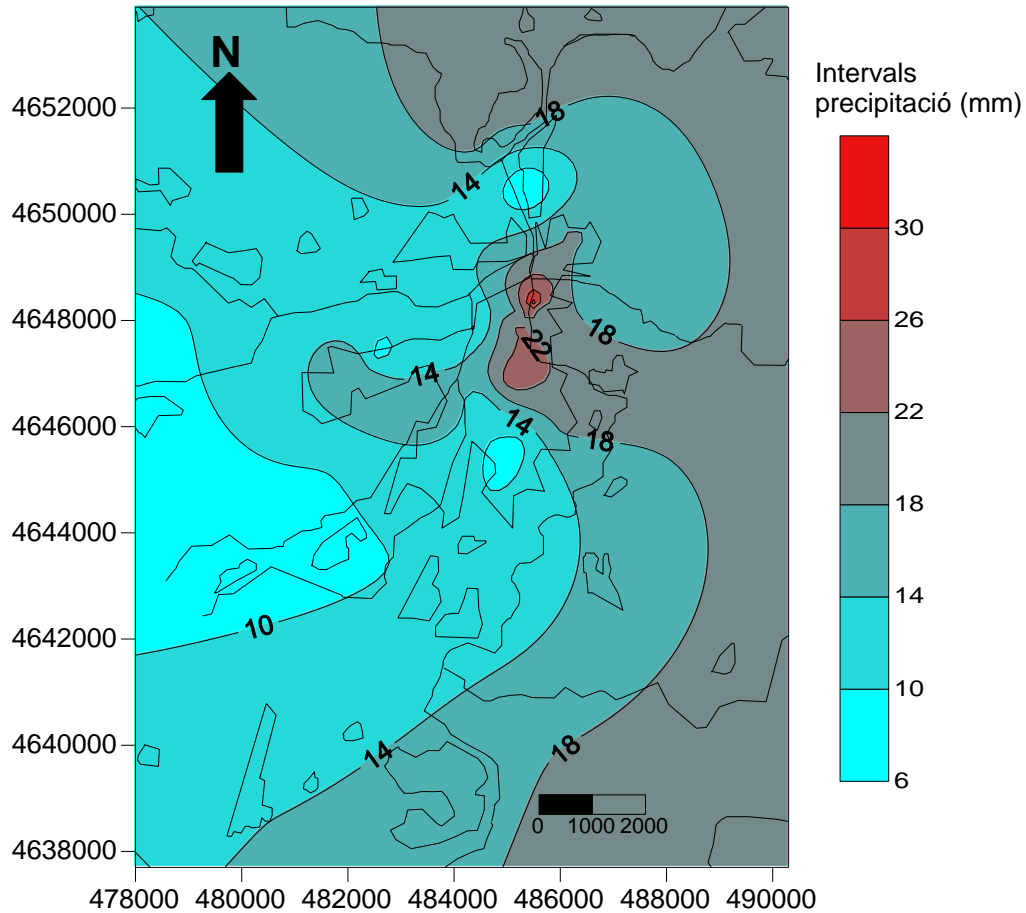


Figura 6.128 Precipitació mitjana de les tempestes amb vent de l'est.

El màxim pluviomètric amb vent de l'est i tempesta el tenim a Girona-Barri Vell, amb 32 mm, observatori que se situa a l'àrea de sobrevent de Girona, a la meitat est de l'àrea urbana. Girona-Parc del Migdia, amb 24,8 mm és el següent observatori més plujós, aquesta estació es troba a l'àrea indiferent. D'altra banda el mínim pluviomètric es dona en dos observatoris ben allunyats entre sí, Girona-Narcís Xifra, 5,4 mm, al nord i proper al nord-est, per tant a sobrevent, i en una àrea a l'oest i sud-oest que es troba compresa entre Vilablareix i Bescanó, amb 9,1 i 8,4 mm respectivament. Tenim un mínim relatiu secundari a Girona-Palau, en una zona indiferent, amb 11, mm. Cassà de la Selva-centre és un altre observatori amb una precipitació força elevada, més de 21,7 mm. L'extrem nord i nord-est, Sarrià de Ter-XVPCA i Celrà presenten una precipitació força elevada, 19,2 mm a ambdós observatoris. Uns altres màxims relatius es produeixen a sotavent, a Salt-centre, 15,8 mm, i Girona-Bell-lloc, amb 17,7 mm. Per tant l'efecte urbà no és gaire clar amb tempestes acompanyades de vents de llevant.

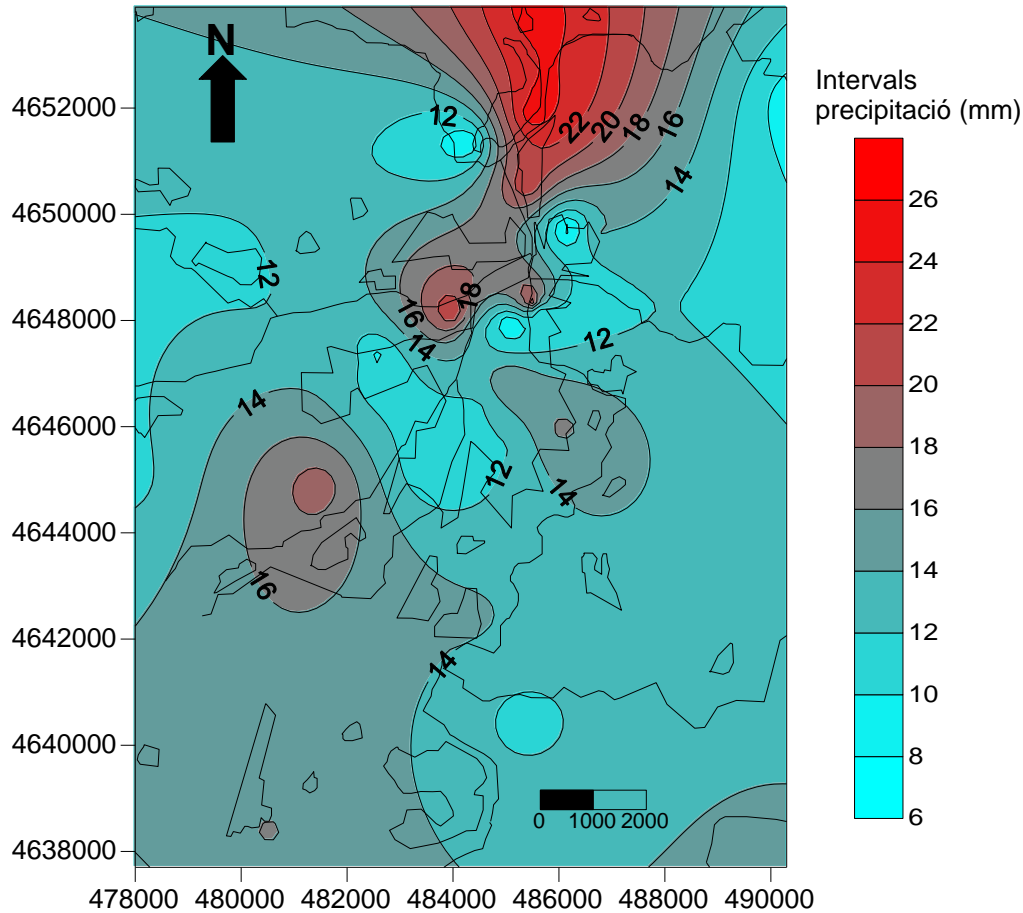


Figura 6.129 Precipitaci3 mitjana de les tempestes amb vent del sud-est.

Sarrià de Ter-XVPCA és l'observatori que enregistra la precipitaci3 m3s elevada amb vents de xaloc, 25,0 mm. Aquest observatori es troba en una àrea indiferent. Un altre màxim secundari és a Girona-Hortes de Santa Eugènia, 22,1 mm, també es troba en una àrea indiferent, on l'efecte urbà no sembla reforçat ni disminuït. En canvi trobem una franja amb escassa pluviometria formada per un arxipèlag de precipitaci3 dèbil en una línia SW-NE que uneix els observatoris de Fornells de la Selva-SMC, Girona-Parc de Bombers, Salt-centre, Salt-AEMET, Sant Gregori, en aquesta zona la precipitaci3 és inferior a 12 mm. Vilablareix enregistra una precipitaci3 de 19,3 mm, és un nucli de relativament elevada precipitaci3 en una zona indiferent. Tenim un altre màxim relatiu a sobrevent, Girona-Universitat té una mitjana de 16,5 mm. Celrà és un nucli amb poca precipitaci3, 8,4 mm, igualment com Girona-Sant Daniel, 11 mm. El mínim pluviomètric és a Girona-Montjuïc i Girona-ACA, amb 6,8 i 7,7 mm respectivament. Ben a prop de Girona-ACA tenim un màxim relatiu a Girona-Barri Vell, 21,1 mm. No hi ha per tant un efecte urbà clar en la pluviometria de les tempestes amb vents de xaloc.

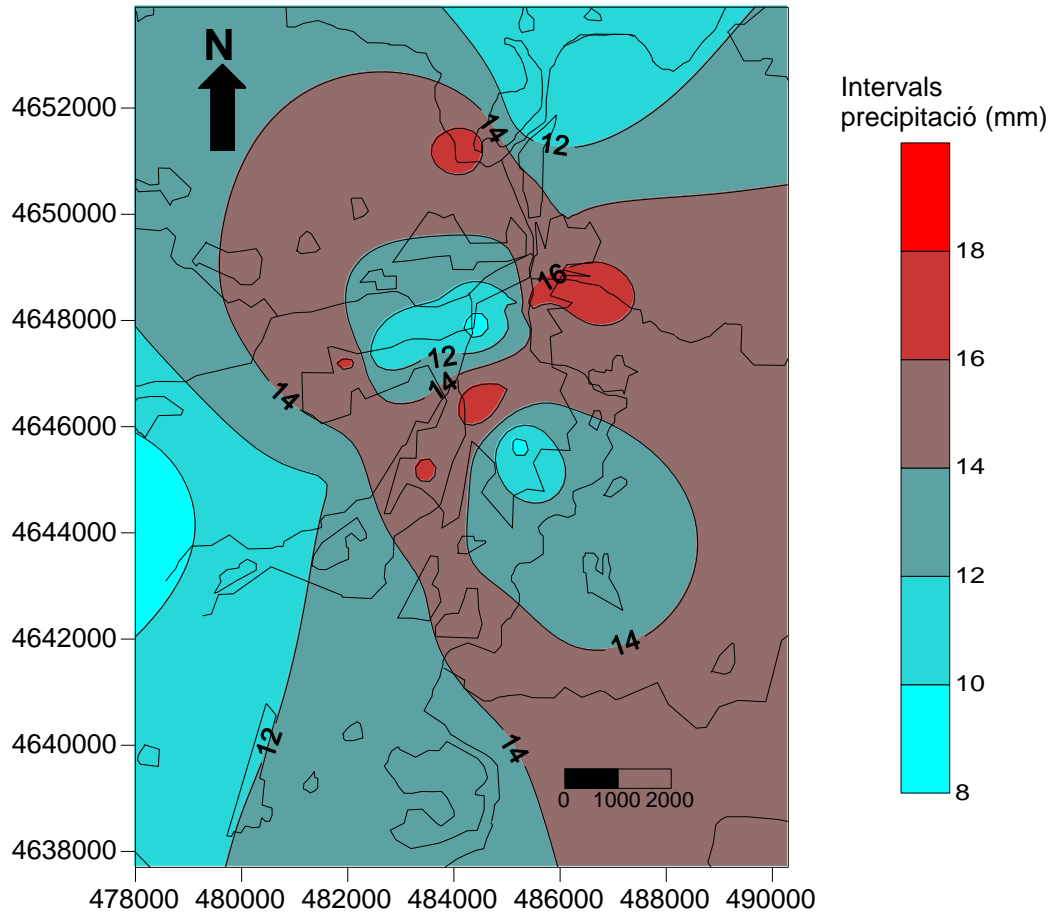


Figura 6.130 Precipitaci3 mitjana de les tempestes amb vent del sud.

El m3nim pluviom3tric es produeix en una zona indiferent, Girona-Francesc Roges, amb 8,5 mm. En canvi el m3xim pluviom3tric es dona a Girona-Parc de Bombers, amb 18,4 mm, Girona-Palau 3s un observatori situat a sobrevent que enregistra un m3nim pluviom3tric secundari, 9,1 mm. Per tant l'efecte urb3 es dubt3s. La distribuci3 dels m3xims i m3nims pluviom3trics 3s for3a an3rquica i no sembla estar modulada per l'efecte urb3. A sotavent de la ciutat tenim un m3xim relatiu secundari, amb 17,0 mm a Sarri3 de Ter-Aigües. No obstant un observatori proper a l'anterior com Sarri3 de Ter-XVPCA, enregistra un m3nim secundari, 10,1 mm. El nucli del m3xim pluviom3tric s'allarga en forma de dorsal cap al sud-est, i arriba fins a l'observatori de Cass3 de la Selva-centre, amb 14,6 mm, Bescan3 3s un observatori situat a l'extrem occidental de l'3rea urbana, en una zona indiferent, enregistra la 2^a precipitaci3 menor de la zona d'estudi, 8,8 mm.

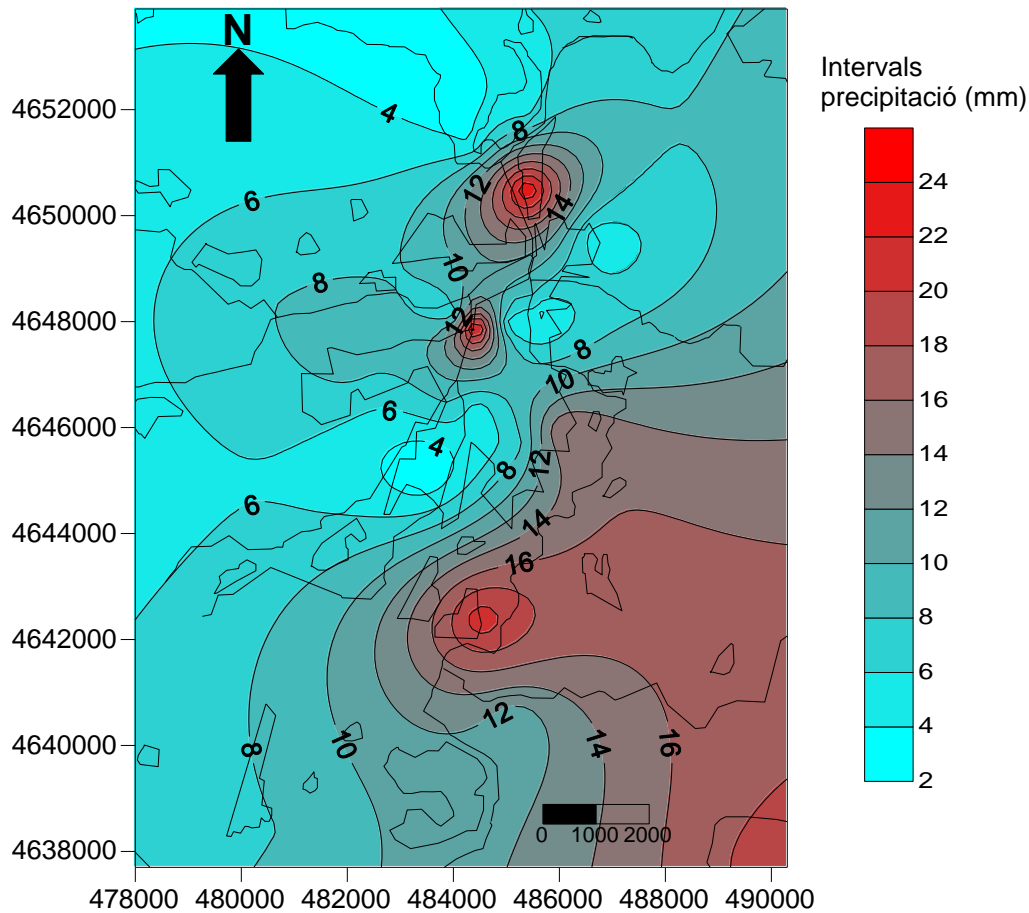


Figura 6.131 Precipitaci3 mitjana de les tempestes amb vent del sud-oest.

El m3xim pluviom3tric es troba a Girona-Narcis Xifra, amb 24,5 mm, estaci3 que es troba a sotavent de l'3rea urbana de Girona, per tant tenim un efecte urb3 important en les tempestes. No obstant un observatori proper presenta una precipitaci3 for3a d3bil, 3s Sarri3 de Ter-Aigües amb menys de 4,1 mm, que sembla posar en qüestió l'efecte urb3 en la precipitaci3. Girona-Francesc Roges 3s un observatori amb un m3xim secundari, 24,3 mm. Aquesta estaci3 es troba al nord de l'Eixample de Girona, en una 3rea indiferent. Tenim un segon m3xim a sobrevent, 21,5 mm a Fornells de la Selva-centre, 3s per tant un m3xim que no obeeix a un efecte urb3 en la precipitaci3. Cass3 de la Selva-centre 3s un altre observatori amb una precipitaci3 relativament important, 18,7 mm. Aquesta estaci3 es troba a sobrevent. Girona-Montjuic-Aigües, Girona-Parc de Bombers i Girona-Ciutadans s3n els 4 observatoris que es troben alineats de NE a SW en una franja d'escassa precipitaci3. El Perell3 3s l'observatori amb menor precipitaci3, 1,7 mm, aquesta estaci3 es troba a sobrevent. 3s molt irregular la distribuci3 de la precipitaci3 amb vent de garb3, per tant l'efecte urb3 en aquesta variable sembla discutible.

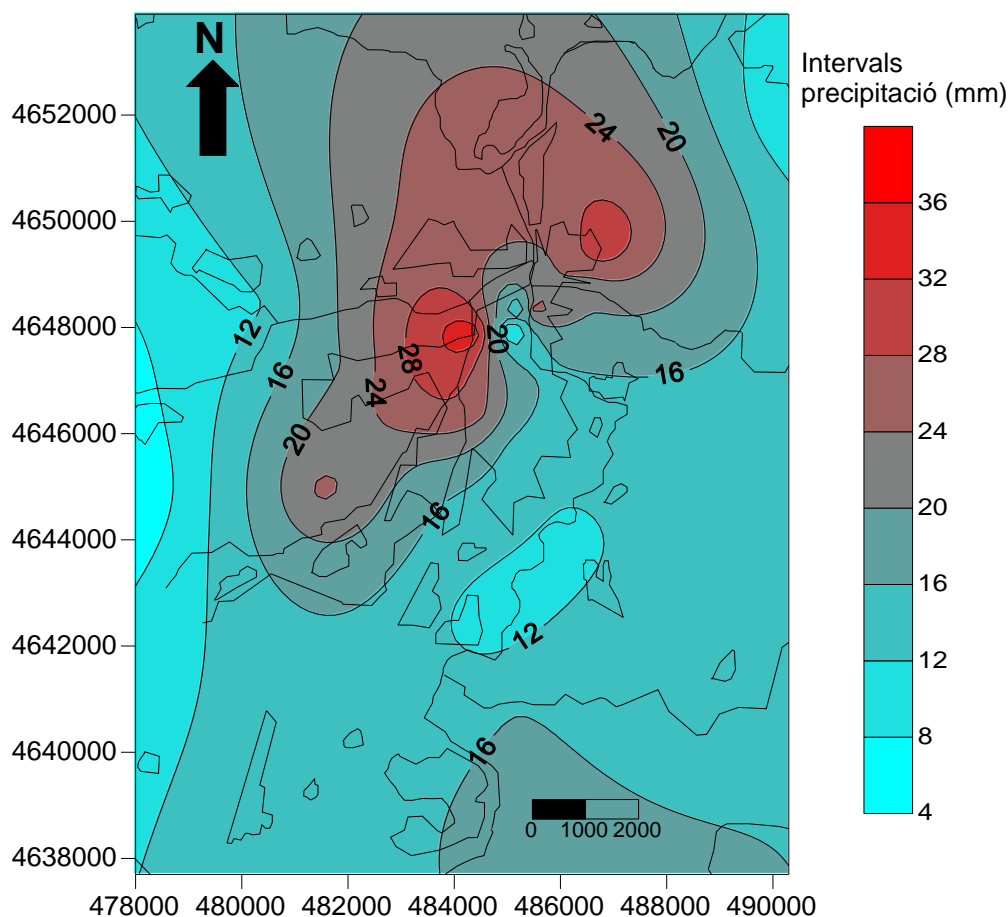


Figura 6.132 Precipitaci3 mitjana de les tempestes amb vent de l'oest.

Les tempestes amb vents de l'oest presenten el m3xim principal a Girona-Francesc Roges, amb 35 mm, observatori situat en una 3rea indiferent mentre tenim un m3xim secundari a Girona-Montjuic, observatori del Servei d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, 32,9 mm. Aquest observatori es troba a sotavent. Els m3nims pluviomètrics se situen en 3rees contraposades, amb 7,5 mm a Celrà i 4,1 mm a Bescan3. Fornell de la Selvas-centre amb 10,3 mm es troba en un 3rea on trobem un m3nim secundari. Girona-ACA, 4,6 mm, 3s un altre observatori amb poca precipitaci3 que est3 forç3 proper a Girona-Francesc Roges. L'efecte urb3 en la precipitaci3 convectiva per tant 3s moderadament important amb vents de ponent, ja que un dels m3xims se situa a sotavent, Girona-Montjuic-Aigües.

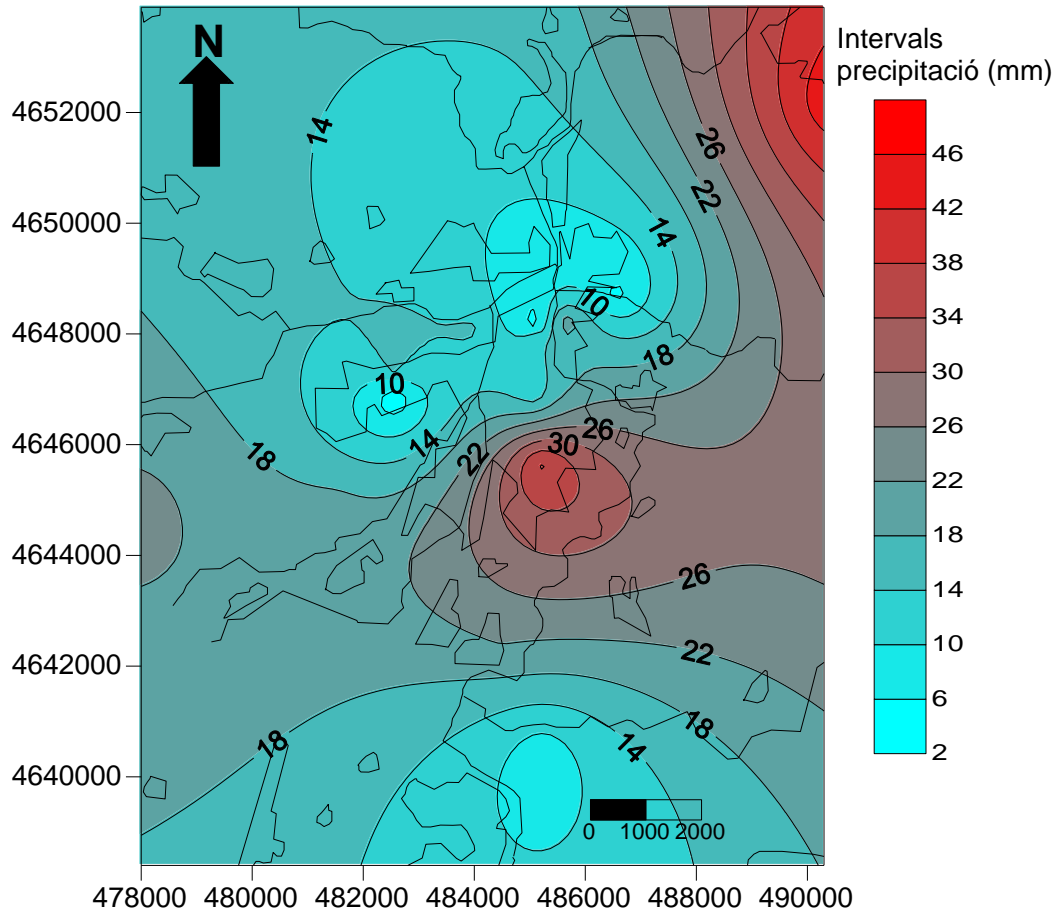


Figura 6.133 Precipitació mitjana de les tempestes amb vent del nord-oest.

El màxim pluviomètric principal és a Celrà, 45,3 mm, i a Girona-Palau, 38,7 mm. Aquests 2 màxims s'han d'associar amb diferents rutes de les tempestes que venen del Pirineu Oriental i reguen l'àrea urbana de Girona. La gran variabilitat de la precipitació mitjana diària de les tempestes amb vent del nord-oest és per l'escàs nombre de dies d'aquest tipus de tempestes, per la qual cosa depenent de la durada del període de dades de cada observatori la mitjana variarà molt. El mínim de les tempestes del nord-oest és a Salt-centre, 2,9 mm. També a Girona-Sant Daniel tenim un mínim secundari, 4,9 mm. La distribució dels màxims i els mínims pluviomètrics no permet detectar un efecte urbà en la precipitació, sinó uns diferents camins de desplaçaments de les tempestes. Fornells de la Selva-SMC amb 8 mm enregistra un mínim secundari, que teòricament hauria de ser una zona de màxim, a sotavent de la ciutat de Girona.

6.3 Anàlisi de l'efecte urbà en la precipitació mitjançant el radar

L'anàlisi de les imatges del radar proporcionades pel Servei Meteorològic de Catalunya ens ajuden a detectar l'efecte urbà en la precipitació, tot i que la seva resolució és massa gran per tal d'observar diferències intraurbanes en la precipitació a la ciutat de Girona, però es pot observar diferències urbano-rurals en la reflectivitat entre la ciutat de Girona i la seva perifèria rural. Els radars del Servei Meteorològic de Catalunya són de banda C, segons xxx els radars idonis per tal de determinar la influència urbana en la precipitació són els de banda X.

13 de juny de 2008

El moviment de les cèl·lules de precipitació és del NW, el dia 13 de juny de 2008 es la tempesta es desplaça de NW-SE. Cal remarcar que trobem reflectivitats de 55 dBZ al NW de la ciutat de Girona i de 50 dBZ al SW i N, però en canvi a la ciutat de Girona no tenim valors per sobre de 45, i al sud i sud-est de la ciutat tampoc es passa de 45 dBZ. El vent és del sud a l'aeroport de Girona. D'altra banda, la precipitació més elevada es va produir al nord i nord-est de la ciutat, els observatoris que van enregistrar més precipitació van ser Celrà, 59,2 mm Sarrià de Ter, 56,9 mm, ambdós situats a sotavent de la ciutat. En canvi al sud de la ciutat la precipitació va ser més dèbil amb valors inferiors a 20 mm en alguns observatoris, 19,9 mm a l'aeroport de Girona, amb el mínim a Cassà de la Selva, 2,2 mm.

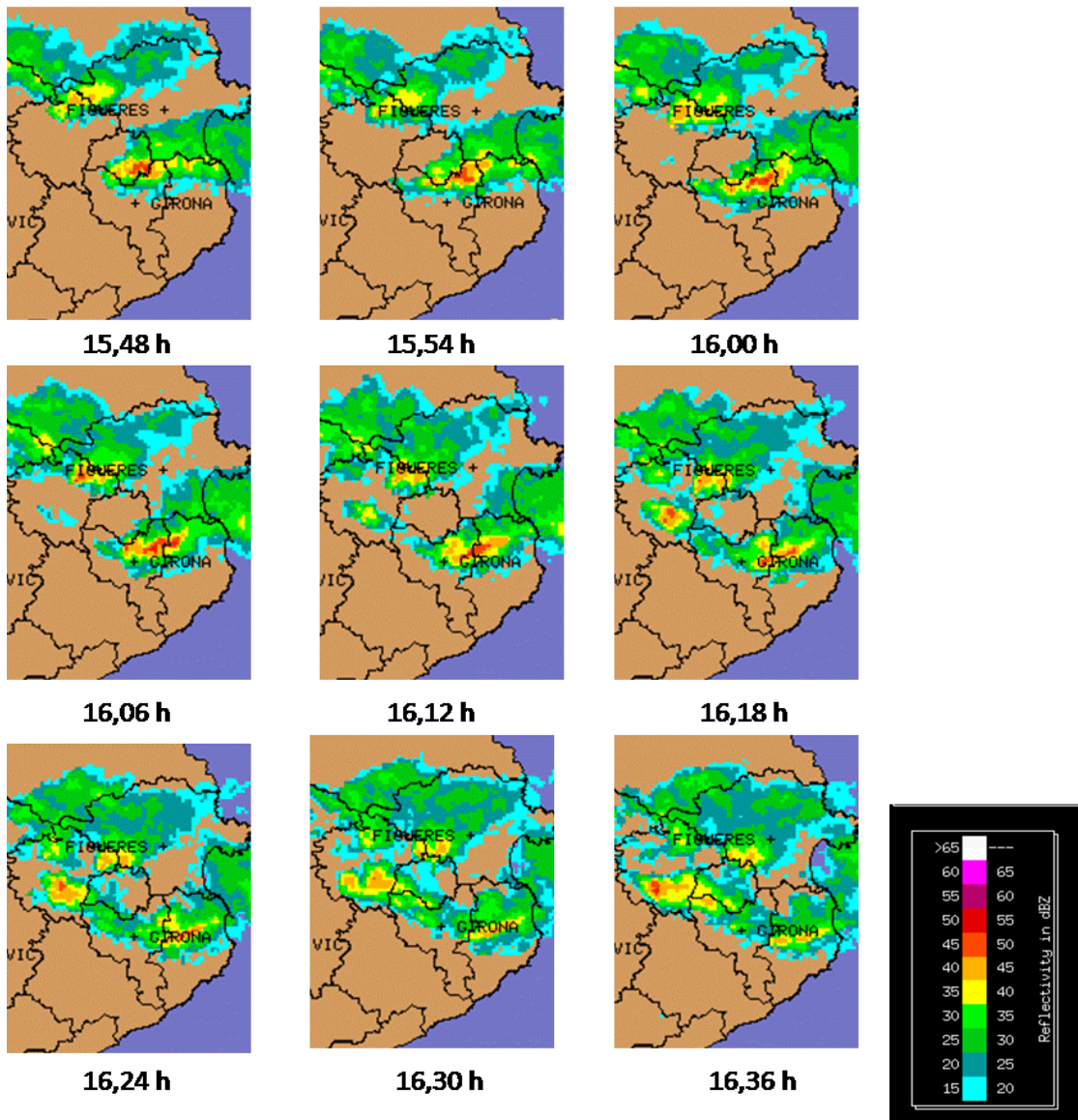


Figura 6.134 Imatges del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 13 de juny de 2008. 15,48-16,36 hores T.U.

Com es pot veure en les imatges la reflectivitat és molt més elevada al nord de la ciutat que al sud. Així si considerem que hi ha efecte urbà en la precipitació aquest no té un

abast gaire important, així la precipitació més important tenint en compte la reflectivitat no superés els 10 km en línia recta des del centre de Girona.

En aquest dia la precipitació més elevada es va produir a sotavent de la ciutat, per tant tenim un efecte urbà positiu en la pluja, ja que la tempesta es reactiva a la part septentrional de l'àrea urbana. En canvi els indrets més secs foren Cassà de la Selva-SMC amb 2,2 mm i El Perelló, 13,8 mm, a la part meridional de la ciutat, en una àrea indiferent.

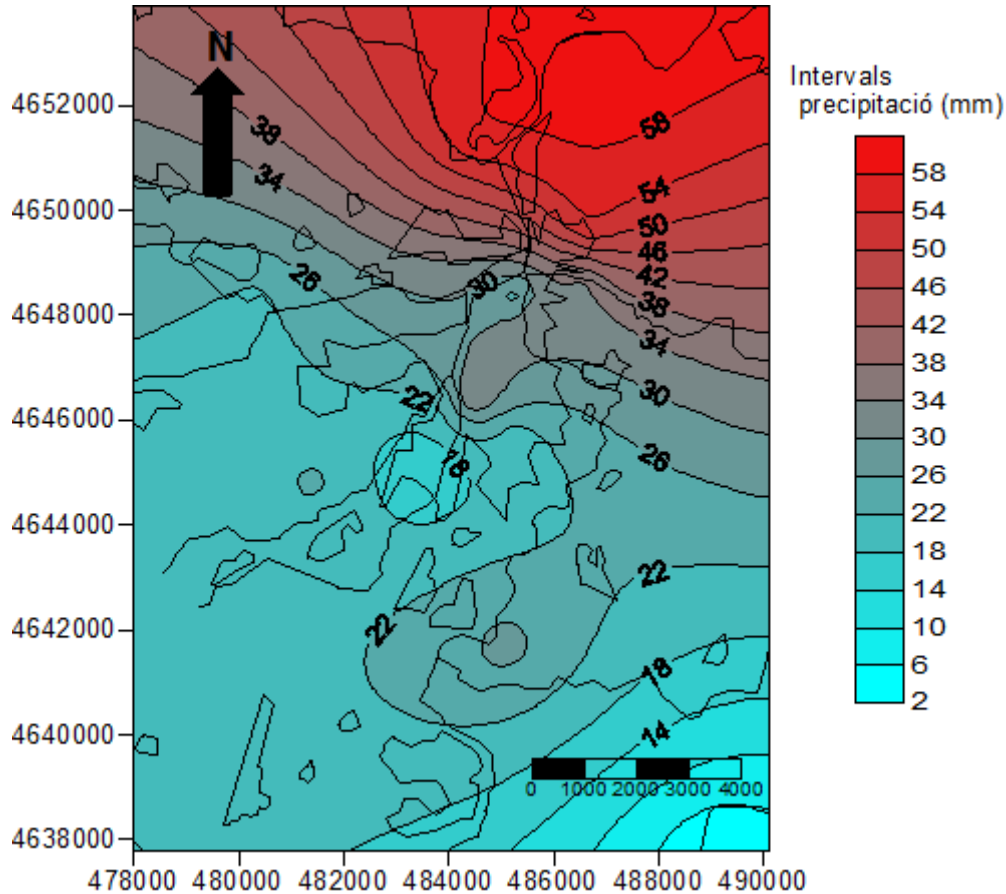
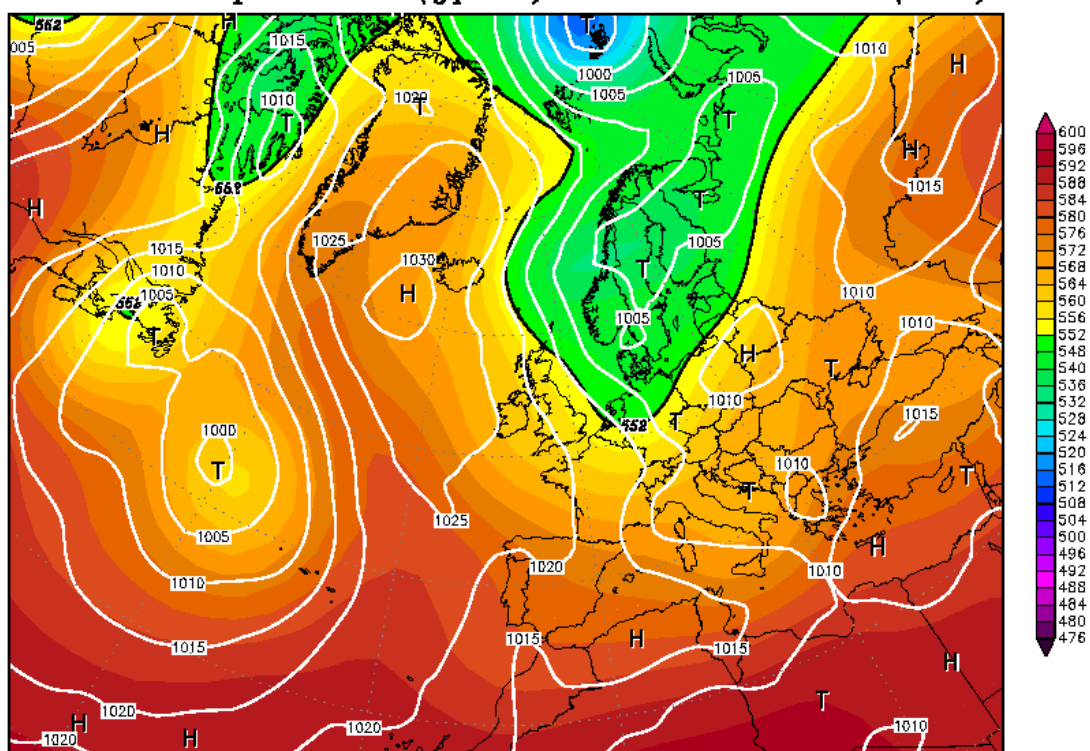


Figura 6.135 Mapa d'isohietes del 13 de juny de 2008. Àrea urbana de Girona.

La situació sinòptica és d'advecció del nord. S'observa un anticicló de bloqueig amb una pressió superior als 1030 hPa al sud-oest de Islàndia, mentre que una depressió es troba sobre Escandinàvia. Entre els dos centres d'acció es canalitza un flux geotròfic del nord que arriba fins a Catalunya. El vent és del nord-oest al nivell de 500 hPa damunt de Catalunya. El geopotencial és de 5650 metres a 500 hPa. Hi ha cissalladura vertical del vent, ja que tenim un vent geotròfic en superfície, mentre que al nivell troposfèric de 500 hPa el vent és del nord-oest. Aquesta cissalladura vertical del vent afavoreix els ascensos de l'aire dins d'un context de inestabilitat atmosfèrica que afavoreix la formació de les tempestes.

13JUN2008 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.136 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 13 de juny de 2008. Font: www.wetterzentrale.de

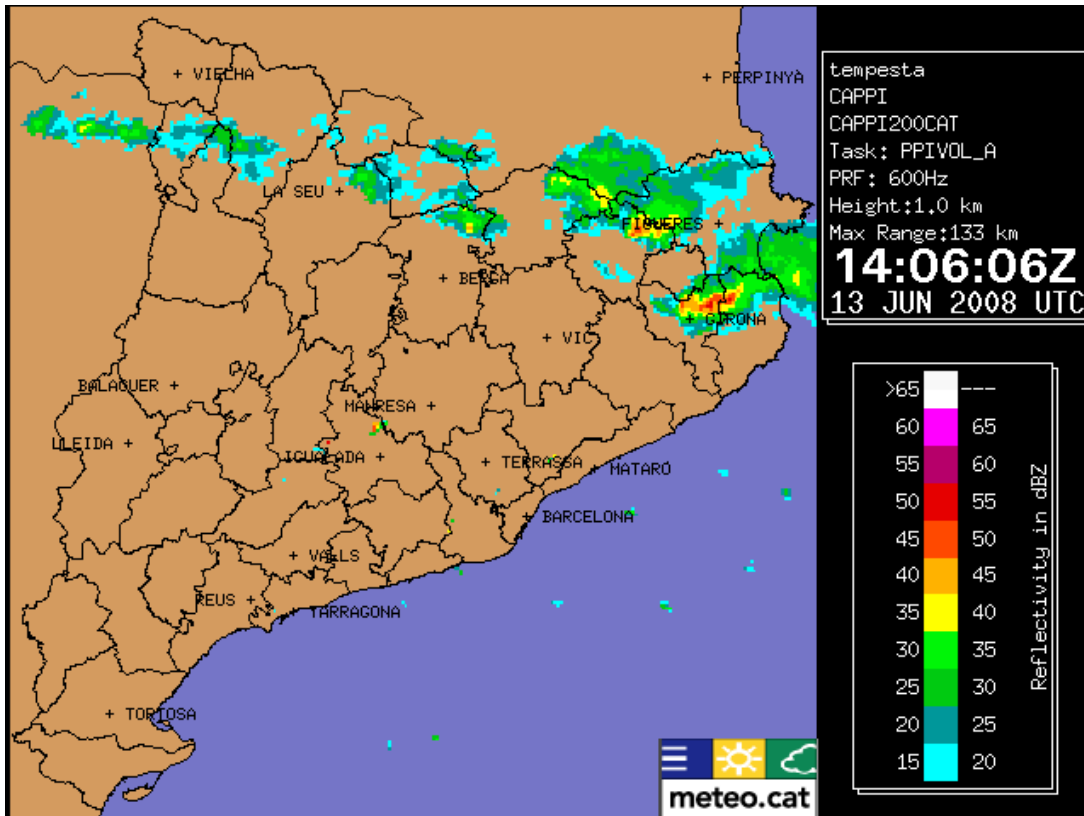


Figura 6.137 Imatges del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. Altura 1 km. 13 de juny de 2008. 14,06 hores T.U.

La imatge de radar de les 16,06 mostra el desplaçament de cèl·lules de precipitació damunt el terç nord de Catalunya, que tenen un moviment en sentit NW-SE. Es tracta de tempestes multicel·lulars que incrementen el seu vigor a mesura que es mouen damunt zones més càlides, per exemple l'Alt Empordà o el Gironès.

17 de juny de 2008

La situació sinòptica en superfície és de tàlveg, així tenim una depressió amb el nucli situat sobre les illes Balears que envia vent del NNE en superfície. El vent és del SW en alçada, a 500 hPa. La precipitació més elevada es va donar a Fornells de la Selva-SMC al sud-est de la ciutat, un altre observatori proper del SE només va donar 0,2 mm, va ser el lloc amb la mínima precipitació de la zona urbana. La precipitació més elevada per quadrícules es dona a sotavent de la ciutat, al SE de Girona, 20,1 mm. En canvi un dels indrets més secs es troba a les quadrícules de sobrevent (3,8 mm al NE, 3,4 mm al N). Vent del NNE a Girona, cosa que dona els màxims a sotavent de la ciutat. En canvi el vent en alçada era del SW i el desplaçament de les tempestes era de SW-NE, les taques amb més reflectivitat de 50 dBZ es donaven al SW de la ciutat de Girona, i en canvi a Girona i al nord de la ciutat no superava en cap cas els 35 dBZ

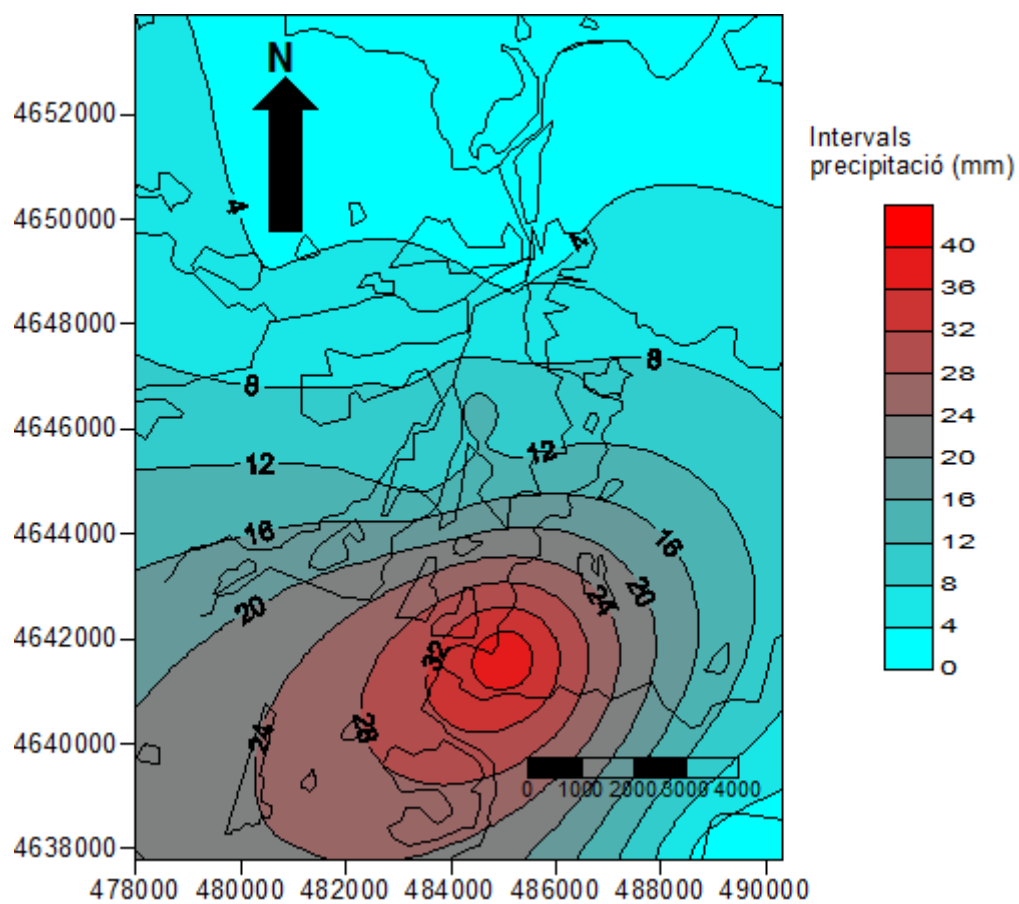
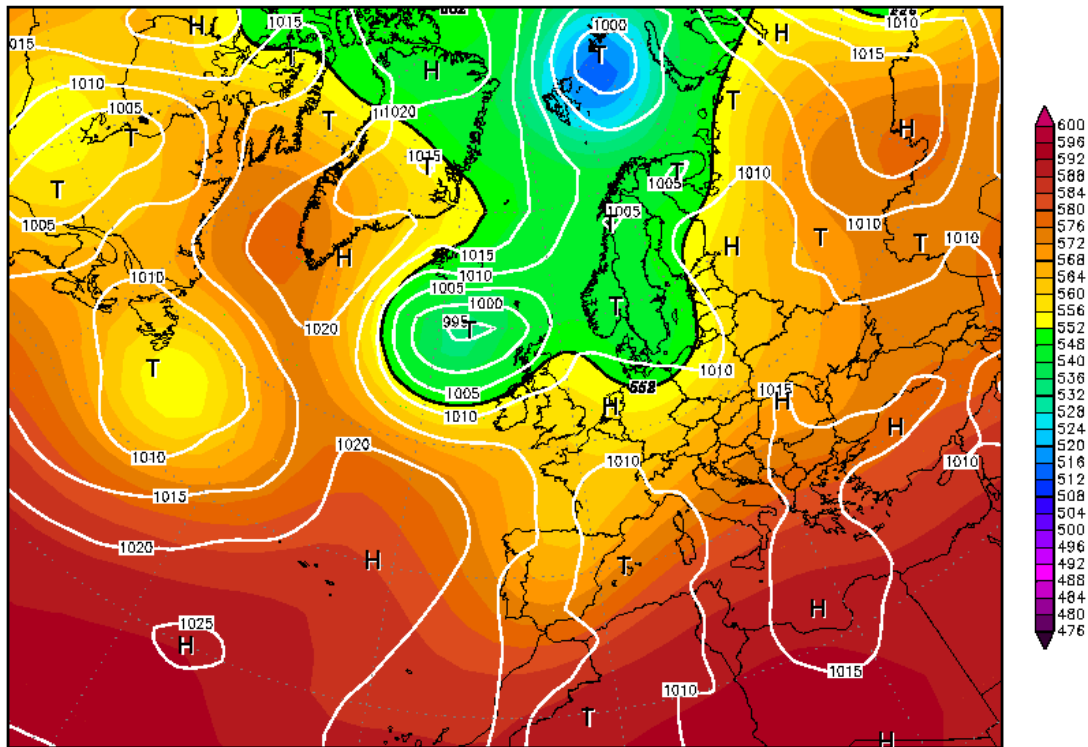


Figura 6.138 Mapa d'isohietes del 17 de juny de 2008. Àrea urbana de Girona.

17JUN2008 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.139 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 17 de juny de 2008. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

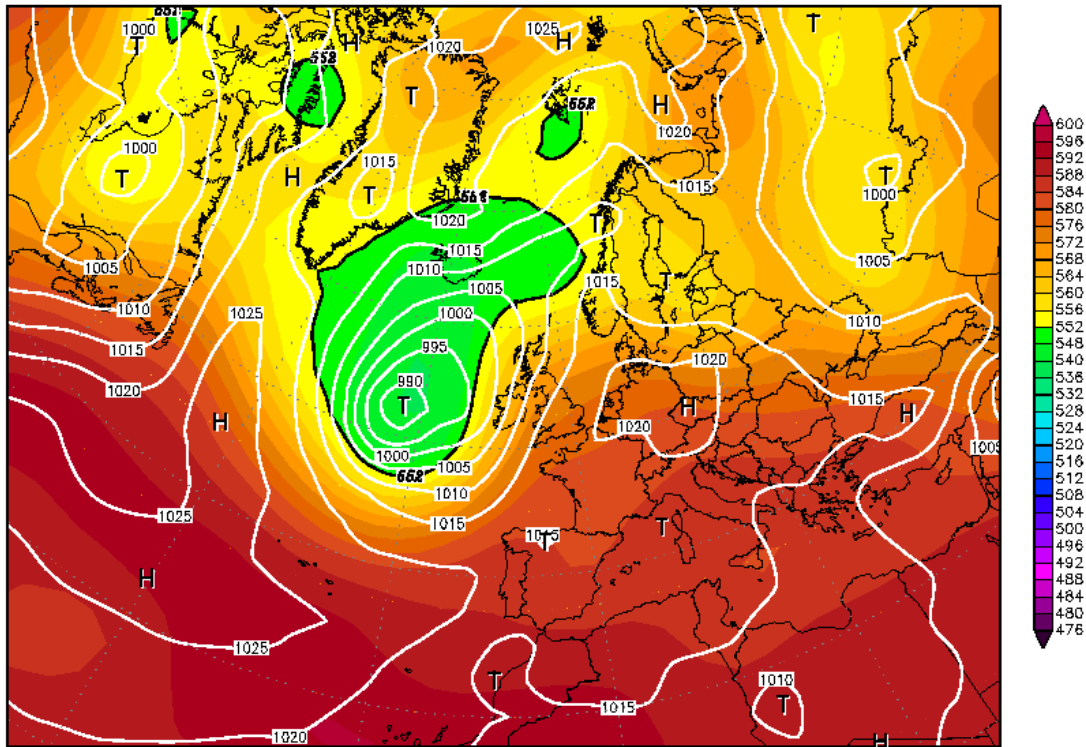
La situació sinòptica és de solc. En superfície tenim una depressió poc profunda (1010 hPa) damunt les Illes Balears, d'altra banda tenim l'anticicló de les Açores situat més al sud-oest de la seva posició habitual. Hi ha una depressió al nord-oest d'Escòcia i a nivells mitjans (500 hPa) tenim un solc marcat. El geopotencial és de 5630 metres a 500 hPa

La situació sinòptica en superfície és de tàlveg, així tenim una depressió amb el nucli situat sobre les illes Balears que envia vent del NNE en superfície. El vent és del NNE a Girona, El vent és del SW en la troposfera mitjana, a 500 hPa. La precipitació més elevada es va donar a Fornells de la Selva-SMC al sud-est de la ciutat, un altre observatori proper del SE només va donar 0,2 mm, va ser el lloc amb la mínima precipitació de la zona urbana. La precipitació més elevada per quadrícules es dona en una zona indiferent de la ciutat, al SE de Girona, 20,1 mm. En canvi un dels indrets més secs es troba a les quadrícules de sobrevent (3,8 mm al NE, 3,4 mm al N). En canvi el vent a 500 hPa és del SW i el desplaçament de les tempestes és en sentit SW-NE, les taques amb més reflectivitat de 50 dBZ es situen al SW de la ciutat de Girona, i en canvi a Girona i al nord de la ciutat no superar en cap cas els 35 dBZ

1 de juliol de 2008

01JUL2008 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.140 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 1 de juliol de 2008. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

La situació sinòptica de l'1 de juliol de 2008 es pot definir com a pantà baromètric. Tenim un solc d'ona curta a nivells mitjans (500 hPa) que inestabilitza l'atmosfera i amb eix nord-sud que està situat a l'oest de Catalunya, damunt d'Aragó. En superfície tenim un anticicló no massa potent (pressió superior a 1025 hPa) a l'Atlàntic que envia una falca fins a Europa Central, on tenim una alta amb més de 1020 hPa. D'altra banda hi ha una depressió profunda (990 hPa) a l'oest d'Irlanda (55°N, 21°W). El geopotencial és de 5760 metres a 500 hPa.

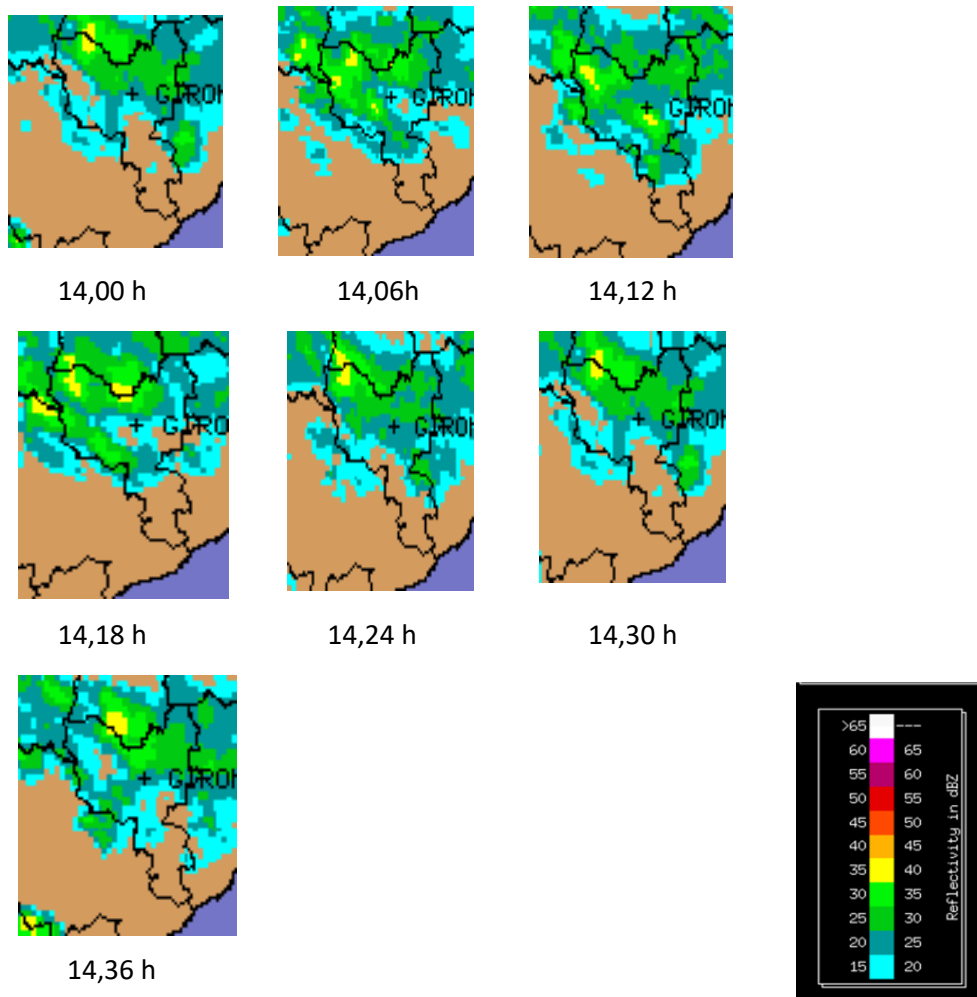


Figura 6.141 Imatges del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 1 de juliol de 2008. 14,00-14,36 hores T.U.

Les cèl·lules amb la reflectivitat màxima (fins a 50 dBZ) es mouen a l'oest i sud-oest de la ciutat (el triangle entre Anglès, Bescanó i l'aeroport de Girona), mentre a la resta de l'àrea urbana de Girona la reflectivitat és moderada, com a molt 35 dBZ. L'àrea urbana de Girona està situada a la part marginal de la tempesta. Vent del sud en superfície i desplaçament de les cèl·lules de precipitació del NW (NW en altura).

En el dia 1 de juliol de 2008 les tempestes van afectar especialment àrees allunyades de Girona i a l'àrea urbana de Girona les cèl·lules convectives van arribar molt desgastades, van donar poca precipitació. El màxim de la precipitació en un observatori es va donar en dues àrees situades als extrems oposats de l'àrea urbana, a Bescanó, en una zona indiferent, a l'oest de Girona i també a Celrà, 3,6 mm, a la zona de sotavent de la ciutat, al nord-est de la ciutat de Girona. El vent és del sud en superfície i del NW en el nivell troposfèric de 500 hPa. La mitjana de precipitació per quadrícules és més elevada al nord-est de Girona, a sotavent de l'àrea urbana, amb 3,6 mm a Celrà, i al sud-est es dona la precipitació més baixa, 0,8 mm a Cassà de la Selva-SMC.

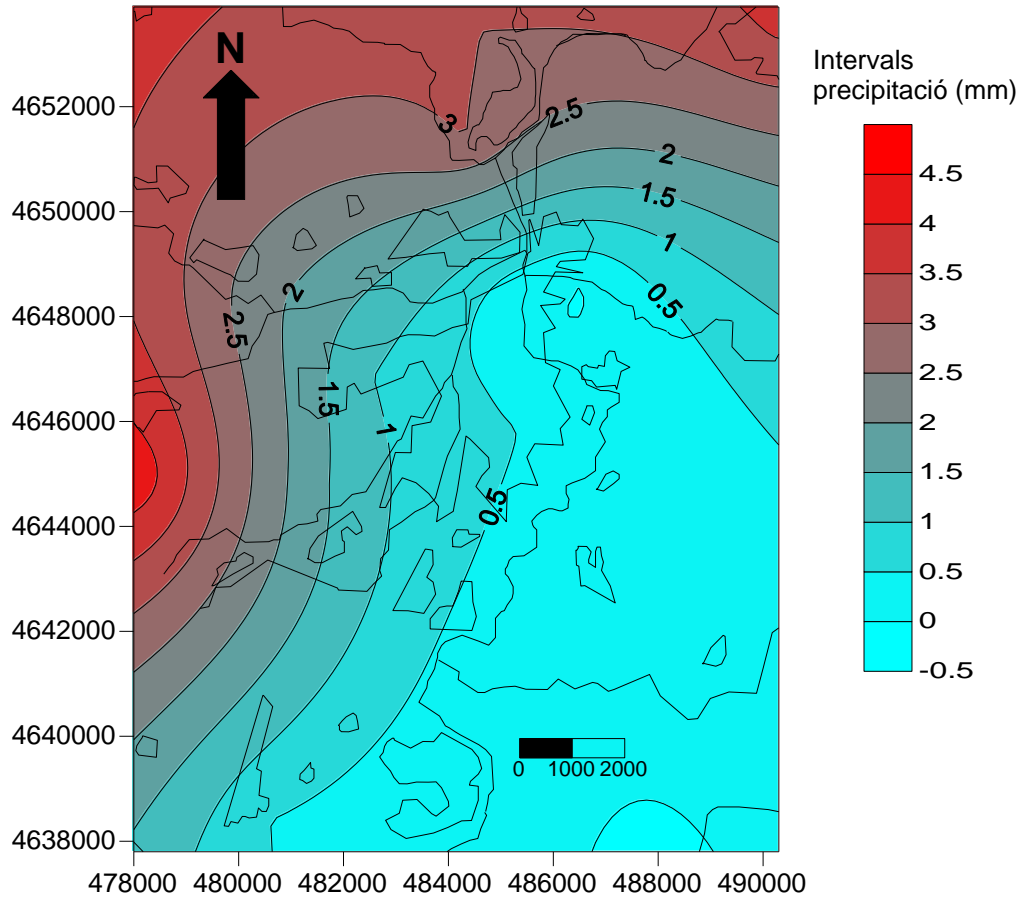
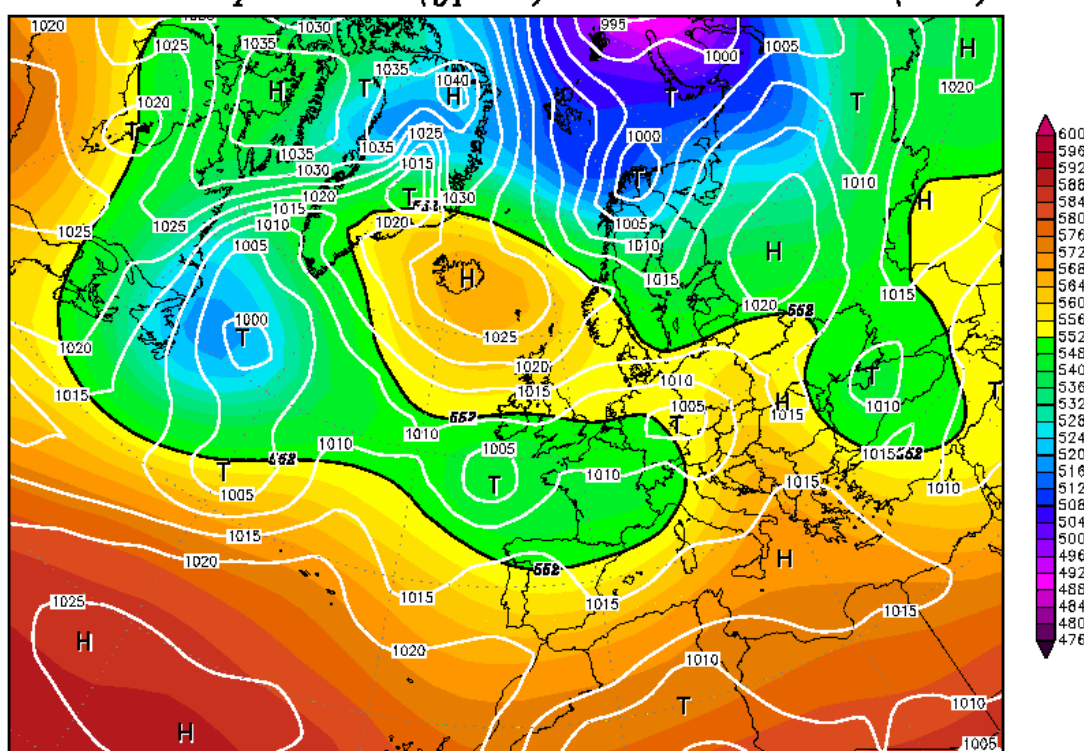


Figura 6.142 Mapa d'isohietes de l'1 de juliol de 2008. Àrea urbana de Girona.

El 17 d'abril de 2009 tenim un alt índex de circulació zonal. L'anticicló de les Açores està desplaçat més al sud-oest de la seva posició habitual, mentre tenim el pas de depressions atlàntiques al voltant del paral·lel 501N. La situació sinòptica és d'advecció de l'oest. Al nivell de 500 hPa Catalunya es troba en la part davantera d'un solc, amb advecció positiva de vorticitat, cosa que afavoreix els moviments ascendants de l'aire. El geopotencial és de 5520 metres a 500 hPa.

17APR2009 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Figura 6.143 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 17 d'abril de 2009. Font: www.wetterzentrale.de

El desplaçament de les cèl·lules de precipitació tempestuoses és del NW, el vent és del sud en superfície a l'aeroport de Girona. La precipitació més intensa es va produir al nord-est de la ciutat, a Celrà, 35,6 mm, en canvi al nord del barri de l'Eixample de Girona es va produir el mínim de precipitació, 1,0 mm a Girona-Bonastruc. El màxim de precipitació es va donar a Celrà, 35,6 mm, en una àrea indiferent de la ciutat, però també en àrees de sobrevent, com Vilablareix, 28,1 mm, o El Perelló, 18,9 mm. La precipitació més dèbil va correspondre a Girona--Montjuïc, amb només 6,4 mm. Un altre observatori on la precipitació va ser poc important fou Girona-Bonastruc, amb 8,0 mm.

La reflectivitat màxima de la precipitació (45-50 dBZ) es produeix al sud-oest de la ciutat de Girona, afectant els municipis de Vilablareix i Aiguaviva, en el primer es va donar la precipitació més intensa d'El Perelló. També el nord i nord-est ha tingut el pas de cèl·lules a les 12,24 hores amb una reflectivitat màxima de 40-45 dBZ. En canvi el centre de la ciutat de Girona té menys freqüència de desplaçament de cèl·lules de precipitació i la reflectivitat màxima no supera els 30-35 dBZ. La precipitació mitjana màxima per quadrícula es produeix en una àrea de sobrevent, el SW de la ciutat, 23,5 mm, molt a prop està el NE, 21,6 mm, mentre que el centre és l'àrea amb menys precipitació, 5,5 mm.

El vent és del sud en superfície a l'aeroport de Girona. La precipitació més intensa es va produir al NE de la ciutat, a Celrà, 35,6 mm, en canvi al nord del barri de l'Eixample de Girona es va produir el mínim de precipitació, 1,0 mm a Girona-Bonastruc. El desplaçament de les cèl·lules de precipitació tempestuoses és del NW, el vent és del sud en superfície. El màxim de precipitació es va donar a Celrà, 35,6 mm, en una àrea indiferent de la ciutat, però també en àrees de sobrevent, com Vilablareix, 28,1 mm, o El Perelló, 18,9 mm. La precipitació més dèbil va correspondre a Girona--Bonastruc, només 1 mm.

La reflectivitat màxima de la precipitació (45-50 dBZ) es produeix al sud-oest de la ciutat de Girona, afectant els municipis de Vilablareix i Aiguaviva, en el primer es va donar la precipitació més intensa d'El Perelló. També el nord i nord-est ha tingut el pas de cèl·lules a les 12,24 hores amb una reflectivitat màxima de 40-45 dBZ. En canvi el centre de la ciutat de Girona té menys freqüència de desplaçament de cèl·lules de precipitació i la reflectivitat màxima no superés els 30-35 dBZ. La precipitació mitjana màxima per quadrícula es produeix en una àrea de sobrevent, el SW de la ciutat, 23,5 mm, molt a prop està el NE, 21,6 mm, mentre que el centre és l'àrea amb menys precipitació, 5,5 mm.

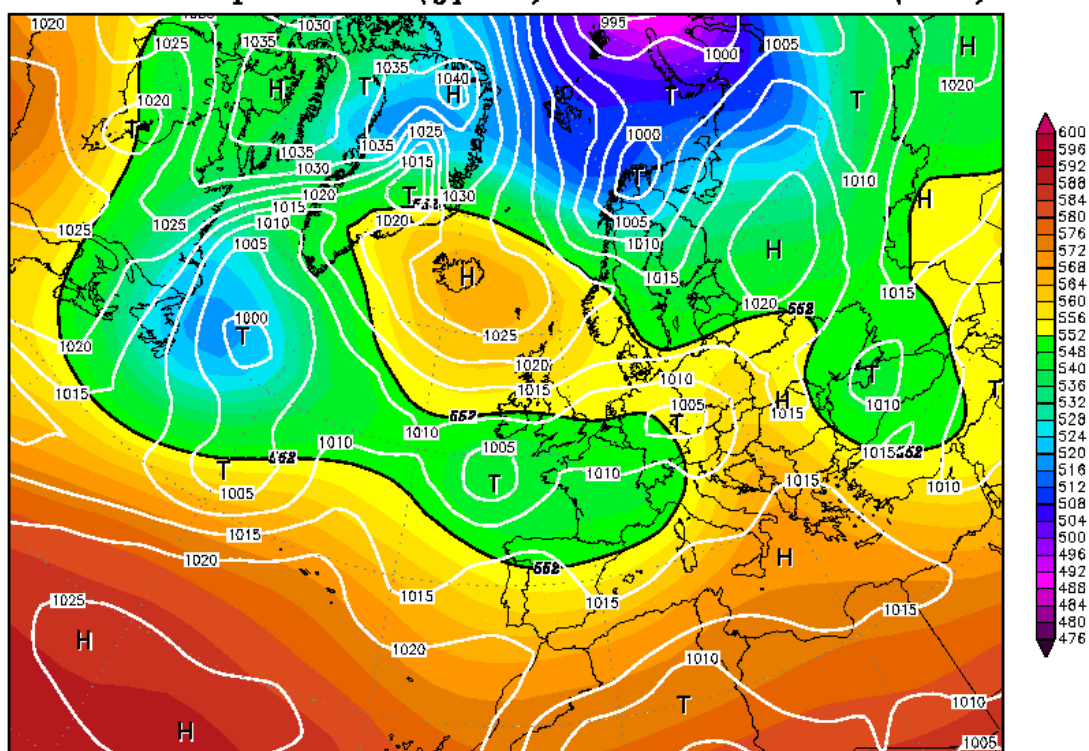
El desplaçament de les cèl·lules de precipitació tempestuoses és del NW, el vent és del sud en superfície a l'aeroport de Girona. La precipitació més intensa es va produir al nord-est de la ciutat, a Celrà, 35,6 mm, en canvi al nord del barri de l'Eixample de Girona es va produir el mínim de precipitació, 1,0 mm a Girona-Bonastruc. El màxim de precipitació es va donar a Celrà, 35,6 mm, en una àrea indiferent de la ciutat, però també en àrees de sobrevent, com Vilablareix, 28,1 mm, o El Perelló, 18,9 mm. La precipitació més dèbil va correspondre a Girona--Montjuïc, amb només 6,4 mm. Un altre observatori on la precipitació va ser poc important fou Girona-Bonastruc, amb 8,0 mm.

La reflectivitat màxima de la precipitació (45-50 dBZ) es produeix al sud-oest de la ciutat de Girona, afectant els municipis de Vilablareix i Aiguaviva, en el primer es va donar la precipitació més intensa d'El Perelló. També el nord i nord-est ha tingut el pas de cèl·lules a les 12,24 hores amb una reflectivitat màxima de 40-45 dBZ. En canvi el centre de la ciutat de Girona té menys freqüència de desplaçament de cèl·lules de precipitació i la reflectivitat màxima no supera els 30-35 dBZ. La precipitació mitjana màxima per quadrícula es produeix en una àrea de sobrevent, el SW de la ciutat, 23,5 mm, molt a prop està el NE, 21,6 mm, mentre que el centre és l'àrea amb menys precipitació, 5,5 mm.

17 d'abril de 2009

17APR2009 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.144 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 17 d'abril de 2009. Font: www.wetterzentrale.de.

El 17 d'abril de 2009 tenim un alt índex de circulació zonal. L'anticicló de les Açores està desplaçat més al sud-oest de la seva posició habitual, mentre tenim el pas de depressions atlàntiques al voltant del paral·lel 501N. La situació sinòptica és d'advecció de l'oest. Al nivell de 500 hPa Catalunya es troba en la part davantera d'un solc, amb advecció positiva de vorticitat, cosa que afavoreix els moviments ascendants de l'aire. El geopotencial és de 5520 metres a 500 hPa.

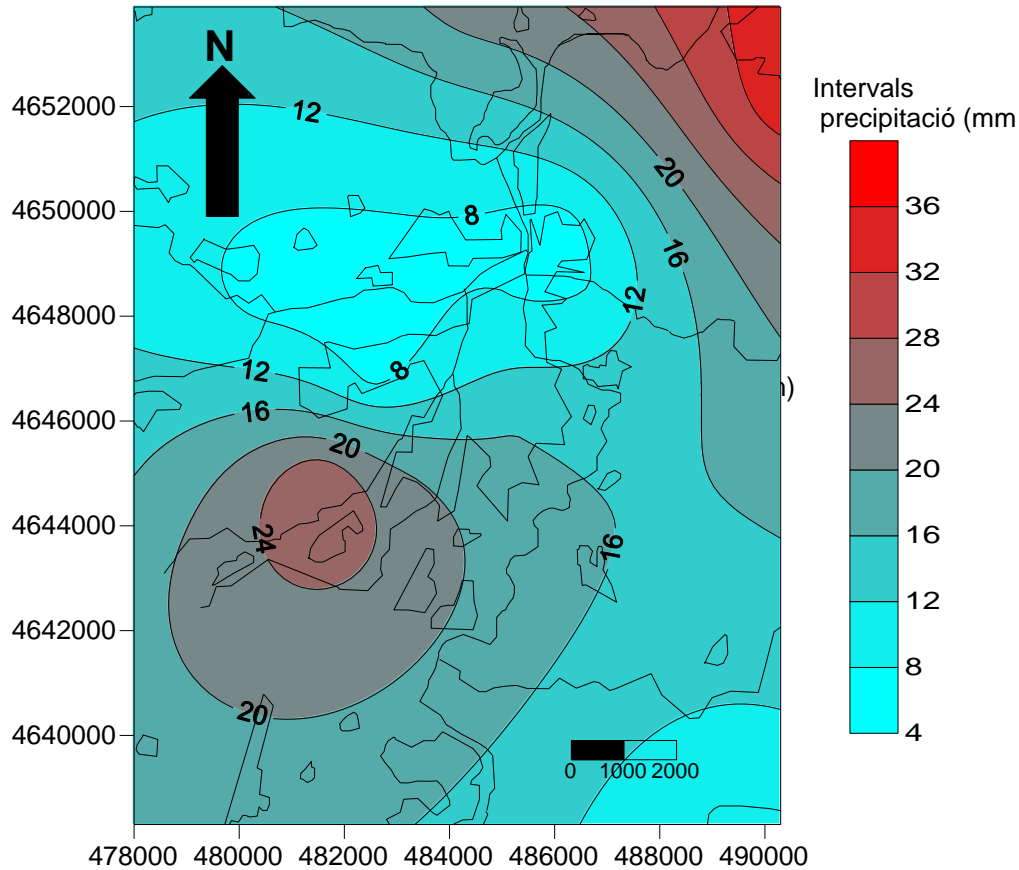
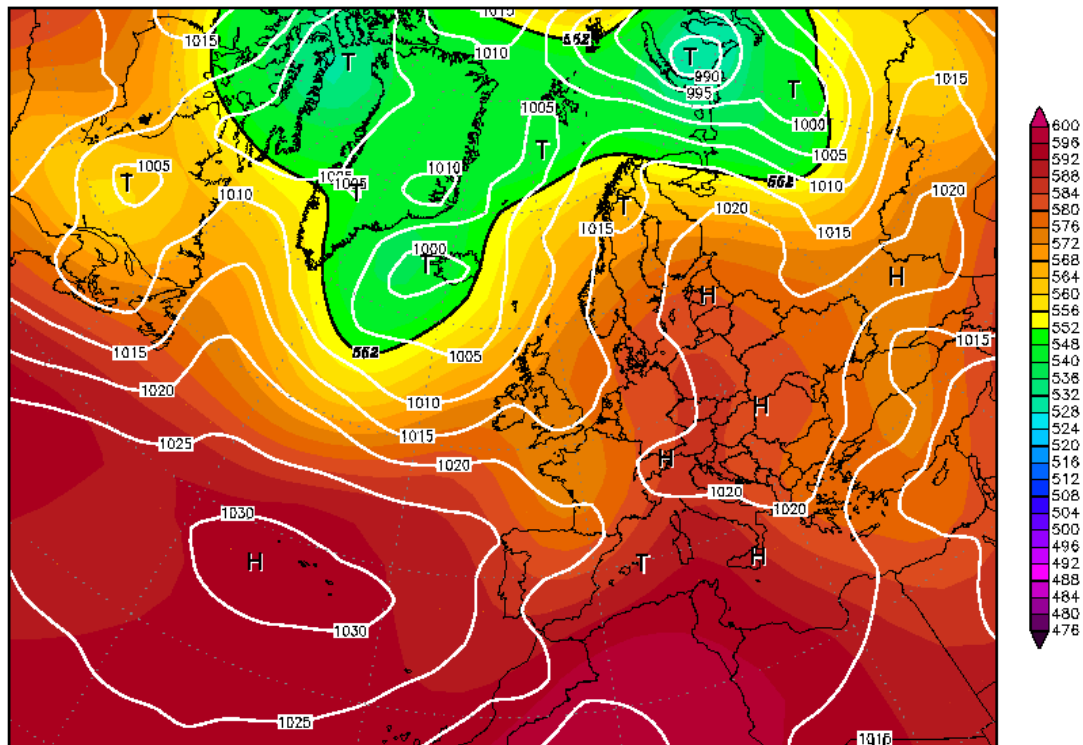


Figura 6.145 Mapa d'isohietes del 17 d'abril de 2009. Àrea urbana de Girona.

6 de juliol de 2006

El mapa isobàric del 6 de juliol de 2006 correspon a una advecció del nord-oest. L'anticicló de les Açores està orientat en sentit oest-est, i tenim una depressió a l'oest d'Islància. Entre els dos centres d'acció tenim un flux del nord-oest fins a Catalunya. A 500 hPa s'observa l'arribada d'aire fred en aquest nivell, amb un solc d'ona curta, Girona està a la part davantera del solc, on hi ha més inestabilitat, ja que tenim una advecció positiva de vorticitat. El geopotencial és de 5740 metres a 500 hPa. Els fluxos d'aire del nord-oest a l'estiu són situacions sinòptiques favorables perquè es produeixin tempestes a l'àrea urbana de Girona. Aquestes tempestes es formen al Pirineu Oriental i es desplacen segons el vent a 700 hPa fins a la ciutat de Girona.

06JUL2006 00Z
 500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Figura 6.146 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 6 de juliol de 2006. Font: www.wetterzentrale.de.

El desplaçament de les tempestes és de l'oest, per tant es desplaçaven cap a l'est de l'àrea urbana de Girona. El vent és del sud en superfície, a l'aeroport de Girona. La tempesta es bifurca en dues cèl·lules convectives quan arriba a Girona. Això s'observa en la distribució espacial de la reflectivitat del radar dels diferents moments del migdia. La reflectivitat màxima es va produir a l'oest, nord-oest, sud-oest i sud de la ciutat, entre 50 i 55 dBZ, en canvi al nord-est i nord de l'àrea urbana la reflectivitat no superarà els 40 dBZ. El centre de Girona va tenir reflectivitats entre 45 i 50 dBZ. S'ha de remarcar que les tempestes van ser severes a l'oest de la ciutat, amb precipitacions molt intenses que van donar lloc a inundacions en indrets com el centre de Salt, a l'observatori de la Plaça Sant Cugat van caure 56,7 mm. La precipitació més elevada es va donar al sud de la ciutat, a Girona-Palau-Aigües de Girona, 66,8 mm.

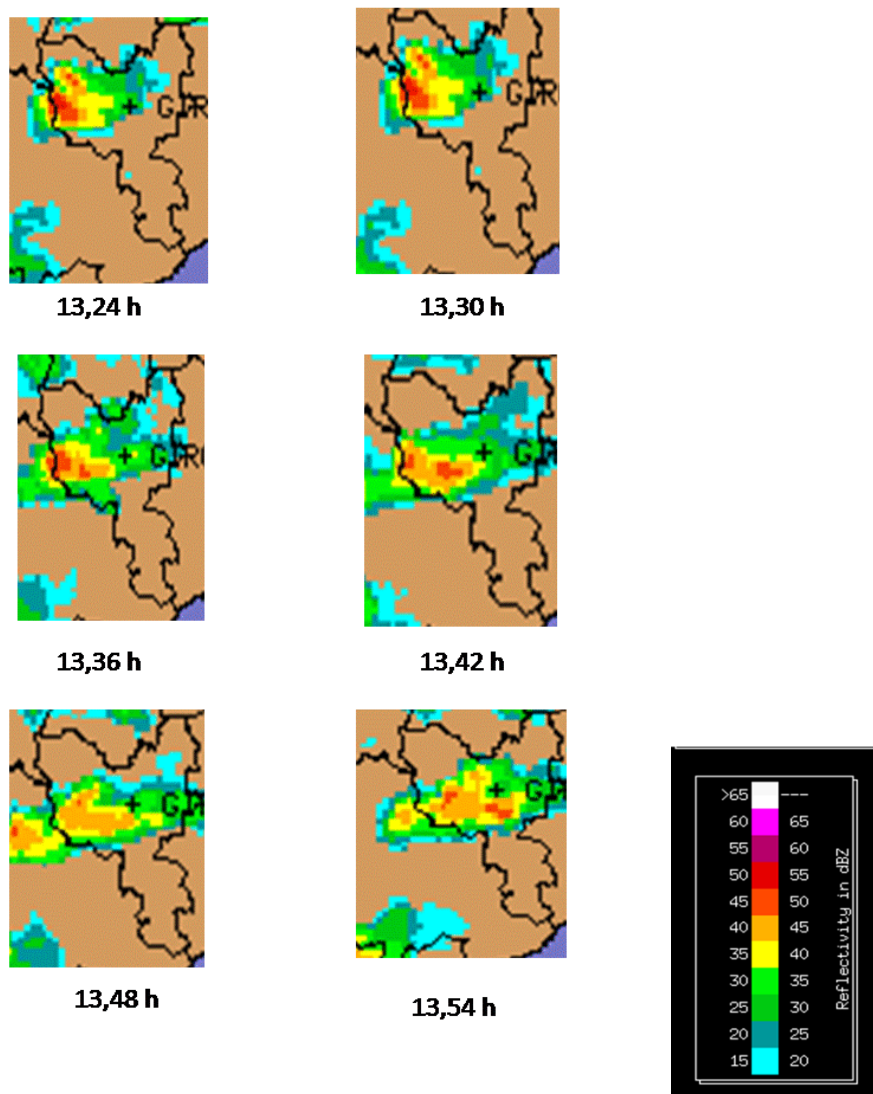


Figura 6.147 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 6 de juliol de 2006. 13,24-13,54 hores T.U.

La precipitació màxima es va produir a Girona-Palau, per tant a sobrevent de la ciutat. Altres llocs molt afectats per aiguats intensos van correspondre al sud i oest de la ciutat (Parc de Bombers de Girona, 56,6 mm, Salt 56,7 mm). Les precipitacions més dèbils van correspondre al sud-est de la ciutat, nord i nord-est, en aquest cas la precipitació més forta no va afectar l'àrea de sotavent (nord) sinó la de sobrevent. Així Celrà (NE) va donar 10,4 mm, Sarrià de Ter (N) 19,5 mm i 6 mm a Fornells de la Selva-SMC (SE).

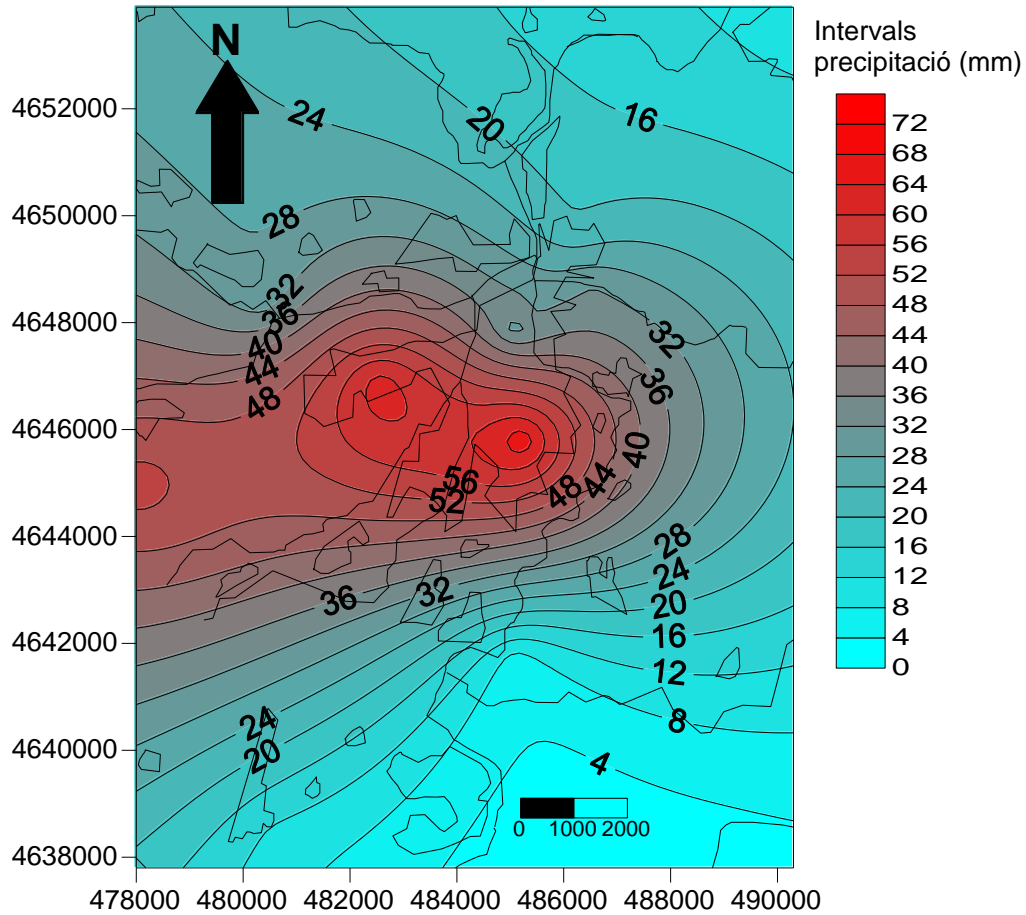


Figura 6.148 Mapa d'isohietes del 6 de juliol de 2006. Àrea urbana de Girona.

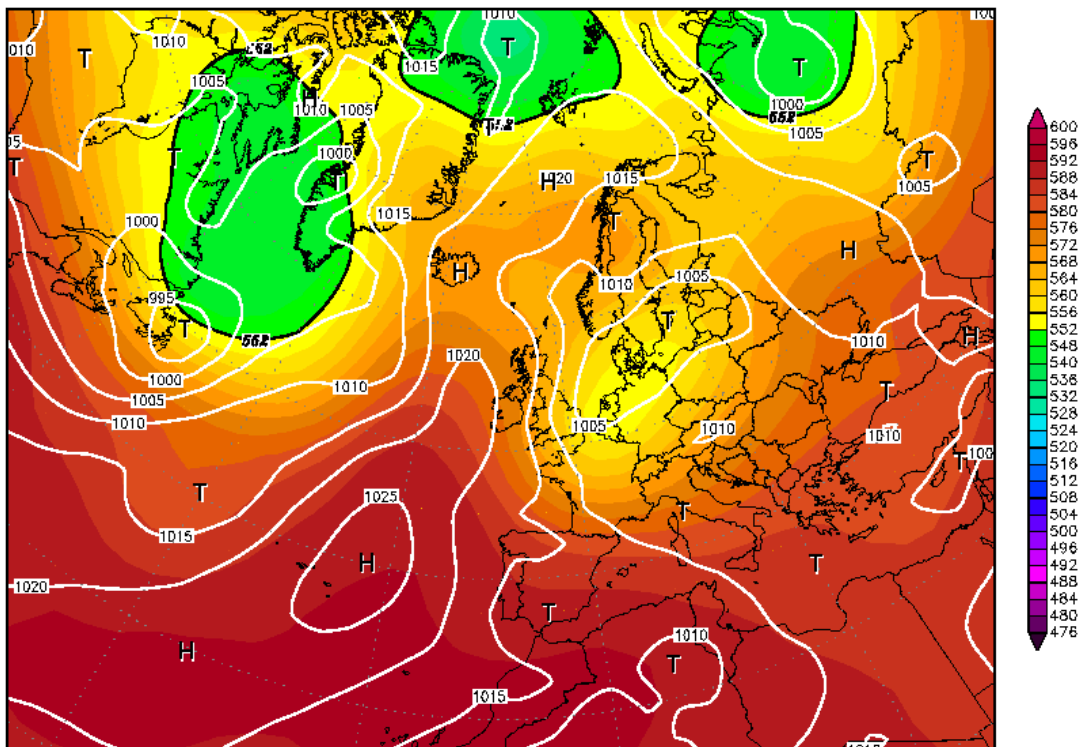
La precipitació màxima per zones es va produir al sud de l'àrea urbana de Girona, 61,7 mm, i en segon lloc a l'oest de la ciutat, 54 mm. El sud-est de la ciutat fou l'àrea menys plujosa, amb només 6 mm. Aquest dia l'efecte urbà no és important, ja que la precipitació màxima es produeix a sobrevent de la ciutat. El nord de la ciutat, teòricament la zona on hauria de ploure més, només va enregistrar una mitjana de 22,1 mm, precipitació clarament inferior a la zona de migjorn. La bifurcació de la tempesta s'observa clarament en la imatge de les 13,54 hores, per tant la tempesta perd activitat quan es desplaça al damunt de la ciutat de Girona.

3 d'agost de 2006

La situació sinòptica del 3 d'agost de 2006 és d'advecció del nord-oest. Es tracta d'una situació de bloqueig amb un anticicló dinàmic (1025 hPa) damunt les Illes Açores que s'allargassa de SW a NE, i envia una falca fins a les Illes Spitzbergen. Al seu marge dret hi ha una depressió damunt del mar Bàltic, amb 1005 hPa. Entre els dos centres d'acció es produeix el flux del nord-oest fins a Catalunya. D'altra banda tenim l'arribada d'un front fred pel Cantàbric. En els nivells mitjans de la troposfera hi ha un flux del nord-oest, per tant tenim la penetració d'aire fred en altura que inestabilitza l'atmòsfera. El geopotencial és de 5780 m a 500 hPa.

03AUG2006 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.149 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 3 d'agost de 2006. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de.

El vent és del NW en capes mitjanes de la troposfera (500 hPa), mentre que és del SSE (150°) en superfície. La precipitació més elevada es va donar a Salt-AEMET, 43,4 mm, seguida de Celrà, 42,6 mm, Salt-Cugat, 39,3 mm, i Sant Gregori, 36,8 mm. Per tant, el màxim de precipitació es va donar a l'oest, nord-est i nord-oest de la ciutat, per tant en unes àrees que eren de sotavent (NW) o indiferent (W i NE) respecte a la

direcció del vent en superfície. La precipitació més dèbil es va donar al nord de la ciutat, Sarrià de Ter 13,5 mm, i Girona-Montjuïc 13.2 mm.

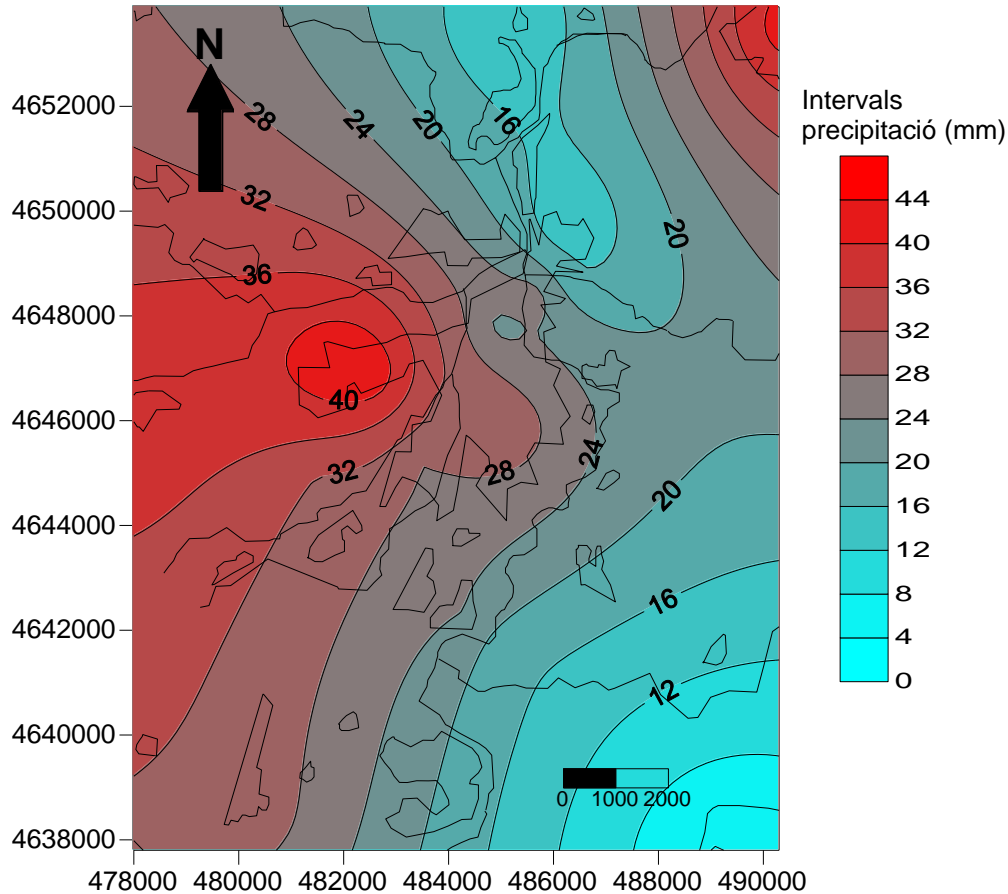


Figura 6.150 Mapa d'isohietes del 3 d'agost de 2006. Àrea urbana de Girona.

El desplaçament de les cèl·lules de precipitació és del nord-oest en aquest dia. Les cèl·lules de precipitació amb reflectivitat més elevada afecten l'oest de l'àrea urbana de Girona, amb reflectivitats que oscil·len entre 50 i 55 dBZ, mentre que les àrees amb menys reflectivitat es troben al nord de l'àrea urbana on la tempesta arribava desgastada.

La precipitació mitjana més elevada es va donar en les quadrícules situades a l'oest i nord-oest de la ciutat de Girona, en aquest últim cas es pot parlar d'un màxim de precipitació a sotavent de la ciutat de Girona. Un dels llocs amb menys precipitació van ser l'est i sud-est de la ciutat, situada a sobrent d'aquesta. No obstant la quadrícula del nord de la ciutat, en teoria a sotavent d'aquesta, va donar la precipitació mitjana més dèbil, 13,4 mm.

No sembla que la tempesta sofreixi modificacions al passar per damunt de Girona en tot cas es mostra més activa al sud, sud-oest, oest i nord-oest de la ciutat, mentre que cap a l'est, nord-est i nord la tempesta és menys intensa. No hi ha un increment de la precipitació a sotavent, si considerem el vent de xaloc en superfície. La tempesta és molt més forta entre Salt, Girona-Palau i Fornells que a Sarrià de Ter, Girona-Montjuïc, Girona-Sant Daniel i meitat nord de Girona (Eixample de Girona, etc.). Al sud-est de la ciutat de Girona la tempesta es reactiva, per un efecte de ciutat+orografia. (Gavarres i Fornells de la Selva).

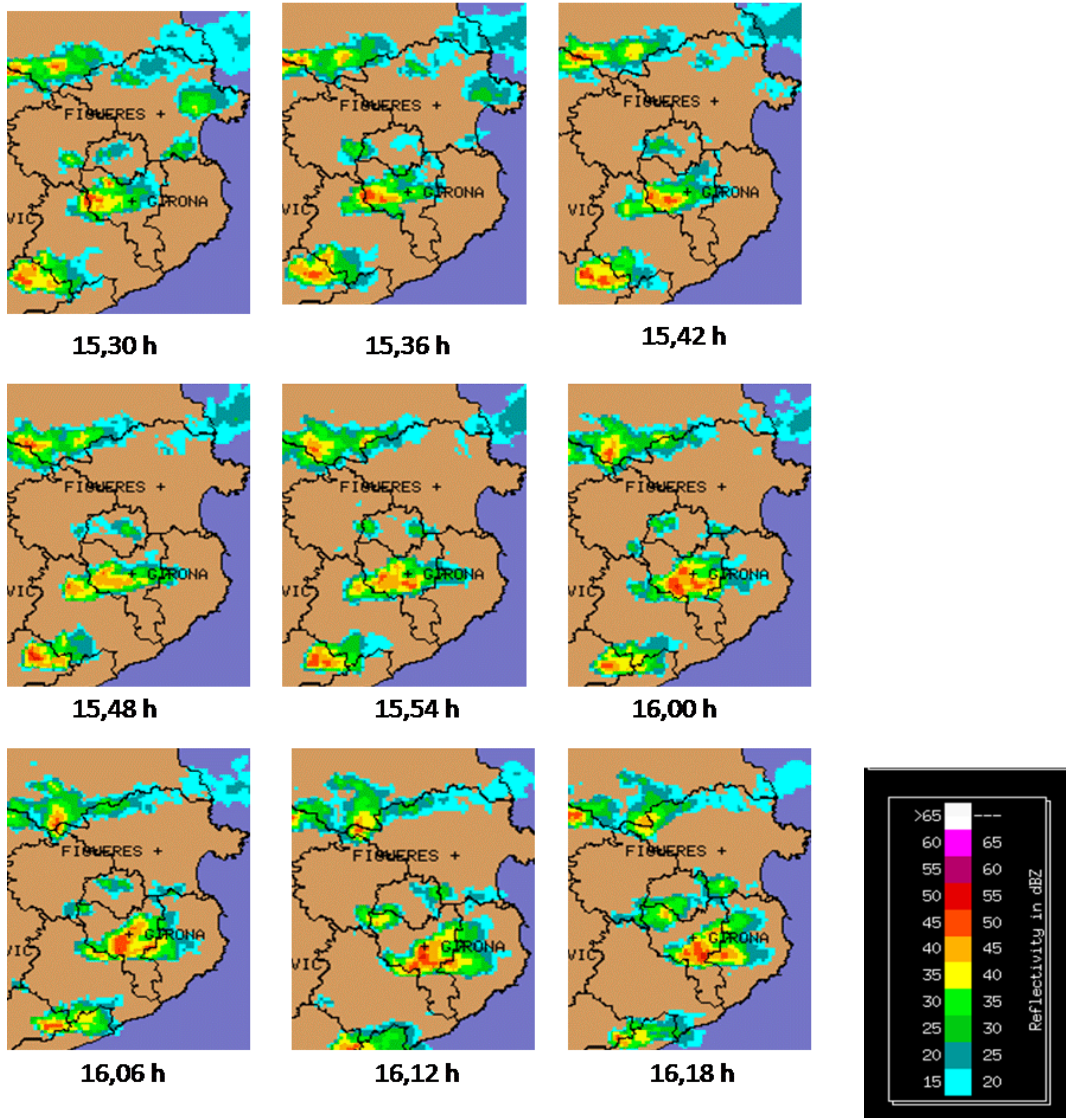


Figura 6.151 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 3 d'agost de 2006. 15,48-16,18 hores T.U.

L'efecte urbà en la precipitació és positiu el 3 d'agost de 2006, ja que amb vent del SSE en superfície el màxim pluviomètric s'hauria de situar en les zones al nord-oest i nord de la ciutat de Girona, en aquest cas les zones on tenim el màxim són l'oest, amb 40 mm, però després el nord-oest amb 36,8 mm. No obstant, el sud és una de les zones més plujoses, quan teòricament hauria de ser una àrea relativament seca, ja que es tracta de sobrevent. De la mateixa manera el nord de Girona que teòricament hauria de ser de les zones més plujoses és la més seca, amb només 13,4 mm.

12 d'agost de 2006

El vent és de l'est en superfície, així l'aeroport de Girona donava vent mitjà de 70°.

En canvi el vent als nivells mitjans de la troposfera és del NW, el desplaçament de les cèl·lules de precipitació és del NW, per tant les tempestes venen de NW i es dirigeixen cap a SE. La reflectivitat màxima és de 40 dBz en cèl·lules situades al nord i sud de la ciutat, les més dèbils es troben al sud-est i sud-oest, 25-30 dBz, la resta de l'àrea

urbana té reflectivitats entre 30 i 35 dBZ. La part més activa de la tempesta però es troba estàtica relativament allunyada de la ciutat, al nord-oest de Girona, entre la muntanya de Rocacorba i Banyoles, amb una reflectivitat entre 35 i 40 dBZ. Hi ha diverses seqüències de radar en què no tenim precipitació al sud de la ciutat de Girona, per exemple a les 14,30 hores T.U. no hi hauria pluja a Fornells de la Selva.

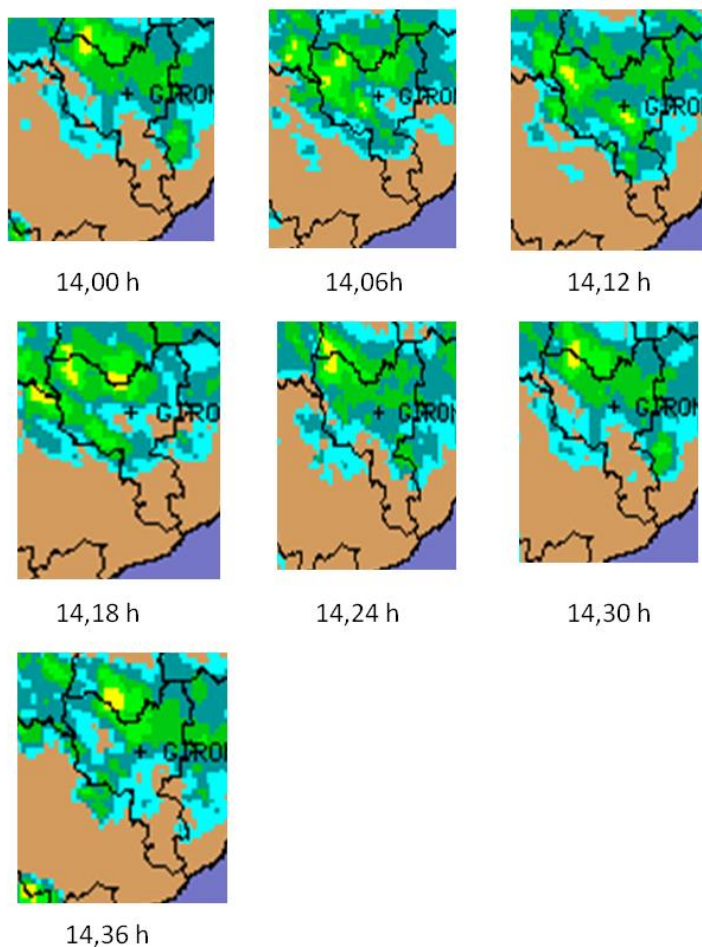


Figura 6.152 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 12 d'agost de 2006. 14,00-14,37 hores T.U.

La precipitació més elevada es va donar al centre de la ciutat, a l'oest, a sotavent d'aquesta, al sud de la ciutat, fins i tot a sobrevent, a l'est. Així la precipitació màxima es va donar en un dels observatoris amb menys precipitació mitjana, situat al centre de la ciutat, Girona-Sèquia, després Salt-AEMET 62,8 mm, 55,4 mm a Girona-Ciudadans, al Barri Vell.

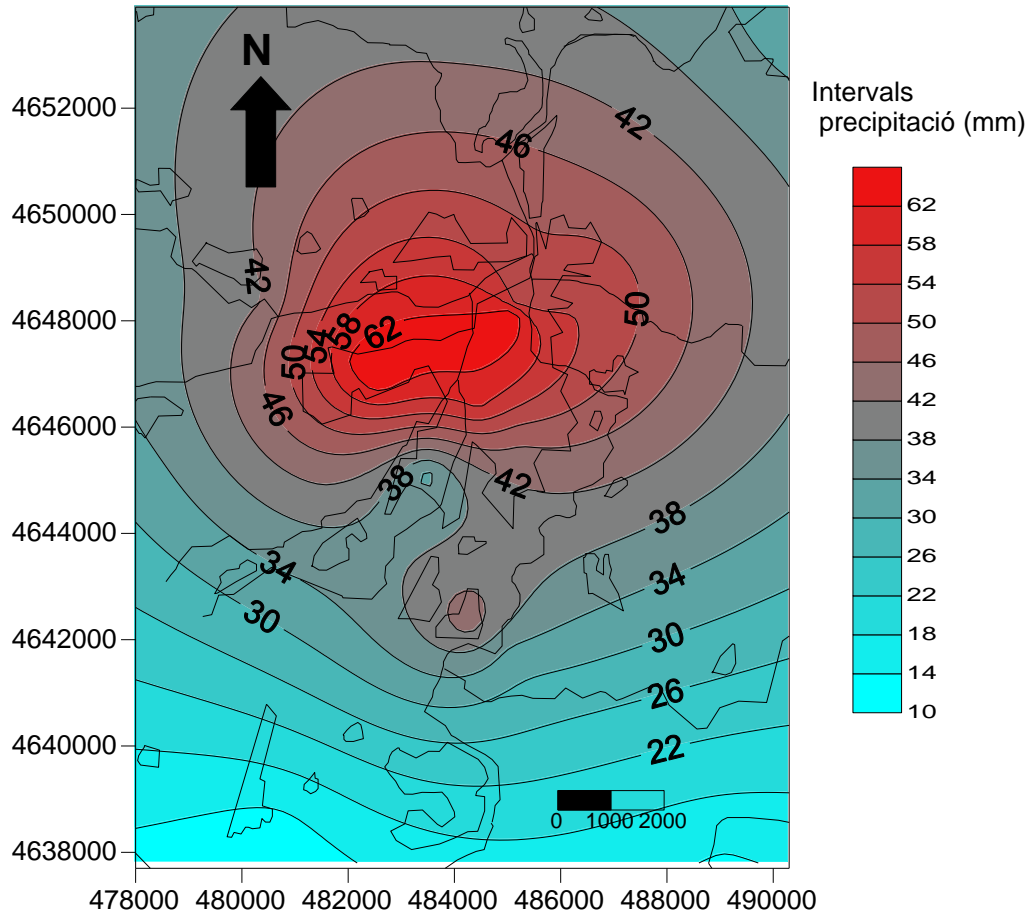
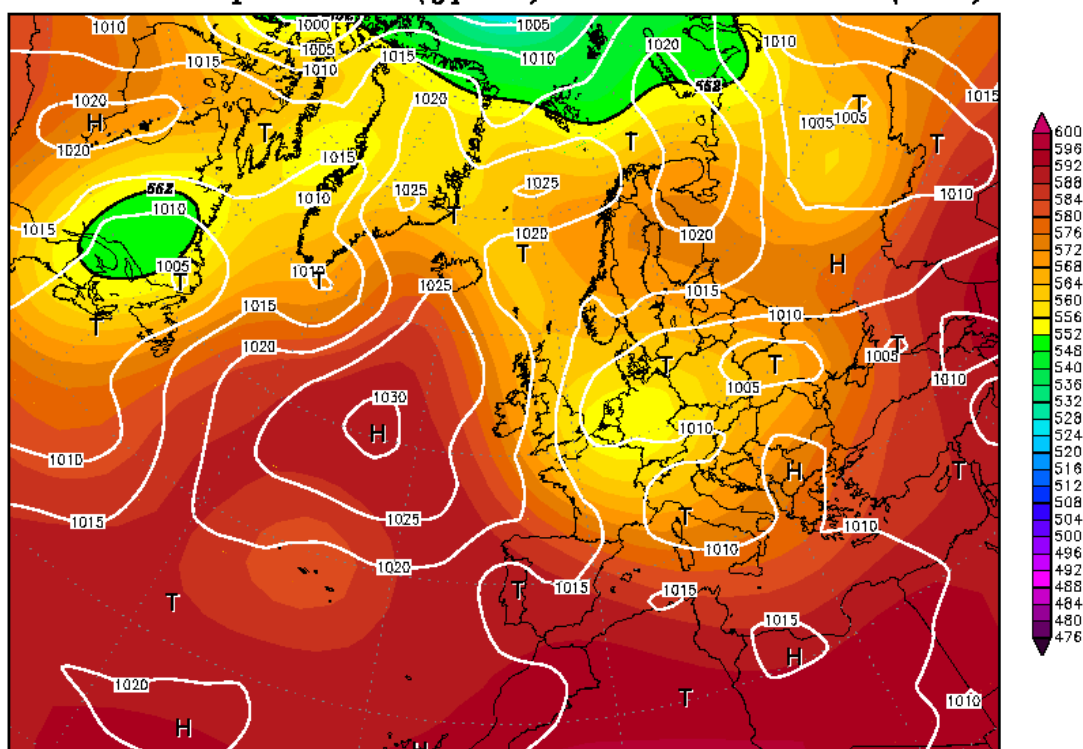


Figura 6.153 Mapa d'isohietes del 12 d'agost de 2006. Àrea urbana de Girona.

La situació sinòptica és d'advecció del nord. Hi ha un anticicló potent (1030 hPa) de bloqueig amb eix nord-sud a l'Atlàntic (52°N, 33° W). D'altra banda hi ha una depressió damunt Ucraïna, entre els dos centres d'acció es analitza un flux del nord damunt Catalunya. Als nivells mitjans de la troposfera hi ha un solc damunt d'Europa Occidental que engloba Catalunya. El geopotencial és de 5740 metres damunt Catalunya.

12AUG2006 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.154 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 12 d'agost de 2006. 0 hores solars.
Font: www.wetterzentrale.de

La precipitació més elevada es va donar al centre de la ciutat, a l'oest, a sotavent d'aquesta, al sud de la ciutat, fins i tot a sobrevent, a l'est. Així la precipitació màxima es va donar en un dels observatoris amb menys precipitació mitjana, situat al centre de la ciutat, Girona-Sèquia, 65,5 mm, després tenim Salt-centre, amb 64,3 mm, i Salt-AEMET 62,8 mm.

La zona amb més precipitació va ser el centre de Girona amb 58,6 mm, després l'est amb 53,7 mm, el sud amb 52,7 mm i l'oest amb 50,9 mm. En canvi les zones de sobrevent (SE) i indiferent (SW) tenen la precipitació mitjana més dèbil, 32,2 mm i 28,8 mm respectivament.

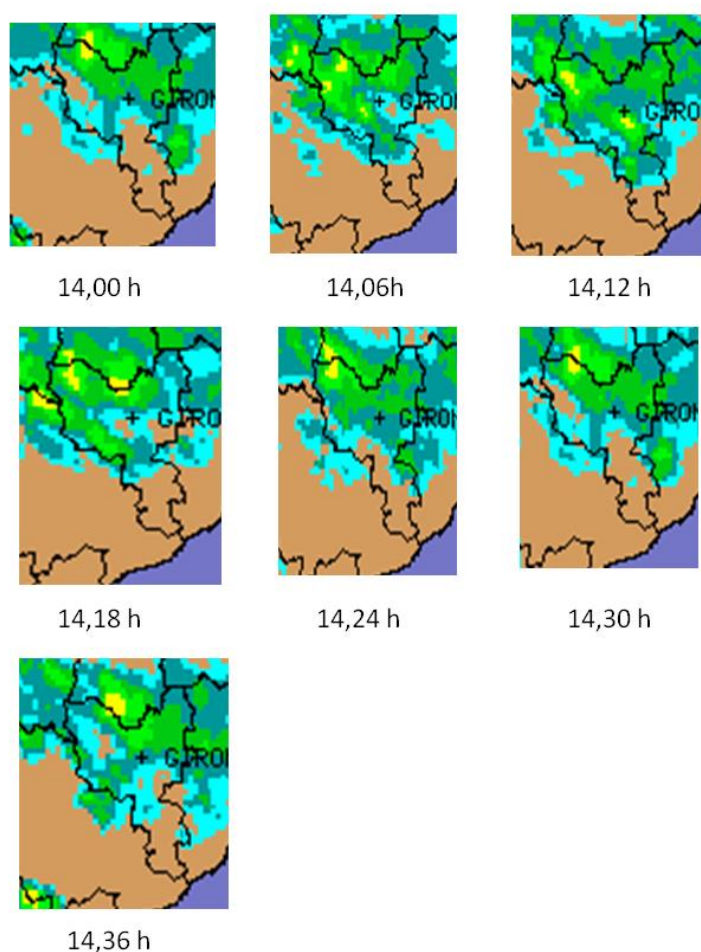


Figura 6.155 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 12 d'agost de 2006. 14,00-14,37 hores T.U.

La zona amb més precipitació va ser el centre de Girona amb 58,6 mm, després l'est amb 53,7 mm, el sud amb 52,7 mm i l'oest amb 50,9 mm. En canvi les quadrícules de sobrevent (SE) i indiferent (SW) tenen la precipitació mitjana més dèbil, 32,2 mm i 28,8 mm respectivament.

20 d'agost de 2005

El vent del dia 20 d'agost de 2005 és de l'oest (280°) a l'aeroport de Girona i del nord-oest en altura, ja que el desplaçament de les cèl·lules de precipitació és del NW. La reflectivitat màxima fou molt intensa, 50-55 dBZ, com correspon a una precipitació intensa acompanyada de calamarsa especialment a la ciutat de Girona on va deixar un gruix de gel de 50 cm. En tot cas la precipitació intensa va tenir més durada temporal va ser l'est de la ciutat, al voltant de les Gavarres, precisament on la precipitació va ser més intensa, 71 mm, a Girona-Sant Daniel.

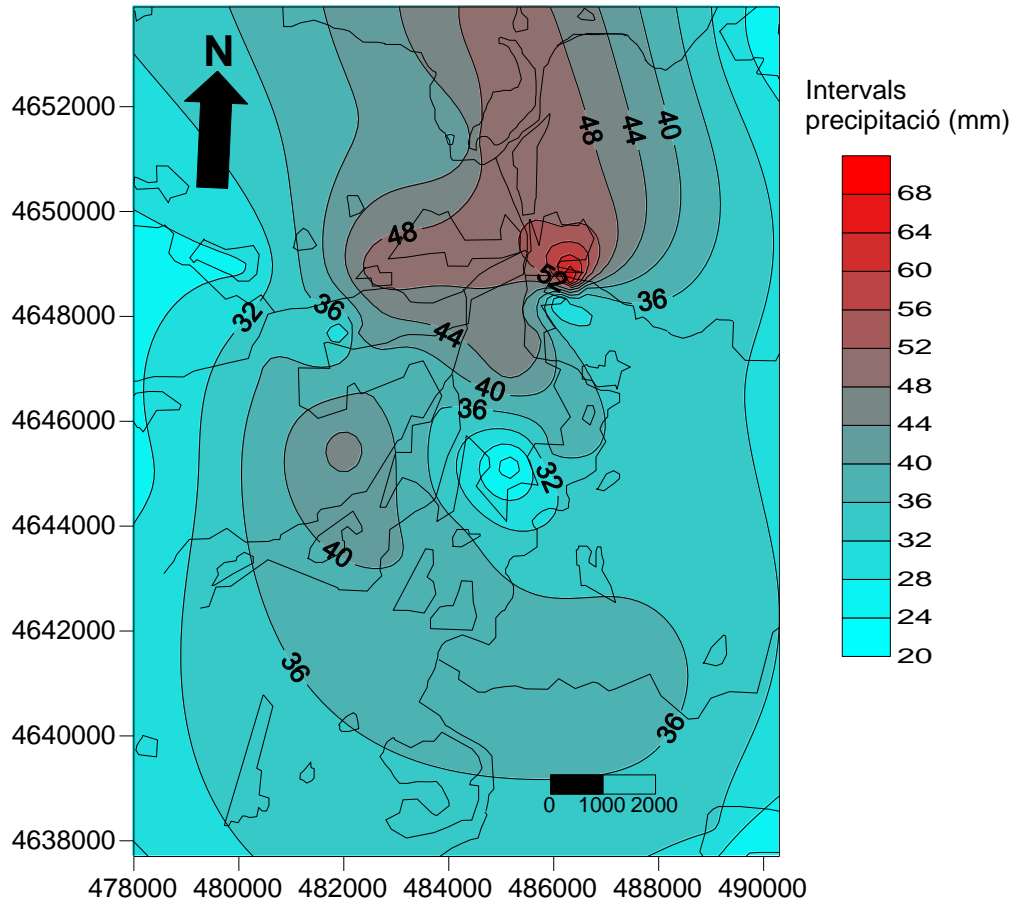


Figura 6.156 Mapa d'isohietes del 20 d'agost de 2005. Àrea urbana de Girona.

La precipitació més intensa es va produir a sotavent de la ciutat de Girona, 71 mm a Girona-Sant Daniel situada al ENE de la ciutat, encara que s'inclou a la zona de NE. Altres indrets amb precipitació intensa van ser el nord de la ciutat (zona indiferent), Girona-Montjuïc 51,2 mm, Sarrià de Ter-Aigües, 50,4 mm, el centre de Girona o l'est, Girona-Oficina, 41,1 mm. D'altra banda la precipitació més dèbil es va produir a l'aeroport, en una zona indiferent, però també Bescanó, en l'àrea de sobrevent de l'oest de la ciutat la precipitació no va ser molt important, 26,2 mm. El sud de la ciutat va ser l'àrea amb menys precipitació, apart de l'aeroport tenim Fornells-SMC 14,3 mm (SE), o Girona-Palau 21,1 mm (S).

La zona del nord-est de la ciutat (situada a sotavent) va enregistrar la mitjana de precipitació més important, 54,2 mm, seguida del nord, 50,8 mm, i centre 43,9 mm. La part meridional de la ciutat van ser les àrees amb menys precipitació, 20,3 mm de mitjana a la zona SE i 28,1 mm a l'àrea sud.

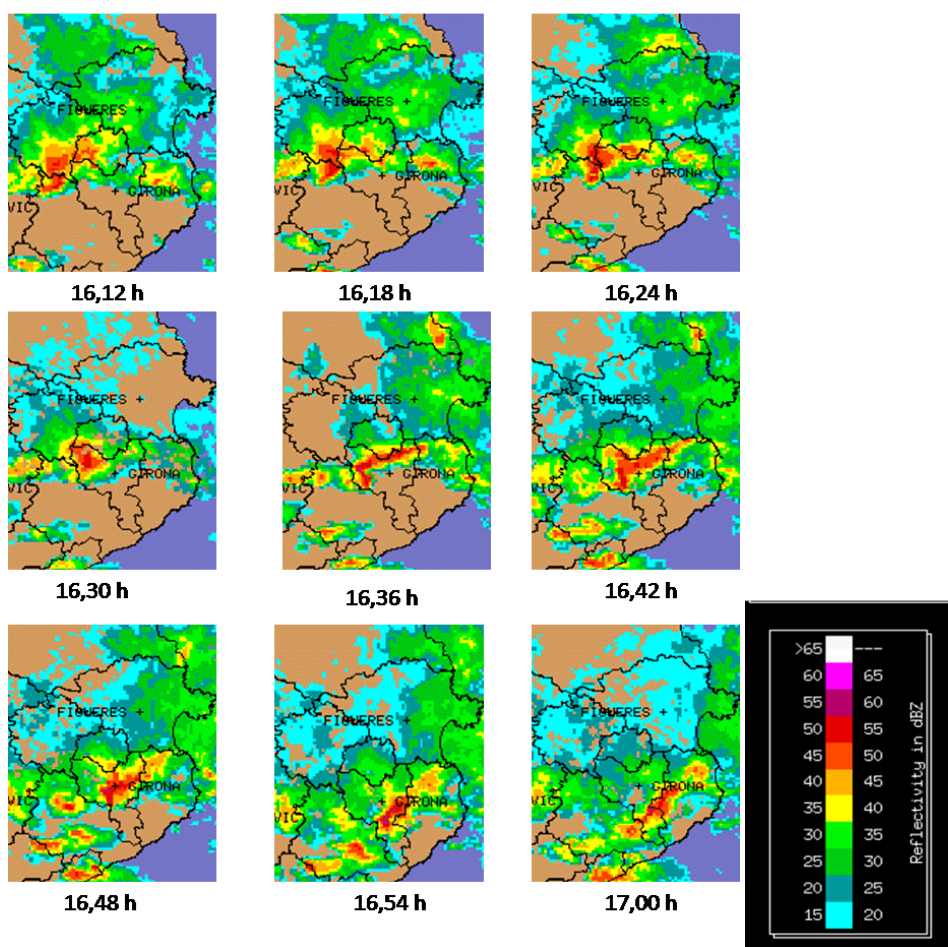


Figura 6.157 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 20 d'agost de 2005. 16,30-17,00 hores T.U.

25 d'agost de 2006

El vent va bufar del sud en superfície, és el vent mitjà de l'aeroport de Girona. En canvi en altura el vent bufava del nord-oest, aquesta és la direcció predominant de les cèl·lules de precipitació.

La reflectivitat més elevada es va donar al sud i sud-oest de la ciutat, entre la frontera del Gironès i la Selva i al sud del Gironès, a Llagostera, amb reflectivitats entre 45 i 50 dBZ. En canvi la major part de l'àrea urbana va tenir reflectivitats entre 30 i 35 dBZ, excepte alguns indrets de l'oest de la ciutat de Girona, amb reflectivitats entre 35 i 40 dBZ.

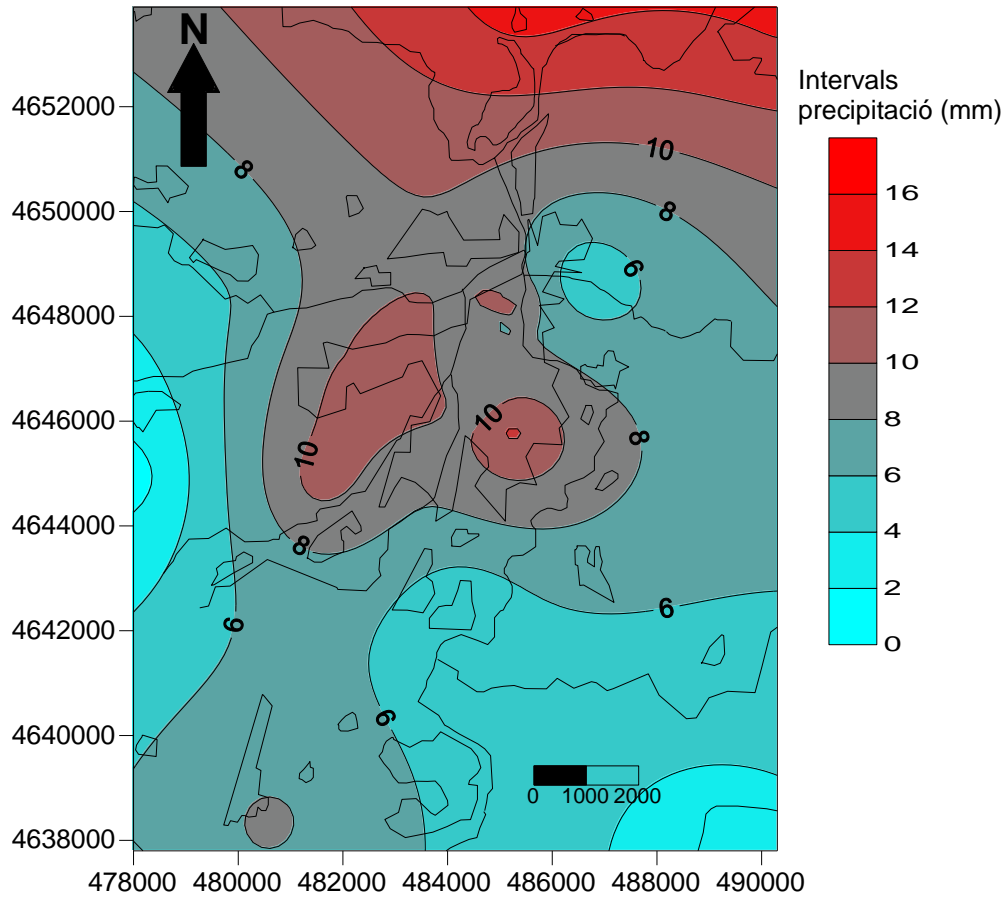


Figura 6.158 Mapa d'isohietes del 25 d'agost de 2006. Àrea urbana de Girona.

La precipitació més intensa d'un observatori es va donar a Sarrià de Ter-Aigües, 15,9 mm, al nord de la ciutat, per tant a sotavent d'aquesta. Altres llocs amb precipitacions elevades van tenir localitzacions ben diverses Celrà al NE, 14,2 mm, Girona-Sèquia al centre urbà i Girona-Palau, 12,5 mm, al sud de la ciutat. La precipitació més dèbil es va donar a Bescanó, 1 mm (oest) i Cassà de la Selva-SMC, 3 mm (al sud-est).

En aquest dia la precipitació mitjana més elevada es va donar a sotavent de la ciutat, al nord d'aquesta, amb 11,4 mm a la quadrícula nord. No obstant la quadrícula del sud situada a l'àrea de sotavent de la ciutat va donar 10,3 mm.de mitjana, un valor similar al del nord. La precipitació més baixa es va donar a sotavent si tenim en compte el fluxe del nord-oest en altura i el desplaçament de les tempestes, es va donar al sud-est de la ciutat amb 4,1 mm de mitjana.

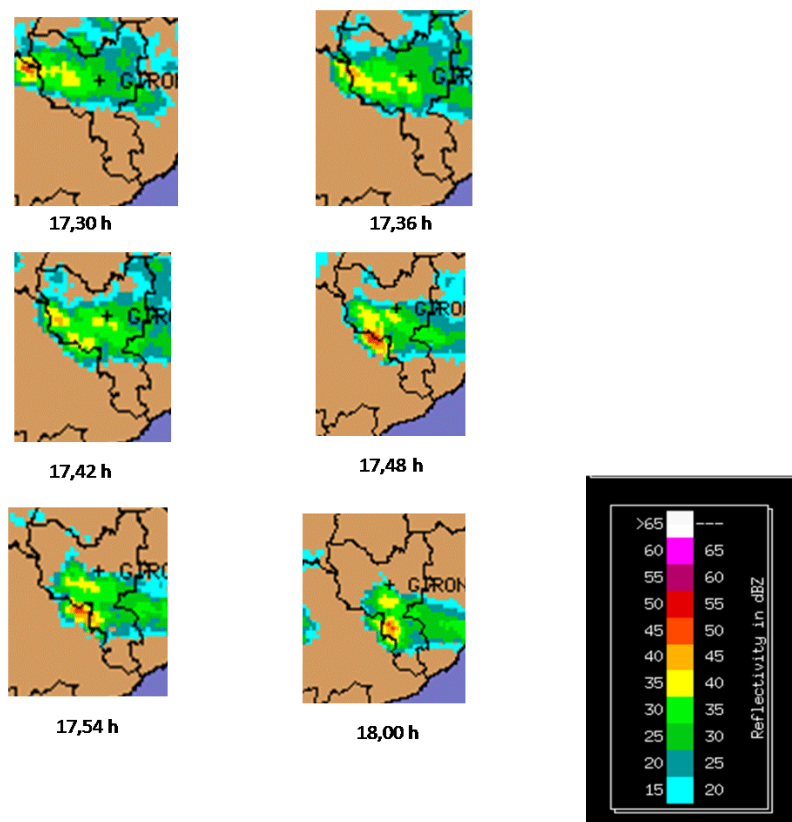


Figura 6.159 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 25 d'agost de 2006. 17,30-18,00 hores T.U.

24 d'agost de 2003

El desplaçament de les cèl·lules de precipitació és de nord-oest. La tempesta perd el seu vigor al passar damunt de Girona però sembla que a sotavent es torna a reactivar (E i SE ciutat, damunt de les Gavarres). Això pot ser produït per dos factors per l'efecte urbà o per un increment de la precipitació per efecte orogràfic, ja que la reflectivitat màxima se situa a l'est de la ciutat, a les Gavarres, entre Els Àngels i Sant Mateu de Montnegre. No obstant al sud de la ciutat (pla de la Selva) a Fornells de la Selva i Cassà sembla que les tempestes arribin desgastades.

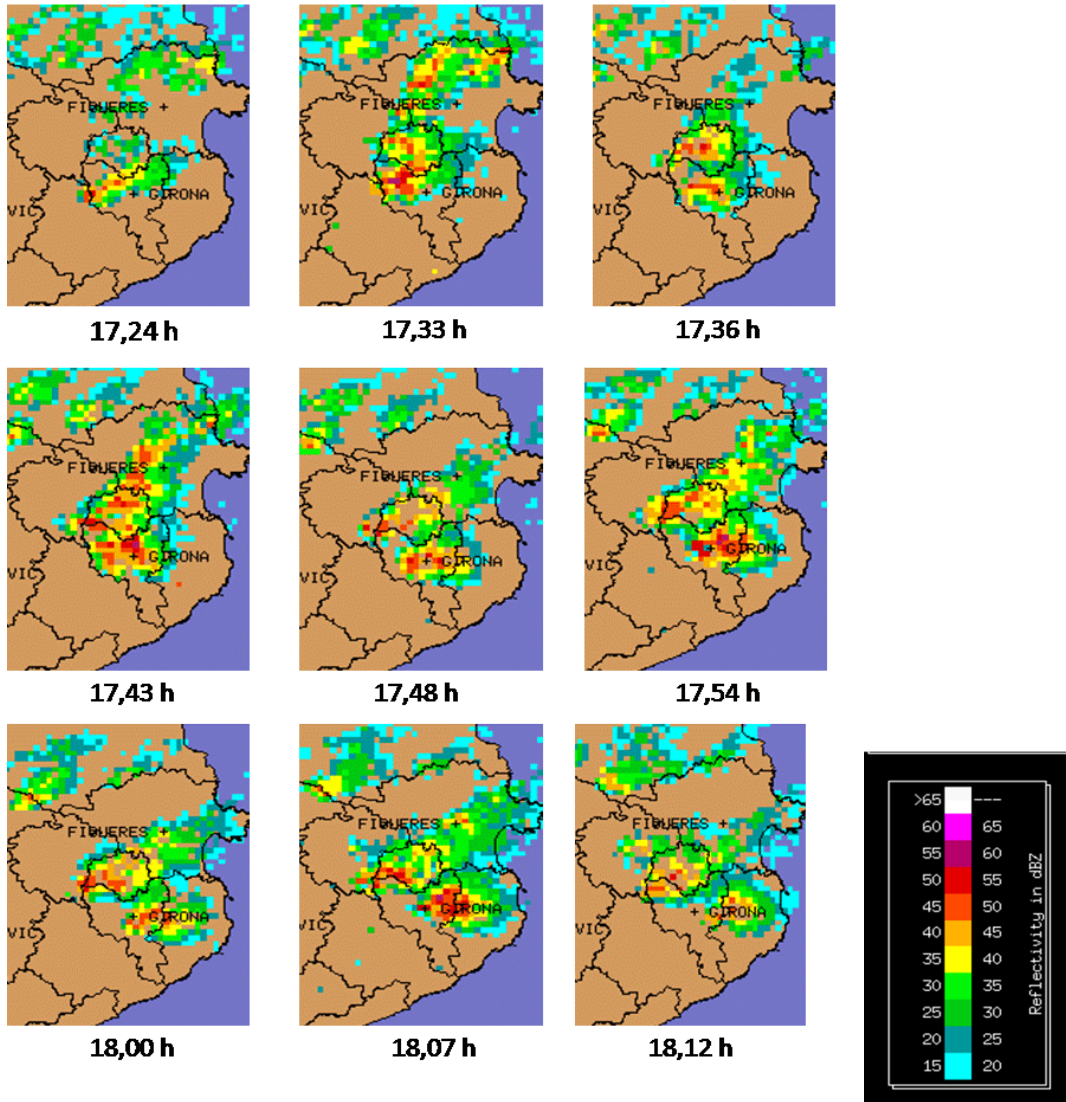


Figura 6.160 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 24 d'agost de 2003. 17,24-18,12 hores T.U.

La precipitació més elevada del 24 d'agost de 2003 es va produir a sobrevent de la ciutat, a l'observatori de Girona-Montjuïc van caure 26,8 mm, mentre que a Girona-Sant Daniel i Celrà també va ploure força, 24 mm. En canvi a sotavent la precipitació fou nul·la, 0 mm a l'aeroport de Girona, o molt dèbil, 2 mm al centre de Fornells de la Selva. La precipitació mitjana per zones més elevada es va produir al nord-est de la ciutat, en una àrea indiferent, 24,9 mm. El sud-est de la ciutat va enregistrar la pluja mitjana més dèbil, 0,2 mm, valor molt similar al sud-oest de la ciutat, 0,3 mm. Per tant a la part meridional de l'àrea urbana de Girona la tempesta va implicar menys precipitació que a la resta de la ciutat, amb vent del nord en superfície, per tant en una àrea on teòricament s'hauria d'esperar que la pluja fos més important que el nord de la ciutat. Tot i que no es pot considerar sotavent les zones del sud-est i sud-oest, només el sud és una àrea de sotavent, on la pluja va ser lleugerament superior, 3,2 mm. S'observa un clar descens de la precipitació en sentit NE-SW, tot i que el vent és del nord en superfície, per tant no hi ha un efecte molt clar de la ciutat de Girona en una disminució de la pluja a sotavent.

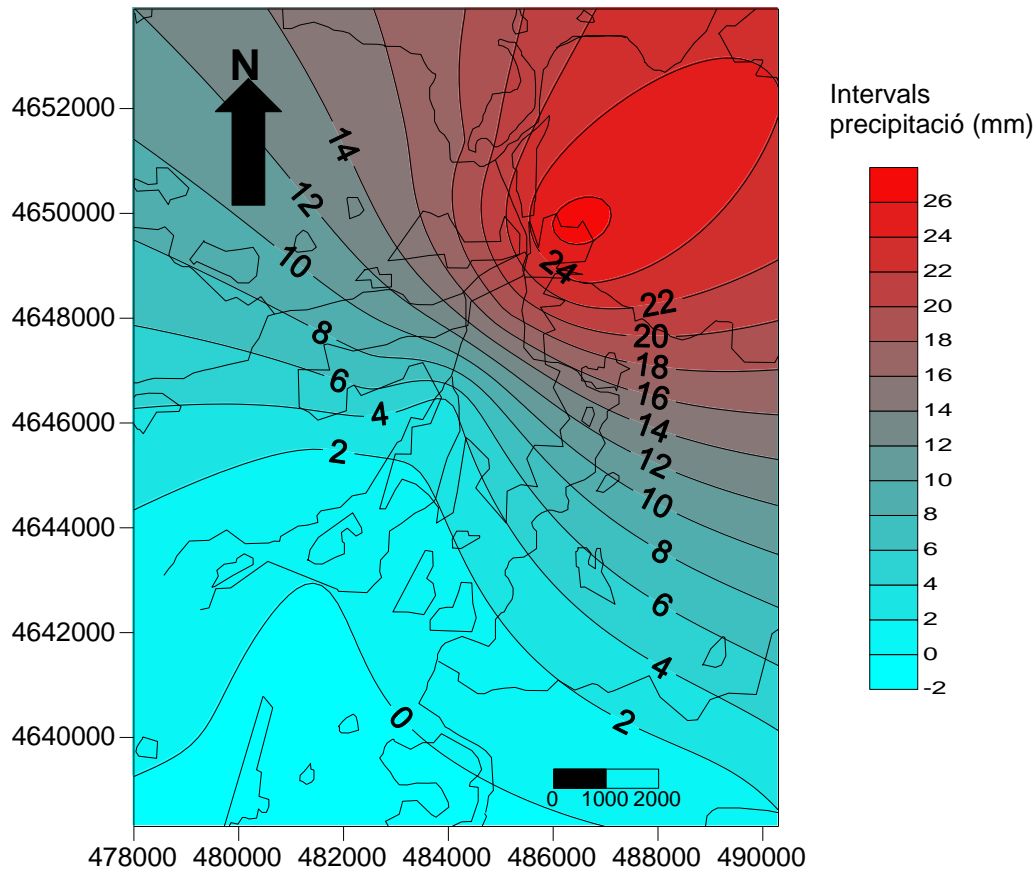


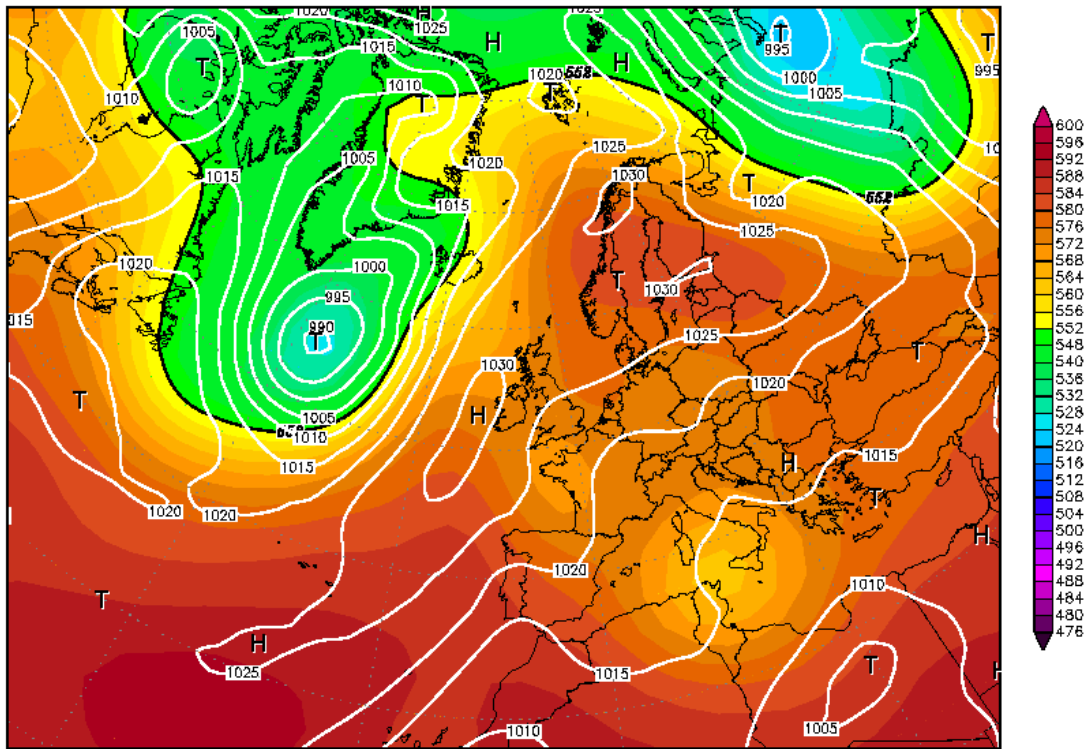
Figura 6.161 Mapa d'isohietes del 24 d'agost de 2003. Àrea urbana de Girona.

4 de juny de 2007

El dia 4 de juny de 2007 tenim una advecció del nord-est amb gota freda o depressió aïllada en nivells alts, tenim dues gotes fredes en àrees relativament properes a Catalunya. Hi ha un anticicló potent de bloqueig allargassat de SW a NE, des de l'oceà Atlàntic (31°N, 39°W), fins a Escandinàvia. Al marge oest de l'alta tenim una depressió profunda al sud de Groenlàndia (57°N, 39°W). Al cantó est tenim dues gotes fredes, una situada damunt de Bretanya i l'altra entre Sicília i el nord de Tunísia. Hi ha una depressió situada a Líbia. Entre els dos centres d'acció (l'alta oceànica i la depressió nord-africana) hi ha un flux del nord-est damunt de Catalunya. El geopotencial és de 5720 metres a 500 hPa.

04JUN2007 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.162 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 4 de juny de 2007. Font: www.wetterzentrale.de.

Durant el 4 de juny del 2007 el vent és de l'oest a l'aeroport de Girona. Les cèl·lules convectives tenen un moviment escàs durant la tongada plujosa d'aquest dia, així es poden considerar com a estàtiques. Les imatges del radar ens mostren una reflectivitat una elevada, 40-45 dBZ, al nord i nord-est de la ciutat de Girona, però en una zona molt propera a la ciutat, entre el barri de Montjuïc de Girona i Sarrià de Ter, mentre que al sud-oest i sud de l'àrea urbana la reflectivitat també assolix valors força elevats, 35-40 dBZ. En canvi l'oest de la ciutat és una àrea on no tenim precipitació gaire abundant, fins i tot en alguns moments no es dona precipitació, mentre simultàniament al nord de l'urbs la precipitació és intensa.

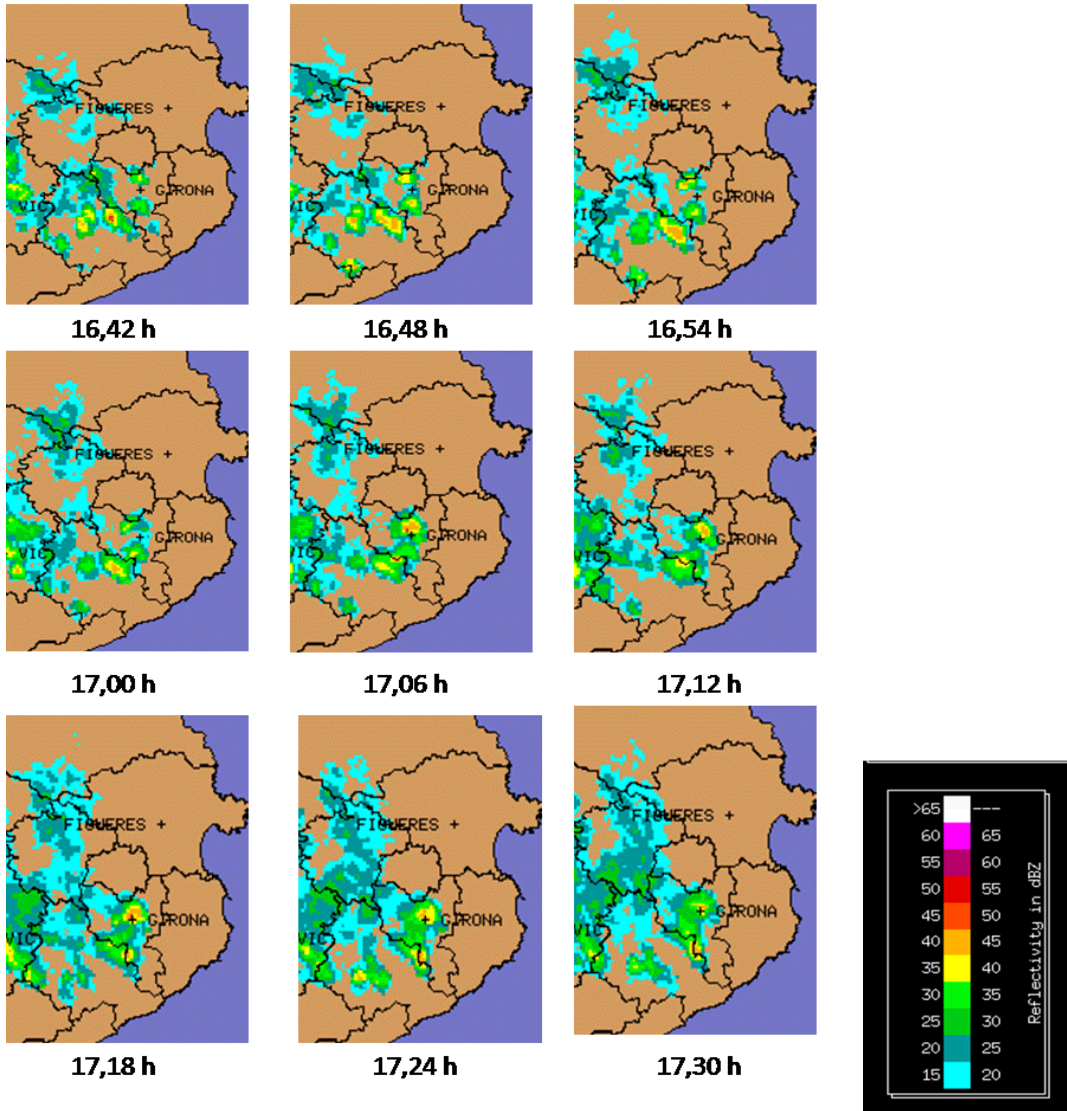


Figura 6.163 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 4 de juny de 2007. 16,42-17,30 hores T.U.

La precipitació més intensa es va produir a Girona-Montjuïc-Aiguës, 37,2 mm, observatori situat a sotavent de l'àrea urbana. Fornells de la Selva-centre, 34,0 mm, i Cassà de la Selva, 31,8 mm, foren altres observatoris amb precipitacions molt elevades. Aquestes estacions estan situades en una àrea indiferent, on la influència urbana és molt dèbil. La precipitació més dèbil es va donar a Bescanó, 1 mm, i Celrà, 1,6 mm. Ambdós observatoris van tenir pluges molt inferiors a altres observatoris propers, mentre el primer està a sobrevent de la ciutat de Girona, el segon es troba en una zona indiferent.

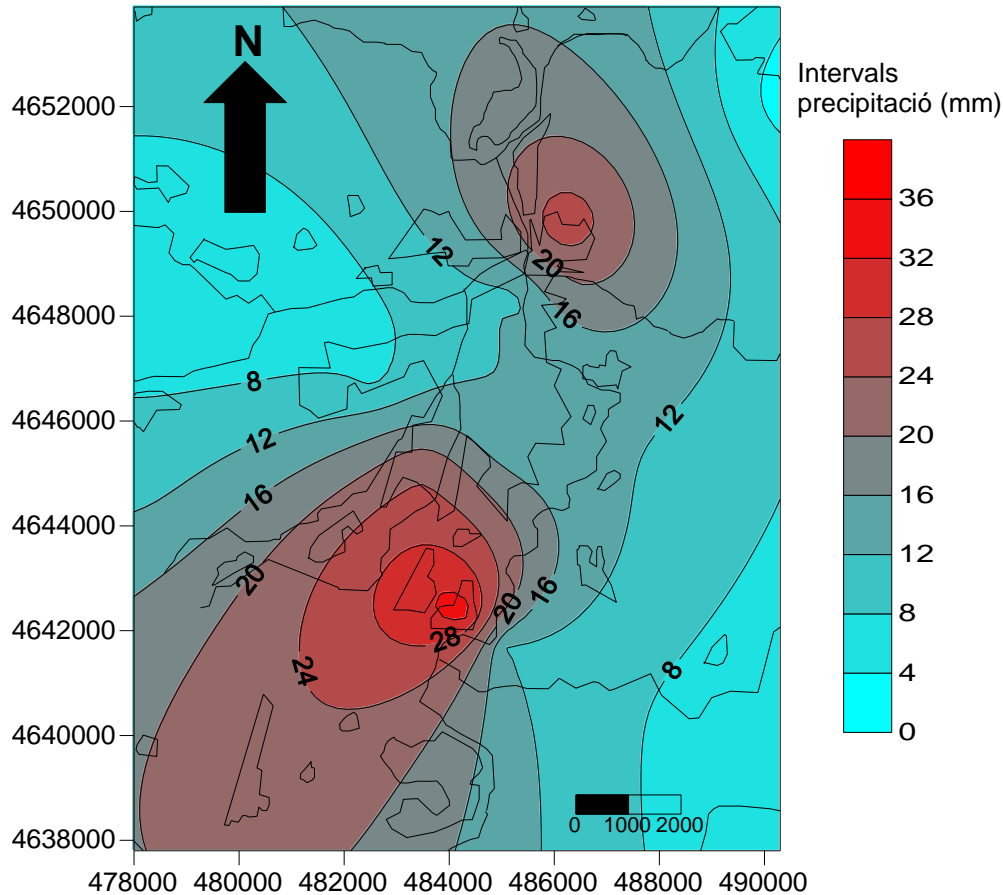


Figura 6.164 Mapa d'isohietes del 4 de juny de 2007. Àrea urbana de Girona

La precipitació en funció de les quadrícules és molt més elevada al nord-est de la ciutat en comparació a la resta de l'àrea urbana, així al NE la mitjana és de 28,2 mm, mentre que la 2a zona més plujosa és el sud, 19,9 mm. La precipitació és molt irregular a l'àrea urbana, així és van recollir quantitats escasses de pluja a l'oest i nord-oest, 6,3 i 4,2 mm, respectivament. Es pot afirmar per tant que tenim un efecte urbà en la precipitació, ja que la tempesta va donar la pluviometria més elevada a sotavent de la ciutat de Girona.

18 d'octubre de 2006

El 18 d'octubre de 2006 tenim el pas d'una línia de turbonada que té un desplaçament cap a l'est (es mou d'oest a est) passa perpendicularment a la ciutat de Girona, és una línia de tempestes que té un eix nord-sud (NNE-SSW). En teoria l'efecte urbà hauria de donar més precipitació a l'est de la ciutat, a sotavent d'aquesta, si tenim en compte el vent a nivells mitjans. El vent és del nord en superfície, a l'aeroport de Girona. Per tant si considerem el vent en superfície, la zona més plujosa hauria de ser el sud de la ciutat.

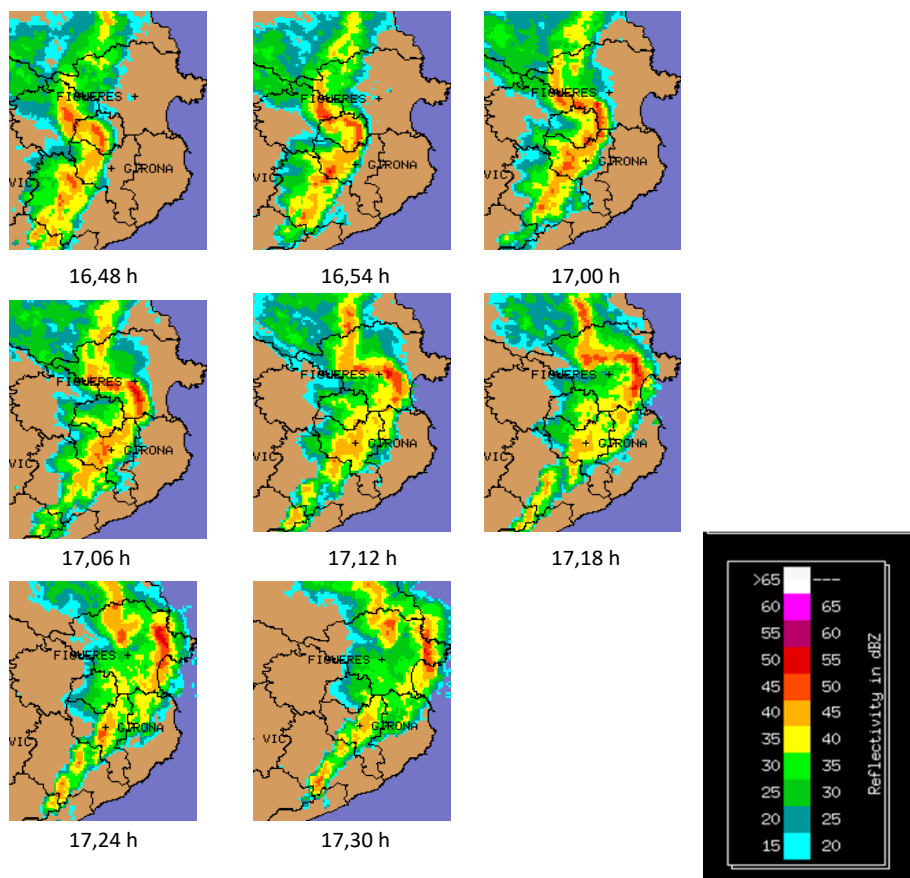
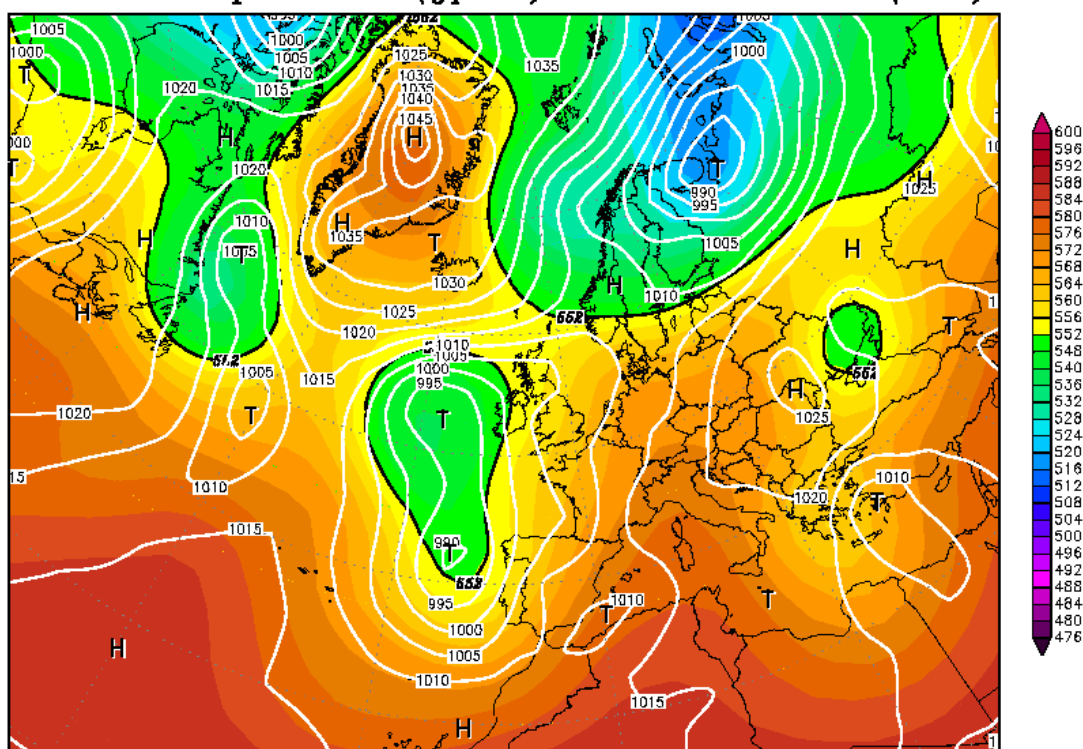


Figura 6.165 Imatges GIF del CAPPI de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya. 18 d'octubre de 2006. 16,48-17,30 hores T.U.

La situació sinòptica del 18 d'octubre de 2006 és d'advecció del sud-oest. Tenim una baixa a l'Atlàntic, no gaire lluny de Galícia, amb una pressió inferior a 995 hPa. D'altra banda tenim un anticicló de bloqueig damunt de Moldàvia. Entre els dos centres d'acció tenim un flux del sud-oest molt humit. El geopotencial és de 5690 metres a 500 hPa. Hi ha un solc profund a la mitjana troposfera a l'oest de la Península Ibèrica que provoca una elevada inestabilitat.

18OCT2006 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.166 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 18 d'octubre de 2006. 0 hores solars.
Font: www.wetterzentrale.de.

Hi ha una distribució peculiar de la precipitació, amb un gradient elevat de la precipitació NW-SE. La precipitació més intensa es va produir a Fornells de la Selva-SMC, 72,4 mm, al SE de la ciutat de Girona, mentre que la pluja més dèbil es va donar a l'oest de Girona, a Sant Gregori, 38,0 mm. S'observa un màxim secundari al centre de Girona, al Barri Vell a l'observatori Girona-Ciudadans va ploure 66,3 mm. L'oest és la zona on la tempesta va ser menys intensa que a la resta de l'àrea urbana, amb només 46 mm a Bescanó. El màxim pluviomètric es va produir en una zona indiferent, o zona lateral d'acord amb el vent al nivell de 700 hPa, del SW, el SE de la ciutat, mentre el mínim també es va donar en una àrea indiferent, a l'oest de la ciutat de Girona.

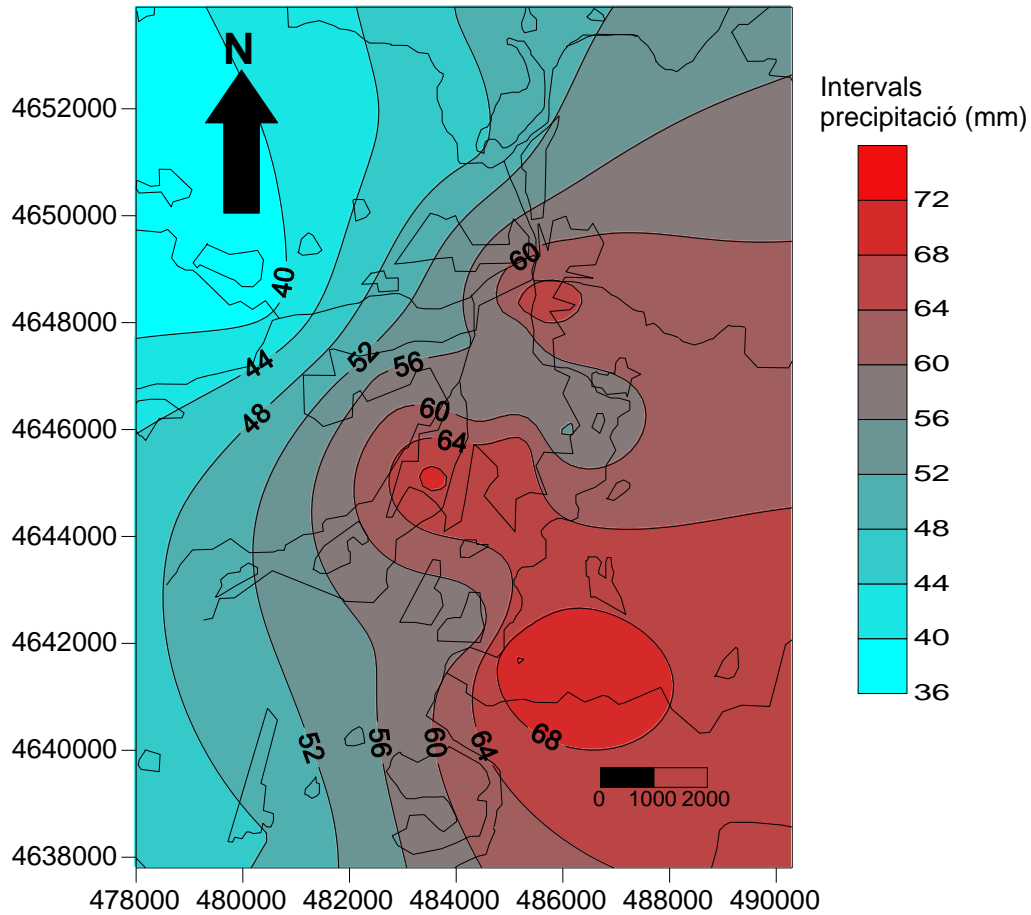


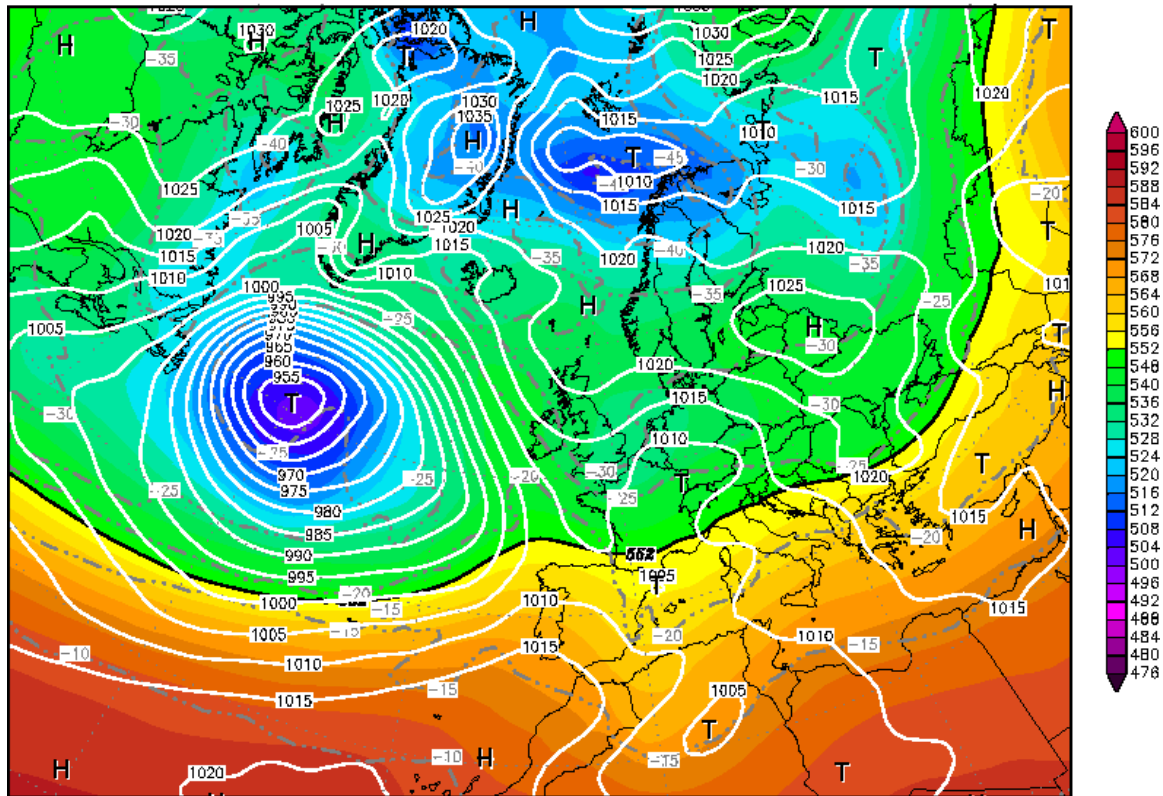
Figura 6.167 Mapa d'isohietes del 18 d'octubre de 2006. Àrea urbana de Girona

El desplaçament de les tempestes és de l'oest, per tant es desplaçaven cap a l'est de l'àrea urbana de Girona. El vent és del nord en superfície a l'aeroport de Girona. La reflectivitat màxima es va produir a l'oest, nord-oest, sud-oest i sud de la ciutat, entre 50 i 55 dBZ, en canvi al nord-est i nord de la ciutat la reflectivitat no superà els 40 dBZ. El centre de Girona va tenir reflectivitats entre 45 i 50 dBZ. Cal remarcar que les tempestes van ser severes a l'oest de la ciutat, amb precipitacions molt intenses que van donar lloc a inundacions en indrets com Salt, on van caure 56,7 mm. La precipitació màxima es va produir a Girona-Palau, 66,8 mm, mentre l'indret on va ploure menys a ser Fornells de la Selva-SMC, amb 6 mm. Girona-Palau està situat a sotavent de l'àrea urbana de Girona. Aquest dia per tant tenim un efecte urbà positiu en les precipitacions, la zona de sotavent és on tenim la precipitació més elevada, el sud de la ciutat.

28 de març de 2013

La situació sinòptica del 28 de març de 2013 és de advecció de l'oest. Tenim una depressió profunda, 955 mb a l'est de Terranova i un anticicló a l'oest de les Illes Canàries, entre els dos centres d'acció tenim un fluxe de l'oest que arriba fins l'oest de la Península Ibèrica. Tenim una àrea de divergència sense gaire gradient bàric, però amb corbatura ciclònica al damunt de Catalunya. S'ha de remarcar que tenim un altre nucli anticiclònic al nord-est d'Europa, situat damunt de Bielorússia, 1025 hPa.

Init : Thu,28MAR2013 12Z Valid: Thu,28MAR2013 12Z
 500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Figura 6.168 Mapa isobàric de superfície i geopotencial a 500 hPa. 28 de març de 2013. 0 hores solars.
 Font: www.wetterzentrale.de.

CAPPICOR 2013-03-28 17:06 UTC

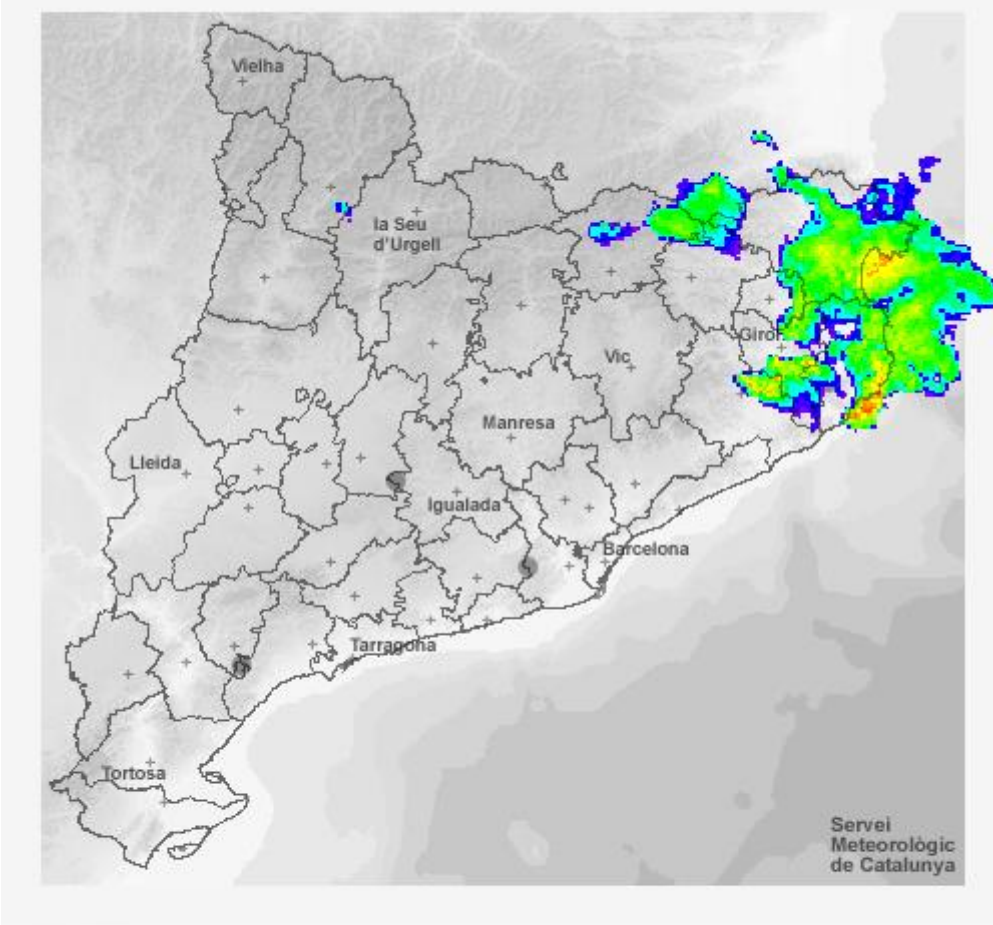


Figura 6.169 Imatge GIF de la composició dels radars del Servei Meteorològic de Catalunya de les 19,06 hores. Dia 28 de març de 2013. Font: www.meteo.cat.

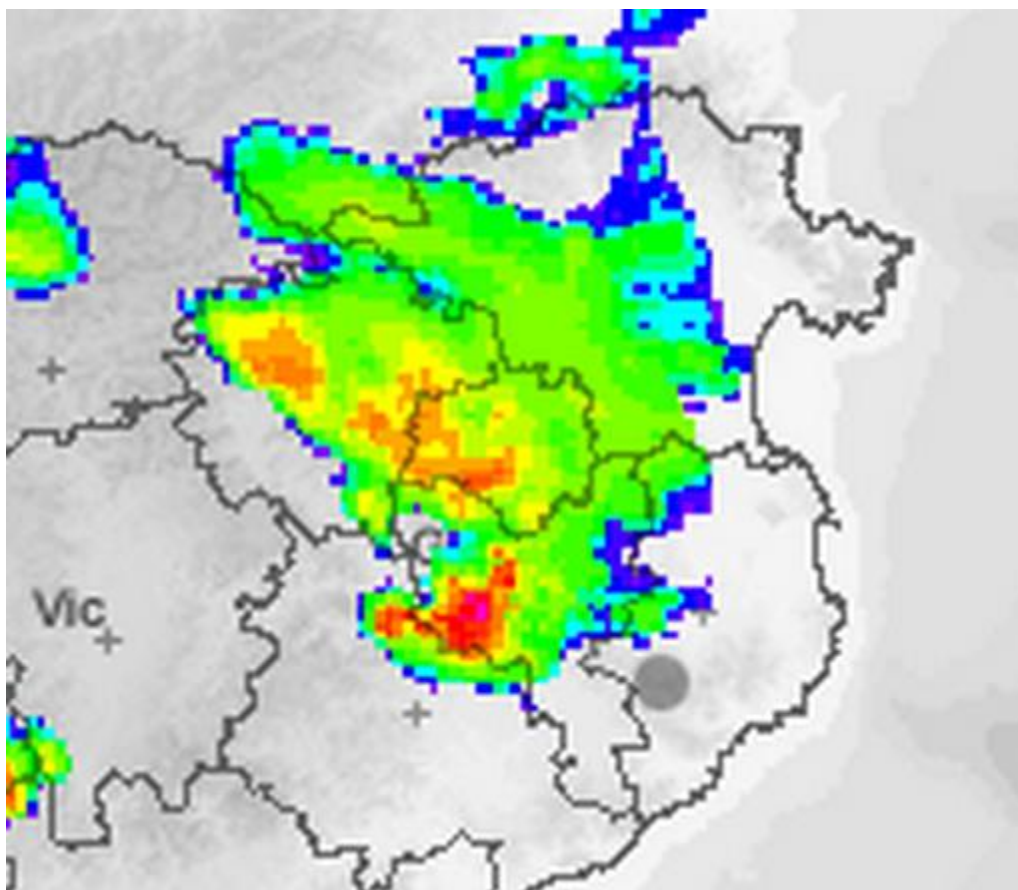


Figura 6.170 Imatge GIF del radar de Puig d'Arques de les 18,54 hores. Dia 28 de març de 2013. Font: www.meteo.cat.

El vent és del nord en superfície i del nord-oest a 700 hPa. La distribució de la precipitació per quadrícules no és indicativa d'un efecte urbà en la precipitació ja que amb el vent predominant de tramuntana la precipitació màxima es va produir en una àrea indiferent, al quadrant SW amb 25,4 mm de mitjana. Així el màxim de precipitació es produeix en una zona indiferent de l'àrea urbana de Girona, a El Perelló, amb 35,2 mm, al SW de la ciutat de Girona, en canvi l'indret més sec és Sarrià de Ter, a l'observatori del Pla dels Vinyers. D'altra banda vam tenir com a observatoris plujosos Vilablareix amb 31,5 mm, i altres estacions amb relativament poca precipitació foren Fornells de la Selva-SMC, amb 9,6 mm, l'aeroport de Girona amb 9,4 mm i Girona-Barri Vell amb 9,6 mm. En canvi la precipitació més feble es va donar a sobrevent de la ciutat, al nord d'aquesta, amb 9 mm. Si tenim en compte el desplaçament de les cèl·lules convectives (NW-SE) el màxim es va produir al sud-oest de la ciutat, en una zona indiferent. La precipitació més elevada es va produir en una zona indiferent si considerem la direcció de les cèl·lules de precipitació, NW-, així la mitjana fou de 25,4 mm al sud-oest de la ciutat, en canvi la zona situada al nord-est de la ciutat només va enregistrar 8,5 mm de precipitació mitjana. Els observatoris amb menys pluja foren Sarrià de Ter i Celrà amb 6 i 4,6 mm respectivament, mentre que l'estació més plujosa fou El Perelló amb 35,2 mm.

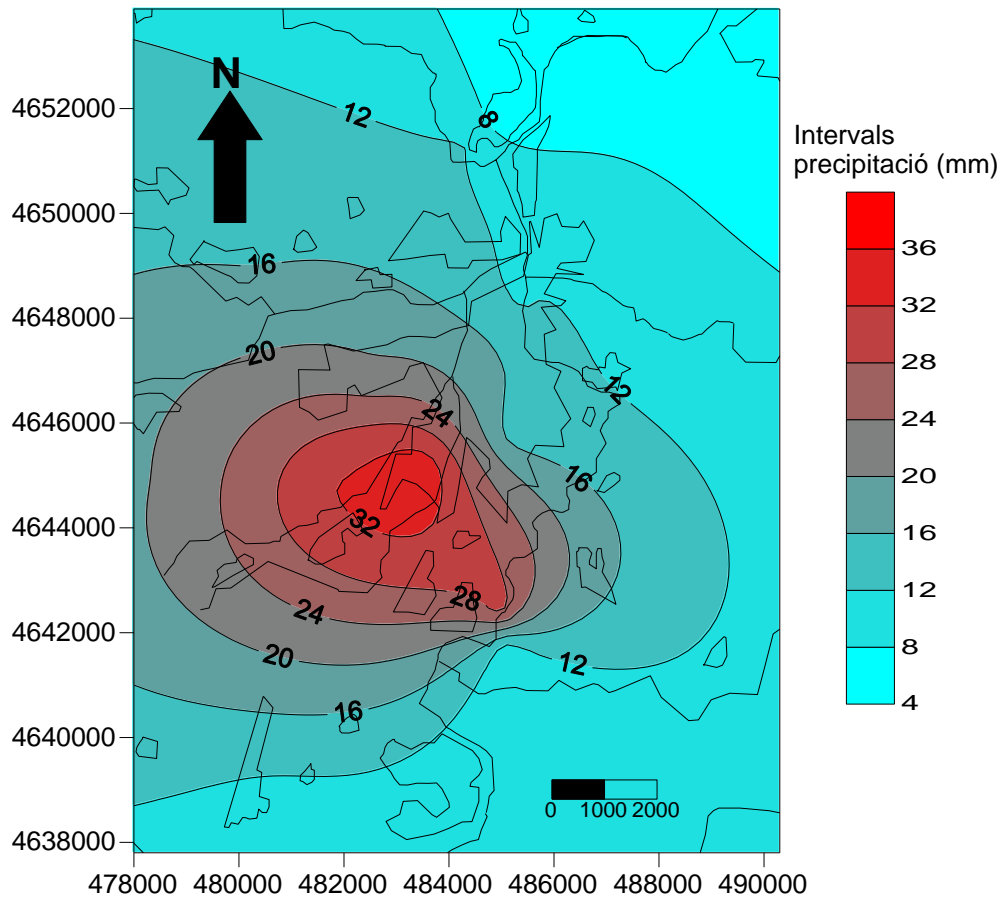


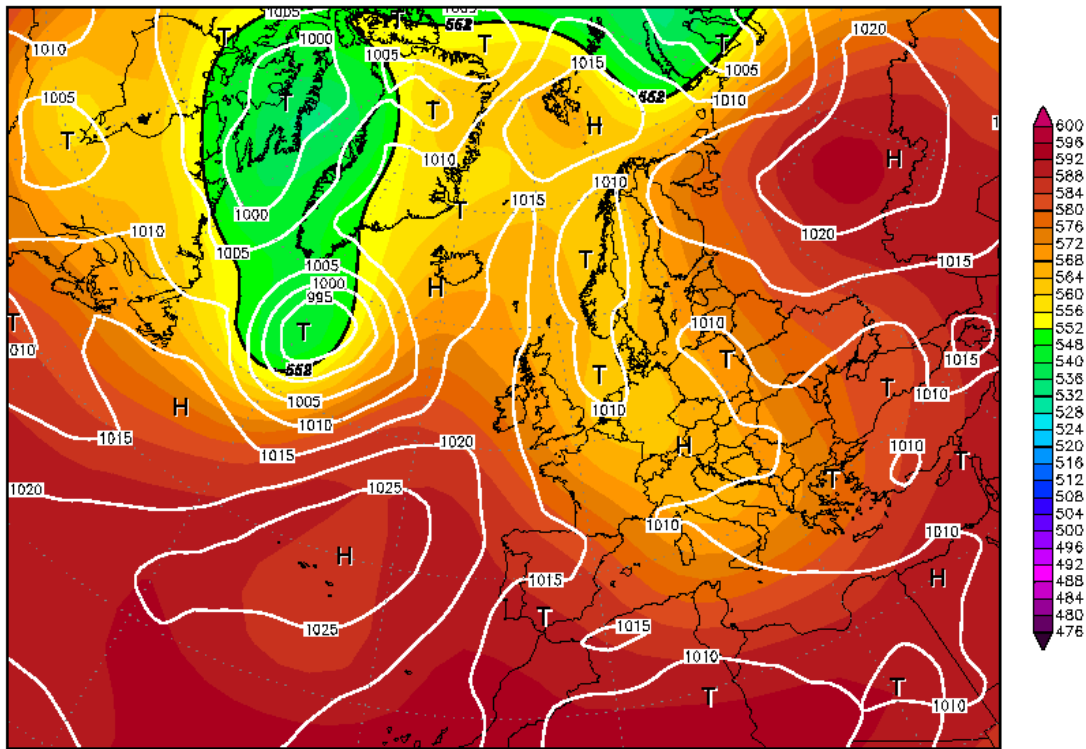
Figura 6.171 Mapa d'isohietes del 28 de març de 2013. Àrea urbana de Girona.

26 de juliol de 2011

La situació sinòptica de superfície és advecció del nord. El vent a nivells mitjans de la troposfera (500 hPa) és del nord-oest. S'observa com l'anticicló de les Açores es troba en la seva posició habitual enviant una falca fins a la Península Ibèrica, mentre tenim una depressió situada damunt el Mar del Nord. Entre els dos centres d'acció tenim un flux de vent del nord. El geopotencial és de 5740 metres a 500 hPa

26JUL2011 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6.172 Mapa isobàric i geopotencial a 500 hPa del 26 de juliol de 2011. 0 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de.

La part més activa de la tempesta es va desplaçar damunt de l'àrea urbana de Girona en el mateix sentit NW-SE, per tant les cèl·lules amb més activitat, que en aquestes matges del radar tenen l'eco-top més elevat, estan travessant la ciutat de Girona. A la imatge de les 13,42 hores tenim al nord-oest de Girona (sobrevent) uns eco-tops més baixos que a sotavent, al sud-est de la ciutat (6 Km i 14 Km respectivament). En la següent imatge (14 hores) els eco-tops són més elevats a sotavent (10-12 km) que a sobrevent (9-10 Km). En les imatges de les 14,06 i de les 14,12 hores s'observa com les cèl·lules més actives de precipitació incrementen una mica la seva activitat a sotavent de la ciutat de Girona, ja que després de travessar la ciutat els eco-top són en alguns casos més alts a sotavent (SE) que a sobrevent de la ciutat (NW), 8 a 10 Km al nord-oest de la ciutat (sobrevent) 10 i 12 Km a sotavent (sud-est).

La imatge de les 14,12 hores mostra un gradient d'altitud dels eco-tops amb orientació NW-SE amb majors altures dels sostres dels núvols (eco-tops més alts) al sud-est, 10-14 km, mentre al nord-oest els eco-tops tenen altituds compreses entre 7-10 Km. Els 6 minuts següents (14,18 hores) mostren al sud-est un eco-top amb sostres més alts de 8-10 Km, mentre al nord-oest els eco-tops oscil·len entre 4-6 Km

No obstant en les imatge de les 14,18 i 14,24 hores tenim eco-tops de fins a 10 Km a sotavent de la ciutat, damunt de les Gavarres. Això vol dir que els sostres dels núvols de tempesta, els Cb, incrementen la seva altura quan han travessat l'àrea urbana de Girona.

A la imatge de les 14,24 hores mentre a sotavent la tempesta encara es manté activa a sobrevent ha perdut molt la seva activitat ja que els eco-tops són força més baixos a sobrevent que a sotavent, de la mateixa maneres que en la imatge de les 14,18 hores (8 a 10 Km a sotavent i 4-6 Km a sobrevent).

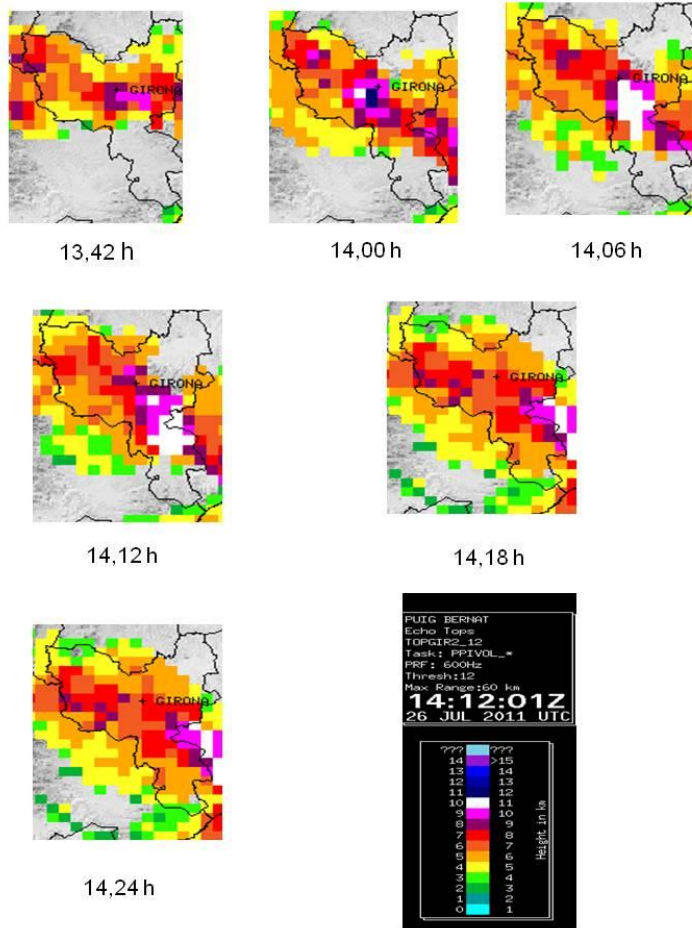


Figura 6.173 Imatge GIF dels eco-tops del radar del Puig d'Arques. 26 de juliol de 2011.

El vent és del SE durant el dia 26 de juliol de 2011. Als nivells mitjans de la troposfera (500 hPa) el vent és de mestral. La zona rural més propera a l'oest va tenir una de les precipitacions més elevades de tota la ciutat, així es van recollir 110,4 mm a Girona-Santa Eugènia, també es van recollir 108 mm a l'observatori de Vilablareix. No obstant, es complica d'afirmar que hi ha un efecte urbà positiu de la precipitació. Així els dos observatoris amb màxims de precipitació es van donar tant a sotavent de la ciutat com a sobrevent. En indrets de sobrevent tenim l'observatori més plujós, Fornells de la Selva-SMC amb 112,9 mm. Aquest observatori està situat uns 9 km al SE de la ciutat de Girona. No obstant, l'estació amb menys pluviometria està també situada al SE de la ciutat de Girona, és l'estació meteorològica de Cassà de la Selva-SMC, amb 63,8 mm. S'ha de remarcar que la intensitat màxima de precipitació en una hora es va produir a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC, amb 54,1 mm de pluja recollits entre les 13 i les 14 hores.

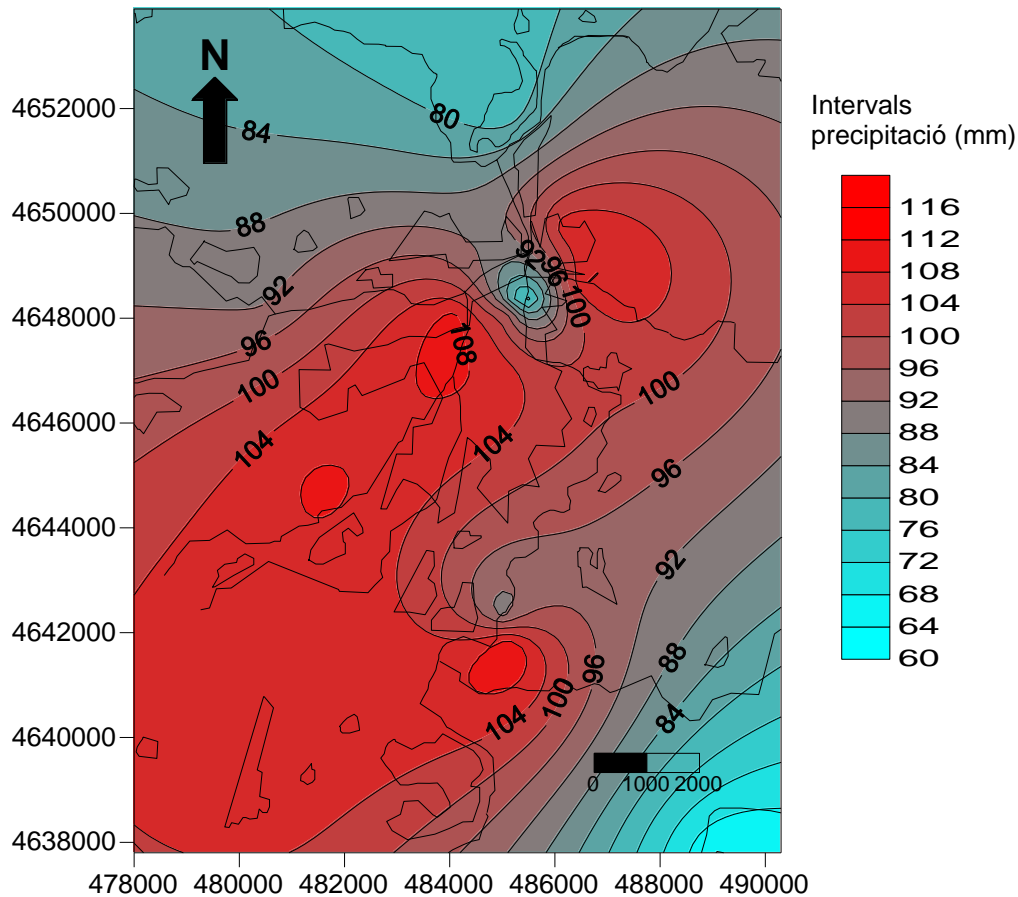


Figura 6.174 Mapa d'isohietes del 26 de juliol de 2011. Àrea urbana de Girona.

El vent a nivells mitjans de la troposfera (500 hPa) i que coincideix amb el del desplaçament de les cèl·lules de precipitació és de nord-oest. Si considerem el vent a 500 hPa no tindríem un efecte urbà positiu en la precipitació ja que el màxim de precipitació es produeix en una àrea indiferent propera a la zona de sobrevent, l'oest de l'àrea urbana de Girona.

El vent és de sud-est en superfície i el màxim de precipitació es produeix a sotavent de l'àrea urbana de Girona, a la quadrícula situada a l'oest de Girona, amb 108,3 mm. D'altra banda la zona on tenim la precipitació més baixa és la quadrícula del sud-est de la ciutat, a sobrevent de l'àrea urbana de Girona. Per tant aquest dia sí que es produeix un efecte urbà en la precipitació, amb un màxim de precipitació a la zona de sotavent de la ciutat de Girona.

31 d'agost de 2021

La tempesta del dia 31 d'agost de 2021 va començar a la tarda a afectar nord-oest de l'àrea urbana a les 17,50 hores. No obstant quan la precipitació va ser més intensa va ser en l'interval 18,14-18,19 hores quan van caure en aquest interval de 5 minuts 13,2 mm a l'observatori de Llambilles de la xarxa de Weathercloud. Les tempestes són de tipus multicèl·lulars, amb diferents cèl·lules que s'originen a la dreta de l'anterior cèl·lula en la seva part de maduresa i tenen una direcció entre NW-SE i WNW-ENE. Aquestes cèl·lules convectives tenien el seu origen al Pirineu gironí, i les precipitacions van oscil·lar entre 15 i 32 mm en la comarca del Ripollès i la comarca veïna de la

Garrotxa i es desplacen cap al SE. Observant el moviment de la tempesta sembla que es bifurquen quan arriben al massís de Rocacorba que fa un efecte de pantalla a les tempestes que arriben a la ciutat de Girona que arriben esmorteïdes, especialment respecte les tempestes que afecten l'oest i el sud-est de la ciutat. La ciutat de Girona, així com els municipis veïns de Sarrià de Ter, Salt i Sant Gregori es troben en la part marginal de la tempesta, la menys activa, i les zones amb més reflectivitat apareixen al sud-oest de la ciutat, on a Bescanó cauen 13 mm, Vilablareix, 12,8 mm, Fornells de la Selva, 25 mm al centre del poble, i 20,3 mm a l'estació de Fornells de la Selva-SMC, i especialment a l'estació meteorològica de Llambilles de Weathercloud, 33,3 mm. S'ha de remarcar que segons l'observador del centre de Fornells, en Josep Bataller, va caure calamarsa a 500 metres del poble. Però varis veïns del poble, com per exemple, en Mateu Parera Nieto, van observar una important calamarsa com queia al veïnat de Can Toni Menescal, on abans de l'any 2010 hi havia l'observatori de Fornells de la Selva-XOM. També segons TV3, Televisió de Catalunya, va caure calamarsa al poble de Llambilles. Fornells i Llambilles van ser els pobles més afectats, i en segon lloc, Quart, amb 17 mm. Ambdós municipis es troben al sud-est de l'àrea urbana. Per tant l'efecte urbà en la tempesta fou relativament important, ja que les tempestes van discórrer pels pobles de Bescanó i Vilablareix i es van reactivar al sud-est d'aquest municipi. No obstant és important d'afirmar que probablement les tempestes haurien sigut força actives encara que no haguessin passat pels pobles de Bescanó i Vilablareix. Aquests pobles no tenen un mida tan important com la conurbació de Girona i Salt per modificar les tempestes. També en el cas d'aquesta tempesta és complicat d'afirmar que les tempestes van perdre activitat quan van arribar a la ciutat de Girona per efecte urbà, ja que les precipitacions de l'àrea rural propera a Girona, situats al NW (Sant Gregori i Canet d'Adri), i el centre urbà de Girona, van tenir precipitacions similars.

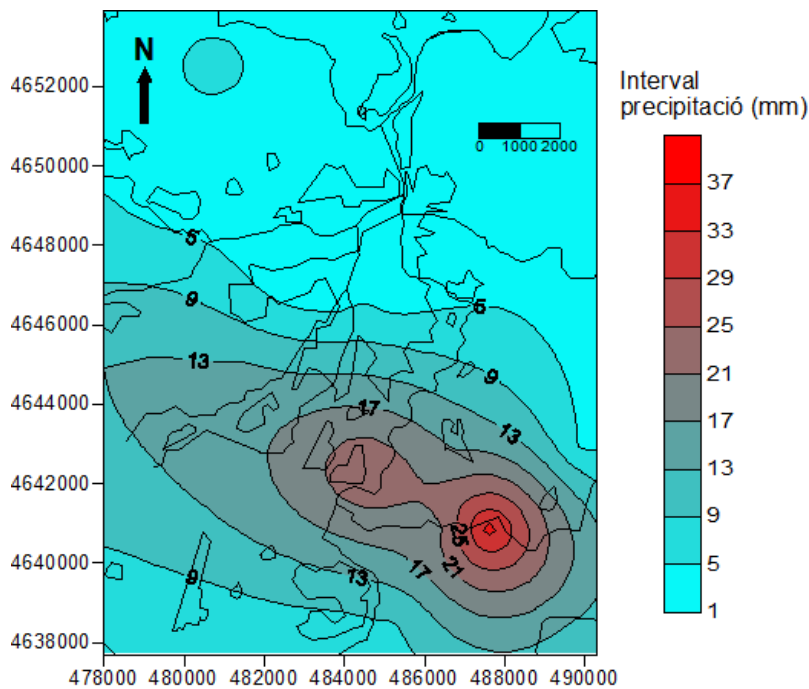


Figura 6.175 Mapa d'isohietes de la tempesta del 31 d'agost de 2021

Tempesta i pedregada del 30 de juny de 2017

La tempesta del 30 de juny de 2017 va ser intensa a la ciutat de Girona, i va provocar inundacions a l'Eixample i el Barri Vell, uns dels barris amb més densitat de població (2n barri, en el cas de l'Eixample) i es tracta dels barris amb més densitat d'edificacions. La precipitació màxima de la ciutat d'aquest dia es va localitzar a l'observatori de Girona-Escola de la Música, amb 97,3 mm, també a l'observatori de Girona-Sèquia va ploure molt, 75 mm. La forta intensitat de precipitació, 143,52 mm/h a Girona-Ciudadans, 52 mm en 30 minuts a Girona-Hortes de Santa Eugènia, unida amb la impermeabilització del sòl de Girona típica d'una ciutat i la forta pedregada que va deixar un gruix de 20 cm va tancar els embornals i va provocar inundacions en els carrers i els comerços i habitatges. Altres intensitats elevades de precipitació van ser els 168,9 mm/h de Sarrià de Ter-Montagut a les 16,16 hores, i 191,56 mm a Sarrià de Ter-Aigües a les 19,15 hores. A la part sud de la ciutat la intensitat no va ser tan elevada com a la part nord, 102,96 mm/h a les 19,15 hores a Girona-Palau. En alguns carrers l'aigua va arribar a tenir uns 40 cm d'altura, els carrers eren rius de pedra i d'aigua. Les tempestes es van originar al Sistema Transversal, prop de Rocacorba, i es van desplaçar cap al SE, en el cas de la 2ª (19-20 hores) i en el cas de la 1ª tempesta (16-17,15 hores) es van originar a l'est del Pla de l'Estany i es van moure cap al SW. La primera tempesta ja havia descarregat 16,6 mm a Sarrià de Ter, i la 2ª va descarregar 35,4 mm, 18 mm a Girona-Bonastruc la 1ª tempesta i 3 mm la 2ª. La temperatura va baixar en picat, dels 27º de màxima fins als 11º a Girona-Hortes de Santa Eugènia (19,30 hores), i dels 25,3º als 13,1º a Girona-Barri Vell, a Sarrià de Ter dels 26,7º als 15º, i a Salt-Plaça Sant Cugat va descendir dels 27º als 12º. La pedregada també va afectar altres municipis com Salt i Sarrià de Ter però no va provocar acumulacions de gel com al centre urbà de Girona. El centre comercial Hipercor va tenir inundacions, hi havia goteres importants, i queien planxes del sostre per efecte de l'acumulació de gel i d'aigua al sostre de l'edifici. Aquesta tempesta demostra que la ciutat no disminueix la quantitat de pedra que cau al centre respecte els voltants, fins i tot augmenta la quantitat probablement per efecte de l'illa de calor superficial. Una pedregada similar es va produir el 20 d'agost de 2005 quan va ploure 74,4 mm a Girona-Sant Daniel, però no va afectar tanta extensió de la ciutat, va afectar el Quan s'analitza una associació entre intensitat màxima de la precipitació 5 minutal i la durada dels fenòmens convectius s'observa que a sotavent les tempestes amb més durada temporal presenten una intensitat més elevada (precipitació màxima en 5 minuts més alta), tot i no ser estadísticament significativa ($R^2=0,0009$), els fenòmens convectius a sobrent presenten una tendència contrària a sotavent, les tempestes més persistents tenen una intensitat màxima de la precipitació inferior als fenòmens convectius amb menys durada. No obstant no hi ha una correlació significativa entre ambdues variables ($R^2=0,0598$). No obstant on tenim una correlació estadísticament significativa és a la zona indiferent, on hi ha una disminució important de la precipitació màxima 5 minutal en les tempestes de més durada ($R^2=0,1161$). A més a més hem de tenir en compte el valor absolut de la precipitació màxima que és més elevat a sobrent en les tempestes de menys durada (10 minuts), al voltant de 9,5 mm, mentre a sotavent tenim 8 mm en tempestes de 20 minuts de durada. En canvi les tempestes persistents (120 minuts) tenen intensitats de precipitació elevades a sotavent (8,2 mm és la precipitació màxima 5 minuta), amb una intensitat més baixa a sobrent (7 mm) i el valor mínim de la intensitat es dona a la zona indiferent, amb

5,8 mm. Podem concloure que hi ha una clara correlació entre intensitat màxima de la precipitació de la tempesta i la seva durada a les zona indiferent (zona urbana i observatoris a idèntica latitud com Girona-Santa Eugènia) i en les altres zones la correlació és menor, però de sentit contrari, davallada de la intensitat amb l'increment del temps a sotavent i a l'inrevés a sobrevent. La part més activa de les tempestes amb més durada acostuma a passar damunt de la zona de sotavent, mentre que els fenòmens convectius de menys durada discorren especialment a sobrevent.

Barri Vell i molt menys el Barri Vell. Les imatges de la reflectivitat del radar del dia 30 de juny de 2017 de l'SMC ens mostra valors màxims fins a 60 dBZ damunt del municipi de Girona. Les inundacions també van afectar, però sense tan importants respecte el centre de Girona, els municipis veïns de Sarrià de Ter i Salt. El riu Galligants, normalment sec, va tenir una petita avinguda, igualment com els rius Onyar, Güell i Ter van tenir una crescuda. La situació sinòptica és d'advecció de NW amb un solc pronunciat, una temperatura de -20°C a 500 hPa i una temperatura màxima elevada, $26,8^{\circ}$ a Girona-Parc del Migdia, 27° a Girona-Hortes, $26,7^{\circ}$ a Sarrià de Ter, 27° a Salt, juntament amb l'aire fred a 850 hPa, 10°C , va ser el factor desencadenant de la inestabilitat atmosfèrica que va provocar que les tempestes d'aquest dia siguessin tan intenses.

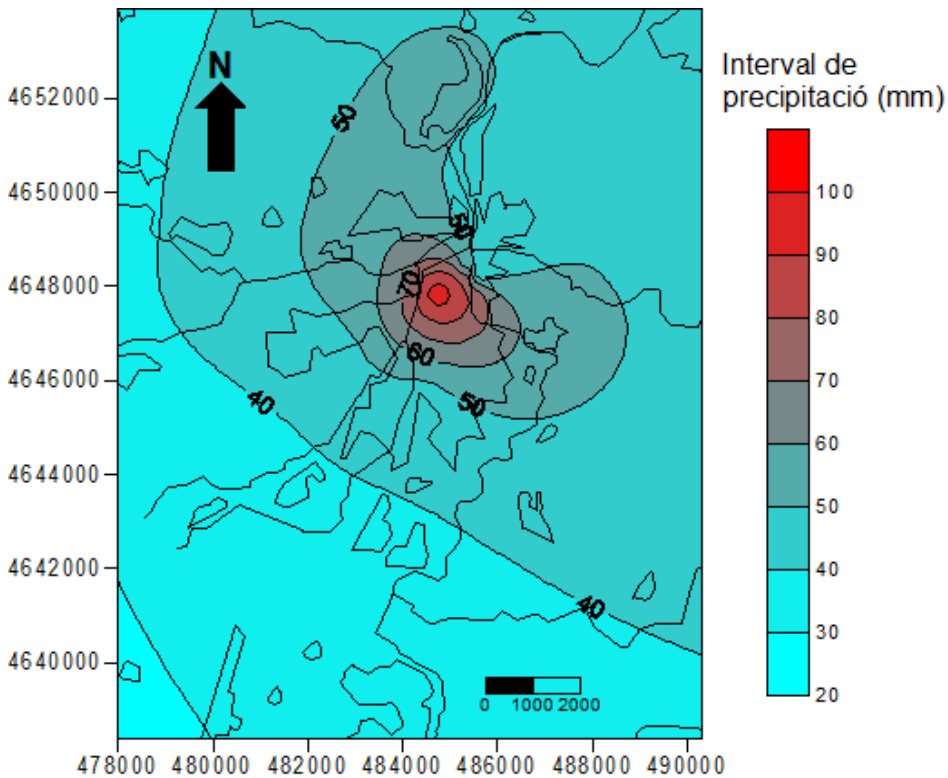


Figura 6.176 Mapa d'isohietes de la tempesta del 30 de juny de 2017.

Conclusions de l'anàlisi de la precipitació mitjançant el radar

Si es considera la direcció de les tempestes tenint en compte el moviment de les cèl·lules del radar la precipitació màxima acostuma a produir-se en l'àrea de sobrevent, o una àrea perifèrica de la ciutat on circula la part més activa de les tempestes, en canvi si tenim en compte la direcció del vent en superfície la major part de les tempestes donen la precipitació més elevada a l'àrea de sotavent de la ciutat respecte el vent de superfície. L'anàlisi de les imatges del radar proporcionades pel Servei Meteorològic de Catalunya ens ajuden a detectar l'efecte urbà en la precipitació, tot i que la seva resolució espacial (cada píxel fa 1 km de costat) és massa gran per tal d'observar diferències intraurbanes en la precipitació a la ciutat de Girona, però es pot observar diferències urbano-rurals en la reflectivitat entre la ciutat de Girona i la seva perifèria rural. Els radars del Servei Meteorològic de Catalunya són de banda C, per analitzar la precipitació a resolució fina per detectar els matisos de la precipitació a escala urbana necessitaríem radars de banda X.

6.4 El cicle setmanal de la precipitació

La ciutat de Girona no presenta un cicle de precipitació setmanal de precipitació segons el test de Xi quadrat. Així, la freqüència de la precipitació no varia significativament en funció del dia de la setmana en els diferents intervals analitzats del període 1971-2007. Les diferències en les freqüències totals de precipitació segons el dia de la setmana són poc significatives en el període 1971-2007. Així, el dimarts és el dia que ha enregistrat menys dies plujosos, 447 dies, mentre que el dijous és el dia amb més probabilitat de precipitació, amb 474 dies. Si analitzem la freqüència de precipitació decadal observem que els dijous són els dies més plujosos de la dècada dels 70, igualment com en el decenni posterior, són 128 i 129 dies, respectivament. A la dècada dels 90 els diumenges tenien la major freqüència de dies plujosos, 134 dies. En el període 2001-2007 el dissabte és el dia amb major freqüència de precipitació, 110 dies. Com es pot veure en 2 dels 4 períodes analitzats la major freqüència de precipitació s'enregistra en un dia feiner, la qual cosa recolzaria, en el període 1971-90, la hipòtesi que la precipitació de la ciutat de Girona està influïda per un efecte urbà. No obstant, les diferències són molt petites amb els dies festius, i no són estadísticament significativament. També és important remarcar que els dies amb menys freqüència de precipitació també es donen a mitjans de la setmana, en dies feiners. Així el mínim de la dècada dels 70 es dona als dimarts, 105 dies. El dia amb menys probabilitats de precipitació del decenni dels 80 és el dimecres, El dissabte és el dia més sec del període 1991-2000. El divendres és el moment de la setmana amb menor freqüència de precipitació als inicis del segle XXI, 87 dies.

Taula 6.23 Freqüència absoluta del nombre de dies de precipitació. Girona-Belllloc. Període 1972-2008.

	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-07	1971-2007
Dilluns	125	111	127	103	466
Dimarts	105	113	130	99	447
Dimecres	125	102	134	92	453
Dijous	128	129	125	92	474
Divendres	125	123	131	86	465
Dissabte	119	106	115	110	450
Diumenge	124	110	135	87	456

El test de Xi quadrat no mostra diferències estadísticament significatives en les freqüències segons les estacions astronòmiques dels diferents períodes analitzats, com es pot observar a la taula x. Una influència urbana en aquest sentit mostraria que durant l'hivern, primavera i tardor (quan l'activitat urbana és màxima) la freqüència de la precipitació dels dies laborables seria més elevada, mentre que a l'estiu no hi hauria una evidència clara pel motiu contrari. La contaminació atmosfèrica als observatoris de Girona i Sarrià de Ter és més elevada als dies feiners, per tant no es detecta un efecte urbà positiu en l'increment de la freqüència precipitació d'aquests dies com a conseqüència de la contaminació.

Taula 6.24 Valors del test de χ^2 per a les distribucions de freqüències de la precipitació les estacions astronòmiques. Girona-Bell-lloc. Període 1971-2007.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
1971-2007	0,86	2,44	1,82	1,72
1971-1980	2,47	1,09	2,30	2,90
1981-90	2,27	1,01	2,87	4,69
1991-2000	2,89	1,12	2,05	2,15
2001-2007	2,92	5,06	3,32	4,30

La distribució de precipitació segons la seva quantitat tampoc mostra unes diferències significatives en la freqüència de la precipitació segons el dia de la setmana amb l'excepció dels dies de precipitacions elevades (iguals o superiors a 30 mm) del període 1981-90, on tenim un efecte urbà, ja que el valor del test de χ^2 és significatiu. En aquest interval de temps els dies feiners (5,2 dies de mitjana de precipitació) presenten una freqüència de precipitació clarament més important que els dies festius (3,5 dies. A la taula anterior s'observa com la precipitació es distribueix equitativament al llarg de la setmana, ja que, si bé el màxim de dies de precipitació es dona al dijous, la seva freqüència no és diferent de forma estadísticament significativa respecte els dies festius. Així la conclusió d'aquest apartat és que la distribució diària de la precipitació a la ciutat de Girona no es troba influïda per l'activitat antròpica. L'absència d'indústries que generen una elevada contaminació atmosfèrica dins la ciutat de Girona i en les seves rodalia és el factor determinant a l'hora d'explicar l'homogeneïtat de la freqüència de la precipitació diària. L'important davallada en l'emissió de contaminants (H_2S , NO_2 , NO) derivada de la fàbrica Torras Hostench, (antiga denominació de l'actual fàbrica a Hinojosa en la dècada dels 10 i 20 del segle XXI) a finals de la dècada dels 90 tampoc té una repercussió en el la quantitat de la precipitació dels dies feiners i dels dies festius, en comparació amb les altres dècades, amb l'excepció del decenni precedent dels 80. Però la contaminació atmosfèrica a Sarrià de Ter és molt elevada tant en la dècada dels 70 com en els 80, i s'adverteix un fort contrast en el valor de χ^2 entre els 2 decennis, pel que fa a la quantitat de la precipitació. La Direcció General de Qualitat Ambiental només ens ha subministrat la concentració de partícules PM_{10} durant una sèrie curta (2005-2011), amb moltes llacunes diàries, per tant tampoc podem emetre una conclusió definitiva sobre la influència de la contaminació en la quantitat de la precipitació i del seu cicle setmanal. Un argument per explicar l'escassa modificació de la quantitat de la precipitació de Girona-Bell-lloc per la contaminació de la fàbrica Hinojosa de Sarrià de Ter és ben senzill. Aquesta fàbrica es troba a sotavent de la ciutat de Girona, al nord de la ciutat. Així, en els dies amb tempesta el vent mitjà de la tempesta és del sud a la ciutat de Girona, per tant el vent desplaça teòricament la contaminació cap al nord, en una

direcció oposada a la ciutat de Girona. Només en el moment inicial de la tempesta el vent és del 1r a 2n quadrant, però la precipitació probablement produeix una important reducció de la contaminació en el moment de la precipitació associada a la tempesta. A més a més el moviment predominant de les tempestes a l'estiu és del SW-NE, W-E, NW-SE, per la qual cosa la fàbrica Hinojosa no provoca cap alteració en la pluja induïda per la contaminació, ja que es troba al nord de la ciutat.

Taula 6.25 Valors del test de χ^2 per a les distribucions de les quantitats de la precipitació de diferents intervals temporals a Girona. Període 1971-2007.

Interval de precipitació	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-2007	1971-2007
<5 mm	4,69	4,51	11,02	5,92	7,27
>=5 mm	1,13	5,04	7,61	4,69	2,7
>=10 mm	4,06	5,04	7,61	2,3	4,75
>=30 mm	3,46	16,85	6,00	4,75	4,44

6.5 Distribució horària de la precipitació

La influència urbana en la precipitació no només es pot analitzar a través de la distribució estacional, l'evolució anual i estacional, sinó també amb la distribució horària de la precipitació. A l'estiu i en hores diürnes l'efecte urbà en la precipitació amb un increment més rellevant a sotavent de la ciutat, és més important que a l'hivern i en hores nocturnes (LIU i NIYOGI, 2019).

L'efecte urbà en la precipitació pot analitzar-se en funció del moment del dia en què la precipitació és més elevada respecte el total diari. Hem observat que a la ciutat de Girona a l'estiu i la primavera és durant el migdia, la tarda i primeres hores de la nit (13-18 i 18-24 hores) quan l'efecte urbà és més clar, ja que la convecció associada al caldejament de la ciutat per efecte de la radiació solar incrementa la precipitació a la ciutat. D'altra banda a l'hivern i la tardor les hores nocturnes quan l'illa de calor urbana és més elevada són les hores en què la pluja urbana és afavorida.

L'àrea rural de Girona té una mitjana anual d'hores de precipitació (624,7) més elevada que les zones urbanes (477,5) i suburbanes (506,5). Cal remarcar el dèficit d'hores de precipitació de l'àrea urbana a l'estiu en comparació amb les altres zones (38,2 hores enfront 68,4 a la zona suburbana i 75,2 a l'àrea rural). Hi ha per tant un efecte urbà de supressió de la precipitació al centre urbà de Girona, tot i que els mecanismes que expliquen aquesta disminució de la persistència de la precipitació no són clars, probablement estan associats a la contaminació atmosfèrica generada especialment pels vehicles, ja que les indústries estan situades als afores de Girona a l'àrea d'estudi. Durant gran part del segle XX les indústries es trobaven al centre de Girona però a partir de les dècades dels 70 i dels 80 va haver-hi un canvi en la localització de les fàbriques arran de l'expansió urbana de la ciutat i la nova legislació urbanística i actualment estan situades als afores de Girona i també emeten menys pol·lució que al segle XX, d'acord amb la legislació en matèria ambiental.

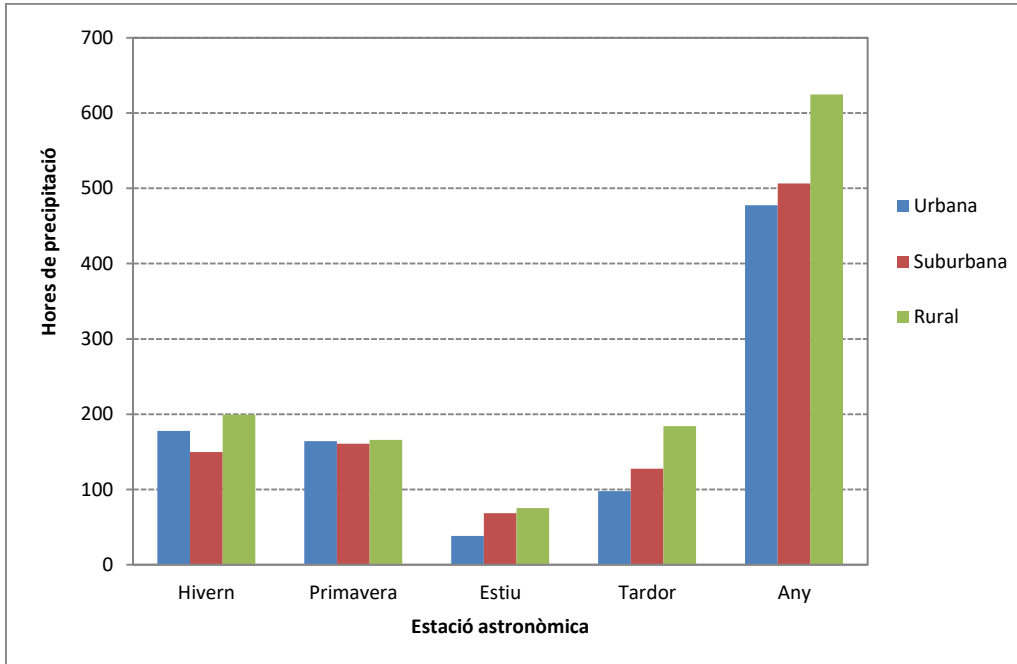


Figura 6.177 Hores de precipitació mitjana estacionals en diferents usos del sol. Àrea urbana de Girona.

S'observa un molt dèbil increment de les hores de precipitació de sotavent respecte sobrevent, 574,6 hores enfront 552,8 hores, que pot estar associat a un efecte urbà positiu en la pluja, no obstant on la pluja és menys duradora és l'àrea indiferent, amb només 477,5 hores. Aquesta persistència més elevada de la precipitació de sotavent és més important a la primavera, en què hi ha una diferència de +29,8 hores, també a la tardor (+3,7 a sotavent), en canvi a l'hivern hi ha més hores de precipitació a sobrevent (-11), mentre a l'estiu el nombre és idèntic (-0,7). La zona indiferent que coincideix amb la zona urbana té menys hores de precipitació, especialment a l'estiu, 38,2 hores *versus* 73,2 hores a la zona suburbana i 73,9 hores a l'àrea rural.

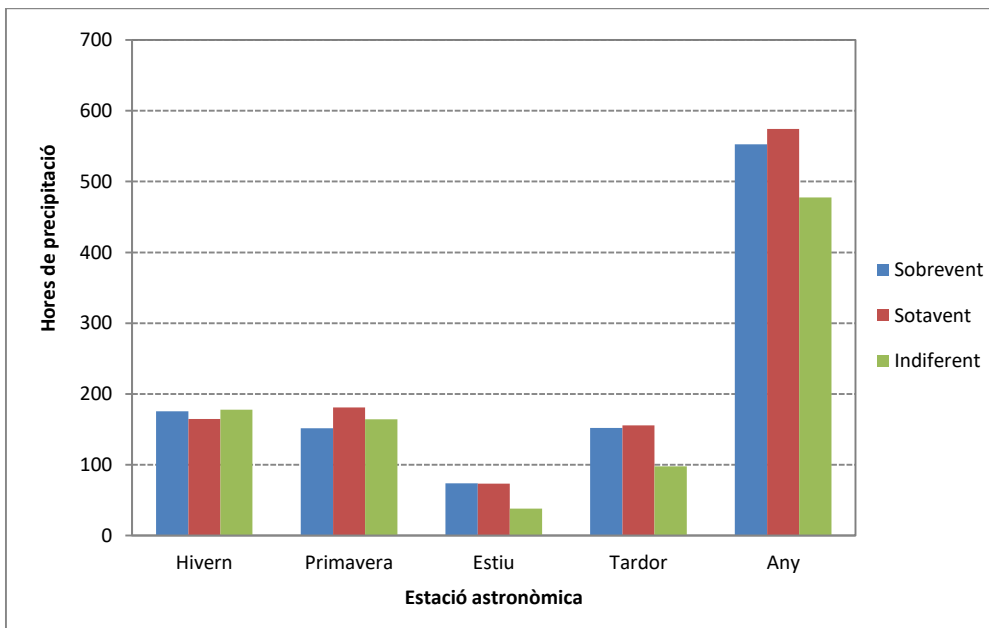


Figura 6.178 Hores de precipitació mitjana estacionals en diferents usos del sol. Àrea urbana de Girona.

El percentatge d'hores de precipitació de la zona urbana respecte el total anual és clarament més dèbil a l'estiu i tardor, respecte els altres tipus d'àrea, i més elevat a

l'hivern i a la primavera. L'àrea de sotavent té la precipitació més persistent que a sobrevent durant la primavera i la tardor i, en canvi, té menys hores de precipitació a l'estiu i especialment a l'hivern.

El percentatge de la pluja recollida a les tardes d'estiu (13-18 hores) de sobrevent és el més baix de totes les zones de Girona i rodalia, tot i que amb una diferència molt poc rellevant respecte l'àrea de sotavent. La precipitació caiguda a la primavera en aquesta franja horària també és la més elevada. Per tant, tot i que amb menor mesura que a les altres àrees, la zona de sobrevent té un efecte urbà positiu en la pluja a l'estiu i a la primavera. Aquesta influència urbana també es manifesta a l'hivern, amb un valor relatiu relativament elevat en hores nocturnes, entre les 0 i les 6 hores es recull el 29,7 % de la pluja diària. A la tardor el biaix urbà en la pluja és més dèbil que en les altres estacions astronòmiques, el 29,8 % de la pluja cau entre les 18 i les 24 hores, moment del dia en què la influència urbana no és gaire rellevant.

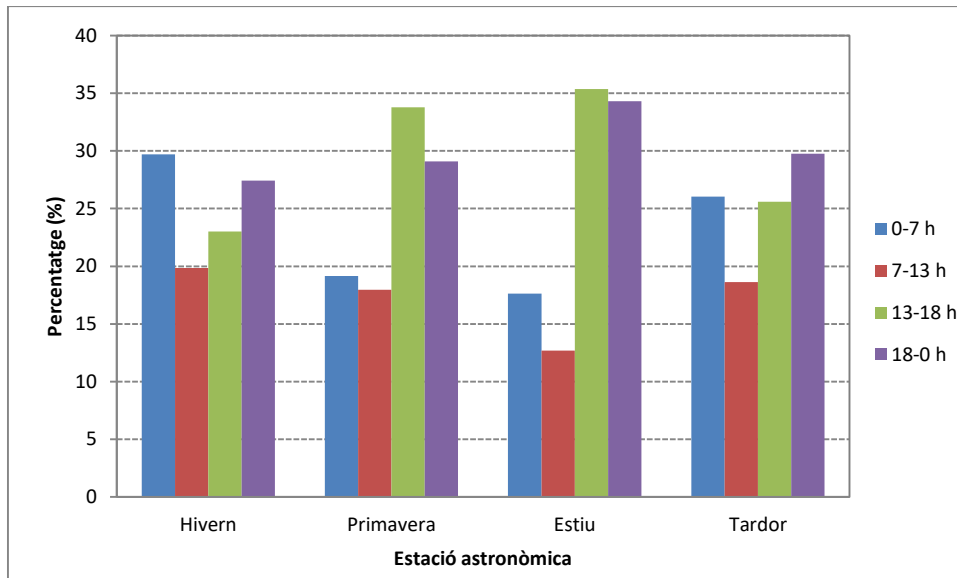


Figura 6.179 Percentatge de la precipitació estacional de diferents intervals horaris respecte el total diari. Zona de sobrevent.

A l'àrea de sotavent les pluges de les tardes estiuenques són les més intenses en aquesta estació astronòmica, representen el 36,6 % del còmput global diari, mentre en canvi a sobrevent el valor relatiu és molt similar, 35,4 %. En l'àrea indiferent el percentatge és el més elevat de les tres zones, 40,6 %. Per tant la convecció està més afavorida en ple centre urbà de Girona i Salt que a sotavent de la ciutat, amb uns percentatges relatius de la precipitació més elevats.

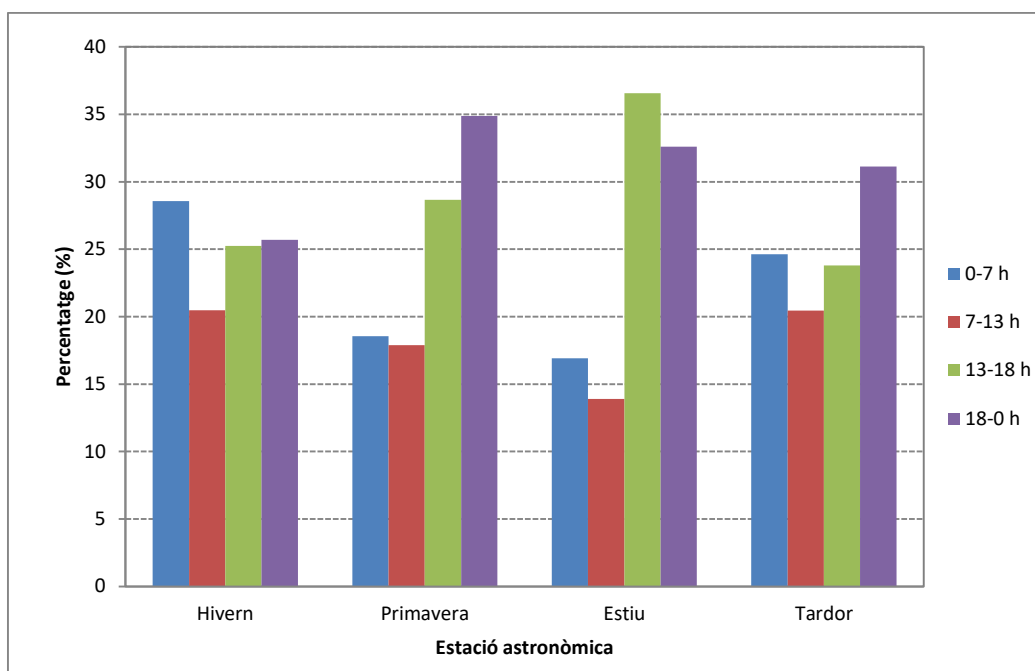


Figura 6.180 Percentatge de la precipitació estacional de diferents intervals horaris respecte el total diari. Zona de sotavent.

A la zona indiferent la precipitació de les tardes d'estiu (13-18 hores) és més elevada que en altres zones, 40,6 %, això significa que les tempestes estiuenques són força actives al centre de la ciutat de Girona. La precipitació de les primeres hores nocturnes i últimes hores de la tarda (18-24 hores) és més dèbil que a la zona de sotavent, 29,1 % a l'estiu, enfront el 32,6 % a sotavent. La pluja de les hores nocturnes (0-7 hores) és lleugerament més elevada a la zona indiferent que a sotavent, s'observen les majors diferències a l'hivern, 29,6 % enfront el 25 % de la zona de sotavent.

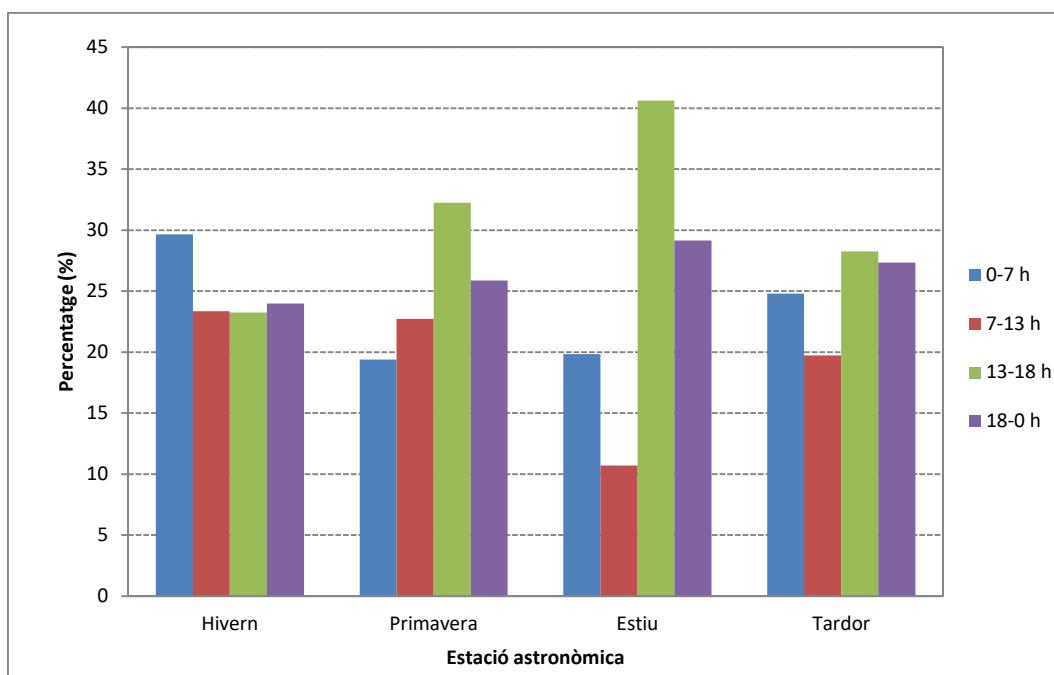


Figura 6.181 Percentatge de la precipitació estacional de diferents intervals horaris respecte el total diari. Zona indiferent.

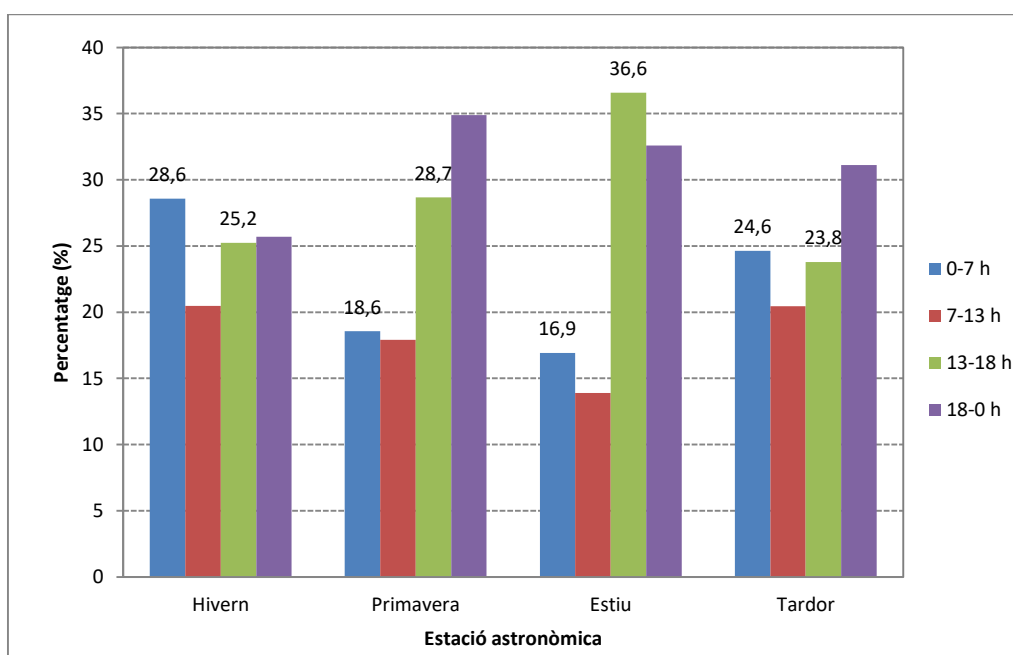


Figura 6.182 Percentatge de la precipitació estacional de diferents intervals horaris. Zona de sotavent.

El sud de la ciutat que correspon a l'àrea de sobrevent la precipitació és més quantiosa a les hores en què s'observa la màxima intensitat de l'illa de calor, 18-24 hores i 0-7 hores. L'increment en aquestes dues franges horàries és més rellevant a la primavera, tardor i hivern i menys rellevant a l'estiu. En aquesta estació astronòmica la franja horària amb més precipitació (13-18 hores) és quan tenim una convecció més acusada, per efecte de les elevades temperatures. Hi ha una lleu diferència entre el percentatge d'aquest interval horari a sobrevent (35,2 %) i a sotavent (36,6 %). Per tant, malgrat que a l'estiu hi hagi un increment substancial de la precipitació a la zona

de sotavent de la ciutat de Girona respecte l'àrea de sobrevent les diferències són molt poc marcades. No hi ha un biaix horari clar, l'efecte urbà no és rellevant en la distribució horària de la precipitació de les diferents zones (sobrevent, sotavent i sobrevent) a l'estiu. No obstant si que la distribució de la precipitació anual és diferent, amb uns majors percentatges de la precipitació caiguda en hores de final de tarda i nocturnes en la zona de sotavent, que a sobrevent. L'efecte de l'illa de calor urbana es manifesta amb un increment de la precipitació a l'àrea de sotavent a final de la tarda i a la nit en hores nocturnes en totes les estacions astronòmiques excepte l'estiu. Durant la nit (0-6 hores) la zona de sotavent rep més pluja que sobrevent, especialment a la tardor (31,4 % i 22,7 % respectivament). A l'estiu en canvi plou més sobrevent que a sotavent en aquest interval horari. En les hores amb la temperatura més elevada (migdia i primeres hores de la tarda, 13,18 hores) s'observa una precipitació més elevada en la zona de sobrevent que a sotavent (30,3 % enfront 23,6 %). No obstant, a l'estiu la diferència es fa molt dèbil, l'efecte urbà afavoreix la reactivació de les tempestes a l'àrea de sotavent.

La comparació del nombre d'hores de precipitació de sotavent respecte sobrevent ens assenyalen un major nombre de les hores de precipitació de sotavent respecte sobrevent (574,6 hores enfront 552,8 hores), però és molt poc rellevant, tant en valors absoluts com en valors relatius. Aquesta persistència més elevada de la precipitació de la zona de sotavent és més important a la primavera en què hi ha una diferència de +29,8 hores, també a la tardor (+3,7 a sotavent), en canvi a l'hivern hi ha més hores de precipitació a sobrevent (+11), mentre a l'estiu el nombre és idèntic (+0,3). La zona indiferent que coincideix amb la zona urbana té menys hores de precipitació, especialment a l'estiu.

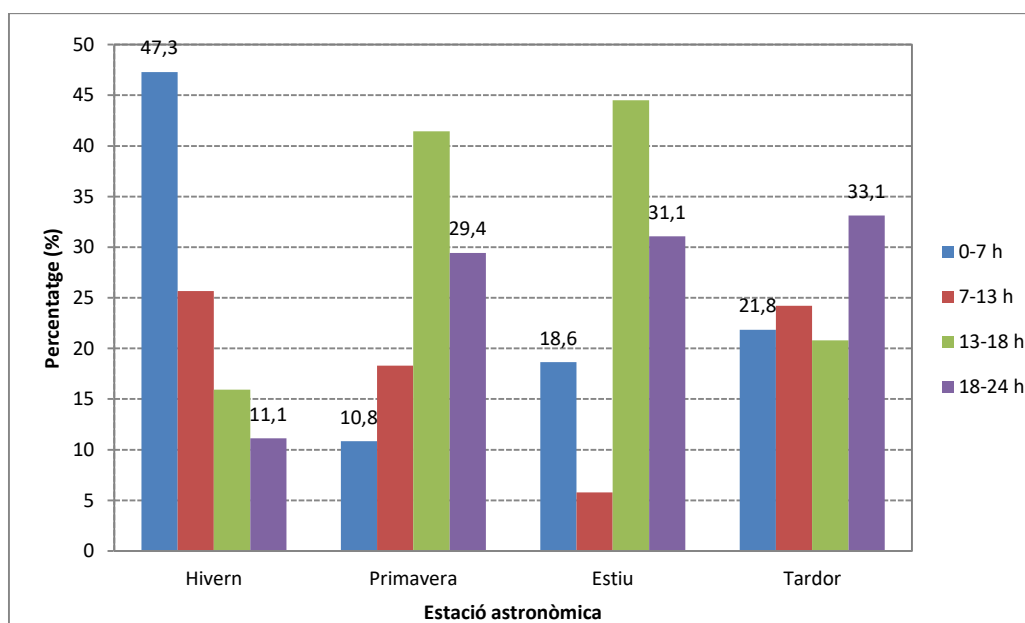


Figura 6.183 Percentatge estacional de precipitació en diferents intervals temporals. Girona-Santa Eugènia. Període 2011-2012

L'estació meteorològica de Girona-Santa Eugènia enregistra el màxim de precipitació associat a precipitació convectiva a l'estiu, amb un 44,5 % de la precipitació. Aquest tret característic d'un biaix urbà en la pluja es repeteix a la primavera, amb un 41,5 %,

Probablement les tempestes estan afavorides en aquesta àrea indiferent molt propera a la ciutat de Girona. En canvi durant l'hivern el màxim es produeix a la nit, 0-7 hores, tot i que l'estació estigui en una àrea rural, la proximitat a la ciutat de Girona, probablement augmenta la precipitació nocturna per efecte de l'illa de calor urbana. Durant la tardor la precipitació es reparteix més equitativament entre els diferents moments del dia però tenim un màxim relatiu a les 18-24 hores, 33,1 %, l'efecte urbà no és tan clar en aquesta estació com a la primavera i l'estiu.

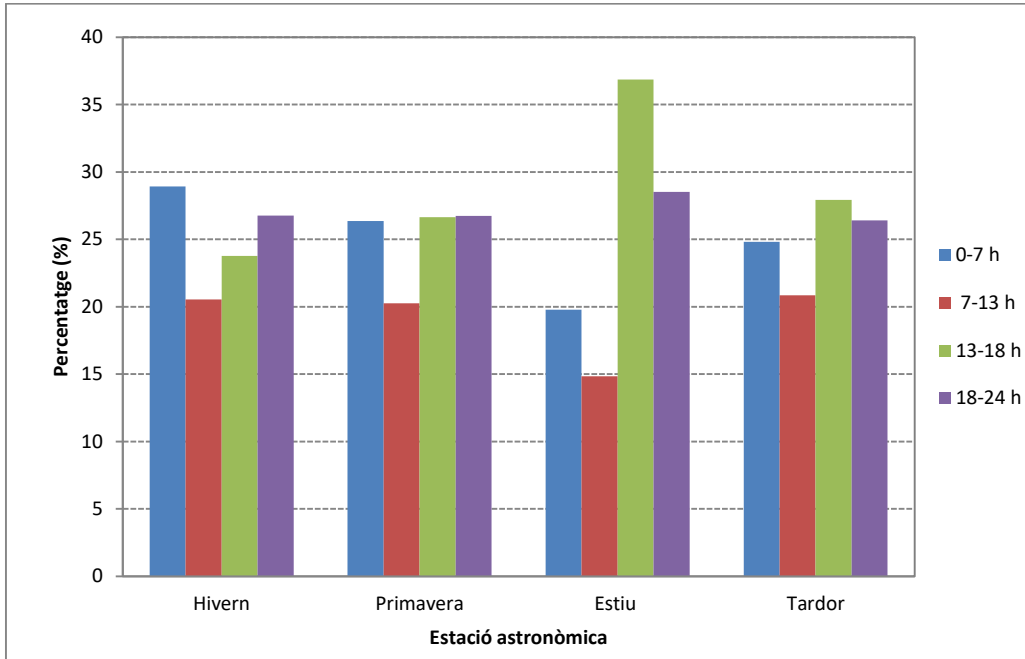


Figura 6.184 Percentatge estacional de precipitació en diferents intervals temporals. Salt-Plaça Sant Cugat. Període 1999-2012.

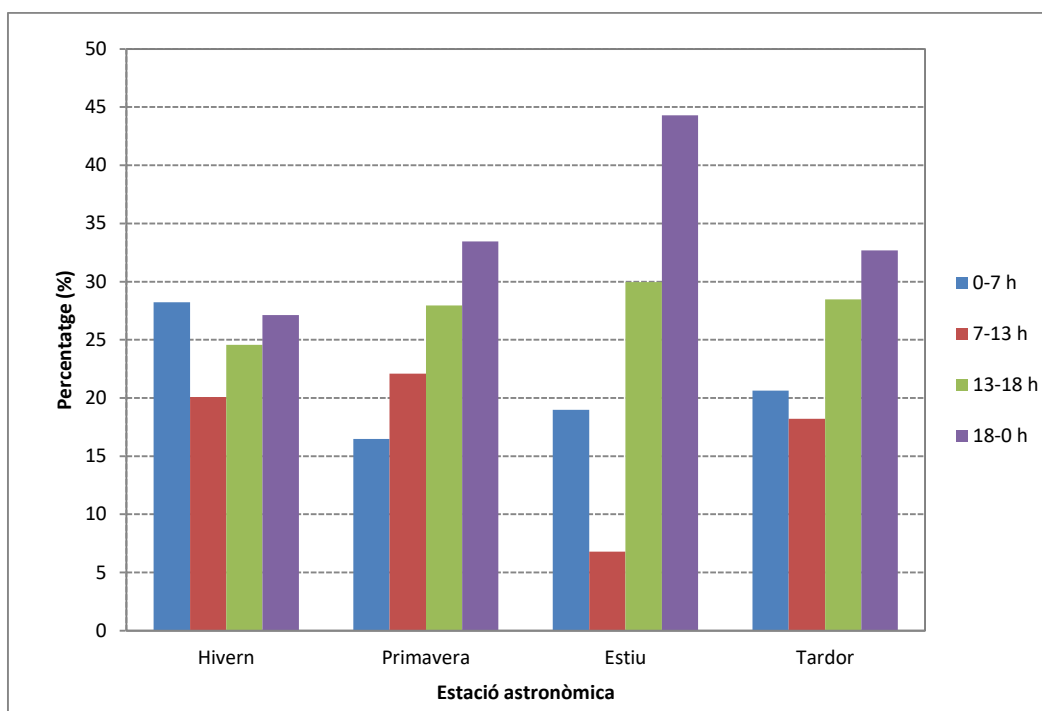


Figura 6.185 Percentatge estacional de precipitació en diferents intervals temporals. Girona-Ciudadans-Aigües. Període 2003-2011.

L'observatori de Girona-Ciudadans presenta els percentatges més elevats de precipitació estiuenca a les últimes hores del dia i primeres hores de la nit (18-0 hores). La convecció associada a les tempestes implica pluges més fortes en aquest moment del dia. De la mateixa manera a la primavera les pluges són més quantioses en aquest interval horari, probablement per la mateixa causa. Una característica diferencial d'aquesta estació meteorològica és que la precipitació de l'interval 18-0 hores és més elevat a la tardor, mentre que en altres observatoris això succeeix en l'interval 13-18 hores. L'hivern és l'única estació astronòmica en què tenim uns percentatges més elevats de precipitació a la nit avançada (28,2 % a l'interval 0-6 hores), respecte el període 18-0 hores.

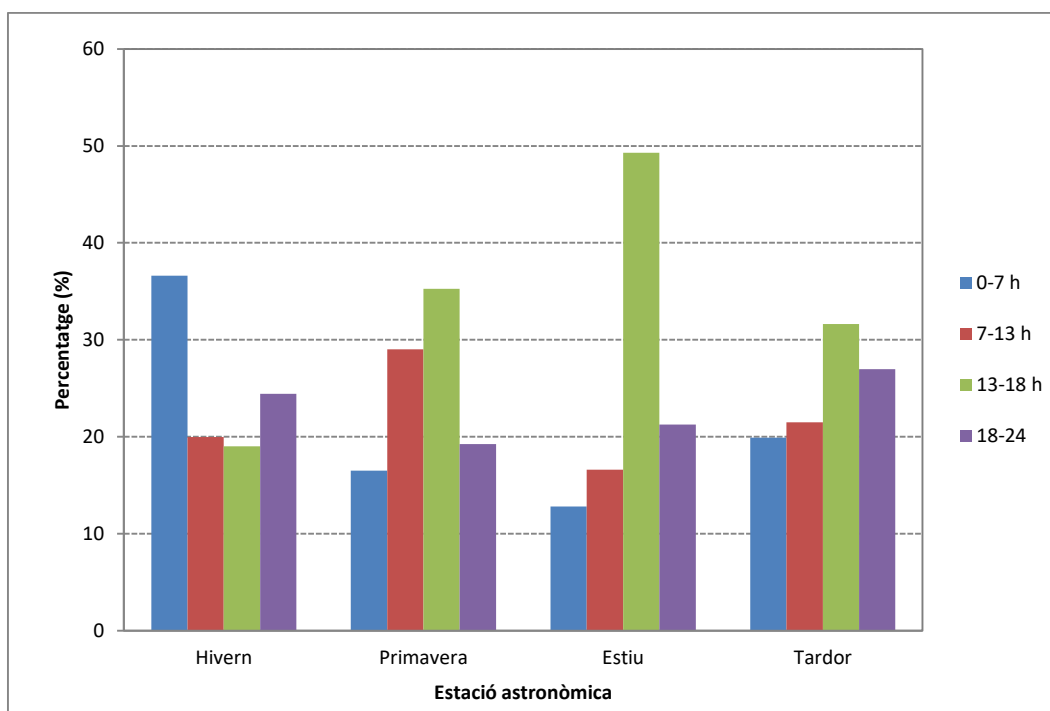


Figura 6.186 Percentatge estacional de precipitació en diferents intervals temporals. Girona-Parc del Migdia. Període 2010-2012.

L'observatori de Girona-Parc del MigdiaCiutadans presenta els percentatges més elevats de precipitació estiuenca a les últimes hores del dia i primeres hores de la nit (18-0 hores). La convecció associada a les tempestes implica pluges més fortes en aquest moment del dia. De la mateixa manera a la primavera les pluges són més quantioses en aquest interval horari, probablement per la mateixa causa. Una característica diferencial d'aquesta estació meteorològica és que la precipitació de l'interval 18-0 hores és més elevat a la tardor, mentre que en altres observatoris això succeeix en l'interval 13-18 hores. L'hivern és l'única estació astronòmica en què tenim uns percentatges més elevats de precipitació a la nit avançada (28,2 % a l'interval 0-6 hores), respecte el període 18-0 hores.

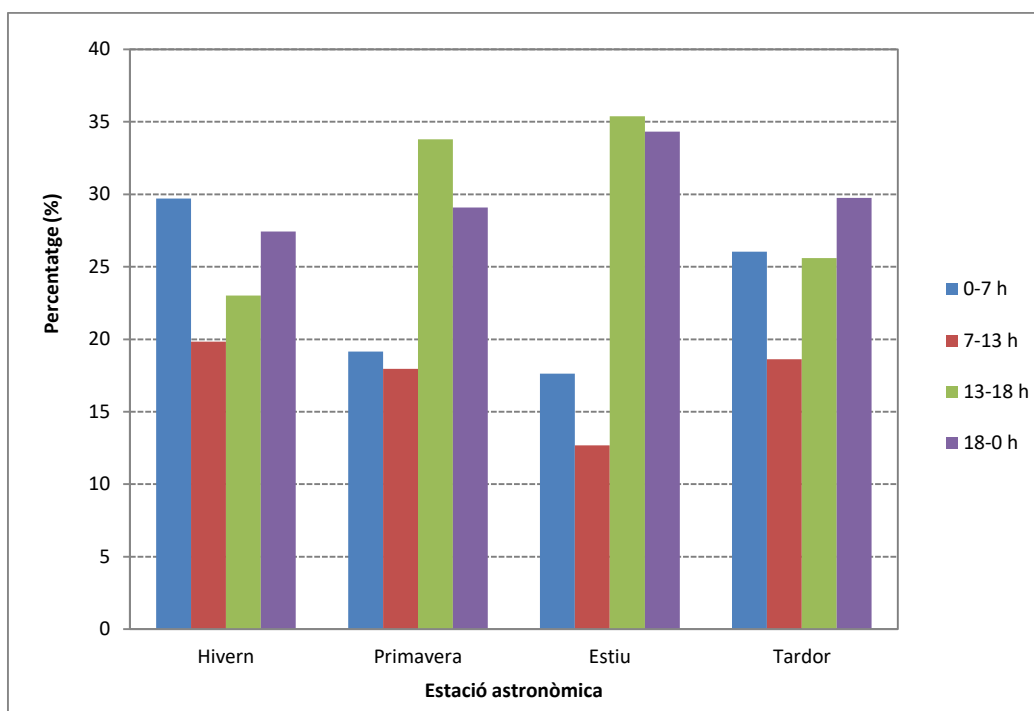


Figura 6.187 Percentatge estacional de precipitació en diferents intervals temporals. Girona-Montjuïc-Aiguës. Període 2003-2011.

Girona-Montjuïc és una estació situada a sotavent de l'àrea urbana de Girona. La convecció associada a efectes urbans és afavorida en aquest indret on el màxim pluviomètric relatiu de la primavera i l'estiu es produeix a les 13-18 hores, on representen el 33,8 i 35,4 % de la precipitació total diària. D'altra banda a l'hivern l'illa de calor urbana nocturna probablement implica la major precipitació entre les 0 i les 7 hores, i a la tardor el màxim es trasllada a les 18-0 hores, 29,8 %, en un interval horari en què la pluja no és afavorida per efecte urbà, ja que la convecció en aquesta època es produeix especialment a l'interval 13-1 hores.

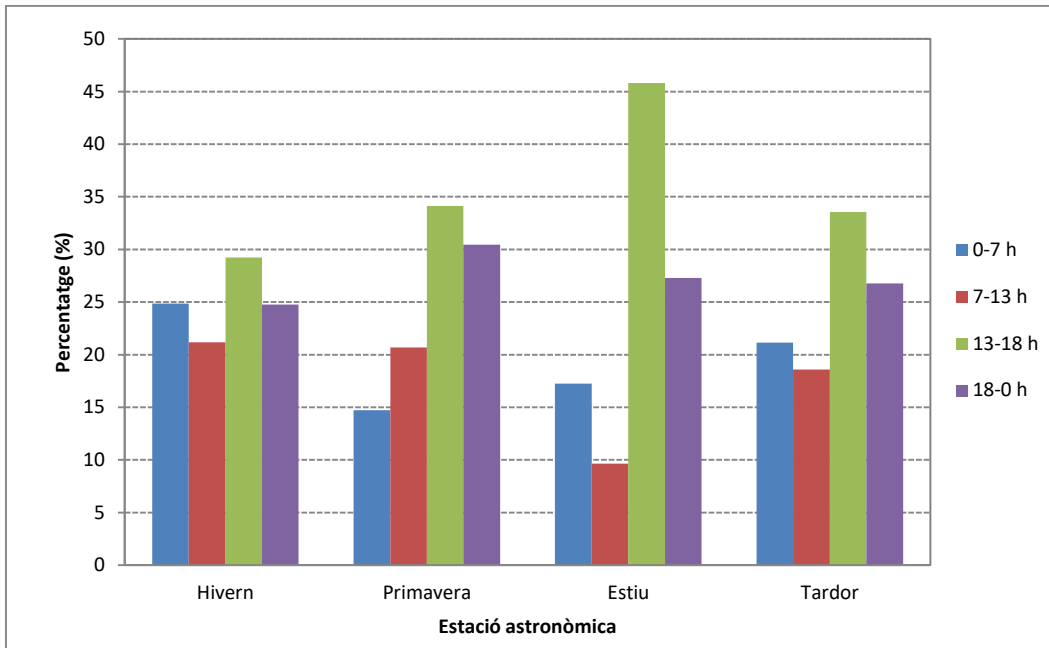


Figura 6.188 Percentatge estacional de precipitació en diferents intervals temporals. Girona-Palau-Aigües. Període 2003-2011.

Girona-Palau és una estació situada a sobrevent de l'àrea urbana de Girona. Aquí la precipitació associada a les tempestes estiuenques és particularment elevada, representa el 45,8 % del total diari. En general aquesta pauta es compleix en totes les estacions astronòmiques, per tant, tot i estar en una àrea on l'efecte urbà és escàs en la precipitació, la precipitació de la tarda és més elevada, per tant es pot considerar un efecte urbà en la pluja en les estacions astronòmiques on la precipitació convectiva és més freqüent (primavera i estiu). D'altra banda, els mínims de la precipitació succeeixen al matí (7-13 hores) a l'hivern, estiu i tardor, mentre a la primavera es donen a la nit (0-7 hores).

La Vall de Sant Daniel es troba a sotavent de l'àrea urbana de Girona, en aquest observatori la precipitació per efectes urbans està afavorida en les hores de tarda d'estiu (15-19 hores), en què el caldejament és molt intens en aquesta vall situada al nord-est de la ciutat de Girona. D'altra banda en les altres estacions astronòmiques el biaix urbà en la precipitació és moderadament important a la primavera i a la tardor, en la primera estació on el percentatge de la pluja de tarda és idèntic a la precipitació nocturna, 34,1 %. La pluja a la tardor també té un màxim en hores posteriors al migdia, que pot ser atribuït, especialment a inicis d'aquesta estació, a efectes urbans en la precipitació. Hem de tenir en compte que el vent predominant a la tardor és del SW als nivells isobàrics de 700 hPa, 500 i 850 hPa, i per tant la vall de Sant Daniel està a sotavent de l'àrea urbana de Girona.

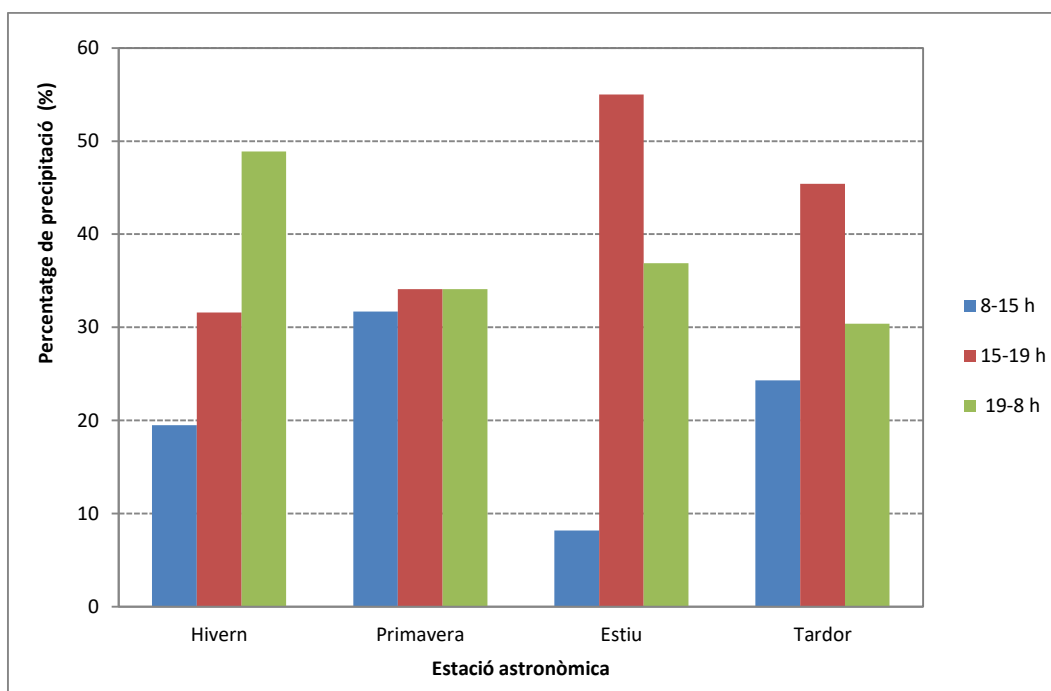


Figura 6.189 Percentatge de precipitació segons intervals horaris. Girona-la Vall de Sant Daniel. Període 2002-2010.

Girona-Sèquia és un observatori de l'Eixample de Girona, per tant, on s'observa una certa disminució de la precipitació que pot ser atribuïda a efectes urbans, com una supressió de la pluja per la contaminació. Però si observem la distribució estiuenca de la precipitació detectem un elevat percentatge de la precipitació en les hores de més calor, el 40,2 % de la pluja cau entre les 15 i les 19 hores, per tant quan l'efecte urbà és més intens en aquesta estació, tot i que aquest valor és lleugerament inferior a hores nocturnes i de finals de tarda, 40,8 %. A la primavera la modificació urbana de la pluja a l'estiu és més lleu, ja que el percentatge de la pluja recollida entre les 15-19 hores suposa el 32,0 % del total diari. A la tardor tenim un màxim nocturn, per tant no és gaire clar l'efecte urbà, mentre que a l'hivern el percentatge és similar a la primavera, però teòricament el màxim s'hauria de produir en hores nocturnes, per tant no és nítida la modificació urbana en la pluja en aquesta estació. La precipitació és més important a sotavent (la vall de Sant Daniel) respecte el centre de Girona a l'estiu en hores diürnes (55,0 % en l'interval horari de 15-19 hores a Sant Daniel, 40,2 % a Girona-Sèquia), mentre que en hores nocturnes la precipitació és lleugerament superior a Girona-la vall de Sant Daniel. Per tant l'illa de calor urbana afecta la distribució de la precipitació donant més precipitació a sotavent durant la tarda, però en canvi durant la nit tenim més precipitació a sotavent respecte el centre urbà, i l'efecte urbà no és important en hores nocturnes.

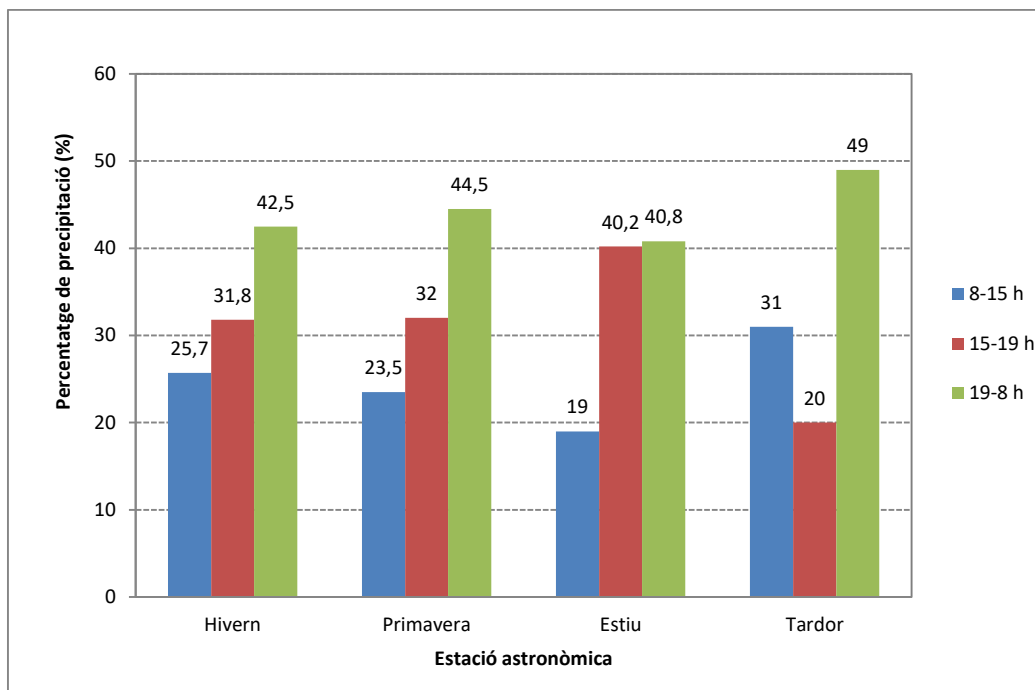


Figura 6.190 Percentatge de precipitació estacional de diferents intervals horaris. Girona-Sèquia. Període 2002-2010.

A l'observatori de Salt-Plaça Sant Cugat la precipitació estiuenca de l'interval 13-18 hores és la més elevada de tot el dia, probablement la seva posició en ple centre urbà de Salt, afavoreix la convecció i les tempestes de tarda. La precipitació a Salt està fortament influenciada per l'illa de calor urbana i el ritme diürn de les tempestes estiuenques. Així la major part de la precipitació (28,9 %) cau durant la nit (0-7 hores) a l'hivern, quan l'efecte urbà de l'illa de calor urbana és més intens. A l'estiu en què la precipitació és associada en gran part a tempestes gran part de la precipitació és recollida a la tarda (13-18 hores), 36,9 %. A la tardor torna a ser la nit el moment del dia en què tenim més precipitació caiguda. A la primavera tenim dues franges horàries amb un percentatge similar de precipitacions similars, 26,6 % a la tarda (13,18 hores) i 26,7 % a últimes hores de la tarda i primeres hores de la nit (18-24 hores).

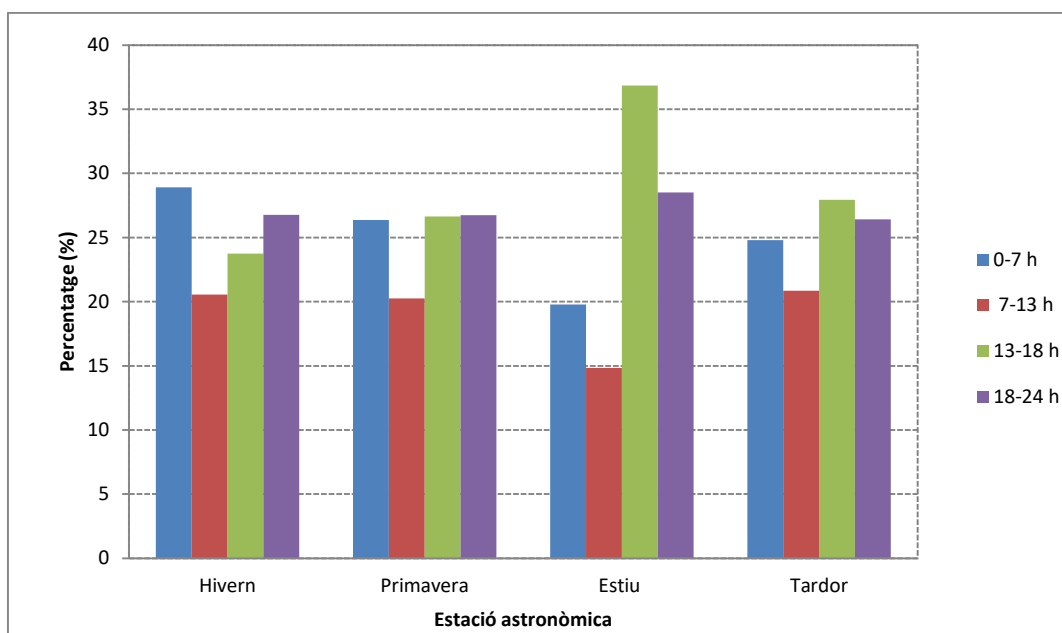


Figura 6.191 Percentatge de la precipitació estacional de diferents intervals horaris respecte el total diari. Salt-Plaça Sant Cugat. Període 1999-2012.

La comparació de la distribució horària de les precipitacions a l'estiu de Girona-Parc de Bombers i Fornells de la Selva-SMC l'efecte urbà en la precipitació es deixa notar amb un increment de la precipitació estiuenca d'estiu durant la tarda (12-18 hores), +1,2 %, i un augment de la precipitació nocturna estiuenca, i 5,9 % 0-6 hores, mentre que l'observatori de Girona-Parc de Bombers és més sec durant les últimes hores de la tarda i primeres hores de la nit (18,24 hores), -8,8 %. Les diferències són nul·les a les últimes hores de la tarda i les primeres hores de la nit (18-23,59 hores). A la tardor la precipitació és més elevada a la tarda a Girona, 5,0 %, i més escassa en els altres intervals temporals, tot i que les diferències relatives són molt baixes, inferiors al 3 %. La primavera és una estació on les variacions percentuals són les menors, essent els valors extrems, -2,3% al matí (6-12 hores) i +2,1 % a la nit (0-6 hores). A l'hivern s'observa una certa supremacia pluviomètrica de Girona-Parc de Bombers, tot i que les diferències entre els diferents intervals temporals són molt reduïdes, mentre que en hores diürnes tardanes (12-18 hores) la precipitació és clarament superior a Girona, +2,8 %, al matí s'adverteix una diferència nul·la entre els dos observatoris.

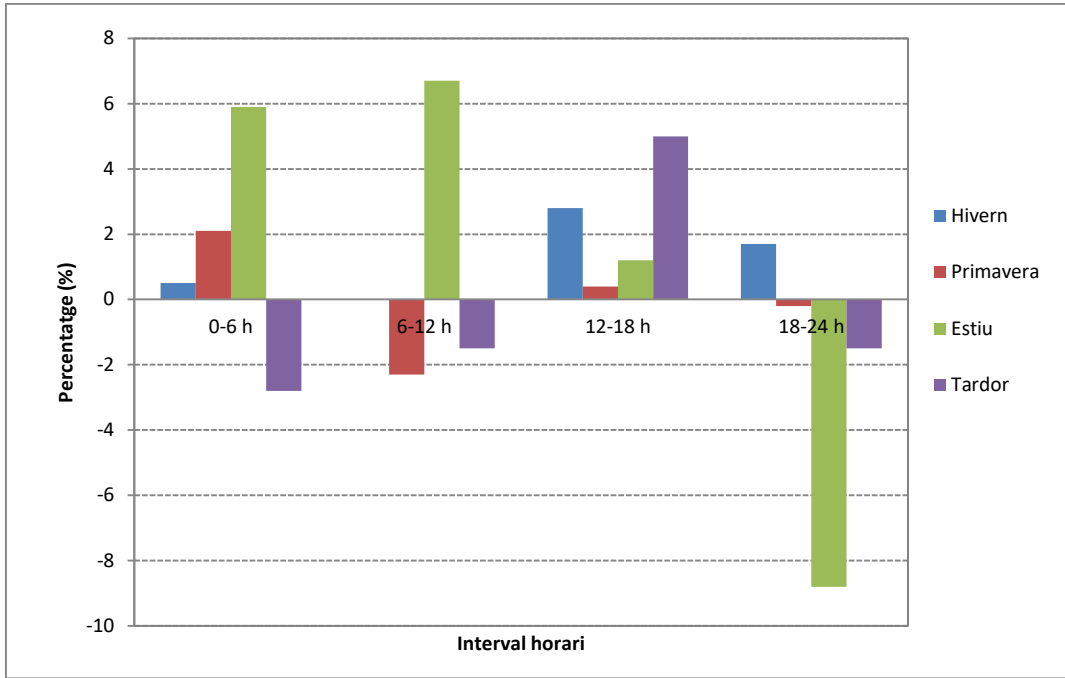


Figura 6.192 Diferència en la precipitació de diferents intervals horaris estacionals. Girona-Parc de Bombers-Fornells de la Selva-SMC. Període 2001-2007.

Hem analitzat la distribució temporal de la precipitació en franges trihoràries tals com fa Wang *et al.* (2012) per la ciutat de Pequín i els seus voltants.

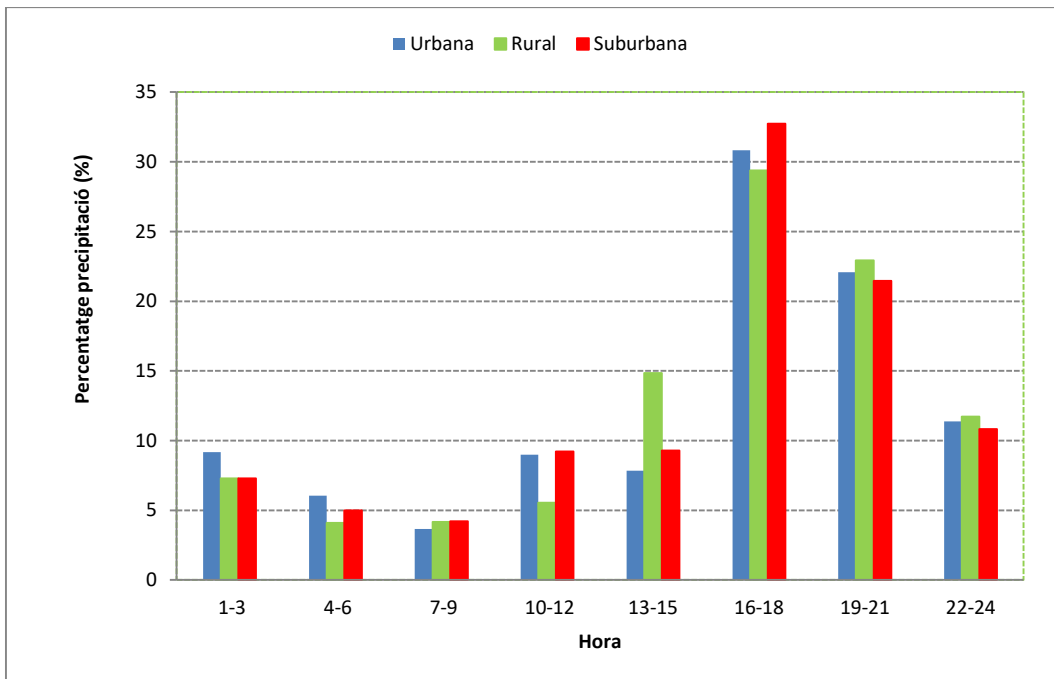


Figura 6.193 Percentatge trihorari de la precipitació estiuenca respecte el total diari. Mitjana de les zones urbana, rural i suburbana

Els diferents usos del sòl impliquen variacions en el balanç energètic. Els fluxos de calor sensible són molt més marcats en la ciutat (observatoris urbans), cosa que repercutiria teòricament en un increment pluviomètric a la ciutat, juntament amb una major turbulència mecànica per la interacció entre el vent i els edificis. No obstant, la menor coberta vegetal, la menor presència d'aigua en el sòl urbà, i la major

contaminació atmosfèrica provoquen una interacció negativa amb els altres efectes que compensen l'efecte de l'illa de calor urbana.

La precipitació estiuenca en les diferents àrees segons la diferent coberta del sòl (urbana, rural i suburbana) es concentra especialment a primeres hores de la tarda (16-18 hores) amb el 29,4 % (zona rural), 30,8 % (zona urbana) i 32,8 % (zona suburbana). Així les àrees suburbanes que normalment són zones perifèriques de la ciutat reben la major influència urbana, mentre en àrees rurals es produeix una disminució de l'efecte urbà en la precipitació. Durant les hores nocturnes la precipitació assoleix el seu mínims relatiu en les diferents zones, com a conseqüència de la disminució de l'activitat convectiva que està associada amb l'escalfament per causa de la radiació solar. L'illa de calor urbana nocturna no influeix en un increment urbà relatiu de la precipitació, ja que a l'interval de les 22-24 hores les diferències són molt minses entre la zona urbana (11,4 %) i les àrees rurals (10,8 %), amb un màxim a les àrees suburbanes, amb l'11,4 %.

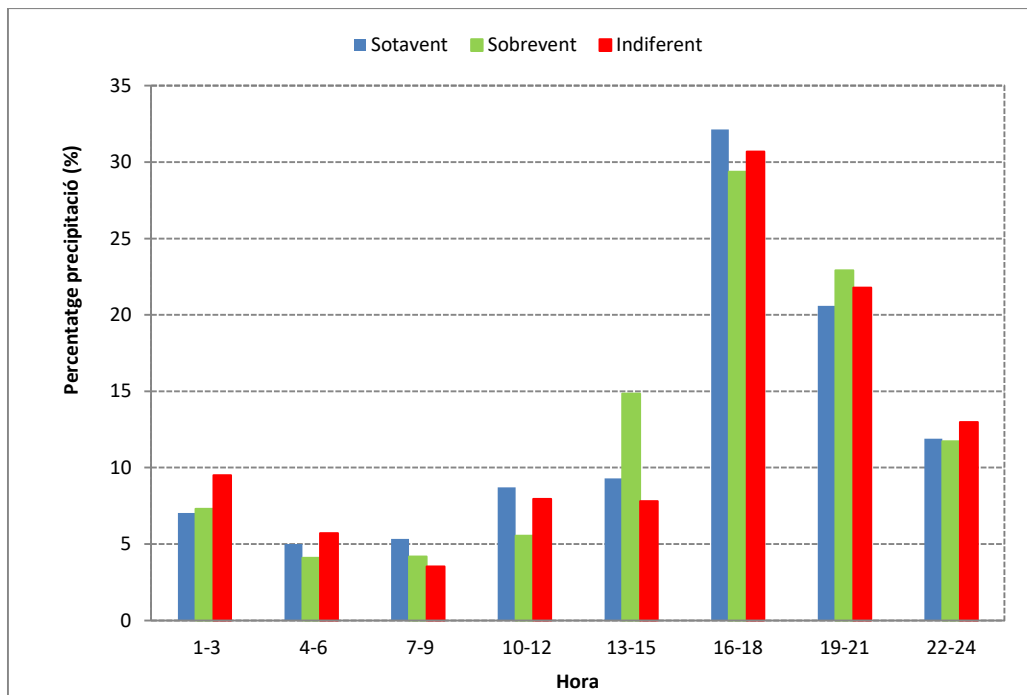


Figura 6.194. Percentatge trihorari de la precipitació respecte el total diari. Mitjana de les zones de sotavent, sobrevent i indiferent. Estiu.

El màxim efecte urbà en la precipitació estiuenca es produeix a primeres hores de la tarda i de la nit (16-21 hores) a sotavent, ja que en aquestes hores l'escalfament dels materials urbans és màxim i indueix una convergència de vent a baixos nivells que indueix un màxim de precipitació, especialment a sotavent. A l'àrea urbana de Girona el màxim relatiu de precipitació de la mateixa forma com assenyala WANG *et al.* (2012) per a la ciutat de Pequín es produeix a les primeres hores de la tarda (interval 16-18 hores). No obstant, les diferències entre les diferents zones tenint en compte la direcció del vent (sotavent, 32,1 %, sobrevent, 29,4 %, i indiferent, 30,7 %) són molt poc significatives en aquest interval trihorari, per tant es pot afirmar que no s'observa una clara modificació urbana en la precipitació. Durant les primeres hores de la nit (interval 22-24 hores) l'illa de calor urbana implica un lleuger increment de precipitació en la zona indiferent respecte les altres zones, la més propera a la ciutat de Girona ja que engloba els observatoris urbans més Girona-Hortes de Santa Eugènia, tot i això la

diferència és molt poc significativa. Així els percentatges són respectivament de l'11,9 % a la zona de sotavent, 11,7 % a l'àrea de sobrevent i 13 % a la zona indiferent.

En primer lloc hem de considerar els observatoris del àrea urbana com els pertanyents al centre de Girona (Girona-Ciutadans, Girona-Bonastruc i Girona-Escola de la Música). El màxim pluviomètric trihorari de les 3 estacions meteorològic és majoritàriament diürn, es dona a l'interval 16-18 hores a l'estiu, primavera i hivern, mentre a la tardor el pic relatiu es produeix durant la nit (22-24 hores, 17,9 %). S'observen diferències percentuals elevades en el màxim diürn de les 3 estacions esmentades associades amb la freqüència de les tempestes, més elevada a l'estiu. Així els percentatges de la franja horària de les 16-18 hores són respectivament de 30,8 % a l'estiu, 22,4 % a la primavera i 19,3 % a l'hivern. Els mínims de les 4 estacions astronòmiques es produeixen en hores de nit avançada i fins primeres hores de la tarda (4-15 hores).

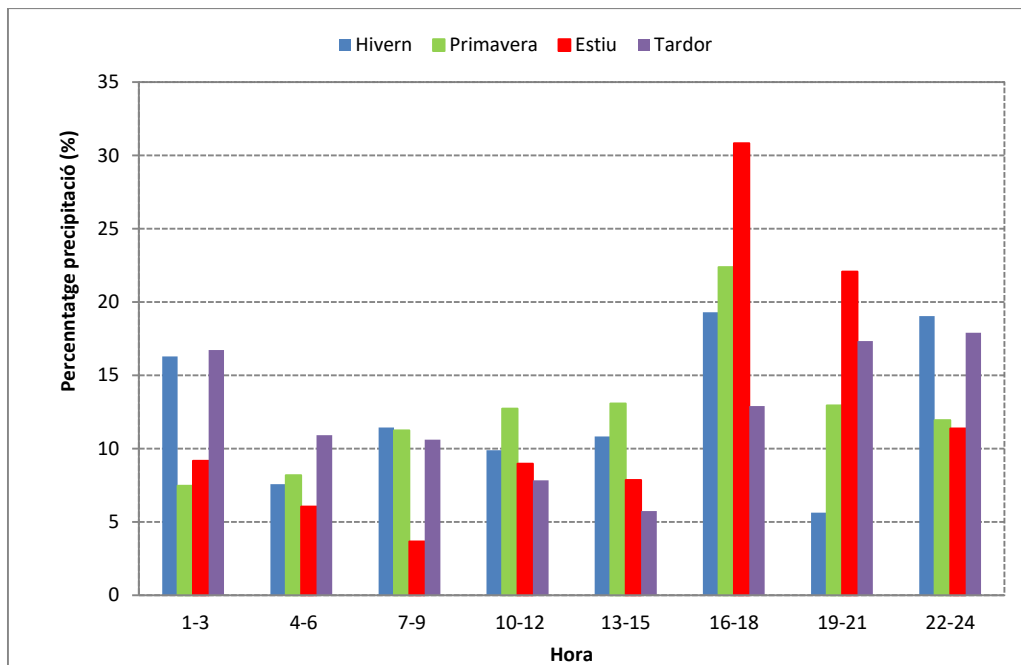


Figura 6.195 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Mitjana dels observatoris urbans

La distribució de la precipitació dels observatoris rurals és similar a la dels observatoris urbans, pel que fa al màxim pluviomètric estiuenc, que també es dona entre les 13 i 18 hores, però en canvi hi ha una menor contribució de la precipitació de la franges horàries de les 22-24 hores i les 1-3 hores, la qual cosa pot ser produïda per un menor efecte de la influència de l'illa de calor urbana durant la nit en aquests observatoris rurals respecte els urbans. No obstant a l'estiu els percentatges relatius són similars en aquestes dues franges horàries de la nit en els observatoris rurals i urbans.

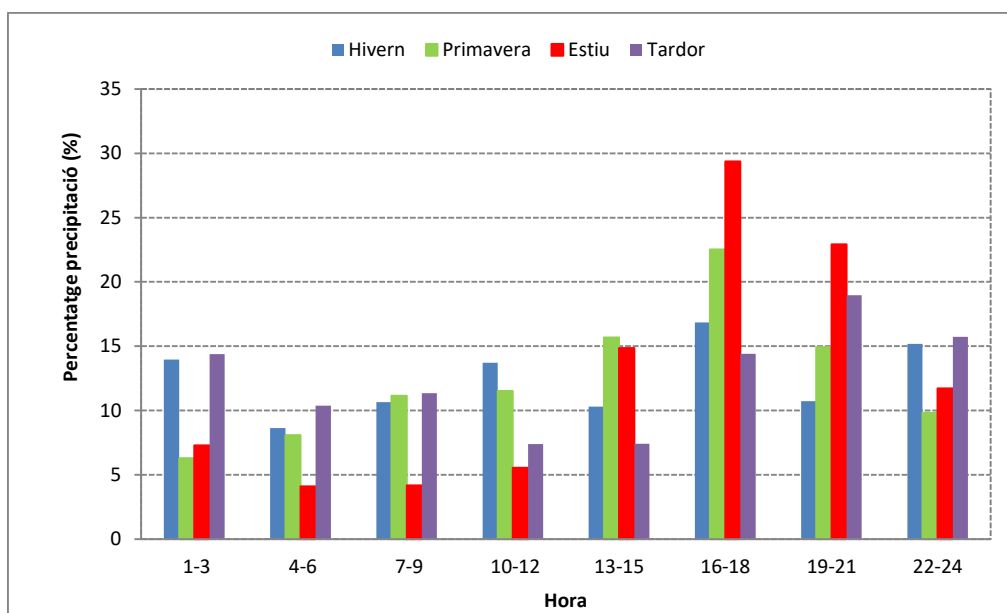


Figura 6.196 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Mitjana dels observatoris rurals.

suburbana

La distribució trihorària de la precipitació en la zona suburbana ens mostra un màxim percentual a les 16-18 hores a l'hivern, estiu i primavera (18,4 %, 32,7 % i 21,6 % respectivament), mentre que a la tardor el màxim es produeix a les primeres hores de la nit i últimes hores de la tarda en funció del mes (19-21 hores, 16,9 %). Com s'observa els percentatges diürns més elevats de les 16-18 hores es donen a l'estiu, quan les tempestes són habituals en aquest moment del dia, en les altres dues estacions astronòmiques (primavera i hivern) els percentatges són més baixos en relació a la seva menor activitat convectiva, especialment a l'hivern. Els valors percentuals més baixos es donen en les quatre estacions a partir de mitjanit i fins a les primeres hores de la tarda (1-15 hores). El mínim nocturn es produeix perquè tenim una major estabilitat atmosfèrica per causa de l'absència de radiació solar cosa que inhibeix la precipitació. D'altra banda al matí i fins les 15 hores tot i haver-hi escalfament per acció del sol tenim baixos percentatges de precipitació.

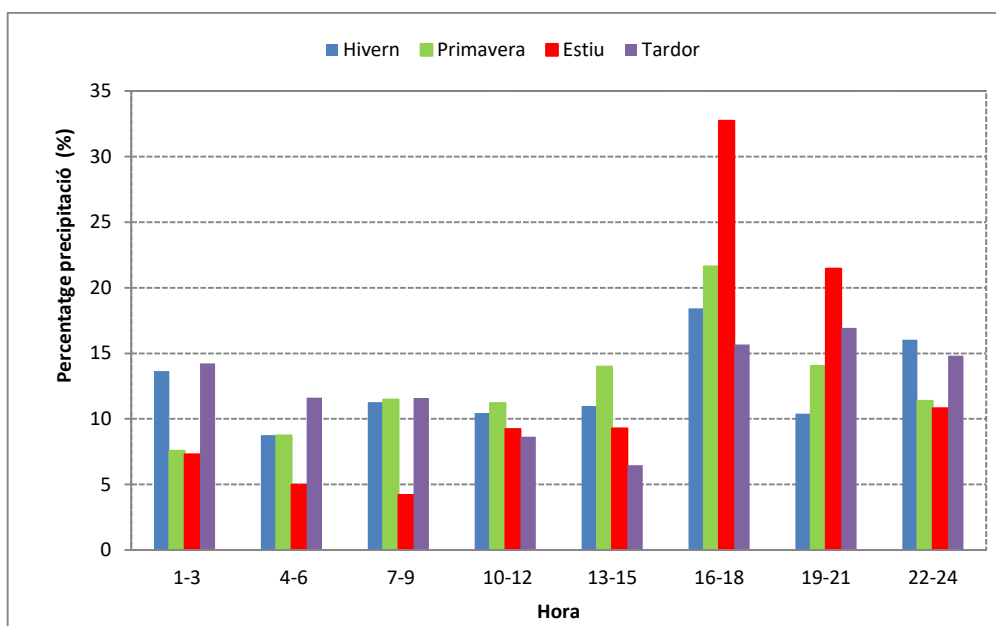


Figura 6.197 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Mitjana dels observatoris suburbans.

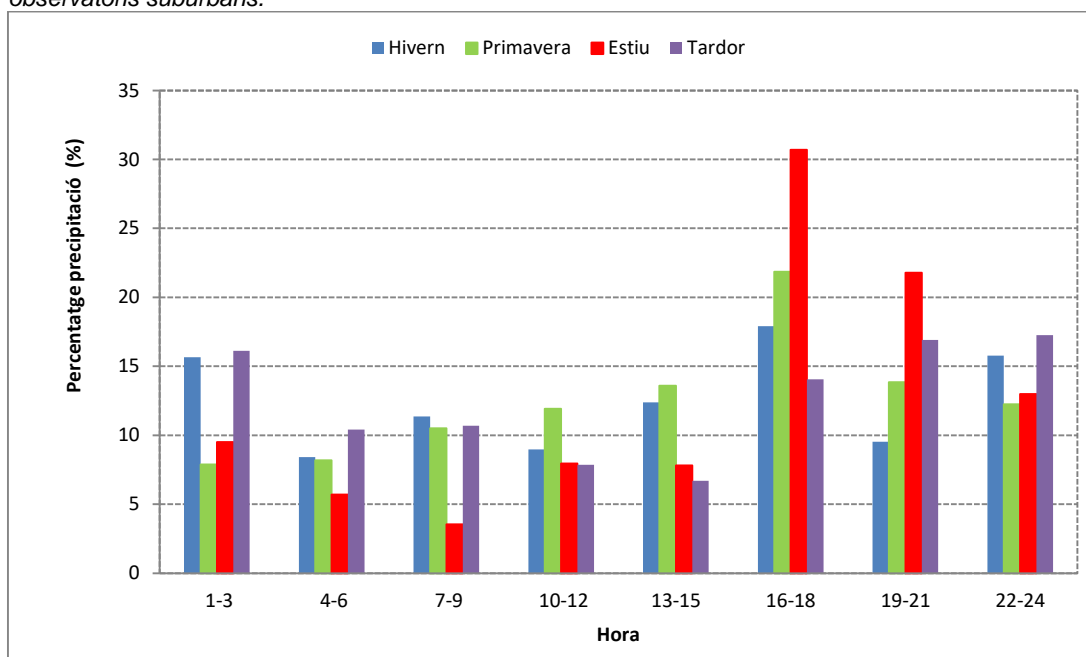


Figura 6.198 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Mitjana dels observatoris de la zona indiferent.

La comparació de la distribució trihorària de la precipitació de les 4 estacions a les àrees de sotavent, indiferent i de sobrevent ens permet detectar l'efecte urbà en la precipitació a una resolució fina temporal i espacial. La zona de sotavent teòricament és on els efectes urbans són més clars en la precipitació. No obstant la comparació de les zones de sotavent, indiferent i sobrevent no mostren diferències clares en els màxims, els màxims en 3 estacions (hivern, primavera i estiu) es produeixen a les primeres hores de la tarda (franja de les 16-18 hores) a les tres àrees. D'altra banda, el màxim de tardor es produeix a l'interval de les 19-21 hores a les zones de sobrevent i de sotavent, mentre a la franja horària de les 22-24 hores tenim el màxim de la zona indiferent.

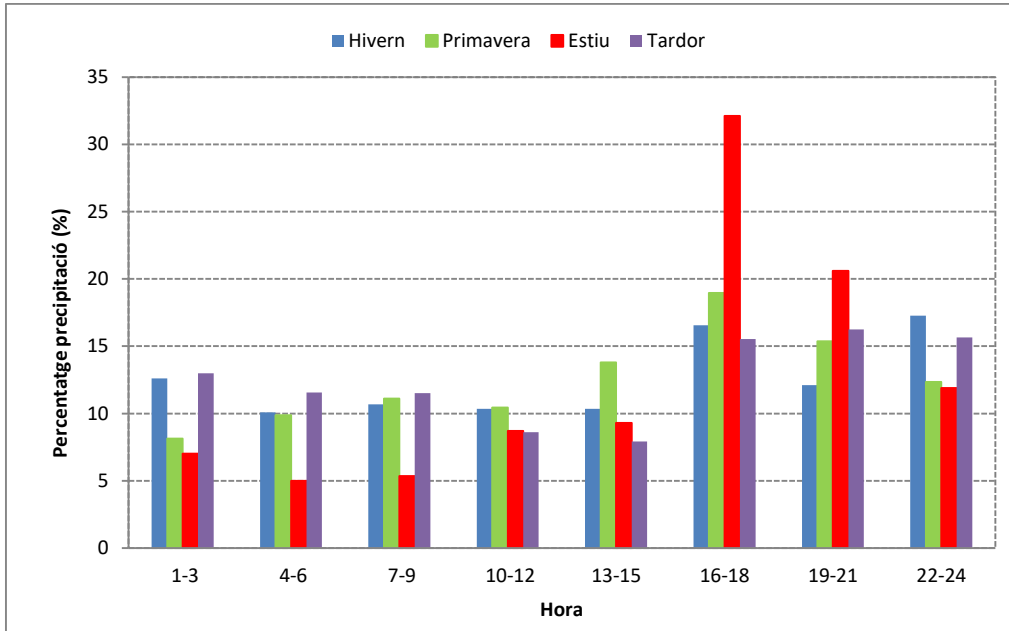


Figura 6.199 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Mitjana dels observatoris de la zona de sotavent.

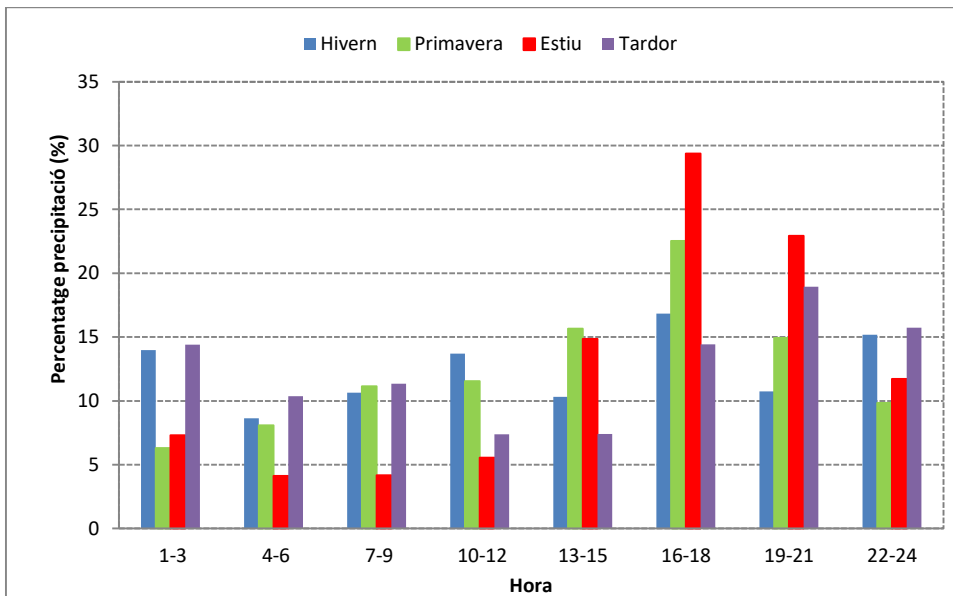


Figura 6.200 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Mitjana dels observatoris de la zona de sobrevent.

L'observatori de Girona-Bonastruc presenta lleugeres diferències en la distribució trihorària de la precipitació respecte altres observatoris. El màxim de precipitació hivernal es produeix prop de la mitjanit (1-3 hores), mentre la resta d'observatoris el tenen a les primeres hores de la tarda o de la nit. El màxim estiuenc de la tarda (16-18 hores) és menys accentuat que en altres observatoris, 29,6 %, sembla que les tempestes estiuenques són menys actives en aquest observatori del nord de l'Eixample de Girona. D'altra banda durant la tardor el màxim es produeix a la nit (22-24 hores). La primavera enregistra el màxim al mateix interval trihorari que l'estiu (16-18 hores), però és un pic menys accentuat per la menor freqüència de tempestes. Els

percentatges més baixos de la precipitació de les 4 estacions es produeixen en els intervals trihoraris de finals de la nit i fins a primeres hores de la tarda (4-15 hores).

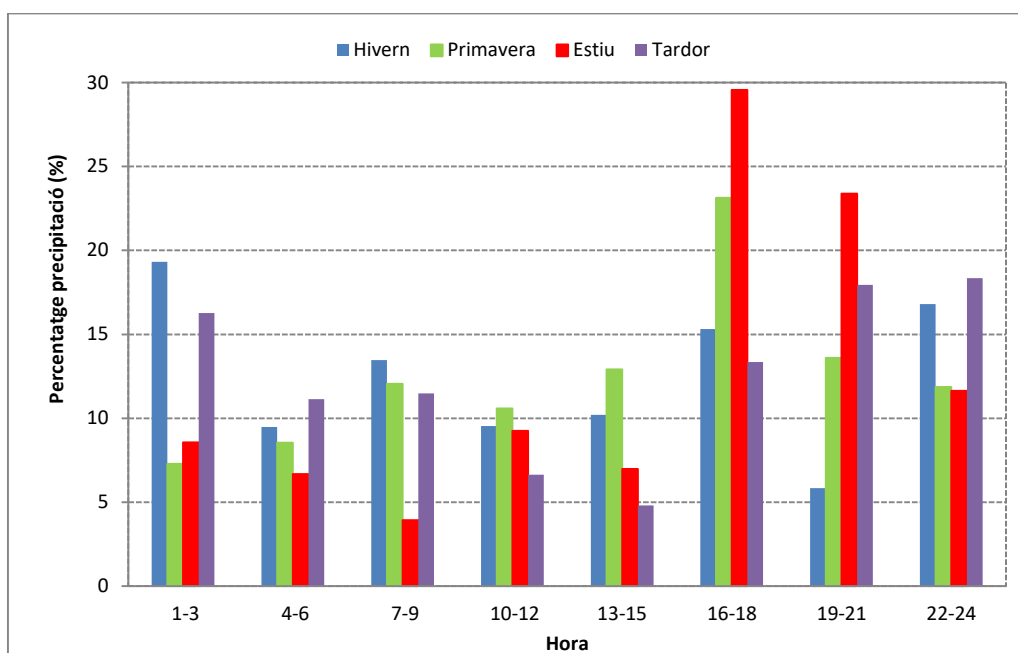


Figura 6.201 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Bonastruc. Període 2011-2014.

El pic màxim de tarda de l'estiu és molt pronunciat a Girona-Parc de Bombers (SMC), així la franja horària de les 16-18 hores concentra el 34,4 % del total de la precipitació diària estiuenca. La primavera també té el màxim en aquest interval, però és molt més suau (20,2 %). L'interval de les 19-21 hores és el moment del dia en què la precipitació és més elevada durant la tardor (20,2 %). La precipitació està molt més equidistribuïda a l'hivern respecte les altres estacions, cosa lògica tenint en compte la molt baixa aportació hídrica de les tempestes. Així el màxim hivernal es dona a les 19-21 hores, amb el 15,5 %.

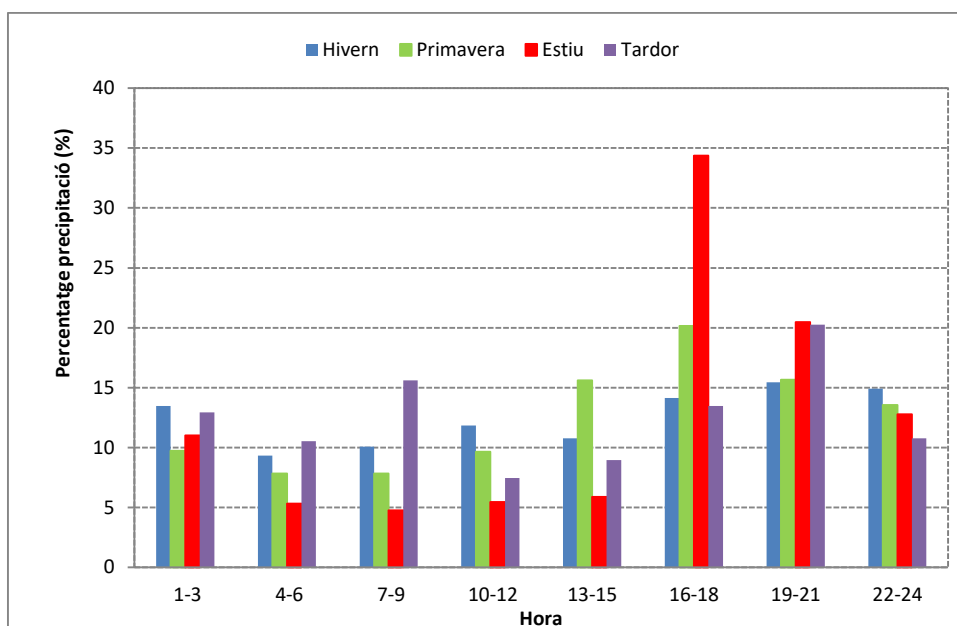


Figura 6.202 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Parc de Bombers (SMC). Període 2001-2009.

Sarrià de Ter-Aigües amb una precipitació anual superior als 820 mm de mitjana en el període 1998-2014, dades homogeneïtzades amb l'aeroport, i és l'observatori amb la major precipitació anual de l'àrea urbana de Girona. Aquest és un observatori situat a sotavent de la ciutat de Girona on l'efecte urbà teòricament hauria de ser molt important, especialment pel que fa a les tempestes, però pensem que la contribució de les pluges estratiformes i orogràfiques és superior a la convectiva si observem la distribució trihorària de la precipitació en hores nocturnes, especialment a l'hivern, quan la precipitació és d'origen estratiforme, i les diferències són febles respecte altres observatoris pel que fa al màxim de precipitació convectiva de l'estiu, de les 16-18 hores. A Sarrià de Ter-Aigües la precipitació hivernal assoleix un màxim relativament pronunciat (20,5 %) a les 16-18 hores, mentre el mínim es dona a la franja horària posterior, 7,5 % a les 19-21 hores. La distribució pluviomètrica estiuenca de Sarrià de Ter és molt similar al d'altres observatoris, amb màxim accentuat a les 16-18 hores, 33,8 %, i un mínim a les 7-9 hores, 4,0 %. La contribució pluviomètrica per l'efecte de l'illa de calor en aquest interval horari estiuenc de les 16-18 hores és relativament poc elevada per recolzar una hipòtesi d'efecte urbà positiu en la pluja estiuenca a sotavent de Girona. La tardor és l'estació astronòmica en què s'observa una regularitat més important en el cicle diari de la precipitació, amb un màxim a les 19-21 hores del 16,1% i un mínim del 5,5 % a les 13-15 hores. Això indicaria que hi ha un predomini en l'aportació de les pluges estratiformes d'origen frontal que no tenen un horari fix respecte les precipitacions convectives que es produeixen principalment a primeres hores de la tarda.

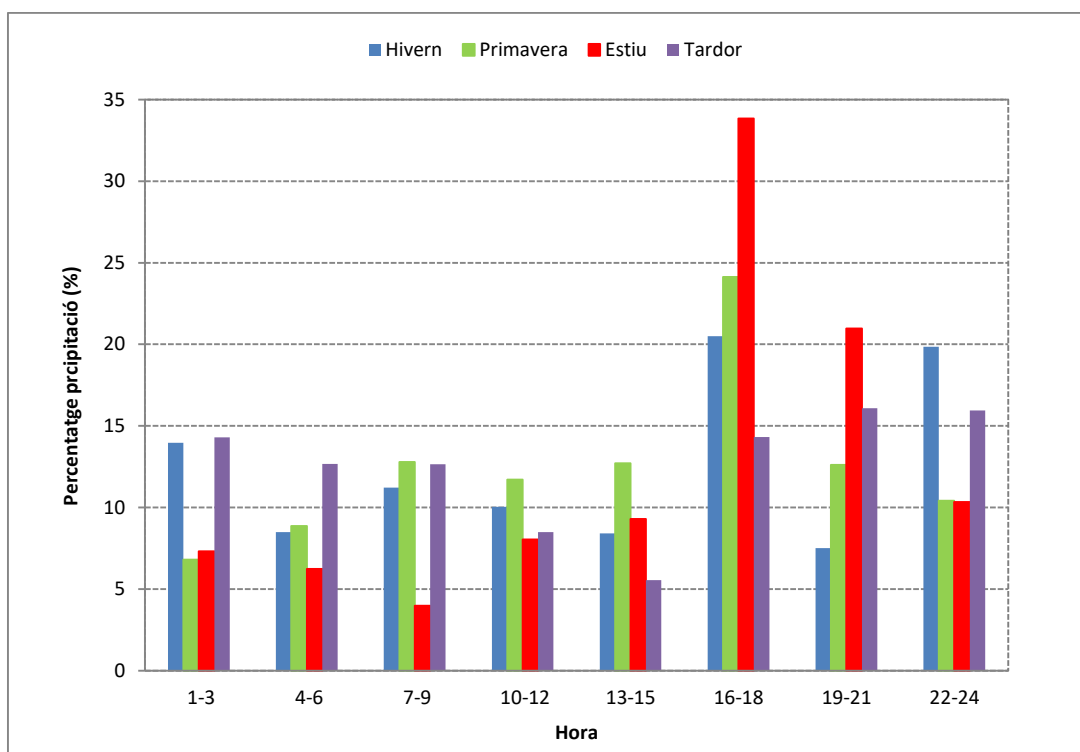


Figura 6.203 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Sarrià de Ter-Aigües. Període 2003-2011.

L'observatori de Girona-Montjuïc situat a sotavent de la ciutat de Girona i damunt d'un turó té uns percentatges similars a d'altres observatoris meteorològics durant la nit, però el màxim de les tardes d'estiu (16-18 hores) és lleugerament més acusat que a Sarrià de Ter. Això ens assenyala una influència urbana en la precipitació bastant important, especialment en el cas de tempestes.

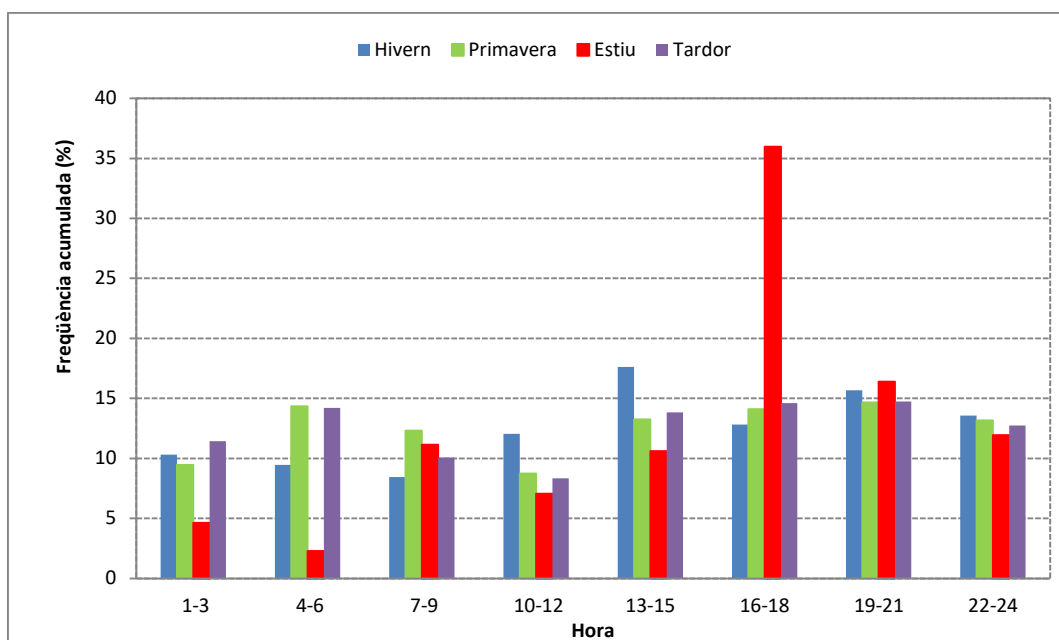


Figura 6.204 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Montjuic. Període 1999-2009.

L'observatori de Sarrià de Ter-XVPCA presenta una forta diferència en el percentatge relatiu de la precipitació de les 16-18 hores de l'estiu respecte altres observatoris, el màxim és menys pronunciat, 25,4 %, probablement per l'elevada freqüència de llacunes i també perquè el període amb dades és diferent a la resta, 1992-2003. Per tant s'han d'agafar les dades d'aquest observatori amb precaució. La distribució trihorària de la precipitació és un xic diferent a Sarrià de Ter respecte d'altres observatoris, així els percentatges màxims estacionals estan més suavitzats, la precipitació no es troba tant concentrada en el màxim principal trihorari. El màxim de primavera es produeix a l'interval de les 19-21 hores, 19,1 %. El màxim tardorenc es dona a les 16-18 hores, 18,3 %. La precipitació hivernal està distribuïda d'una forma molt homogènia, així mentre el màxim és del 13,7 % a les 4-7 hores, el mínim és de l'1,2 % a les 10-12 hores. El mínim primaveral és a les 10-12 hores, 7,5 %, de la mateixa manera que el de la tardor, 8,1 %, el mínim estiuenc es produeix a les 7-9 hores, 7,2 %.

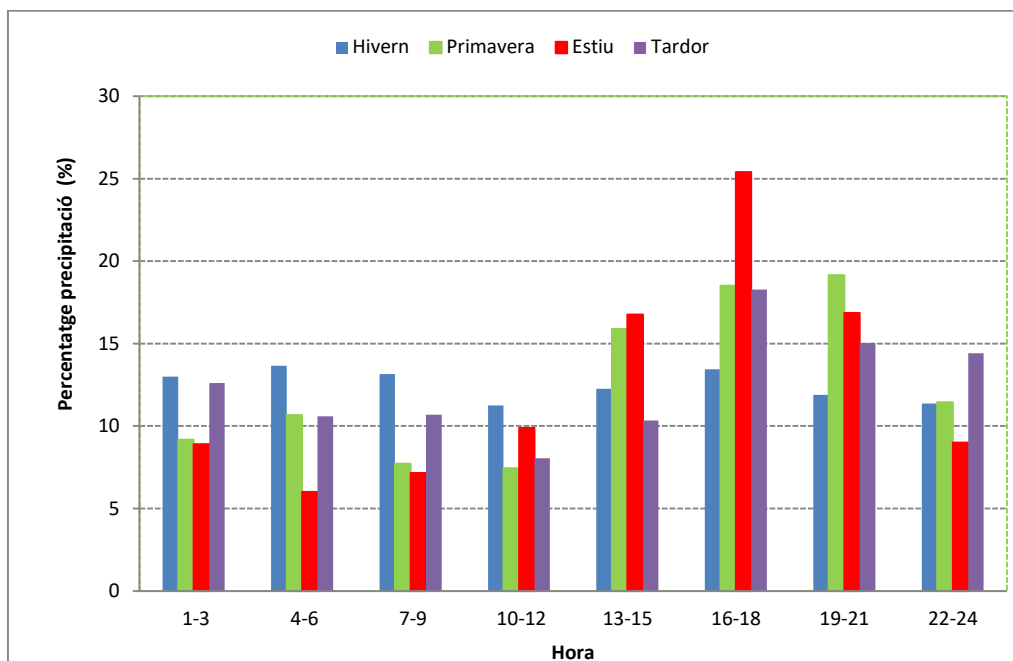


Figura 6.205 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Sarrà de Ter-XVPCA. Període 1992-2003.

Sant Gregori és l'estació amb un percentatge relatiu de precipitacions més elevat a les 15-18 hores. Dues explicacions probables d'aquest màxim relatiu són les següents:

- Efecte urbà per convergència de vents a sotavent en l'hora de màxima calor que provoca un màxim de precipitació en aquesta estació, situada a sotavent de la ciutat de Girona.
- Procedència de les tempestes estiuenques, aquestes venen del 4t quadrant principalment (tenen direccions de l'W-NW). Així les tempestes arriben en primer lloc a Sant Gregori, arriben en aquest indret abans que la resta d'àrea urbana, ja que aquesta és l'única estació meteorològica ubicada en el sector nord-occidental de la zona urbana de Girona.

El mínim estiuenca és el més marcat de totes les estacions, es produeix a les 10-12 hores, 3,5 %, en aquesta franja horària no es produeixen tempestes de forma habitual. Així sovint en els moments posteriors a les tempestes tenim precipitació estratiforme que pot durar algunes hores i que provoca una davallada progressiva de la precipitació amb el pas de les hores. El màxim primaveral és a les 16-18 hores, igualment com l'hivernal i el tardorenc, amb percentatges respectivament del 19,9 %, 18,9 % i 19,6 %. Els mínims pluviomètrics trihoraris són nocturns amb l'excepció de la tardor. El mínim de la primavera es dona en dues franges horàries, 1-3 i 4-6 hores, amb un 7,5 %. A l'hivern el mínim és a les 4-6 hores amb el 8 %.

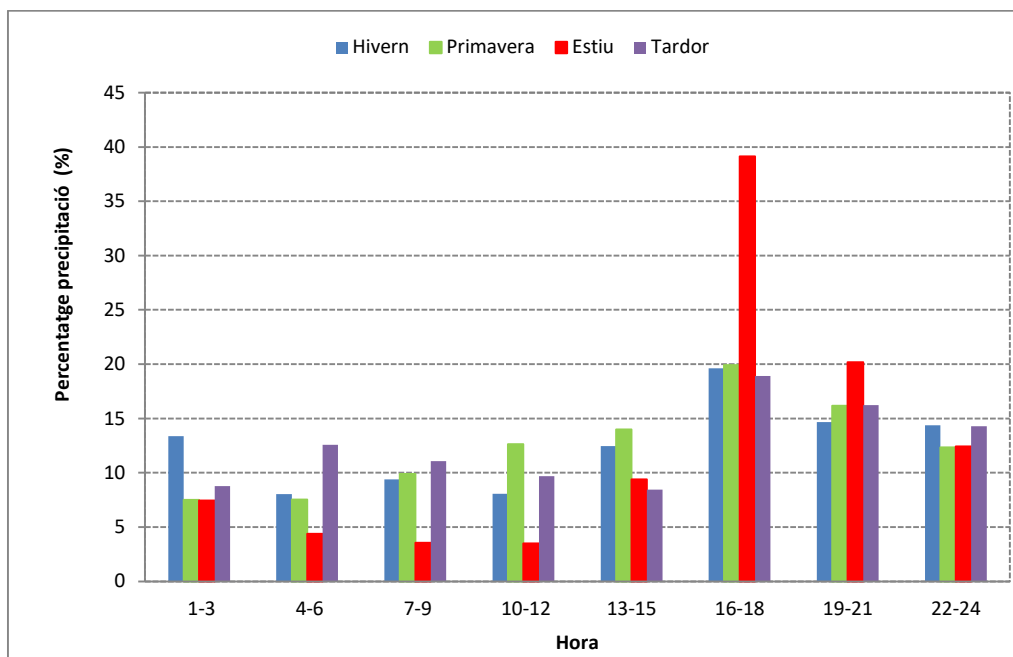


Figura 6.206 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Sant Gregori. Període 2006-2014.

A l'observatori de Girona-Devesa-XVPCA els màxims relatius de precipitació es produeixen en les diferents estacions astronòmiques en l'interval trihorari de les 16-18 hores. La diferència percentual intraestacional, però, és molt accentuada en aquests màxims, essent l'estiu quan la contribució és màxima, 34,9 %, mentre que el mínim és a l'hivern amb el 16,4 %. Aquestes fluctuacions en la diferent concentració de la precipitació responen al caràcter convectiu de la precipitació, més elevada a l'estiu, gairebé nul·la a l'hivern. Els mínims es produeixen a les hores nocturnes durant la primavera, 7,5 % a la franja de les 1-3 hores, i a mig matí, 10-12 hores, a les altres 3 estacions (3,4 % a l'estiu, 8,1 % a l'hivern, 7,1 % a la tardor)

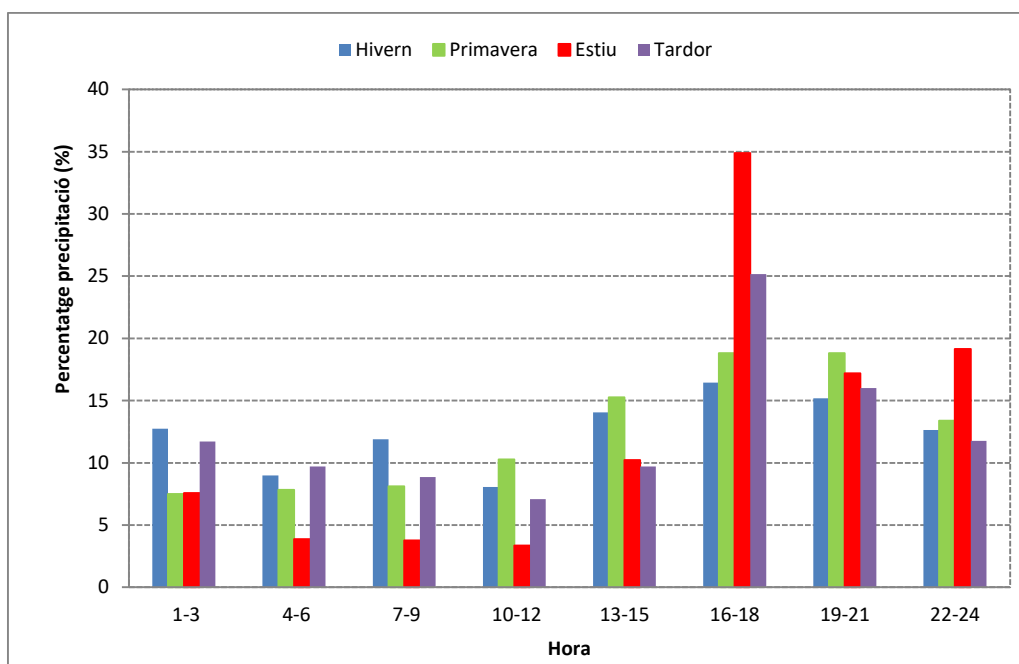


Figura 6.207 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Devesa-XVPCA. Període 2004-2011.

L'observatori de Girona-Escola de la Música és el més càlid de l'àrea urbana de Girona pel que fa a la temperatura mitjana de les mínimes. Les temperatures elevades nocturnes tenen un reflex en un increment del percentatge hivernal de la precipitació de les 22-24 hores, que és l'interval horari amb una aportació més elevada, 24,2 %. És per tant aquest l'únic observatori de Girona i rodalia on trobem un biaix urbà en la distribució trihorària de la precipitació. La distribució de la precipitació al llarg del dia de la resta de les estacions astronòmiques no és gaire diferent a Girona-Escola de la Música respecte els altres observatoris. El màxim estiuenc és a les 15-18 hores, 33,3 %, de la mateixa manera que el primaveral (21,4 %). A la tardor el màxim es produeix a les 19-21 hores. Les causes del màxim tardoral en aquesta franja horària poden ser varies, les tempestes són més nocturnes en aquesta estació respecte l'estiu i potser l'efecte de l'illa de calor urbana afavoreix el pic en aquest moment del dia. D'altra banda la precipitació assoleix el seu mínim relatiu a les primeres del matí (7-9 hores) a l'hivern i a l'estiu, amb un mínim molt marcat a l'estiu, 2,6 %, 5,8 % a l'hivern. El mínim de la tardor és a la franja de les 13-15 hores, 5,7 % i el mínim de la primavera és a la nit (1-3 hores), 7,8 %.

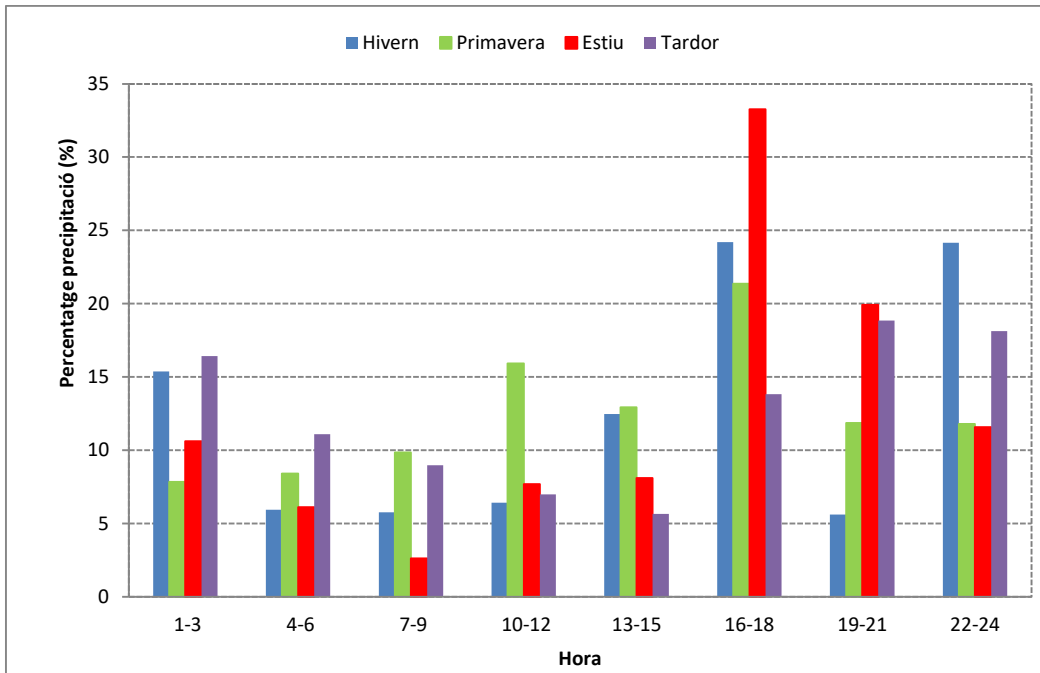


Figura 6.208 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Escola de la Música. Període 2011-2014.

L'estació meteorològica de Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC) presenta un màxim menys accentuat que altres estacions meteorològiques properes en l'interval horari de les 16-18 hores de l'estiu, 27,9 %. No pensem que la una causa sigui que les tempestes són menys actives en aquest observatori respecte la resta d'àrea urbana, sinó el període analitzat, 2011-2014, que és molt curt, i fa difícils les comparacions amb d'altres estacions amb sèries més llargues. El màxim primaveral també es produeix en l'esmentada franja horària estiuenca, però és més dèbil, 23,1 %. El màxim trihorari hivernal és molt més pronunciat que en altres estacions meteorològiques, 21,3 %, a les 1-3 hores. Aquesta estació es troba a l'àrea indiferent, molt a prop del centre de Girona, però en una àrea rural, les causes més probables d'aquesta alteració del ritme pluviomètric hivernal és un increment de les precipitacions estratiformes, l'efecte urbà per tant n'està exclòs. El màxim de la tardor es dona a les 22-24 hores. L'explicació més factible és que les tempestes a la tardor tenen una distribució horària diferent a l'estiu, són més nocturnes que diürnes

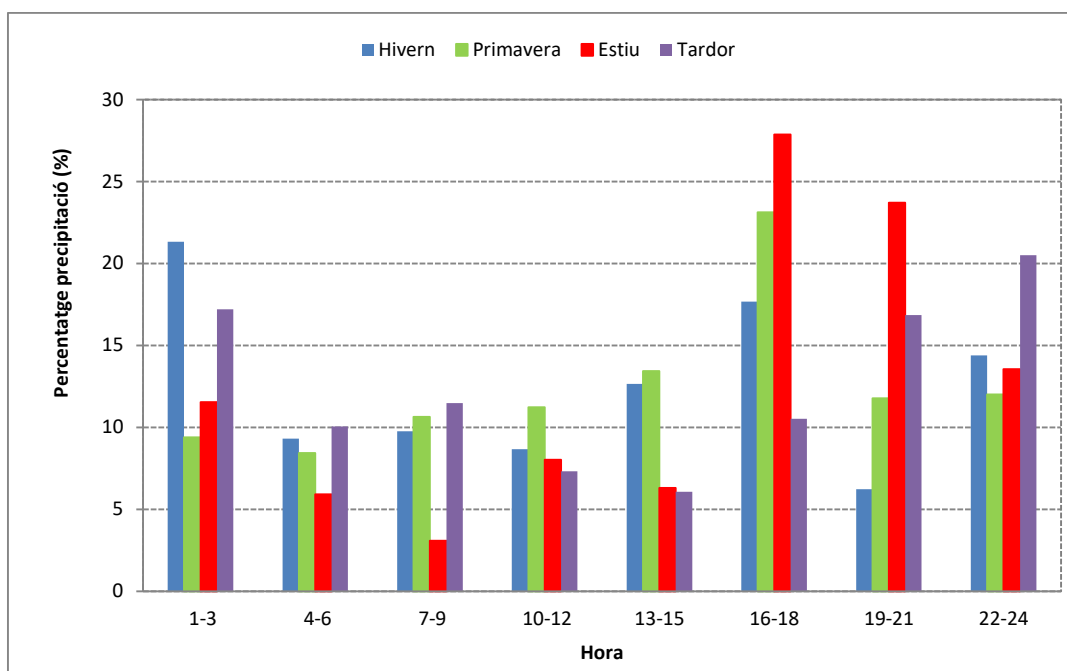


Figura 6.209 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Hortes de Santa Eugènia (SMC). Període 2011-2014.

Vilablareix-SMC té un màxim trihorari de la precipitació estiuenc que és diferent al de la majoria d'observatoris, el pic és a les 19-21 hores, 34,5 %. Les tempestes teòricament afecten tota l'àrea urbana a primeres hores de la tarda, per tant no trobem una explicació gaire lògica a aquesta anomalia, potser els fenòmens convectius són més intensos a últimes hores de la tarda en aquesta zona. D'altra banda el màxim de la primavera es dona a les 16-18 hores, 24,6 %, és la mateixa franja horària que a la resta d'observatoris. El màxim hivernal també es dona a les 16-18 hores, 19 %. L'interval 19-21 hores és el pic més plujós de la tardor, 22,2 %. Els mínims es produeixen en moments de forta estabilitat atmosfèrica tant a l'estiu (matí) com a l'hivern (primeres hores de la nit), amb percentatges que oscil·len entre el 3,3 % de les 7-9 hores i a l'hivern i el 8,1 % de les 19-21 hores. El mínim primaveral es dona a la franja de les 1-3 hores, 5,5 %, mentre que el mínim tardorenc és a l'interval 13-15 hores amb el 5,8 %.

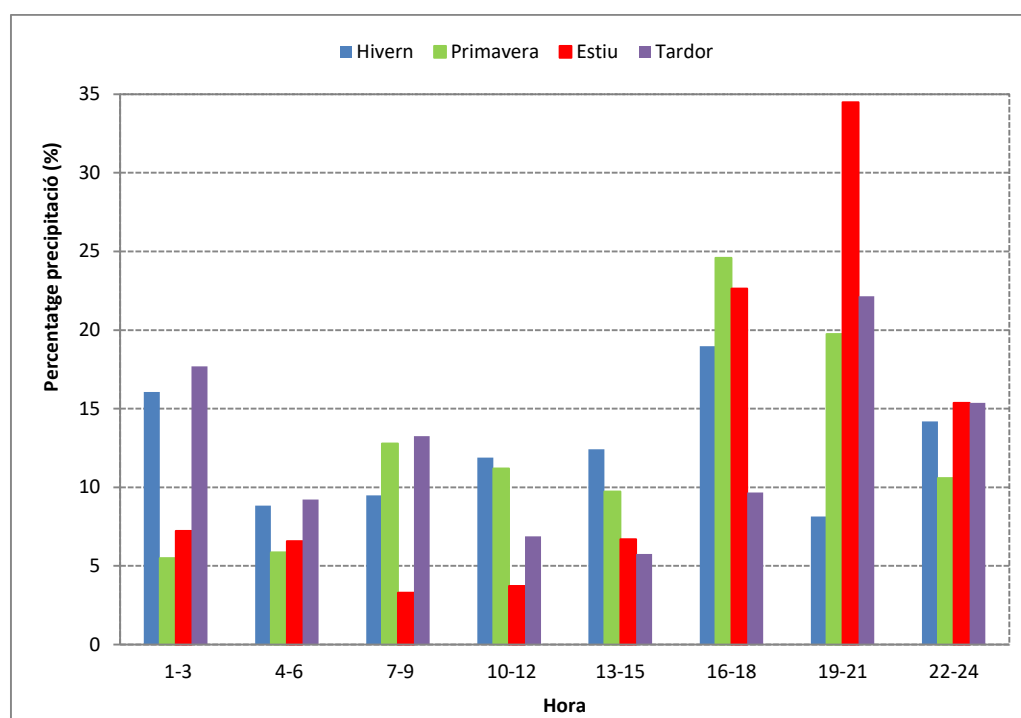


Figura 6.210 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Vilablareix-SMC. Període 2011-2014.

Les precipitacions estiuenques són principalment en forma de tempesta a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC, De la mateixa manera que Vilablareix-SMC, ambdues són estacions rurals i situades a sobrevent a l'estació de Fornells de la Selva-SMC el màxim estiuenca no es produeix a l'interval predominant de l'àrea urbana de Girona (16-18 hores) sinó a la franja de les 13-15 hores. Hem de tenir en compte que la majoria de les tempestes que afecten l'àrea d'estudi procedeixen del Pirineu i tenen una direcció NW-SE, per tant l'últim observatori que haurien d'arribar és el de Fornells de la Selva, el més sud-oriental de l'àrea d'estudi. Per tant ens trobem amb una anomalia relativa en l'interval horari de màxima precipitació estiuenca. No obstant, el patró estiuenca és força similar als altres observatoris meteorològics amb màxim de precipitació en les hores de més calor i un mínim pluviomètric durant la nit. El màxim primaveral es dona a l'interval 13-15 hores, 22,4 %. El màxim hivernal és nocturn, 21,6 % a les 22-24 hores, igualment com el tardorenc 18,4 %, màxim assolit en la mateixa franja horària. La contribució pluviomètrica escassa es produeix durant la nit en 3 estacions astronòmiques (franja horària de les 1-3 hores a la primavera, 2,1 % a les 4-6 hores de l'estiu, 7,2 % a les 4-6 hores de l'hivern). La primavera n'és una excepció, el mínim es produeix a mig matí, 7,5 % a les 10-12 hores

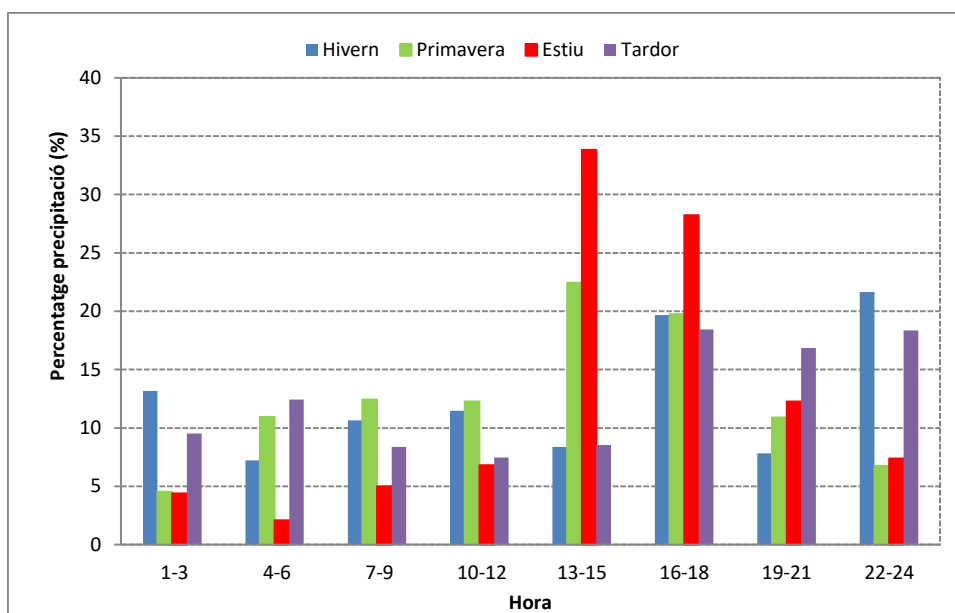


Figura 6.211 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Fornells de la Selva-SMC. Període 1999-2012.

L'observatori de Girona-Palau presenta algunes discrepàncies en la comparació de la seva distribució de la precipitació hivernal amb altres observatoris. Així l'interval 10-12 h presenta un màxim molt accentuat, 25,6 %, molt superior a la resta d'àrea urbana en aquesta estació astronòmica. Les causes d'aquest màxim les desconeixem ja que en aquesta època de l'any l'aportació de pluja convectiva és gairebé nul·la, ja que el nombre de tempestes és anecdòtic. Les altres 3 estacions astronòmiques presenten un comportament similar a la resta d'observatoris meteorològics. El màxim estiuenc que és molt pronunciat, 33,5 %, es dona a les 16-18 hores, per l'efecte de les tempestes. Durant la primavera el pic més elevat es produeix en la mateixa franja horària que l'estiu però és més dèbil, 25,5 %, ja que l'aportació de la pluja estratiforme és més elevada que a l'època més càlida de l'any. El màxim de la tardor es produeix poc després de mitjanit, a l'interval 1-3 hores, amb el 16,9 %. D'altra banda els mínims es troben repartits en diferents hores en funció de l'estació astronòmica. A l'estiu el valor més baix és molt marcat (2 %) es produeix a últimes hores de la nit (4-6 hores), a l'hivern a les primeres hores de la nit (3,3 % a les 19-21 hores), a la primavera el mínim es dona prop de la mitjanit (5,4 % a les 1-3 hores) i a la tardor el valor relatiu més baix al migdia (7,3 % a les 13-15 hores).

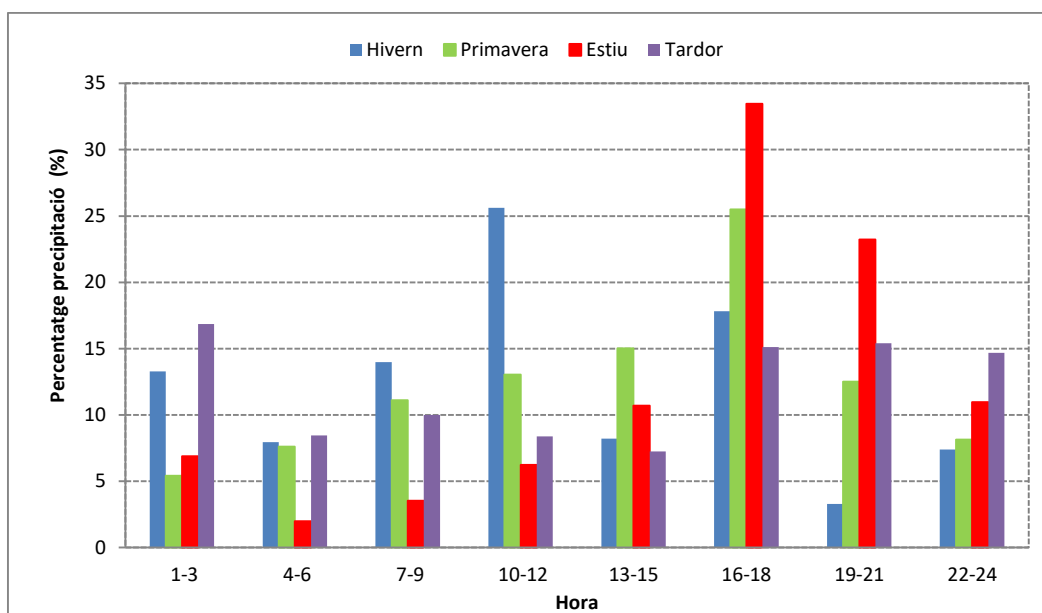


Figura 6.212 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Palau-Aigües. Període 2003-2011.

Girona-Ciudadans és un observatori on l'efecte urbà teòricament hauria de ser molt elevat, ja que es troba al Barri Vell de Girona, que juntament amb l'Eixample, és de les zones més càlides durant la nit. Aquesta modificació urbana de la precipitació induïda per l'illa de calor implica un màxim secundari a la nit a l'hivern (22-24 hores, 17,1 %), però el màxim principal és a la tarda, 16-18 hores. A la primavera i a l'estiu el màxim es dona al mateix moment del dia (16-18 hores) amb percentatges més elevats a l'estiu en relació a la seva més elevada activitat tempestuosa (29,8 %) que a la primavera. A la tardor el màxim és nocturn, 22-24 hores, amb un 17,4 %, la precipitació està més ben repartida en aquesta estació respecte les altres 3. El mínim hivernal és a les 19-21 hores (5,4 %), el mínim primaveral a les 4-6 hores (7,7 %), igual que a l'estiu (5,5 %), mentre que la franja horària és la menys plujosa a la tardor (5,8 %). L'observatori de Girona-Ciudadans presenta els màxims relatius de la precipitació estiuenc i primaveral a la tarda. A l'interval horari de les 16-18 hores tenim un màxim estiuenc molt marcat, 29,8%, mentre a la primavera el pic és més suau, 22,6 %. Aquests màxims s'han d'associar les pluges convectives pròpies d'aquestes dues estacions, especialment l'estiu. Els mínim estiuenc (4,3 %) es produeix a les 7-9 hores coincidint amb el moment del dia en què l'atmosfera és més estable, mentre que a la primavera es produeix a la nit (interval 1-3 hores, 7,3 %). L'hivern té dos màxims similars, el principal a la tarda, 16-18 hores, 19,3 %, mentre a les 22-24 hores tenim un màxim secundari, 17,1^o %. En el cas de les pluges hivernals les tempestes impliquen una aportació de precipitació anecdòtica, per tant el màxim de les 16-18 hores no obeeix a un màxim convectiu com a la primavera i a l'estiu. Durant la tardor el màxim es produeix a les primeres hores de la nit (22-24 hores), amb 17,4 %. L'explicació més probable d'aquest màxim és que en aquesta estació sovint les tempestes es produeixen de nit. El mínim a la tardor i a l'hivern es produeix en diferents hores (7 % a últimes hores de les nits hivernals, 4-6 hores) i 5,8 % a les 13-15 hores de la tardor.

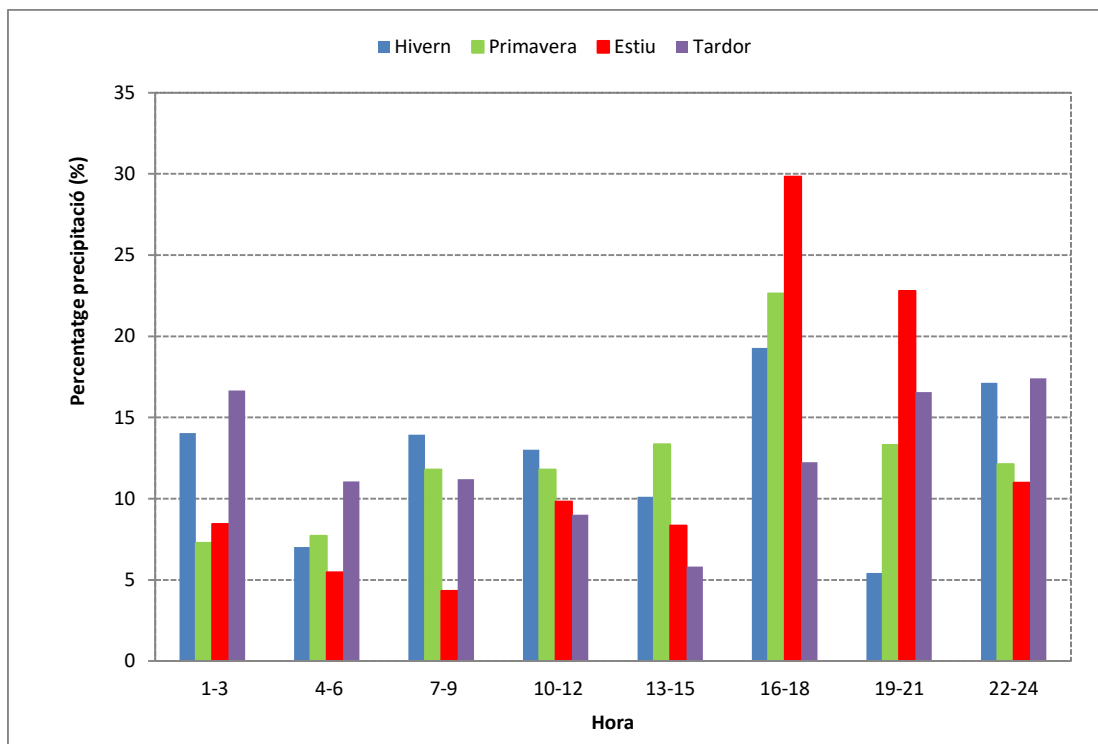


Figura 6.213 Percentatge trihorari estacional de la precipitació respecte el total diari. Girona-Ciutadans-Aigües. Període 2003-2011.

Les gràfiques dels diferents observatoris són molt similars, per tant, la ciutat de Girona no modificaria la precipitació per efecte urbà. Així les grans pautes generals són les següents:

- Durant la nit i el matí s'observen els valors relatius més baixos de precipitació en tots els observatoris i totes les estacions astronòmiques.
- L'interval trihorari què concentra més precipitació és el de les 16-18 hores, especialment a l'estiu, seguit del de les 19-21 hores.
- Durant l'estiu el pic màxim de precipitació de la tarda és més accentuat i a l'hivern és més dèbil en relació a l'activitat tempestuosa de les diferents estacions astronòmiques.
- Durant l'hivern la precipitació està més equidistribuïda durant tot el dia respecte les altres estacions per efecte de la menor activitat convectiva. Els fronts freds, que són la principal mecanisme de la precipitació en aquesta estació, no tenen un horari fix, per això trobem aquesta relativa homogeneïtat temporal de la precipitació.
- A l'estiu és quan la precipitació es troba més concentrada en pocs intervals trihoraris, el de les 16-18 i 19-21 hores, l'explicació més probable és que en aquestes franges horàries les tempestes són més habituals que a la resta del dia.
- Durant l'hivern es produeix un màxim secundari en dos intervals nocturns (22-24 i 1-3 hores) que podrien estar induïts per l'efecte de l'illa de calor nocturna i la convergència de vents a sotavent, però s'ha d'esmentar que el caràcter no convectiu de la precipitació en aquesta estació no donaria gaire credibilitat a aquest argument, de la mateixa manera com l'absència de convergència de vents al nord de la ciutat de Girona durant la nit (el vent del nord és predominant a Girona-Bonastruc i en canvi és del sud a Sarrià de Ter-XVPCA).

6.6 Anàlisi dels factors que influeixen en la precipitació

La precipitació anual dels observatoris de sobrevent es troba moderadament correlacionada per l'altitud i la longitud, ja que el valor de la correlació iguala o supera 0,6. Per tant a més altitud i més longitud (per tant més a l'est) troben una precipitació més elevada. També cal remarcar que hi ha un increment de la precipitació a mesura que ens allunyen del centre urbà de Girona, ja que la correlació entre precipitació i distància al centre de Girona és 0,34.

Pel que fa a l'hivern la correlació amb la longitud és molt forta, r val 0,78, les estacions més plujoses es troben cap a l'est. Probablement la proximitat a les Gavarres afavoreix la precipitació orogràfica que es dona amb temporals de llevant, un dels tipus sinòptics més afavoridors de la precipitació en aquesta època. També és força significativa la correlació amb la latitud, que és negativa, -0,39, com més al sud més precipitació. En aquesta estació a més distància del centre urbà de Girona es tendeix a incrementar la precipitació, r val 0,34, fet lògic ja que el centre de Girona es troba cap a l'est de l'àrea urbana de Girona.

A la primavera s'observa un descens del valor de la correlació de totes les variables, tot i que encara s'aprecia un increment de la precipitació amb la longitud, 0,53.

És a l'estiu quan s'observa un gir substancial en la correlació que té un signe diferent en totes les variables. Així la precipitació és més escassa com més cap a l'est (r de -0,60) i més elevada com més al nord (0,55). L'altitud sembla un factor poc important, però curiosament negatiu, -0,10, a menys altura més precipitació. També cal remarcar que a més distància del centre urbà de Girona la precipitació tendeix a ser més elevada, r de -0,48. Per tant l'efecte urbà tendeix a implicar més precipitació a l'estiu, les tempestes són més fortes en zones properes a Girona que no pas en àrees allunyades.

Durant la tardor troben una correlació amb un signe idèntic a l'hivern i primavera, així la longitud té correlació positiva, 0,67, com més a l'est més precipitació i més latitud tendeix a produir-se menys precipitació (-0,65). També cal remarcar que la distància al centre urbà té una correlació elevada, 0,60, en zones més allunyades del casc urbà de Girona la precipitació és més elevada.

Pel que fa al paràmetre geogràfic que té més influència podem analitzar el valor absolut de R , és a dir, prescindint del signe de les correlacions. Llavors s'observa que la longitud té més correlació, 0,68, mentre que la latitud té r més baixa, 0,44, la distància al centre urbà implica menys precipitació en zones properes a la ciutat. L'altitud té una correlació de 0,33 amb les precipitacions, per tant en observatoris elevats hi ha una lleugera tendència a l'increment pluviomètric.

Taula 6.26 Correlació entre les coordenades geogràfiques dels observatoris de sobrevent i la precipitació estacional.

	Longitud	Latitud	Altitud	Distància al centre urbà
Any	0,73	-0,36	0,59	0,34
Hivern	0,84	-0,39	0,47	0,34
Primavera	0,61	-0,15	0,32	0,15
Estiu	-0,60	0,55	-0,10	-0,48
Tardor	0,67	-0,65	0,44	0,60

Valor absolut de r	0,68	0,44	0,33	0,39
--------------------	------	------	------	------

En negreta significació estadística (95 %)

Aclariment: Distància al centre urbà, és considera la distància de l'observatori considerat al centre de Girona, que és la cruïlla del carrer de la Creu i Migdia, la distància s'expressa en Km.

La distribució de la precipitació dels observatoris de sotavent mostra una correlació negativa amb la longitud, -0,29, com més a l'est la precipitació és més escassa en els observatoris de sotavent. En canvi r té un valor molt poc significatiu, -0,10, quan correlacionen precipitació i latitud. També l'altura i la distància al centre de Girona són paràmetres geogràfic molt poc significatius.

A l'hivern la correlació és força elevada entre precipitació i longitud, -0,58. Per tant la precipitació tendeix a ser més elevada com més a l'oest. En aquest cas la proximitat de Rocacorba és un factor que incrementa la precipitació a l'hivern, ja que es tracta d'observatoris situats a sotavent, al nord de la ciutat. Aquesta muntanya del sistema Transversal incrementa la precipitació, especialment en els temporals de llevant, ja que exerceix de palanca per les adveccions mediterrànies.

A la primavera la longitud té signe positiu, a més longitud, com més a l'est més precipitació. En aquest sentit té més importància la proximitat a les Gavarres, com a factor desestabilitzador de la massa d'aire mediterrània, els llevants sembla que donen precipitació més a prop del mar que a l'hivern. La latitud no té cap importància, ja que r val 0. L'increment d'altura sembla que afavoreix la precipitació, r és de 0,37.

A l'estiu les tempestes són la principal gènesi de precipitació, per aquest motiu r val -0,69, la proximitat de Rocacorba i del Pirineu Oriental és un factor decisiu per tal d'incrementar la precipitació, ja que les tempestes neixen al Pirineu i donen una precipitació més elevada com més a l'oest. En canvi l'altura té signe negatiu, -0,35, a menys altura més precipitació. La proximitat a Girona seria un factor positiu per incrementar la precipitació, ja que r té signe negatiu, -0,35, a més distància menys precipitació. Podem dir que és palpable la influència urbana en la precipitació de les tempestes estiuenques.

Durant la tardor troben una correlació negativa amb la precipitació, r val -0,54, a més longitud, menys precipitació. Sembla que les llevantades i les tempestes (principal gènesi de precipitació en aquesta estació) incrementen la seva activitat com més a l'oest.

Comparant les dues taules s'observa un comportament oposat de la correlació entre la precipitació i la longitud. Així com més a l'est hi ha un increment de la precipitació en la zona de sobrevent, però hi ha una disminució de les pluges a sotavent. Aquesta contraposició entre les dues zones s'observa especialment. A la primavera la correlació amb la longitud té el mateix signe, a més longitud més precipitació tant a sobrevent com a sotavent. A l'estiu la correlació és positiva i del mateix signe, es denota la influència del relleu de l'oest de Girona com a factor agreujant de les tempestes que incrementa la precipitació a l'oest de l'àrea urbana. A la tardor la correlació amb la longitud és oposada. Mentre que al sud de la ciutat (sobrevent) a més longitud més precipitació, essent les Gavarres la serra que actuaria de palanca per a les llevantades donant lloc a més precipitació, al nord de la ciutat Rocacorba és la muntanya que té el principal efecte de palanca, amb precipitacions més elevades

com més a l'oest. La latitud juga un paper més important pel que fa a la zona de sobrevent que a sotavent. Així a més latitud menys precipitació, probablement això s'explica per l'elevada pluviometria de Cassà de la Selva en comparació amb Fornells de la Selva. L'altura és un factor positiu i significatiu pel que fa als observatoris de sobrevent, 0,60, però en canvi és molt poc significatiu a sotavent, encara que amb signe positiu, 0,10. Per tant sembla que les pluges orogràfiques tindrien més influència en l'increment de la precipitació a sobrevent que a sotavent. La distància al centre de Girona tindria un paper secundari a sotavent, -0,11, però aquest rol és més important a sobrevent, 0,37. Així al sud de la ciutat com més lluny de Girona la precipitació tendeix a augmentar, hem de tenir en compte que la precipitació més elevada es troba a Cassà de la Selva, l'observatori més allunyat del centre urbà. A l'estiu la precipitació és més elevada en zones properes a Girona tant a sotavent com a sobrevent, per tant la ciutat estimularia la precipitació de les tempestes, hi ha un efecte urbà important en la precipitació convectiva.

Taula 6.27 Correlació entre les coordenades geogràfiques dels observatoris de sotavent i la precipitació anual.

	Longitud	Latitud	Altitud	Distància al centre de Girona
Any	-0,29	-0,10	0,11	-0,11
Hivern	-0,58	0,00	-0,17	-0,11
Primavera	0,35	-0,10	0,37	0,14
Estiu	-0,69	-0,02	-0,35	-0,25
Tardor	-0,54	0,05	-0,27	-0,09
Correlació absoluta	0,54	0,04	0,29	0,15

En negreta significació estadística (95 %)

Aclariment: Distància al centre urbà, és considera la distància de l'observatori considerat al centre de Girona, que és la cruïlla del carrer de la Creu i Migdia, la distància s'expressa en Km.

L'efecte urbà en la precipitació és important dins la zona urbana de Girona que inclouria el cor de l'àrea urbanitzada de Salt i Girona. Així a més proximitat de la ciutat menys precipitació, ja que la distància té una correlació negativa amb la precipitació anual, -0,54. També és significatiu que a més longitud la correlació és més elevada, per tant la precipitació dins la zona urbana de Girona augmenta d'oest cap a est en direcció cap al centre de Girona. La latitud també té correlació positiva, 0,37, així com més al nord més precipitació. Un factor força important és l'altitud, a més altitud la precipitació és menys abundant, r val -0,62. Això es deu sobretot al fet que Salt es troba més altitud que Girona i en canvi la precipitació és més escassa.

Taula 6.28 Correlació entre les coordenades geogràfiques dels observatoris urbans i la precipitació anual.

	Longitud	Latitud	Altitud	Distància al centre de Girona
Any	0,62	0,37	-0,62	-0,54
Hivern	0,61	0,63	-0,55	-0,54
Primavera	0,63	0,49	-0,62	-0,55
Estiu	0,63	0,50	-0,63	-0,56
Tardor	0,33	0,17	-0,33	-0,24
Correlació absoluta	0,55	0,45	-0,53	0,47

En negreta significació estadística (95 %)

Aclariment: Distància al centre urbà, és considera la distància de l'observatori considerat al centre de Girona, que és la cruïlla del carrer de la Creu i Migdia, la distància s'expressa en Km.

La precipitació dels observatoris rurals està fortament correlacionada amb la longitud, r val 0,86 en el còmput anual. Així com a més a l'est s'observa un important increment de la precipitació. Es pot afirmar que la influència de les precipitacions orogràfiques en la proximitat de les Gavarres és un factor molt important que ajuda a entendre aquesta tendència a l'increment de la pluja cap a l'est. La correlació amb la longitud és molt elevada a l'hivern i primavera quan la precipitació orogràfica estratiforme té una importància més destacada i minva a l'estiu i a la tardor, quan les pluges convectives tenen més significació.

La correlació amb la longitud és força dèbil i de signe positiu com més al nord més precipitació. No obstant a l'hivern hi ha una correlació negativa, probablement les pluges orogràfiques són més importants cap al sud, on la proximitat del mar incrementa la pluviometria. En canvi a l'estiu hi ha una bona correlació positiva, 0,42, aquí les precipitacions convectives són més importants cap al nord d'on provenen les tempestes originades al Pirineu Oriental.

El factor que menys incideix en la precipitació de les zones rurals és l'altura, r anual val -0,08. A l'estiu té encara una lleugera significació, amb r de -0,20, això significa que en els observatoris menys elevats la precipitació és més intensa. La proximitat a la ciutat de Girona en principi afavoreix la precipitació en els observatoris rurals, ja que la correlació entre la precipitació i la distància té signe negatiu, -0,15, malgrat tot, la seva influència és escassa. A l'estiu aquest factor és més important, sembla que les tempestes es reactiven prop de la ciutat de Girona, hi ha una influència urbana important.

Taula 6.29 Correlació entre les coordenades geogràfiques dels observatoris rurals i la precipitació.

	Longitud	Latitud	Altitud	Distància al centre de Girona
Any	0,86	0,17	-0,08	-0,15
Hivern	0,93	-0,29	0,07	-0,15
Primavera	0,96	0,04	-0,04	-0,06
Estiu	0,77	0,42	-0,20	-0,38
Tardor	0,68	0,32	-0,03	-0,26
Correlació absoluta	0,83	0,27	0,09	0,21

En negreta significació estadística (95 %)

Aclariment: Distància al centre urbà, és considera la distància de l'observatori considerat al centre de Girona, que és la cruïlla del carrer de la Creu i Migdia, la distància s'expressa en Km.

Taula 6.30 Correlació entre les coordenades geogràfiques dels observatoris suburbans i la precipitació.

	Longitud	Latitud	Altitud	Distància al centre de Girona
Any	0,13	0,46	0,16	-0,15
Hivern	0,43	-0,06	0,33	-0,15
Primavera	0,08	-0,32	-0,15	0,31
Estiu	-0,66	0,41	-0,31	0,31
Tardor	0,10	0,50	0,10	-0,16
Correlació absoluta	0,63	0,42	0,41	0,33

En negreta significació estadística (95 %)

Aclariment: Distància al centre urbà, és considera la distància de l'observatori considerat al centre de Girona, que és la cruïlla del carrer de la Creu i Migdia, la distància s'expressa en Km.

La correlació entre la precipitació i la longitud dels observatoris suburbans és força dèbil, 0,13, encara que segueix el mateix patró que en els observatoris urbans i rurals, les pluges augmenten cap a l'est. La latitud en canvi té força importància, r val 0,46, per tant com més cap al nord o cap a la zona de sotavent hi ha un increment de la precipitació. L'altura té una importància dèbil en el còmput anual, 0,16. I la proximitat al centre urbà de Girona té un paper secundari, tot i que a més distància del centre de Girona la precipitació disminueix, r és de -0,15. A l'hivern la influència de la longitud és més decisiva, r val 0,43, fet matisat per la proximitat al massís de les Gavarres, que actuen com a condensador de les precipitacions de llevant, que és la principal aportació de pluja en aquesta època. La latitud té un paper incipient respecte la precipitació, amb r que val -0,06. L'altura també és un factor decisiu a l'hivern, 0,33, en observatoris més elevats la precipitació és més important, per tant són precipitacions principalment orogràfiques.

A la primavera la longitud perd protagonisme, amb una correlació de 0,08, i guanya importància la latitud, r és de -0,32, per tant la precipitació s'incrementa cap al sud. A l'estiu les tempestes s'originen principalment al Pirineu Oriental, per tant com més al nord i a l'oest més precipitació, els valors de r amb longitud i latitud són respectivament força elevats, -0,66 i 0,41. La precipitació màxima està allunyada respecte del centre de Girona, ja que r és de 0,31 quan es correlaciona precipitació amb distància al centre urbà. A la tardor la latitud continua tenint importància, r val 0,50, a més latitud més precipitació, però la longitud no en té, r és de 0,10. En el cas de la distància al centre urbà r val -0,16, la precipitació augmenta lleugerament a mesura que ens aproximem al casc urbà gironí. En la mitjana de valors absoluts la variable que té més influència en la precipitació és la longitud, 0,63, la latitud té 0,42.

6.7 Precipitació i situacions atmosfèriques

La precipitació mitjana màxima segons la situació sinòptica es dona més sovint a sobrevent, al sud de la ciutat, que a sotavent, al nord de la ciutat. Només amb adveccions septentrionals del nord i nord-est el màxim es produeix en la zona teòrica de sotavent. Si estudiem la mitjana de la precipitació diària segons el quadrants respecte el centre urbà de Girona, podem adonar-nos que la majoria de màxims es donen al quadrant sud-est de la ciutat de Girona, que correspon al sud-est de Fornells de la Selva i Cassà de la Selva. Així aquesta zona és la més plujosa amb anticicló, depressió, advecció de llevant, gota freda, advecció de nord-oest, advecció de sud-est i advecció de sud-oest. Per tant és una àrea que té màxims pluviomètrics tant com a zona de sobrevent (adveccions de SW i SE), com sotavent (depressió, gota freda, advecció de NW). L'àrea situada al nord-est de Girona que inclou Celrà i la vall de Sant Daniel és l'àrea més plujosa amb adveccions de nord i nord-est, per tant només quan pertany a la franja de sobrevent de la ciutat. El centre de Girona té més precipitació amb pantà baromètric, per tant quan els vents són dèbils, cosa que afavoreix la convecció d'aire damunt de la ciutat, ja que l'illa de calor és força elevada i hi ha convergència d'aire. El nord-oest de la ciutat, representat per Sant Gregori té la màxima pluviometria amb depressió relativa, per tant estaria en una situació de sobrevent respecte la ciutat. L'aeroport de Girona, El Perelló i Vilablareix són els observatoris del sud-oest de la ciutat, aquesta zona té el màxim pluviomètric amb adveccions de l'est (sotavent), adveccions del sud (sobrevent) i solc (sobrevent). Per tant tenim que hi ha un predomini que el màxim pluviomètric es produeixi a sobrevent

de la ciutat de Girona. Així en quatre situacions sinòptiques, depressió, gota freda, advecció de l'est i advecció del nord-oest la precipitació màxima es dona a sotavent de la ciutat, mentre que en set situacions sinòptiques el màxim es dona a sobrevent, aquestes són advecció del nord, nord-est, depressió relativa, advecció del sud, sud-est, sud-oest i solc.

Taula 6.31 Precipitació diària mitjana de l'àrea urbana de Girona en funció de les situacions sinòptiques.

Àrea/ situació sinòptica	A	D	DR	PB	SC	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Sotavent	5,3	7,4	4,8	3,9	7,7	9,1	8,7	11,1	11,6	4,2	6,7	6,0	6,4
NW	2,6	4,4	18,5	4,1	2,1	8,3	5,1	9,6	3,9	2,5	1,7	3,0	3,4
N	5,5	7,4	2,6	3,2	9,9	9,2	8,9	11,0	11,9	3,9	7,8	5,9	6,7
NE	6,1	8,8	1,3	5,5	4,9	9,4	10,1	12,2	14,7	5,7	6,9	8,0	7,2
Sobrevent	6,4	9,0	6,9	5,3	9,4	8,0	8,0	15,5	12,7	5,4	8,4	8,1	7,5
SW	5,8	8,3	7,6	6,5	15,1	8,6	8,6	19,3	12,6	6,5	8,1	7,8	7,6
S	5,4	8,1	4,4	4,1	6,1	7,3	7,4	14,9	13,2	4,4	7,4	6,6	6,8
SE	7,8	10,6	8,4	5,4	8,5	8,2	8,3	13,3	12,4	5,7	9,6	9,7	8,0
Indiferent	6,2	7,6	3,1	5,9	12,2	7,6	7,2	13,8	10,5	5,3	5,5	6,7	6,6
W	5,3	8,5	1,3	4,1	11,1	7,8	6,3	14,1	10,5	5,9	5,6	5,6	5,8
Centre	6,7	7,6	6,8	6,6	10,0	6,6	6,8	13,0	10,0	5,1	5,7	7,0	6,6
E	5,7	8,3	4,9	5,0	12,0	7,6	7,3	15,2	11,6	4,8	6,2	6,6	7,3
Sotavent/ Sobrevent	82,5	82,0	69,9	74,6	81,7	114,8	108,0	71,4	91,2	77,6	79,4	74,9	86,1
Màxim	7,8	10,6	18,5	6,6	15,1	9,4	10,1	19,3	14,7	6,5	9,6	9,7	8,0
Quadrant	SE	SE	NW	cen	SW	NE	NE	SW	NE	SW	SE	SE	SE

Abreviatures situacions sinòptiques:

A=Anticicló, D=Depressió, DR=Depressió relativa, SC=Solc, N=Advecció del nord, NE= Advecció del nord-est, E Advecció de l'est, SE= Advecció del sud-est, S= Advecció del sud, -est SW= Advecció del sud-oest, W= Advecció de l'oest, NW= Advecció del nord-oest

La precipitació anual és un 12,0 % més elevada a sotavent que a sobrevent de la ciutat de Girona. Cal remarcar que el vent predominant a Girona en dies de pluja és el vent de sud-oest a 700 hPa i del sud en superfície . El novembre és el mes de l'any amb més anomalia positiva a sotavent (63 %), mentre que el desembre és el mes amb menor anomalia relativa (11 %). Els mesos d'hivern són els únics en què les precipitacions són més elevades a la part de sobrevent de la ciutat.

Taula 6.32 Precipitació mitjana mensual segons la situació geogràfica respecte el vent dominant en dies de pluja

Situació	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Sotavent	49,2	47,6	58,0	78,5	73,0	41,2	48,7	58,2	67,6	95,0	73,6	53,3	744,0
Sobrevent	52,5	57,6	49,9	68,9	73,2	38,8	33,2	47,4	65,2	77,3	45,1	60,2	667,0
Indiferent	45,2	46,1	55,8	70,1	71,4	43,5	39,9	58,1	63,6	82,9	65,6	45,8	688,1
Sotav./Sobr. (%)	94	83	116	114	100	106	147	123	104	123	163	89	112

La diferència màxima de precipitació en funció de l'estació astronòmica entre les zones de sotavent i sobrevent es dona a la tardor i en segon lloc tenim l'estiu. Probablement hi hagin diverses causes que expliquin aquest màxim primaveral, no només les tempestes afavoreixen aquesta diferència, sinó també les precipitacions estratiformes. Si la diferència només fos causada per les tempestes el màxim seria estiuenc, quan el nombre de tempestes assoleix el màxim anual. No obstant, el fet que la diferència

negativa és a l'hivern, quan el percentatge de tempestes és menor, ens fa pensar en la hipòtesi que les tempestes són una de les principals causes del màxim de precipitació observat a sotavent de la ciutat de Girona.

6.8 Anàlisi de la tendència de les precipitacions estacionals de diferents intervals horaris (període 1937-77)

L'anàlisi de tendències de la precipitació és avui del màxim interès, sota el context del canvi climàtic es considera que la precipitació tendirà a ser més extremada en l'àrea de clima mediterrani., com és el cas de la ciutat de Girona, amb menys precipitació, especialment a l'estiu, però amb precipitacions diàries més intenses, augmentarà la concentració de la precipitació i la seva torrencialitat. Aquestes són les conclusions que han donat els diferents Panells Intergovernamentals del Canvi Climàtic (IPCC) per a la zona propera al mar Mediterrani.

L'efecte urbà en la precipitació de l'àrea urbana de Girona no només l'hem estudiat en el període 1998-2014, sinó també en l'interval temporal 1937-1977. Hem analitzat aquest període perquè una sèrie molt més llarga i homogènia, ja que només tenim 2 observatoris en aquest interval temporal, força propers un a l'altre, Girona-Institut Vell, entre 1937 i 1966, i Girona-Vicens Vives. A més a més hem pogut digitalitzar les precipitacions dels intervals subdiaris de la precipitació, d'entre 5 i 7 hores, cosa que ens dona una valuosa informació envers l'efecte urbà en la precipitació, ja que l'efecte urbà és més important a les tardes a l'estiu i a les nits de la resta de l'any, com consta a les cites bibliogràfiques de l'article de la metanàlisi de la precipitació de Liu i Niyogi (2019). També s'ha estudiat aquest període perquè es pot calcular la tendència en un interval temporal de més de 30 anys i on la ciutat de Girona tenia una mida i una població força inferior a l'actual. En el període 1937-1977 hi havien moltes indústries al centre de la ciutat i en indrets propers com Palau, mentre que en l'actualitat i en el període analitzat, 1998-2014, no trobem indústries al centre de Girona i als afores n'hi han poques. Així teòricament en el període 1937-1977 la contaminació associada a les indústries, que genera partícules més grosses que les generades pels automòbils, podia afavorir un efecte urbà en la precipitació, que en l'actualitat probablement no es produeix per la poca quantitat de fàbriques que hi ha al municipi de Girona i la seva rodalia i per la disminució clara de les partícules contaminants respecte les dècades anteriors als anys 90 del segle XX.

Hem analitzat la precipitació de diferents intervals horaris de la precipitació del període 1937-1977 amb l'objectiu de determinar si hi hagut canvis en l'aportació relativa de cada interval en comparació amb el període 1998-2014. La influència de la radiació solar en la precipitació màxima de cada interval estacional variable que oscil·la entre 5 i 7 hores és ben palès. L'interval amb la freqüència més elevada és el de les 13-18 hores de l'estiu, amb el 39 % dels anys de tot el període 1937-77, això és conseqüència de l'horari de les tempestes que es produeixen especialment a la tarda. Aquest valor supera clarament la segona estació amb un percentatge relatiu més elevat, la primavera, amb el 14,6 %. Això significa que gran part de la precipitació estiuenca està concentrada en aquest moment del dia, mentre que en les altres estacions la precipitació és més aleatòria. Així a l'hivern el màxim es dona en l'interval de les 0-7 hores, 12,2 %, mentre que en canvi a la tarda (13-18 hores) no hi hagut cap

any en què s'hagi produït el màxim. D'altra banda a la primavera en la primera meitat del dia (0-13 hores) no tenim cap màxim, mentre que el màxim es produeix a la tarda, 14,6 %, així les tempestes a la primavera comencen a tenir una certa rellevància, tot i no ser tan freqüents com a l'estiu. L'estació més equilibrada és la tardor, tot i que a vegades tenim tempestes, la majoria d'aquestes estan embegudes en precipitacions estratiformes que no tenen un horari fix, per això hi ha una semblança tan gran entre els percentatges de cada període de 6 hores aproximadament. Per tant no s'observen diferències significatives entre la distribució en intervals de precipitació del període 1937-77 i la distribució de la precipitació actual dels diferents observatoris en el període 1998-2014

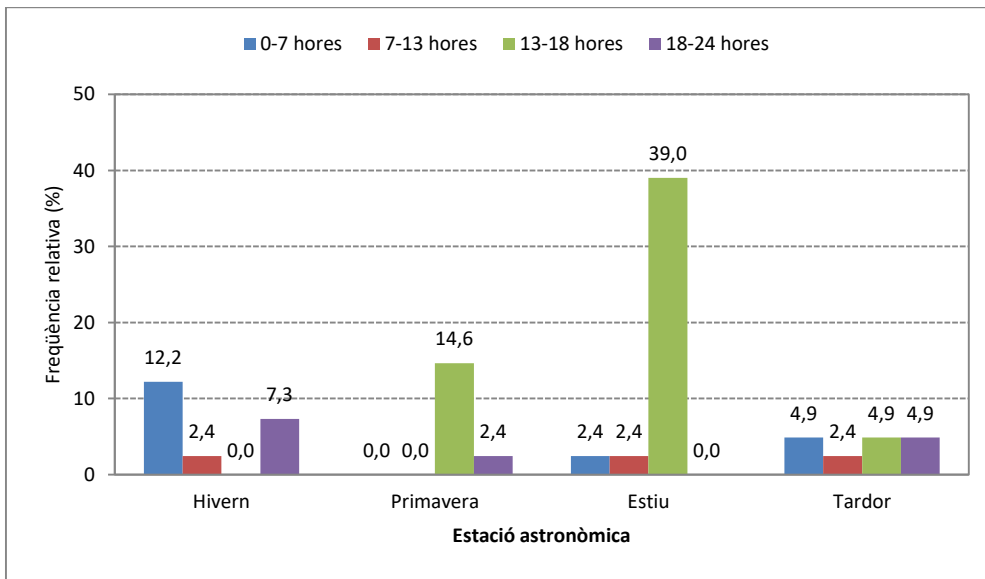


Figura 6.214 Freqüència relativa de la màxima precipitació d'un interval horari estacional respecte el còmput anual. Període 1937-1977.

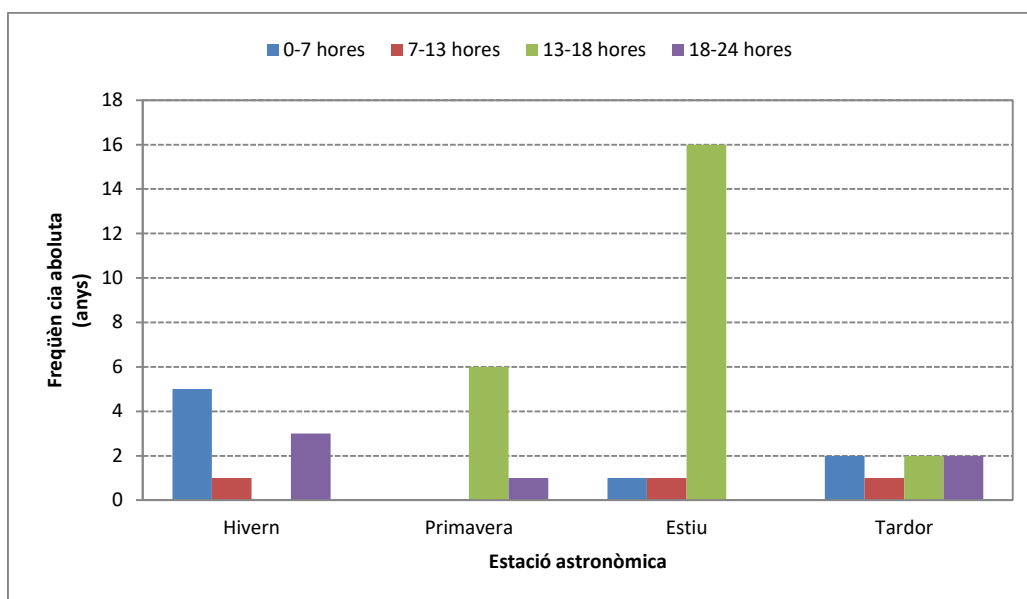


Figura 6.215 Freqüència absoluta anual de la màxima precipitació relativa d'un interval horari estacional. Període 1937-1977.

Hem analitzat el percentatge de la precipitació de cada estació astronòmica i de cada període de 6 hores, tot i que només n'hi ha 2 que compleixen aquesta condició, 7-13 i 18-24 hores, mentre que els intervals de 0-7 hores i 13-18 hores tenen una durada de 7 i 5 hores respectivament.

La influència de la radiació solar en la precipitació màxima de cada interval estacional de 6 hores és ben palès, així l'interval amb la freqüència més elevada és l'estiu, amb el 39 % dels anys de tot el període 1937-77, això és conseqüència de l'horari de les tempestes que es produeixen especialment a la tarda. Aquest valor supera clarament la segona estació amb un percentatge relatiu més elevat, la primavera, amb el 14,6 %. Això significa que gran part de la precipitació estiuenca està concentrada en aquest moment del dia, mentre que en les altres estacions la precipitació és més aleatòria. Així a l'hivern el màxim es dona en l'interval de les 0-7 hores, 12,2 %, mentre que en canvi a la tarda (13-18 hores) no hi hagut cap any en què s'hagi produït el màxim. D'altra banda a la primavera en la primera meitat del dia (interval de 0-7 i 7-13 hores) no tenim cap màxim, mentre que el màxim es produeix a la tarda (13-18 hores), 14,6 %, així les tempestes a la primavera comencen a tenir una certa rellevància, tot i no ser tan freqüents com a l'estiu. L'estació més equilibrada és la tardor, tot i que a vegades tenim tempestes, la majoria d'aquestes estan embegudes en precipitacions estratiformes que no tenen un horari fix, per això hi ha una semblança tan gran entre els percentatges de cada període de 6 hores aproximadament.

S'observa un increment de la precipitació a l'estiu de la ciutat de Girona en el període 1937-1977 en totes les franges horàries. No obstant durant bona part de la nit (0-7 hores) la tendència té un increment anual molt dèbil, 0,020 mm/any. L'interval horari d'estiu entre les 7 i 13 hores és l'únic en què la tendència és estadísticament significativa, al nivell de significació del 95 %. En aquesta franja horària s'observa un increment pluviomètric de 0,974 mm/any. L'interval horari de 13-18 hores en què l'efecte urbà en la precipitació és més important també presenta un ritme d'increment força elevat, 0,815 mm/any, encara que no és significatiu.

Taula 6.33 Tendència de la precipitació estiuenca (mm/any) de la ciutat de Girona de diferents intervals horaris en el període 1937-1977 i valor del coeficient de determinació (R^2).

Interval horari	Tendència (mm/any)	R^2
0-7	0,020	0,000
7-13	0,974	0,116
13-18	0,815	0,034
18-24	0,587	0,051

Aclariment: En negreta tendència estadísticament significativa, $p < 0,05$

Hi ha una tendència a l'augment pluviomètric a la ciutat de Girona en tots els intervals horaris de l'estiu en el període 1937-1877. No obstant s'observen clares diferències entre les diferents franges horàries. S'observa un increment clarament superior en l'interval horari de les 7-13 hores respecte l'interval horari de les 0-7 hores (0,97 mm/any versus 0,02 mm/any). Però aquest ritme d'increment no ens ha de fer dubtar de l'efecte urbà en les tempestes estiuenques, especialment durant el dia, ja que les tempestes estiuenques són menys freqüents durant la nit i són molt més habituals en hores diürnes. S'observa un cicle diürn en les tempestes estiuenques. Durant l'estiu la major part de tempestes que arriben a Girona procedeixen del niu de tempestes del Pirineu Oriental de Girona. En la zona més elevada del Pirineu gironí (en les comarques del Ripollès i Cerdanya) es generen les tempestes durant el matí i migdia que es desplacen posteriorment cap al sud-est, en direcció a la ciutat de Girona, i arriben al migdia o la tarda, normalment entre les 14 i 20 hores. Per aquest motiu el ritme d'increment pluviomètric és molt més elevat en les franges horàries de les 7-13 hores, 13-18 hores i 18-24 hores que a l'interval horari de les 0-7 hores. Només les tempestes associades a una inestabilitat elevada i general, com és el cas d'un pas de fronts fred o d'un tàlveg pot generar tempestes durant la nit, com va succeir en la tempesta del 22 d'agost de 2014, però la major part de les tempestes que afecten la ciutat de Girona són diürnes i donen més precipitació en els intervals de les 13-18 i 18-24 hores. En les gràfiques de les 13-18 hores i 18-24 hores ja s'observen clares diferències en la tendència d'increment pluviomètric, amb un augment molt més rellevant en l'interval de les 13-18 hores que en l'interval de les 18-24 hores. Per tant podem afirmar que en el període 1937-1977 l'efecte urbà en les tempestes s'ha concentrat principalment entre les 7 i 18 hores, i molt menys a la nit, entre les 0 i 7 hores. És al voltant dels migdies i tardes d'estiu (13-18 hores) quan l'efecte urbà en la precipitació tempestuosa és més important a la ciutat de Girona. En aquesta franja horària la convecció produïda per la combinació de les elevades temperatures de superfície i el màxim gradient tèrmic vertical de tot el dia afavoreix que les tempestes provinents del Pirineu Oriental descarreguin importants quantitats de precipitació a la ciutat de Girona i la seva rodalia.

La precipitació urbana

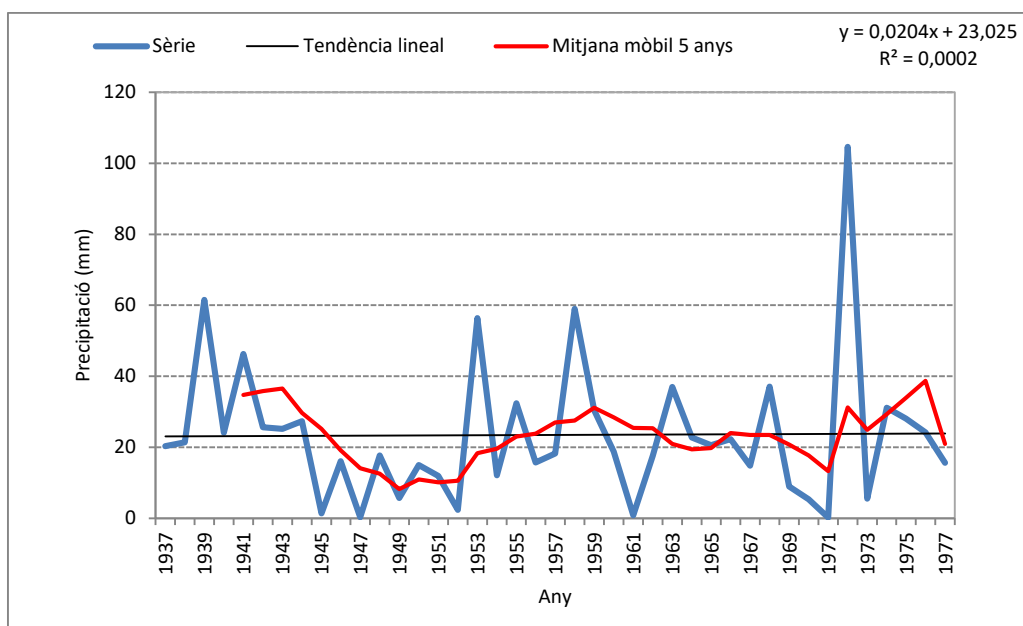


Figura 6.216 Evolució de la precipitació de l'estiu de Girona de l'interval de les 0-7 hores. Període 1937-1977.

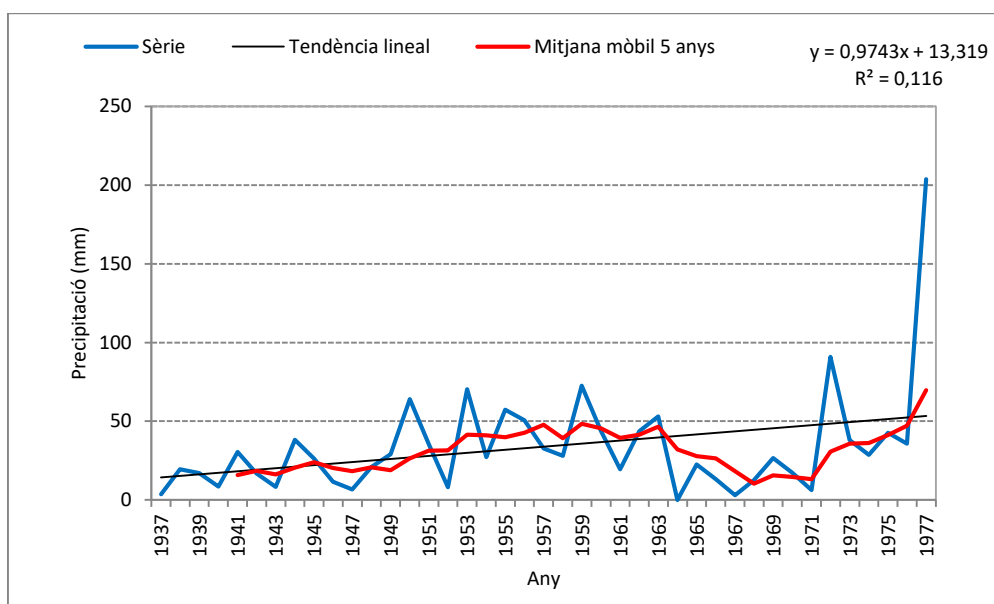


Figura 6.217 Evolució de la precipitació de l'estiu de Girona de l'interval de les 7-13 hores. Període 1937-1977.

La precipitació urbana

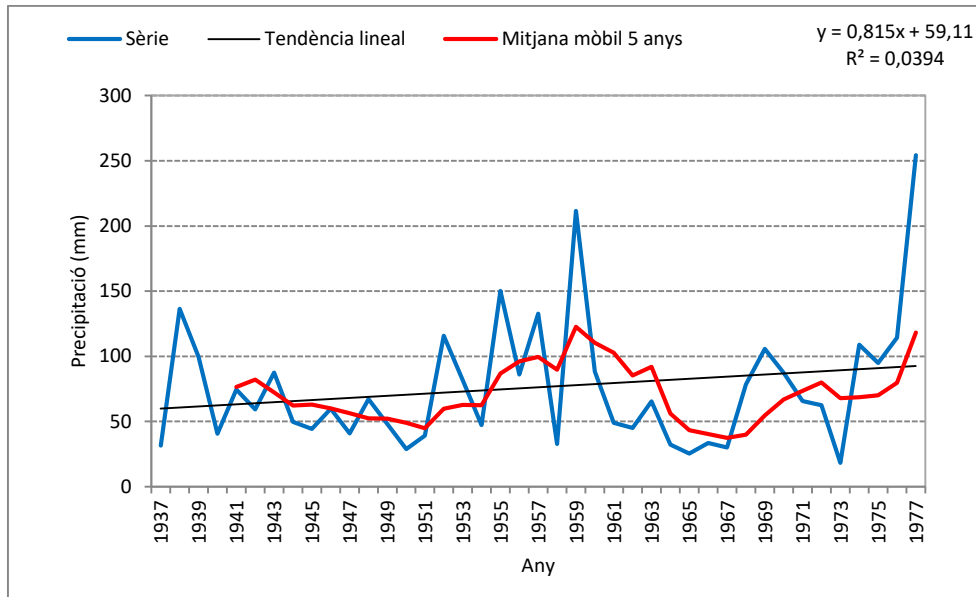


Figura 6.218 Evolució de la precipitació de l'estiu de Girona de l'interval de les 13-18 hores. Període 1937-1977.

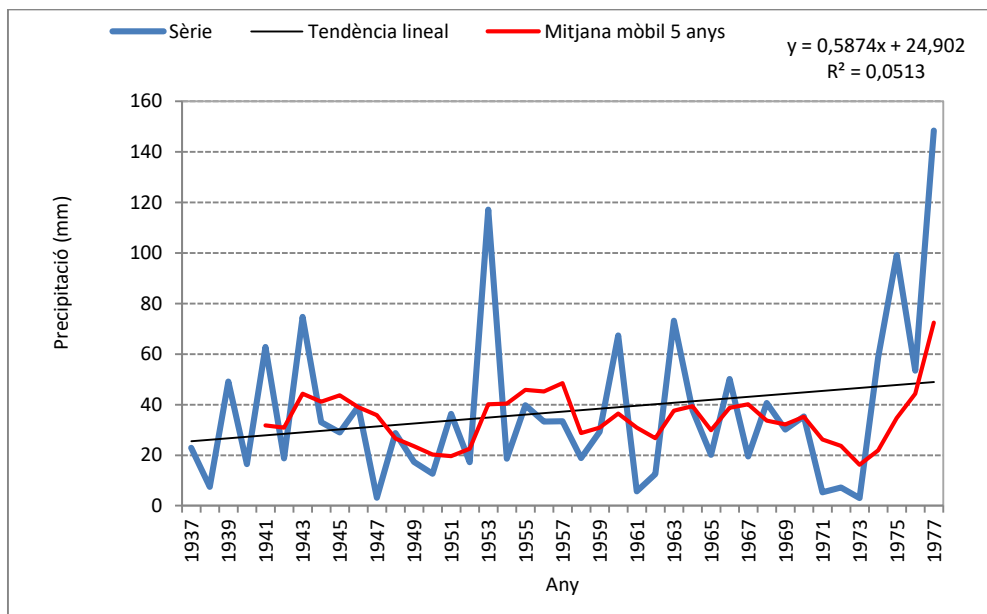


Figura 6.219 Evolució de la precipitació de l'estiu de Girona de l'interval de les 18-24 hores. Període 1937-1977.

La tendència de la precipitació estiuenca de Girona del període 1937-1977 presenta una tendència d'increment pluviomètric, 2,4 mm/any. S'ha de remarcar però que aquesta tendència no és significativa al nivell de confiança del 95 %, ja que el valor del coeficient de determinació és molt baix, 0,0781. També és molt rellevant el màxim de la precipitació estiuenca de l'any 1977, que és un valor *outlier*. La precipitació d'aquest estiu té un valor correcte, es tracta de l'estiu més plujós i més fresc del segle XX a la ciutat de Girona. Aquest valor tan elevat de la precipitació de l'últim any de la sèrie té una gran importància ja que té una gran contribució en el valor positiu de la tendència pluviomètrica de l'estiu.

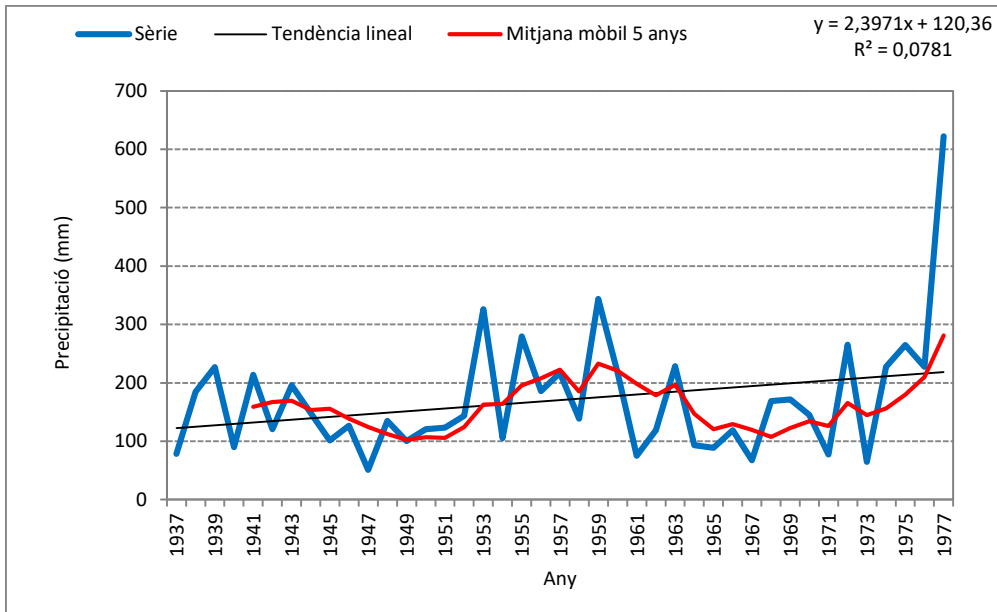


Figura 6.220 Evolució de la precipitació de l'estiu de Girona. Període 1937-1977.

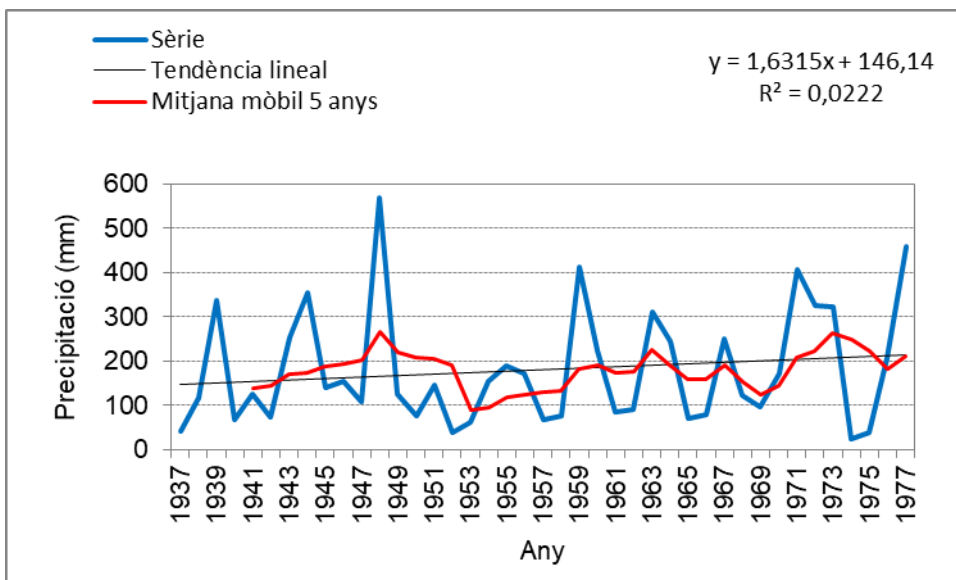


Figura 6.221 Evolució de la precipitació de l'hivern a la ciutat de Girona. Període 1937-1977.

La primavera és una estació astronòmica en què hi ha un relatiu equilibri entre l'aportació de la precipitació convectiva, que és més elevada al final de l'estació, al mes de maig, i la precipitació estratiforme, que és més important a l'inici de l'estació, al mes de març. S'observa una evolució ascendent en la precipitació primaveral en el període 1937-1977, amb una tendència de 2,0 mm/any, que no és significativa al nivell de significació del 95 %. L'anàlisi de l'evolució de la mitjana mòbil de 5 anys de la precipitació ens mostra diferents cicles de la precipitació, amb un mínim marcat a finals de la dècada dels 60 del segle XX i altres dos màxims a finals de la dècada dels 40 i a la dècada dels 70.

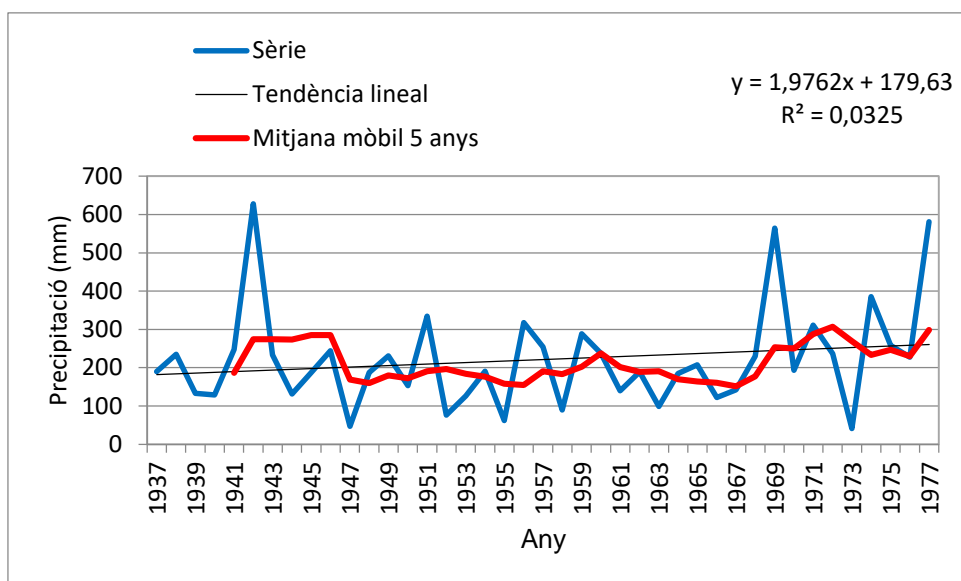


Figura 6.222 Evolució de la precipitació de la primavera a la ciutat de Girona. Període 1937-1977.

L'evolució de la precipitació de la tardor a Girona en el període 1937-1977 és idèntica a les altres estacions astronòmiques, s'observa una tendència ascendent, +1,9 mm/any. Aquesta tendència no és significativa al nivell de confiança del 95 %, ja que el valor del coeficient de determinació és molt baix, $R^2=0,0344$, la qual cosa significa que l'evolució de la precipitació tardorenca només s'explica pel 3,4 % de la variància. D'altra banda, la mitjana mòbil de 5 anys de la tardor, de forma idèntica que a la resta de l'any mostra importants oscil·lacions, hi ha cicles de la precipitació d'aproximadament 15 anys, que es deuen probablement a la irregularitat típica de la precipitació del clima de Girona, que té una clara influència mediterrània, especialment en la precipitació. Hi ha un descens suau en la precipitació si analitzem la mitjana mòbil de 5 anys des de l'any 1941 fins a l'any 1956, i posteriorment hi ha un sobtat ascens de la precipitació fins l'any 1965. L'any 1965 vam tenir l'octubre més plujós de tota la sèrie de Girona (1884-2021), amb 637,7 mm, per això hi ha aquest augment pluviomètric en la mitjana mòbil. Però els anys inicials de la dècada dels 70 es van caracteritzar per tardors més seques respecte a la mitjana i per això s'observa un descens moderat en la mitjana mòbil de 5 anys.

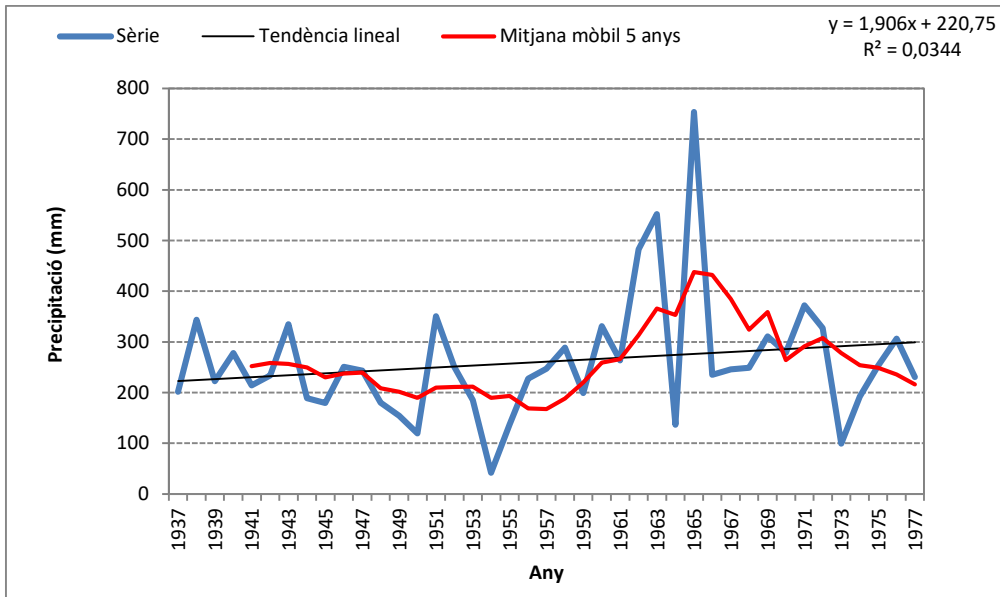


Figura 6.223 Evolució de la precipitació de la tardor a la ciutat de Girona. Període 1937-1977.

La tendència és d'un increment de la precipitació en totes les estacions astronòmiques, tant a l'estiu (5,8 m/any), a la tardor (1,906 mm/any) a l'hivern (1,631 mm/any), com a la primavera (2,4 mm/any). Per tant la ciutat de Girona en el període 1937-77 probablement té una influència urbana positiva en la precipitació, ja que l'estiu és l'estació amb un major increment pluviomètric.

La precipitació anual de Girona del període 1937-77 té una tendència clara cap a l'ascens (5,522 mm/any), tot i així no és estadísticament significativa ($p < 0,05$). Com a les diferents estacions astronòmiques hi ha una evolució cíclica de la precipitació, que s'observa clarament en les alternances de períodes humits i plujosos, per efecte de la irregularitat pròpia de la precipitació de la ciutat de Girona, típica d'un clima mediterrani. La mitjana mòbil de 5 anys presenta oscil·lacions marcades, amb increments i davallades de la precipitació mitjana, no obstant, té una tendència cap a l'ascens.

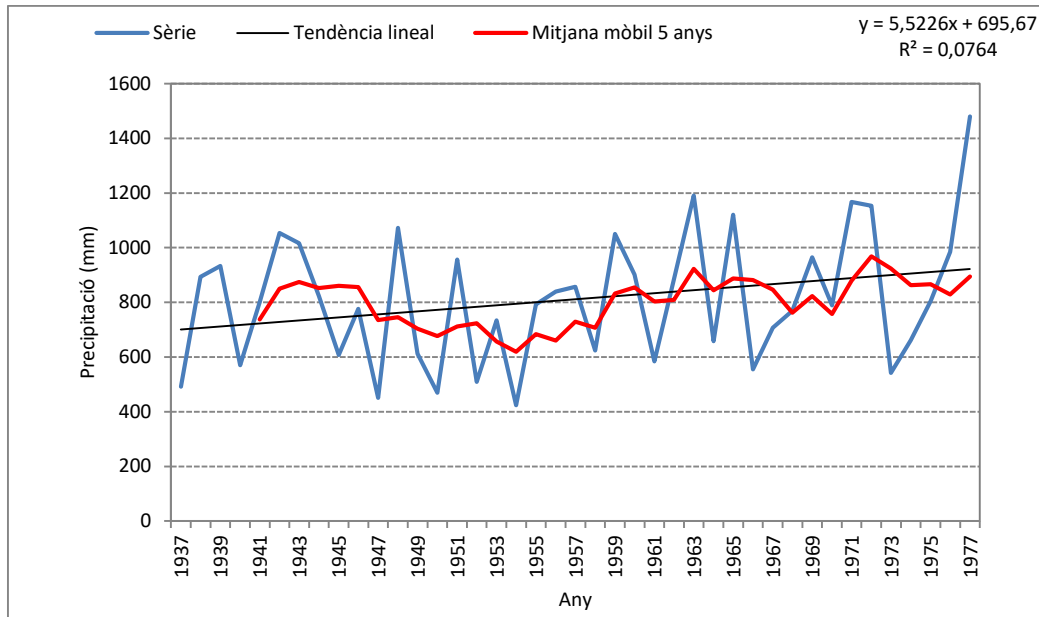


Figura 6.224 Evolució de la precipitació anual de Girona. Període 1937-1977.

L'hivern és una estació astronòmica en què predominen clarament les precipitacions de caràcter estratiforme envers les precipitacions de caràcter convectiu, en aquesta estació astronòmica tenim el nombre mínim de tempestes de tot l'any. No s'observa una evolució estadísticament significativa de la precipitació de Girona en el període 1937-1977, tot i que és positiva, de la mateixa forma que en les altres estacions astronòmiques. L'increment és d'1,6 mm/any, un valor relativament elevat, ja que significa aproximadament un augment de l'1 % de la precipitació mitjana cada any. L'anàlisi de la corba de la mitjana mòbil de 5 anys mostra un augment en els últims anys, però també s'observa un patró cíclic de la mitjana mòbil de 5 anys, com a les altres 3 estacions astronòmiques.

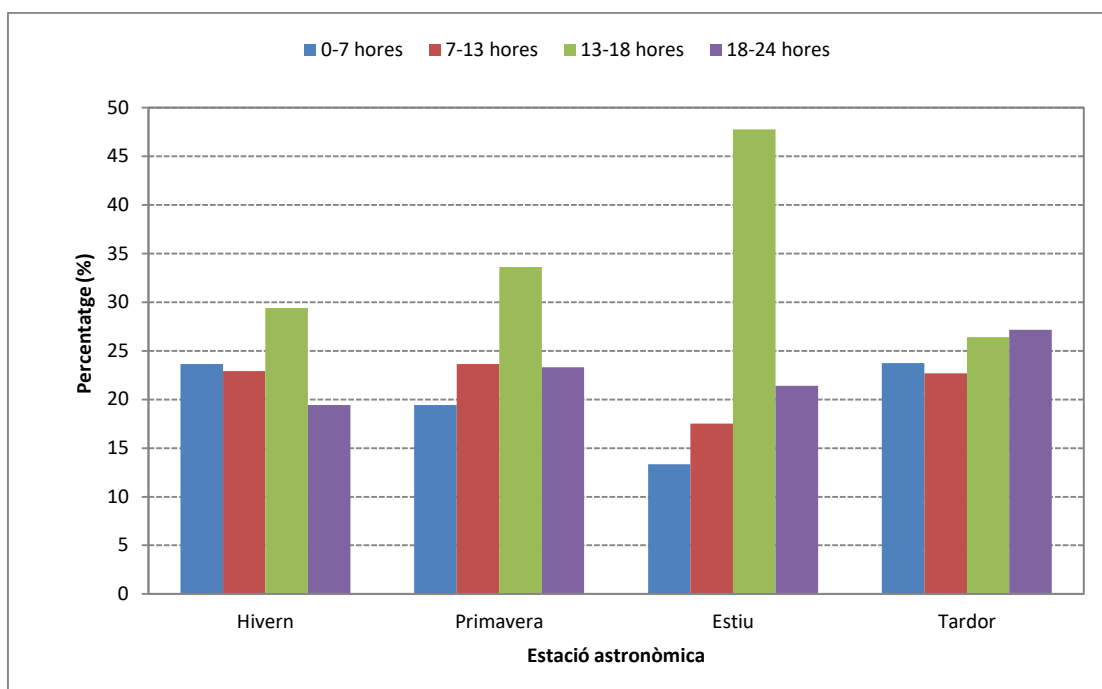


Figura 6.225 Distribució relativa estacional en diferents franges horàries de la precipitació a la ciutat de Girona. Període 1937-1977. .

En el període 1937-1977 a la ciutat de Girona, de forma idèntica com en els observatoris meteorològics de l'àrea urbana durant el període 1998-2014, l'estiu és l'estació astronòmica amb el màxim més marcat en un interval horari, el de les 13-18 hores, mentre que la tardor és l'estació més ben equidistribuïda, on no s'observen diferències significatives en la precipitació entre els diferents períodes 6-horaris o de 5 i 7 hores. La important contribució de les tempestes al còmput global de la precipitació estiuenca explica aquest desequilibri en l'aportació de la pluja dels diferents intervals horaris estiuencs. Així a l'interval 13-18 hores es recull el 47,8 % de la precipitació total, gairebé la meitat de la precipitació. En canvi a la tardor no hi ha cap interval on plougués més d'un 30 % respecte el total diari, ni tampoc cap interval amb menys d'un 20 %. La primavera és la 2^a estació amb més concentració de la precipitació en un interval de poques hores, així a l'interval 13-18 hores hi plou el 33,6 % del total diari. L'hivern és la 2^a estació amb més homogeneïtat de la precipitació amb diferències poc importants, i de la mateixa manera que la primavera no hi ha cap interval que suposi el 30 % de la precipitació, tot i que hi ha un interval de 6 hores on s'enregistra menys d'un 20 % de la precipitació (18-24 hores, 19,4 %). Mentre que a l'hivern, primavera i estiu els màxims de precipitació són diürns, es donen a la tarda, entre 13 i 18 hores, a la tardor el màxim és nocturn, es dona a les 18-24 hores. Així en molts dies de precipitació de tardor les tempestes són nocturnes i aporten la major part de la precipitació a primeres hores de la nit quan la inestabilitat atmosfèrica és màxima damunt el mar, ja que moltes tempestes venen del mar Mediterrani en aquesta estació. També hem de tenir en compte que molts dies la precipitació està associada a depressions i fronts freds, i que la precipitació associada a aquestes configuracions sinòptics no té un horari fix com les tempestes estiuenques, sinó que es pot donar en qualsevol moment del dia, per això a la tardor hi ha la major homogeneïtat en la distribució de la precipitació segons intervals temporals, i després tenim l'hivern. A l'hivern la major part de la precipitació és de tipus estratiforme i les situacions sinòptiques que originen les precipitacions, semblants a la tardor, tampoc tenen uns

horaris relativament fixos com les tempestes d'estiu, que es produeixen més sovint entre les 13 i 18 hores.

Taula 6.34 Distribució de la freqüència relativa estacional de la precipitació en diferents franges horàries. Període 1937-1977.

	0-7 hores	7-13 hores	13-18 hores	18-24 hores
Hivern	23,7	22,9	29,4	19,4
Primavera	19,4	23,6	33,6	23,3
Estiu	13,3	17,5	47,8	21,4
Tardor	23,7	22,7	26,4	27,2

En el període 1937-1977 a la ciutat de Girona, de forma idèntica com en els observatoris meteorològics de l'àrea urbana durant el període 1998-2014, l'estiu és l'estació astronòmica amb el màxim més marcat en un interval horari, el de les 13-18 hores, mentre que la tardor és l'estació més ben equidistribuïda, on no s'observen diferències significatives en la precipitació entre els diferents períodes 6-horaris o de 5 i 7 hores. L'important contribució de les tempestes al còmput global de la precipitació estiuenca explica aquest desequilibri en l'aportació de la pluja dels diferents intervals horaris estiuencs. Així a l'interval 13-18 hores es recull el 47,8 % de la precipitació total, gairebé la meitat de la precipitació. En canvi a la tardor no hi ha cap interval on plogui més d'un 30 % respecte el total diari, ni tampoc cap interval amb menys d'un 20 %. La primavera és la 2^a estació amb més concentració de la precipitació en un interval de poques hores, així a l'interval 13-18 hores hi plou el 33,6 % del total diari. L'hivern és la 2^a estació amb més homogeneïtat de la precipitació amb diferències poc importants, i de la mateixa manera que la primavera no hi ha cap interval que suposi el 30 % de la precipitació, tot i que hi ha un interval de 6 hores on s'enregistra menys d'un 20 % de la precipitació (18-24 hores, 19,4 %). Mentre que a l'hivern, primavera i estiu els màxims de precipitació són diürns, es donen a la tarda, entre 13 i 18 hores, a la tardor el màxim és nocturn, es dona a les 18-24 hores. Així en molts dies de precipitació de tardor les tempestes són nocturnes i aporten la major part de la precipitació a primeres hores de la nit quan la inestabilitat atmosfèrica és màxima damunt el mar, ja que moltes tempestes venen del mar Mediterrani en aquesta estació. També hem de tenir en compte que molts dies la precipitació està associada a depressions i fronts freds, i que la precipitació associada a aquestes configuracions sinòptics no té un horari fix com les tempestes estiuencs, sinó que es pot donar en qualsevol moment del dia, per això a la tardor hi ha la major homogeneïtat en la distribució de la precipitació segons intervals temporals, i després tenim l'hivern. A l'hivern la major part de la precipitació és de tipus estratiforme i les situacions sinòptiques que originen les precipitacions, semblants a la tardor, tampoc tenen uns horaris fixos.

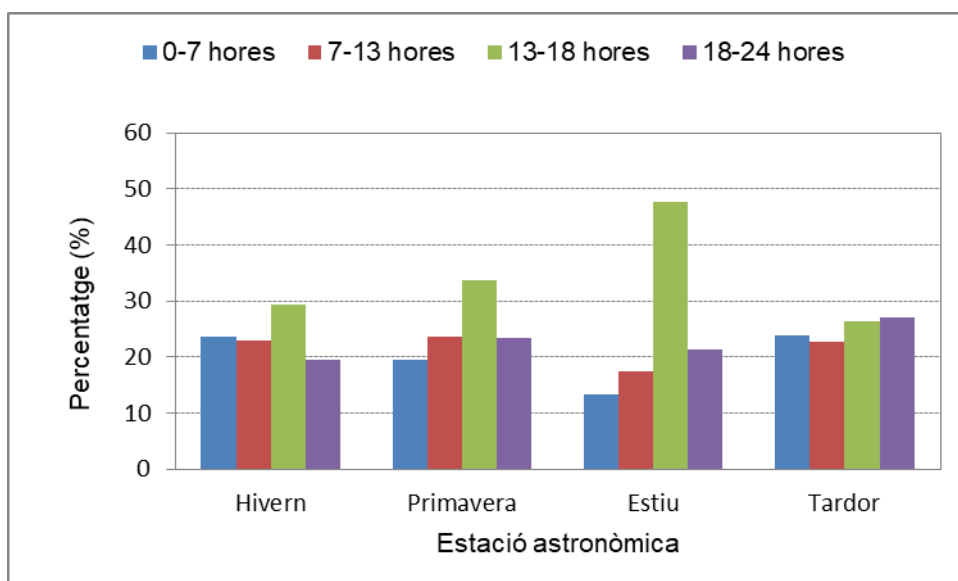


Figura 6.226 Freqüència relativa de la precipitació estacionals de diferents intervals horaris a Girona. Període 1937-1977.

Hi ha una tendència a l'increment de la precipitació estiuenca (+2,4 mm/any) a la ciutat de Girona en el període 1937-1977, tot i que s'ha de remarcar que el màxim pluviomètric observat l'any 1977, l'últim de la sèrie, que és molt superior als altres estiu (és un valor *outlier*), però que és real, segurament té molta influència en la tendència. Tanmateix, la mitjana mòbil de 5 anys mostra uns cicles de la precipitació produïts per la irregularitat de la precipitació, que és típica dels estius gironins, on s'alternen estius molt secs i estius molt humits, la quantitat de la precipitació dels estius depèn de si tenim tempestes fortes a la ciutat o són febles, ja que el nombre de dies de precipitació en molts mesos d'estiu és molt baix, 2 o 3 dies, encara que hi han excepcions, amb mesos amb més de 10 dies de precipitació, com és el cas dels mesos de juliol i agost de 2014, que són el bimestre de juliol i agost amb més precipitació del període 1906-2021 a la ciutat de Girona.

6.9 Conclusions del capítol

La influència de la ciutat de Girona en les precipitacions de la seva àrea urbana és complicat de definir-la en termes quantitius, ja que es tracta d'una àrea dividida en cinc zones geogràfiques que presenten uns microclimes naturals lleugerament diferents, almenys pel que fa a la distribució de les tempestes:

- 1) Terraprimers de l'Empordà, al nord-est de la zona urbana, que inclou el municipi de Celrà. Aquesta zona està més afectada que la resta d'àrea urbana per les tempestes que davallen de la comarca veïna del Pla de l'Estany i per les tempestes que venen del mar Mediterrani ja que està oberta a l'est, no com la resta de l'àrea urbana que està a l'oest del massís de les Gavarres. Tanmateix les precipitacions estratiformes afecten més aquesta àrea que la resta de zona urbana de Girona. Segons l'anàlisi de components principals aplicat a les precipitacions convectives Celrà pertany a una regió diferent respecte altres àrees geogràfiques de Girona.
- 2) Serra de les Gavarres, al nord-est, l'est i sud-est. Aquesta serra amb unes altituds màximes relativament modestes (400-500 metres) no té una influència gaire

important en les tempestes estiuenques ja que la majoria venen del nord-oest, sud-oest i oest. Moltes tempestes de l'estiu s'originen en el niu de les tempestes del Pirineu Oriental. No obstant les Gavarres exerceixen una influència particularment important en les precipitacions estratiformes i de caràcter orogràfic, especialment les llevantades, gregalades i xalocades de les àrees properes a aquest massís septentrional de la Serra Litoral, com és el cas dels municipis de Celrà, Sarrià de Ter, i barris de Pont Major i Vall de Sant Daniel de la ciutat de Girona. La influència de les Gavarres en les tempestes és poc important i queda delimitada a la tardor, hivern i primavera, quan les tempestes venen predominantment del 2n, 3r i 1r quadrant en aquesta època.

- 3) Àrea influenciada per la serra de Rocacorba (Sistema Transversal) i massís de les Guillerries (Serralada Prelitoral). Aquesta és la zona més afectada per les tempestes provinents del Pirineu Oriental. Dins d'aquest sector podem incloure els observatoris meteorològics de Canet d'Adri, Sant Gregori i Bescanó. S'ha de remarcar que l'observatori meteorològic de Sant Gregori és el que té la major aportació pluviomètrica relativa estiuenca respecte a la precipitació total anual, per tant les tempestes en aquesta zona tenen una gran rellevància, probablement per la influència de les muntanyes properes a aquesta àrea. El municipi de Canet d'Adri no pertany geogràficament a l'àrea urbana de Girona, però té precipitacions elevades a l'estiu per la seva gran proximitat a la muntanya de Rocacorba. La influència en les tempestes d'aquest sector és especialment del massís de Rocacorba, el seu cim està uns 15 km al nord-oest de la ciutat de Girona. El massís de Rocacorba reactiva les tempestes procedents del Pirineu Oriental i la seva influència en les precipitacions d'aquest sector és més important que el massís de les Guillerries, la seva influència en les tempestes és més important a la veïna comarca de la Selva (municipis d'Anglès, Brunyola i Santa Coloma de Farners, per exemple). Les tempestes que venen de l'oest donen la precipitació més elevada en indrets molt propers al massís de les Guillerries i perden eficiència pluviomètrica quan es desplacen cap a l'est, no donen precipitacions tan elevades al pla de Girona com a Anglès, per exemple. No obstant, tenim una tempesta que és una excepció a aquesta normal, és el cas de la tempesta del 8 d'agost que va donar pluges fortes a les Guillerries, les precipitacions van ser molt més modestes un xic a l'est, a l'aeroport de Girona, i van ser intenses a gran part de l'àrea urbana de Girona, especialment als contraforts de la serra de Rocacorba (Canet d'Adri).
- 4) El pla de Girona és la 4^a zona. Comprèn el sector central de l'àrea urbana de Girona i correspon a l'extrem septentrional de la depressió de la Selva, que també és la part situada més al nord de la depressió prelitoral catalana. Hi pertanyen gran part o la totalitat de superfície dels municipis de Salt, Vilablareix, Sarrià de Ter, Sant Julià de Ramis i Girona. La temperatura mitjana de les màximes més elevada a l'estiu correspon a aquesta àrea especialment la ciutat de Girona i també la part central i oriental de Sarrià de Ter. Les tempestes més intenses de tota l'àrea urbana es produeixen habitualment a Sarrià de Ter, Fornells de la Selva, Vilablareix i Sant Gregori, no tant a la ciutat de Girona, encara que hi han tempestes que sí que van tenir el màxim pluviomètric al centre urbà de Girona, com és el cas de la tempesta del 30 de juny de 2017. El vent predominant i mitjà en superfície a l'aeroport en la majoria de les tempestes és de migjorn, del sud, però quan tenim precipitació el vent en superfície és del nord o del nord-est a la majoria d'observatoris. A l'estiu la majoria de tempestes venen del nord-oest

segons les observacions del radar del Servei Meteorològic de Catalunya. La zona més plujosa a l'estiu és Sarrià de Ter. Les nostres hipòtesis o factors per explicar el màxim pluviomètric de l'estiu en aquest indret són varis. En primer lloc tenim els factors naturals (la pressió de vapor mitjana és més alta a Sarrià de Ter), les temperatures elevades al centre urbà de la vila, Sarrià està a de sotavent tenint en compte el vent en superfície respecte la ciutat de Girona i el desplaçament de les tempestes a l'estiu que venen predominantment del nord-oest. En segon lloc tenim el factor urbà, l'elevada densitat de població de Sarrià de Ter, que supera els 1000 habitants/Km². No obstant, hem de tenir en compte que la contaminació atmosfèrica emesa per la indústria Hinojosa Sarrià de Ter (actual denominació de l'antiga fàbrica Torras Papel) ha disminuït dràsticament en les últimes dècades, per tant la pol·lució emesa per aquesta indústria no és un factor molt important en la major precipitació estiuenca. D'altra banda hem de remarcar l'elevat trànsit de vehicles en la zona, per la N-IIa, la carretera de Girona a Palamós que discorre pel barri contigu de Girona de Pont Major i l'autopista Ap-7 que discorre per l'oest de la vila, són focus de partícules petites (PM10 i PM 2,5) que teòricament provoquen una supressió de la precipitació. També la posició geogràfica a Sarrià de Ter en una vall estreta (vall del riu Ter) situada entre les últims contraforts de les Gavarres i de Rocacorba és el factor geogràfic que influeix més en el màxim pluviomètric estiuenc a Sarrià de Ter que no pas la influència antròpica en les precipitacions. D'altra banda, les elevades temperatures, humitat relativa i elevada quantitat de vapor d'aigua, són els altres factors esmentats anteriorment que afavoreixen les precipitacions en aquesta zona. En aquest sector hi trobem l'observatori meteorològic amb la màxima precipitació 10 minutal, Vilablareix-SMC.

- 5) La depressió de la Selva. Inclou el sector meridional del pla de Girona, hi pertanyen els municipis de Vilobí d'Onyar (aeroport de Girona), Aiguaviva, Quart, Campllong, Fornells e la Selva. D'altra banda Cassà de la Selva i Llambilles estan situats en la part oriental de la plana de la Selva, en la zona de contacte amb les Gavarres. L'observatori de Cassà de la Selva-SMC és el més proper de tota la xarxa d'observatoris al mar Mediterrani (15 km), això influeix en una menor precipitació estiuenca i una major precipitació de la tardor. En aquest sector hi trobem l'observatori amb màxima precipitació mitjana 5 minutal de les tempestes, Fornells de la Selva-SMC. Malgrat això aquest observatori enregistra una precipitació estiuenca clarament inferior a Sarrià de Ter-Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter. En aquesta zona l'aportació de la precipitació estiuenca és la menor de totes les àrees esmentades anteriorment. La situació geogràfica a sotavent de la ciutat de Girona, en relació amb el desplaçament de les tempestes que a l'estiu és NW-SE fa pensar en la hipòtesi que la ciutat i àrea urbana de Girona no reactiva les tempestes sinó que les debilita, ja que ni a sotavent ni al centre de la ciutat hi tenim el màxim pluviomètric estiuenc, sinó a sobrevent, a Sant Gregori la màxima aportació relativa i la màxima precipitació absoluta a Sarrià de Ter.



Figura 6.227 Zones pluviomètriques homogènies segons la distribució de les tempestes.
 Font: Elaboració pròpia a partir de Google Earth

L'efecte urbà tenint en compte la direcció del vent en superfície es manifesta en algunes tempestes i en altres no es manifesta (màxim a sotavent o al centre urbà), però tenint en compte la totalitat de les tempestes no hi ha cap observatori amb un percentatge molt superior.

La major part de les tempestes donen la precipitació més elevada a l'àrea de sotavent de la ciutat respecte el vent de superfície. La direcció mitjana de les tempestes a l'estiu en el període 1998-2014 al nivell troposfèric de 700 hPa a la vertical de Girona segons la reanàlisi de NOAA és de 263°. Les desplacen predominantment en sentit NW-SE i SW-NE. Així teòricament segons la direcció predominant del vent l'àrea on la precipitació és més intensa segons les imatges del radar es troba tant a la meitat nord de l'àrea urbana (està a sotavent de les tempestes que es mouen en direcció SW-NE) de Girona com a la meitat sud de l'àrea urbana (està a sotavent de les cèl·lules que es mouen en direcció SW-NE). En aquesta tesi hem trobat que algunes tempestes estienques segons el moviment de les cèl·lules del radar donen el màxim de precipitació a sotavent i altres a sobrevent, per tant no hi ha un efecte clar en les precipitacions convectives a l'àrea urbana de Girona.

No obstant, tenint en compte que les sèries analitzades de pluges diàries són molt diferents, Celrà és l'observatori meteorològic amb els màxims diaris més habituals en les precipitacions convectives. Però pensem que la màxima freqüència de la precipitació en aquesta àrea és d'origen natural i no d'influència urbana, ja que Celrà està protegit de la influència de la ciutat de Girona per la muntanya de Sant Miquel (Gavarres) i a més Celrà està situada al nord-est de la ciutat de Girona. La influència urbana en la precipitació estienca no és clara en aquest observatori de Celrà ja que com hem esmentat abans les tempestes venen bàsicament del Pla de l'Estany a Celrà, per tant té un origen natural.

Les precipitacions màximes estiuenques es donen en indrets ben separats geogràficament entre sí, això assenjala que en diferents situacions sinòptiques hi han uns canvis significatius en la distribució de les tempestes.

Si tenim en compte la precipitació a una resolució inferior a la diària, per exemple la 5 minutal semihorària i l'horària tenim 2 observatoris meteorològics on es dona la màxima intensitat, Sarrià de Ter-Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter i Fornells de la Selva-SMC. També Bescanó té una freqüència abundant d'episodis de precipitació intensa 5 minutal, Aquests observatoris es troben respectivament a sobrevent i a sotavent tenint en compte el moviment de les cèl·lules convectives a l'estiu. Hem de tenir en compte, però que la densitat dels observatoris situats al nord-oest de l'àrea urbana és molt inferior a la resta de la zona estudiada, i que disposem de molts pocs dies de precipitació convectiva al NW de Girona (Canet d'Adri i Cartellà). És evident, però que l'anàlisi de les precipitacions 5 minutals, horàries i subhoràries ens recolzen una teoria, l'àrea indiferent, amb una latitud similar al centre de Girona, i part de la ciutat de Girona, la precipitació intensa és menys freqüent que a la resta de zones (sobrevent i sotavent). La contaminació generada pels automòbils probablement suprimeix la precipitació a la ciutat de Girona. No obstant hi ha observatoris meteorològics, com el de Girona-Santa Clara, on la precipitació és abundant, és la segona estació meteorològica amb la mitjana de precipitació més elevada. Però la sèrie curta de l'observatori (octubre 2014-juliol 2021) fan que les seves dades no puguin justificar una hipòtesi d'una major precipitació al centre de Girona, sobretot perquè els observatoris dels voltants tenen una precipitació clarament inferior. No podem donar suport a una hipòtesi d'una reactivació de la precipitació convectiva al centre de la ciutat de Girona per factors urbans.

També hi ha un inconvenient a l'hora d'explicar la distribució de la precipitació intraurbana a la ciutat de Girona, el bon calibratge dels pluviòmetres, i la seva diferent altitud, exposició i influència dels edificis en la precipitació. Així l'observador de Girona-Bonastruc ens va explicar que amb anterioritat al març de 2013 la seva estació meteorològica donava uns registres inferiors a un 15 % a la precipitació real, en aquest moment l'observador va calibrar l'observatori, però la comparació amb altres observatoris en anys posteriors al calibratge no ens dona uns resultats en cap direcció (increment o disminució relativa).

Al centre de la ciutat s'observen fortes diferències en la precipitació convectiva tant diària com a resolució subdiària entre observatoris urbans properes, com poden ser Girona-Plaça de la Independència (valors menors) i Girona-Ciudadans (precipitació més elevada), malgrat que entre els dos observatoris només hi ha una distància de 320 metres. I també és important de remarcar que la precipitació mitjana anual de Girona-Plaça de la Independència és de 623 mm, és clarament inferior a Girona-Santa Clara, 841 mm, malgrat que ambdues estacions meteorològiques es troben al mateix cantó del riu Onyar(marge esquerre) i a una distància del riu Onyar similar (inferior a 40 metres) i separats només per una distància de només 267 metres. També Girona-Bonastruc i Girona-Sèquia enregistren precipitacions escasses, inferiors a una mitjana anual de 650 mm. La precipitació mitjana anual d'aquests dos observatoris situats a la part superior del pal·li urbà (damunt de teulades o a les terrasses de la part superior dels edificis) és lleugerament inferior a estacions meteorològiques situades a peu de carrer, com és el cas d'estacions meteorològiques oficials pertanyents a institucions, com és el cas de Girona-SMC (Hortes de Santa Eugènia), amb una mitjana de 721

mm, o Girona-Parc del Migdia (687 mm). També a la Vall de Sant Daniel de Girona amb 738 mm de mitjana hi plou més que al centre urbà de Girona, amb l'excepció de les estacions meteorològiques de Girona-Ciudadans i Girona-Santa Clara. Aquests tres observatoris que estan situats amb condicions meteorològiques avalades per l'Organització Meteorològica Mundial (a 1,5 metres damunt del sòl i lluny d'edificis) permeten justificar la hipòtesi d'un centre urbà de Girona amb precipitació anual lleugerament inferior als afores, i per tant un efecte urbà de supressió de la precipitació per efecte de la contaminació atmosfèrica associada als vehicles.

Per tant els pluviòmetres situats a 20 metres damunt els carrer tenen precipitacions inferiors als pluviòmetres situats a 1,5 metre damunt la superfície, amb l'excepció dels pluviòmetres automàtics de Girona-Santa Clara i Girona-Ciudadans. Aquesta anomalia ens fa pensar que les turbulències del vent de les estacions meteorològiques situades a dalt dels edificis juntament amb els diferents tipus de pluviòmetres (normalment els pluviòmetres manuals, tipus Hellmann, marquen menys que les estacions automàtiques tipus Davis o Oregon). Només els pluviòmetres automàtics d'institucions com Girona-SMC o Girona-AEMET marquen precipitacions correctes, no obstant també trobem una excepció a aquesta norma, el pluviòmetre de la universitat de Girona dona una precipitació mitjana molt escassa, al voltant dels 600 mm anuals, per efecte de la seva posició, al capdamunt d'un edifici de la universitat. Per això podem afirmar que la situacions dels observatoris provoquen diferències intraurbanes en la precipitació que poden estar esbiaixades respecte la realitat, especialment en el cas de precipitacions convectives, associades a tempestes. En tot cas s'observa un efecte important en les tempestes com és la disminució significativa de la precipitació dins la ciutat de Girona dels observatoris pertanyents a la xarxa d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter amb un gradient nord-sud marcat, amb pluges més intenses al nord (Girona-Ciudadans i Girona-Montjuïc) i més dèbils al sud. No obstant, hem observat que el pluviòmetre de Girona-Palau no està ben situat, té uns arbres propers, al nord de l'observatori, i tenint en compte que en els moments en què cau la precipitació a Girona el vent predominant és del nord, això pot subestimar la precipitació real en aquest observatori meteorològic.

També hi ha un altre problema quan comparem la precipitació dels observatoris meteorològics i és si la precipitació del dia civil (observatoris automàtics) o l'encavalcament de dos dies civils (observatoris manuals), això pot plantejar problemes quan comparem precipitacions estratiformes. No obstant si comparem la precipitació dels diferents observatoris en el cas de tempestes estiuenques és poc rellevant, ja que normalment les tempestes tenen una durada temporal escassa (inferior a les 2 hores) i habitualment la precipitació de la tempesta es concentra en el primer dia civil, i sobretot a l'estiu cau a les tardes o migdies, per tant la comparació entre diferents tipus de pluviòmetres no té gaire problemàtica.

Una altra complicació a l'hora de comparar la precipitació de diferents pluviòmetres és que hi han observadors meteorològics que no prenen la precipitació inferior a 1 mm, com és el cas dels observatoris de Fornells de la Selva-centre (Josep Bataller) i Cassà de la Selva-centre (Narcís Dalmau). En el cas de Cassà aquest criteri és fins l'any 1998, després si que l'observador comptabilitza els dies de precipitació inferior a 1 mm. En el cas d'aquests observatoris la precipitació anual és inferior als observatoris de la rodalia (fornells de la Selva-SMC i Cassà de la Selva-SMC) pels criteris d'observació, no per factors naturals. Un altre cas oposat són els observatoris amb

abundants precipitacions horitzontals associades a rosades, com són les estacions meteorològiques automàtiques Davis, especialment d'indrets rurals, amb prop de 80 dies de precipitació igual o superior a 0,2 mm. És el cas, que per exemple en el cas de Sarrià de Ter-Aigües pot incrementar la precipitació real per efecte de la precipitació vertical no horitzontal, en comparació amb altres observatoris, com els manuals són més complicat mesurar la precipitació horitzontal o no recullen tantes rosades. Per exemple cal esmentar que la normativa del Servei Meteorològic de Catalunya assenyala que els observatoris manuals de la Xarxa d'Observacions Meteorològics (XOM) no poden incloure aquest tipus de precipitació com a precipitació del dia esmentat a l'observatori, només es comptabilitza la precipitació vertical (pluja, neu, plugim). Tanmateix a l'estiu es redueix clarament el nombre de dies de precipitació associats a rosades tant en aquest observatori com en d'altres, ja que la humitat relativa disminueix a les nits de l'estiu en comparació amb d'altres.

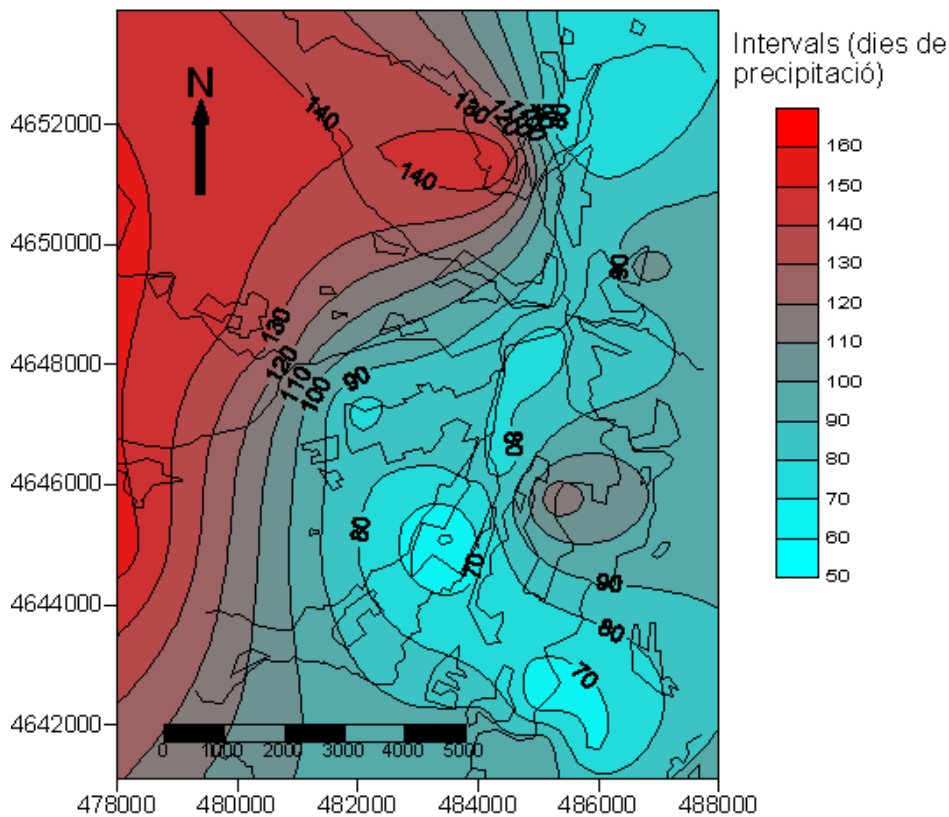


Figura 6.228 Mapa d'isolínies del nombre de dies de precipitació mitjana anual de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014. Aclariment: S'inclouen els dies de precipitació oculta.

També s'han comparat les intensitats de les precipitacions minutals de tempestes, i s'ha observat com l'àrea de sotavent (al sud de la ciutat) aquestes són més fortes, especialment a l'observatori de Fornells de la Selva-SMC. En canvi són menors a la zona indiferent (Girona-Hortes de Santa Eugènia, pertanyent a l'SMC) i al centre de la ciutat de Girona (observatori de Girona-Bonastruc). No obstant hem de tenir l'escassa longitud de la sèrie de Girona-Santa Eugènia, 2010-2014, si la longitud de la seva sèrie fos més àmplia potser canviarien lleugerament els resultats. No disposem de dades de sobrent ja que les estacions meteorològiques que pertanyen a la Xarxa d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter tenen una resolució de la precipitació de 5 mm, no pas inferior.

Índex de continguts

7	Modificació urbana d'altres variables meteorològiques	777
7.1	Modificació del vent	777
7.2	Humitat relativa.....	824
7.3	Nuvolositat.....	844
7.4	Radiació solar	851
7.5	Els fenòmens meteorològics.....	870

Índex de figures

FIGURA 7.1	ROSA DELS VENTS DE GIRONA-PARC DE BOMBERS. PERÍODE 2001-2010.	777
FIGURA 7.2	MAPA DE LA VELOCITAT MITJANA DEL VENT (KM/H) DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DADES DE VELOCITAT DELS OBSERVATORIS SENSE CORREGIR A 10 METRES.	784
FIGURA 7.3	MAPA DE LA VELOCITAT MITJANA DEL VENT (KM/H) DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. DADES DE VELOCITAT DELS OBSERVATORIS CORREGIDES A 10 METRES.	785
FIGURA 7.4	ROSA DELS VENTS DE LES 0 HORES DE DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. (A) GIRONA-VICENS VIVES (B) GIRONA-UNIVERSITAT (C) SARRIÀ DE TER-XVPCA (D) FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA (E) GIRONA-MONTJUÏC (F) GIRONA-PARC DE BOMBERS (G) GIRONA-SANTA EUGÈNIA (H) GIRONA-BONASTRUC....	788
FIGURA 7.5	ROSA DELS VENTS DE LES 8 HORES DE DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. (A) GIRONA-VICENS VIVES (B) GIRONA-UNIVERSITAT (C) SARRIÀ DE TER-XVPCA (D) FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA (E) GIRONA-MONTJUÏC (F) GIRONA-PARC DE BOMBERS (G) GIRONA-SANTA EUGÈNIA (H) GIRONA-BONASTRUC....	790
FIGURA 7.6	ROSA DELS VENTS DE LES 14 HORES DE DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. (A) GIRONA-VICENS VIVES (B) GIRONA-UNIVERSITAT (C) SARRIÀ DE TER-XVPCA (D) FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA (E) GIRONA-MONTJUÏC (F) GIRONA-PARC DE BOMBERS (G) GIRONA-SANTA EUGÈNIA (H) GIRONA-BONASTRUC	792
FIGURA 7.7	ROSA DELS VENTS DE LES 18 HORES DE DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. (A) GIRONA-VICENS VIVES (B) GIRONA-UNIVERSITAT (C) SARRIÀ DE TER-XVPCA (D) FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA (E) GIRONA-MONTJUÏC (F) GIRONA-PARC DE BOMBERS (G) GIRONA-SANTA EUGÈNIA (H) GIRONA-BONASTRUC	794
FIGURA 7.8.	ROSA DELS VENTS DIÀRIA DE DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. (A) GIRONA-VICENS VIVES (B) GIRONA-UNIVERSITAT (C) SARRIÀ DE TER-XVPCA (D) FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA (E) GIRONA-MONTJUÏC (F) GIRONA-PARC DE BOMBERS (G) GIRONA-SANTA EUGÈNIA (H) GIRONA-BONASTRUC	795
FIGURA 7.9	DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT DIÀRIA. ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	802
FIGURA 7.10	DIRECCIÓ MITJANA DEL VENT A LES 0 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	803
FIGURA 7.11	PERCENTATGE DE VENTS ENCALMAT (VELOCITAT IGUAL A 0 KM/H) EN DIFERENTS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA.	804
FIGURA 7.12	ROSA DELS VENTS. GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA. PERÍODE 2011-2015.	805

FIGURA 7.13 HISTOGRAMA DE VELOCITAT DEL VENT. GIRONA-ESCOLA DE MÚSICA. PERÍODE 2011-2015.	806
FIGURA 7.14 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT. GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA. PERÍODE 2010-2015.	806
FIGURA 7.15 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT. GIRONA (DEVESA)- DGQA. PERÍODE 2004-2011.	807
FIGURA 7.16 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). GIRONA-VICENS VIVES. PERÍODE 2004-2007.	807
FIGURA 7.17 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). GIRONA-UNIVERSITAT. PERÍODE 2002-2007.	808
FIGURA 7.18 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). SARRIÀ DE TER. PERÍODE 1998-2000.	808
FIGURA 7.19 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA. PERÍODE 1997-1999.	809
FIGURA 7.20 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). GIRONA-MONTJUÏC. PERÍODE 1999-2001.	809
FIGURA 7.21 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). GIRONA-PARC DE BOMBERS. PERÍODE 2003-2008.	810
FIGURA 7.22 HISTOGRAMA DE VELOCITATS DEL VENT (KM/H). GIRONA-BONASTRUC. ANY 2009.	810
FIGURA 7.23 ROSA DELS VENTS DE DIFERENTS HORES. GIRONA-DEVESA (DGQA). PERÍODE 2004-2011. (A) 0 HORES (B) 7 HORES (C) 14 HORES (D) 21 HORES	811
FIGURA 7.24 VELOCITAT MITJANA DEL VENT HORÀRIA. GIRONA-VICENS VIVES. PERÍODE 2004-2007.	812
FIGURA 7.25 VELOCITAT MITJANA HORÀRIA DEL VENT A GIRONA-UNIVERSITAT. PERÍODE 2002-2007.	813
FIGURA 7.26 VELOCITAT MITJANA DEL VENT A SARRIÀ DE TER-XVPCA. PERÍODE 1998-2000.	813
FIGURA 7.27 VELOCITAT MITJANA DEL VENT A FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA. PERÍODE 1997-1999.	814
FIGURA 7.28 VELOCITAT MITJANA DEL VENT A GIRONA-MONTJUÏC. PERÍODE 1999-2001.	814
FIGURA 7.29 VELOCITAT MITJANA DEL VENT HORÀRIA. GIRONA-PARC DE BOMBERS. PERÍODE 2003-2008.	815
FIGURA 7.30 VELOCITAT VENT HORÀRIA. GIRONA-SANTA EUGÈNIA. PERÍODE 2010-2011.	815
FIGURA 7.31 VELOCITAT MITJANA HORÀRIA DEL VENT. GIRONA-BONASTRUC. ANY 2011.	816
FIGURA 7.32 VELOCITAT MÀXIMA DEL VENT DE DIFERENTS OBSERVATORIS DE L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2011.	817
FIGURA 7.33 TRANSSECTE EÒLIC DEL 3 DE FEBRER DE 2013. AV. RAMON FOLCH-BARRI VELL-PLAÇA DE CATALUNYA. CENTRE URBÀ DE GIRONA. 14,05 HORES.	817
FIGURA 7.34 TRANSSECTE EÒLIC DEL 8 DE MARÇ DE 2012. PLACETA (INSTITUT VELL). BARRI VELL DE GIRONA-PLAÇA SANT CUGAT (SALT). VELOCITAT DEL VENT. 14,02 HORES	818
FIGURA 7.35 TRANSSECTE EÒLIC DEL 8 DE MARÇ DE 2012. PLACETA (INSTITUT VELL). BARRI VELL DE GIRONA-PLAÇA SANT CUGAT (SALT). DIRECCIÓ DEL VENT. 14,02 HORES.	819
FIGURA 7.36 TRANSSECTE EÒLIC DEL 9 DE MARÇ DE 2012. 14,02 HORES. TRANSSECTE 9. VELOCITAT DEL VENT MITJANA	820
FIGURA 7.37 DIRECCIÓ DEL VENT. TRANSSECTE DEL 9 DE MARÇ DE 2012. 12,20 HORES.	820
FIGURA 7.38 VELOCITAT MÀXIMA DEL VENT. TRANSSECTE DEL MIGDIA DEL 20 DE MARÇ DE 2012 (14 HORES). AVINGUDA RAMON FOLCH-BARRI VELL-PLAÇA DE CATALUNYA (GIRONA).....	822
FIGURA 7.39 DIRECCIÓ DEL VENT DEL TRANSSECTE EÒLIC SALT-GIRONA-SALT DEL MIGDIA DEL 20 DE MARÇ DE 2012. 14.07 HORES.	822
FIGURA 7.40 VELOCITAT MITJANA ANUAL DEL VENT DE GIRONA. PERÍODE 1912-1977.	823
FIGURA 7.41 TRANSSECTE TERMOHIGROMÈTRIC W-E. GIRONA (LA VALL DE SANT DANIEL)-DEVESSES DE SALT. 16 DE DESEMBRE DE 2005.	824

FIGURA 7.42 MAPA DE LA HUMITAT RELATIVA MITJANA A LES 0 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	826
FIGURA 7.43 MAPA DE LA HUMITAT RELATIVA MITJANA A LES 7 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.....	827
FIGURA 7.44 MAPA DE LA HUMITAT RELATIVA MITJANA A LES 15 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.	829
FIGURA 7.45 MAPA DE LA HUMITAT RELATIVA MITJANA A LES 21 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.	830
FIGURA 7.46 MAPA DE LA HUMITAT RELATIVA MITJANA ANUAL (%). ÀREA URBANA DE GIRONA.....	831
FIGURA 7.47 DIFERÈNCIA ESTACIONAL MITJANA EN LA HUMITAT RELATIVA. GIRONA-PARC DE BOMBERS-FORNELLS DE LA SELVA (SMC). PERÍODE 2003-2007.....	832
FIGURA 7.48 DIFERÈNCIA HORÀRIA I ESTACIONAL URBANO-RURAL DE LA PRESSIÓ DE VAPOR RELATIVA. GIRONA-PARC DE BOMBERS-FORNELLS DE LA SELVA-SMC. PERÍODE 2003-2007.....	833
FIGURA 7.49 MAPA DE PRESSIÓ MITJANA DE VAPOR A LES 0 HORES. PERÍODE 2002-2010.....	834
FIGURA 7.50 MAPA DE PRESSIÓ MITJANA DE VAPOR A LES 7 HORES. PERÍODE 2002-2010.....	835
FIGURA 7.51 MAPA DE PRESSIÓ MITJANA DE VAPOR A LES 15 HORES. PERÍODE 2002-2010.....	837
FIGURA 7.52 MAPA DE PRESSIÓ MITJANA DE VAPOR DIÀRIA. PERÍODE 2002-2010.....	838
FIGURA 7.53 DIFERÈNCIA DE PRESSIÓ DE VAPOR ESTACIONAL ENTRE SARRIÀ DE TER-XVPCA I FORNELLS DE LA SELVA-XVPCA. PERÍODE 1994-2001.....	842
FIGURA 7.54 DIFERÈNCIA DE PRESSIÓ DE VAPOR (HPA) ENTRE SALT (PLAÇA SANT CUGAT) I GIRONA (SÈQUIA). PERÍODE 1999-2010.....	843
FIGURA 7.55 DIFERÈNCIA DE PRESSIÓ DE VAPOR (HPA) ENTRE SALT (PLAÇA SANT CUGAT) I GIRONA (SÈQUIA). PERÍODE 2001-2007.....	844
FIGURA 7.56 DIFERÈNCIA NUVOLOSITAT. GIRONA (FRANCESC ROGES) I GIRONA (SÈQUIA)-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2009.....	845
FIGURA 7.57 DIFERÈNCIA NUVOLOSITAT DE TIPUS BAIX. GIRONA (FRANCESC ROGES I SÈQUIA)-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1998-2009.	846
FIGURA 7.58 DIFERÈNCIA DIÀRIA URBANO-RURAL EN LA NUVOLOSITAT. SALT-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2009.	846
FIGURA 7.59 GRÀFICA D'ISOPLETES. DIFERÈNCIA EN LA NUVOLOSITAT DIÀRIA I MENSUAL ENTRE SALT (PLAÇA SANT CUGAT) L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2009.	847
FIGURA 7.60 HISTOGRAMA DE DIFERÈNCIES DIÀRIES URBANO-RURALS DE NUVOLOSITAT. SALT-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1999-2011.	848
FIGURA 7.61 DIFERÈNCIA DE NUVOLOSITAT ENTRE SALT I L'AEROPORT DE GIRONA SEGONS L'HORA DEL DIA I L'ESTACIÓ DE L'ANY. PERÍODE 1999-2004.....	849
FIGURA 7.62 DIFERÈNCIA DE NUVOLOSITAT ENTRE SALT I L'AEROPORT DE GIRONA SEGONS L'HORA DEL DIA EN ELS DIES EN QUÈ NOMES HI HA NUVOLOSITAT BAIXA. PERÍODE 1999-2004.	850
FIGURA 7.63 NUVOLOSITAT MITJANA ANUAL A LA CIUTAT DE GIRONA. PERÍODE 1921-2011.....	851
FIGURA 7.64 RADIACIÓ SOLAR MITJANA ESTACIONAL A LES 10 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS.....	852
FIGURA 7.65 RADIACIÓ SOLAR MITJANA ESTACIONAL A LES 14 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS.....	853
FIGURA 7.66 RADIACIÓ SOLAR MITJANA ESTACIONAL A LES 18 HORES EN DIFERENTS OBSERVATORIS.....	854
FIGURA 7.67 RADIACIÓ SOLAR MITJANA DIÀRIA DE VARIS OBSERVATORIS METEOROLÒGICS EN LES DIFERENTS ESTACIONS DE L'ANY.	855

FIGURA 7.68 TAXA DE RADIACIÓ SOLAR (SOTAVENT/SOBREVENT) A LES 10 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.	856
FIGURA 7.69 TAXA DE RADIACIÓ SOLAR (SOTAVENT/SOBREVENT) A LES 14 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.	857
FIGURA 7.70 TAXA DE RADIACIÓ SOLAR (SOTAVENT/SOBREVENT) A LES 17 HORES. ÀREA URBANA DE GIRONA.	858
FIGURA 7.71 TAXA DE RADIACIÓ SOLAR (SOTAVENT/SOBREVENT). VALORS MITJANS DIARIS. ÀREA URBANA DE GIRONA. ...	859
FIGURA 7.72 PERCENTATGE HORARI DE RADIACIÓ SOLAR DE SOTAVENT RESPECTE SOBREVENT AMB DIFERENTS ESTATS DEL CEL.	860
FIGURA 7.73 PERCENTATGE HORARI DE RADIACIÓ SOLAR DE SOTAVENT RESPECTE SOBREVENT AMB DIFERENTS ESTATS DEL CEL.	861
FIGURA 7.74 PERCENTATGE RELATIU DE LA RADIACIÓ GLOBAL MITJANA ESTACIONAL DE SOTAVENT RESPECTE SOBREVENT. .	867
FIGURA 7.75 DIFERÈNCIA ABSOLUTA HORÀRIA DE LA RADIACIÓ SOLAR URBANO-RURAL ENTRE L'OBSERVATORI RURAL (GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA) I L'OBSERVATORI URBÀ (GIRONA-PARC DEL MIGDIA). PERÍODE 2011-2015.	868
FIGURA 7.76 PERCENTATGE MENSUAL HORÀRIA DE LA RADIACIÓ SOLAR URBANO-RURAL ENTRE L'OBSERVATORI RURAL (GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA) I L'OBSERVATORI URBÀ (GIRONA-PARC DEL MIGDIA). PERÍODE 2011-2015.	868
FIGURA 7.77 DIFERÈNCIA DIES DE BOIRA ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2000. ..	871
FIGURA 7.78 DIES DE BOIRA A GIRONA. PERÍODE 1912-2011.	871
FIGURA 7.79 MAPA D'ISOLÍNIES DELS DIES DE BOIRA ANUALS A L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	873
FIGURA 7.80 DIES DE NEU ANUALS A GIRONA. PERÍODE 1900-2014.	873
FIGURA 7.81 DIFERÈNCIA ENTRE ELS DIES DE NEU DE GIRONA I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1974-2000.	874
FIGURA 7.82 MAPA D'ISOLÍNIES DE DIES DE NEU A L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	875
FIGURA 7.83 DIES DE CALAMARSA ANUALS A GIRONA. PERÍODE 1912-2011.	876
FIGURA 7.84 DIFERÈNCIA ANUAL EN EL NOMBRE DE DIES DE CALAMARSA. GIRONA-AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973- 2011. OBSERVATORIS DE GIRONA: GIRONA-BELL-LLOC (1973-2008) I GIRONA-SANT DANIEL (2009-2012).	877
FIGURA 7.85 MAPA D'ISOLÍNIES DELS DIES DE CALAMARSA A L'ÀREA URBANA DE GIRONA. PERÍODE 1998-2014.	878
FIGURA 7.86 DIFERÈNCIA ENTRE ELS DIES DE TEMPESTA ANUALS ENTRE GIRONA (BELL-LLOC) I L'AEROPORT DE GIRONA. PERÍODE 1973-2000.	879
FIGURA 7.87 DIES DE TEMPESTA A GIRONA. PERÍODE 1912-2011.	879
FIGURA 7.88 MAPA D'ISOLÍNIES DELS DIES DE TEMPESTA. PERÍODE 1998-2014.	881
FIGURA 7.89 MAPA D'ISOLÍNIES DELS DIES DE GEBRADA. PERÍODE 1998-2014.	883

Índex de taules

TAULA 7.1 VELOCITAT MITJANA MENSUAL DEL VENT A GIRONA PARC DE BOMBERS. PERÍODE 2001-2010.	778
TAULA 7.2 VELOCITAT DEL VENT DELS OBSERVATORIS CORREGIDA A 10 METRES DAMUNT DEL SÒL I SENSE CORREGIR.	779
TAULA 7.3 DADES METEOROLÒGIQUES DEL 3 DE FEBRER DE 2013.	818
TAULA 7.4 CONDICIONS METEOROLÒGIQUES. TRANSSPECTE EÒLIC 9 DE MARÇ DE 2012.	819

TAULA 7.5 CORRELACIÓ ENTRE TEMPERATURA I DIFERENTS PARÀMETRES DEL VENT.	821
TAULA 7.6 CONDICIONS METEOROLÒGIQUES. TRANSECTE EÒLIC 20 DE MARÇ DE 2013.	822
TAULA 7.7 EQUACIÓ DE REGRESSIÓ MÚLTIPLE ENTRE LA PRESSIÓ DE VAPOR I ALTRES VARIABLES GEOGRÀFIQUES.	839
TAULA 7.8 CORRELACIÓ ENTRE LA PRESSIÓ DE VAPOR I VARIABLES GEOGRÀFIQUES.	839
TAULA 7.9 DADES DELS TRANSECTES TERMOHIGROMÈTRICS DE SALT.....	840
TAULA 7.10 CORRELACIÓ ENTRE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR I LA INTENSITAT DE L'ILLA DE SEQUEDAT A GIRONA. PERÍODE 2003-7.	840
TAULA 7.11 CORRELACIÓ ENTRE LA INTENSITAT DE L'ILLA DE CALOR I LA DIFERÈNCIA DE PRESSIÓ DE VAPOR URBANO-RURAL A GIRONA. PERÍODE 2003-2007.....	840
TAULA 7.12 PERCENTATGE DE LA RADIACIÓ SOLAR DE SOBREVENT RESPECTE DE LA ZONA DE SOTAVENT EN DIFERENTS ESTACIONS ASTRONÒMIQUES.	855
TAULA 7.13 PERCENTATGE ESTACIONAL DE LA RADIACIÓ SOLAR DE LES 10 HORES (SOTAVENT/SOBREVENT) SEGONS DIFERENTS ESTATS DEL CEL.....	862
TAULA 7.14 PERCENTATGE ESTACIONAL DE LA RADIACIÓ SOLAR DE LES 14 HORES (SOTAVENT/SOBREVENT) SEGONS DIFERENTS ESTATS DEL CEL.....	862
TAULA 7.15 PERCENTATGE ESTACIONAL I ANUAL DE RADIACIÓ SOLAR EXPRESSAT EN PERCENTATGE DE SOTAVENT EN RELACIÓ A SOBREVENT AMB DIFERENT TIPUS DE NUVOLOSITAT	863
TAULA 7.16 PERCENTATGE DE RADIACIÓ SOLAR EXPRESSADA EN W/M2 DE SOTAVENT EN RELACIÓ A SOBREVENT AMB CEL SERÈ EN DIFERENTS HORES DEL DIA I AMB DIVERSES DIRECCIONS DEL VENT.	863
TAULA 7.17 PERCENTATGE DE RADIACIÓ SOLAR EXPRESSADA EN W/M2 DE SOTAVENT EN RELACIÓ A SOBREVENT AMB CEL NÚVOL EN DIFERENTS HORES DEL DIA I AMB DIVERSES DIRECCIONS DEL VENT.	864
TAULA 7.18 PERCENTATGE DE RADIACIÓ SOLAR EXPRESSADA EN W/M2 DE SOTAVENT EN RELACIÓ A SOBREVENT AMB CEL TAPAT EN DIFERENTS HORES DEL DIA I AMB DIVERSES DIRECCIONS DEL VENT	865
TAULA 7.19 DISMINUCIÓ RELATIVA (%) DE LA RADIACIÓ SOLAR URBANA MENSUAL DE L'ESTACIÓ URBANA (GIRONA-ESCOLA DE LA MÚSICA) RESPECTE A LA RURAL (GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA). PERÍODE 2011-2015.....	869
TAULA 7.20 DISMINUCIÓ RELATIVA (%) DE LA RADIACIÓ SOLAR URBANA ESTACIONAL (GIRONA-ESCOLA DE LA MUSICA) RESPECTE A LA RURAL (GIRONA-HORTES DE SANTA EUGÈNIA). PERÍODE 2011-2015.	869
TAULA 7.21 MITJANA DE DIES DE BOIRA SEGONS DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS.	871
TAULA 7.22 MITJANA DE DIES DE NEU SEGONS DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS.	874
TAULA 7.23 DIES DE CALAMARSA A GIRONA. PERÍODE 1912-2014.	876
TAULA 7.24 DIES DE TEMPESTA DE DIFERENTS INTERVALS TEMPORALS A GIRONA. PERÍODE 1912-2011.	880

7 Modificació urbana d'altres variables meteorològiques

7.1 Modificació del vent

La ciutat de Girona es troba situada al nord de la depressió prelitoral. La seva posició geogràfica i topogràfica provoca que els vents predominants siguin fluixos i a més són de caràcter local. Els vents terral forts típics d'altres àrees properes, com l'Empordà i la costa Brava, vents principalment de tramuntana, sovint no arriben a l'àrea urbana de Girona com a conseqüència de la protecció que exerceixen tant la serralada pirinenca, com el sistema Transversal. El vent de ponent tampoc hi arriba amb gaire força per l'efecte de pantalla del massís de les Guilleries, Serralada Prelitoral.

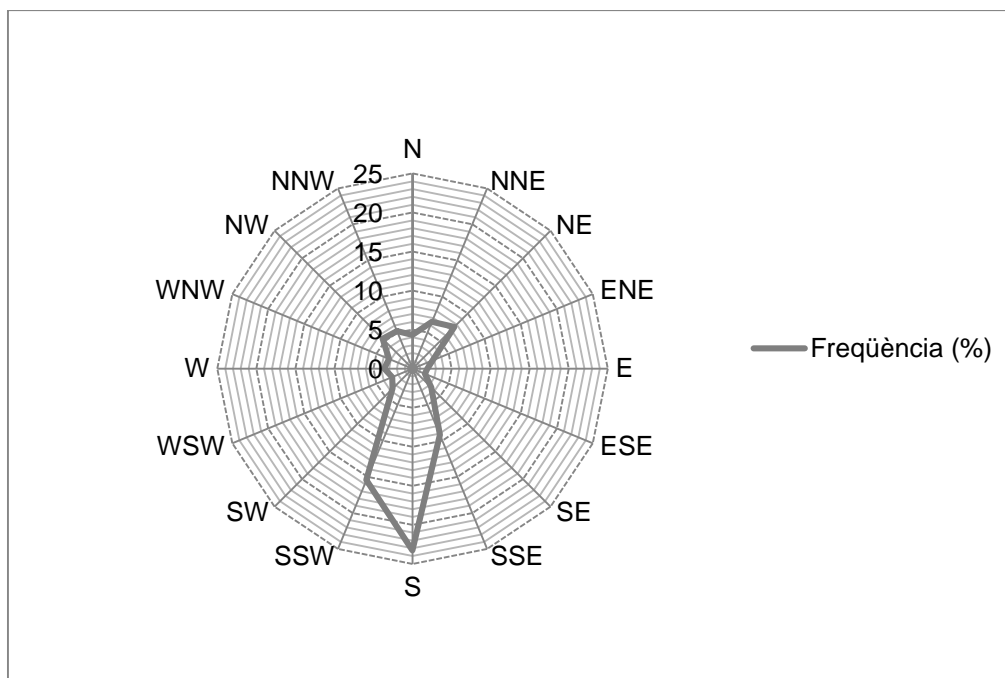


Figura 7.1 Rosa dels vents de Girona-Parc de Bombers. Període 2001-2010.

A Girona hi ha una bipolarització dels vents, tot i que hi ha un predomini dels fluxos d'aire de migjorn. Això significa que dues direccions dels vents gairebé oposades (gregal i migjorn) són les predominants en la rosa dels vents. El vent de migjorn és molt freqüent (23 %) a la ciutat de Girona gràcies a la disposició del relleu que facilita la penetració d'aquest vent, bàsicament la forma de la depressió prelitoral de la Selva i també com a conseqüència de la relativa proximitat del mar Mediterrani que afavoreix que les marinades predominants tinguin la direcció del sud. Després del migjorn el vent més freqüent és el garbí amb el 16 %. El gregal és el tercer vent més freqüent (8 %). En 4t lloc tenim la tramuntana que és un vent que a vegades és intens, però a Girona no bufa tan sovint, ni tan fort com a l'Empordà per l'efecte de pantalla de la

serralada dels Pirineus. Cal remarcar que hi ha dos règims de vent estacionals a Girona. Durant l'època càlida de l'any (maig-octubre) hi ha un predomini absolut del vent de migjorn (en més de la meitat dels dies el vent bufa d'aquesta direcció), mentre que entre novembre i abril hi ha un dualisme dels vents, el vent de migjorn alterna amb la tramuntana i el d La ciutat de Girona es troba situada al nord de la depressió prelitoral. La seva posició geogràfica i topogràfica provoca que els vents predominants siguin fluixos i a més són de caràcter local. Els vents terral forts típics d'altres àrees properes, com l'Empordà i la costa Brava, vents principalment de tramuntana, sovint no arriben a l'àrea urbana de Girona com a conseqüència de la protecció que exerceixen tant la serralada pirinenca, com el sistema Transversal. El vent de ponent tampoc hi arriba amb gaire força per l'efecte de pantalla del massís de les Guilleries, Serralada Prelitoral.

La velocitat mitjana del vent a Girona-Parc de Bombers és de 5,0 km/h (veure taula 7.2.). La distribució mensual de la velocitat mitjana del vent ens mostra un màxim al mes d'abril, 6,2 km/h, i un mínim al mes de desembre, 3,6 km/h. El vent enregistra les velocitats mitjanes mensuals més elevades a la primavera i de forma secundària a l'estiu degut a l'elevada freqüència de marinades (estiu) i a la combinació de les marinades amb els vents regionals i terrals a la primavera. D'altra banda, als inicis de l'hivern els vents encalmats són molt freqüents i els vents regionals bufen poc sovint, per aquest motiu tenim el mínim de velocitat del vent al mes de desembre.

Taula 7.1 Velocitat mitjana mensual del vent a Girona Parc de Bombers. Període 2001-2010.

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Bombers	4,1	4,6	5,7	6,2	6,0	5,7	5,7	5,3	4,6	4,7	4,1	3,8	5,0

S'observen importants diferències en la velocitat del vent en zones urbanes en funció de la situació geogràfica i especialment de la geometria dels carrers. Així en places la velocitat del vent augmenta (Girona-Plaça Poeta Marquina), 5,6 km/h, igualment com en observatoris propers a carrers amb orientació est-oest (Girona-Fedac Pare Coll), 3,9 km/h. En canvi en carrers amb orientació nord-sud la velocitat disminueix, Girona-Escola de Música, 2,7 km/h. També hi ha diferències importants en la velocitats entre estacions properes als rius, mentre hi ha estacions properes al riu Onyar amb velocitats baixes del vent, Girona-Santa Clara , 4,0 km/h, Girona-Barri Vell, 4,1 km/h, i altres observatoris amb velocitats relativament altes, com Girona-IES Vicens Vives la velocitat mitjana és de 6,7 km/h. Una de les explicacions de les diferències és la major altitud de l'anemòmetre de Girona-Vicens Vives, al voltant de 110 m, mentre els altres es troben al voltant de 90 m, però també l'absència d'obstacles més elevats, com edificis propers, afavoreix la major velocitat del vent a Girona-Vicens Vives.

Si tenim en compte la situació geogràfica, el vent és més elevat a la perifèria de la ciutat de Girona (Celrà, aeroport de Girona, Bescanó) i és més baixa a la ciutat, probablement el microclima de Girona amb menor freqüència de vents forts i moderats, juntament amb la menor altitud implica una menor velocitat del vent de forma natural a la zona on està emplaçada la ciutat. També la proximitat del turons de les Pedreres i Montjuïc probablement disminueix la velocitat mitjana del vent quan bufa tramuntana. Les úniques excepcions són els indrets de la ciutat situats al cantó de rius (Girona-Vicens Vives i Girona-Maristes) on la canalització del vent en una secció estreta provoca un increment del vent per l'efecte Bernoulli, i també els indrets elevats de la ciutat de Girona, l'observatori de Girona-Montjuïc és el més ventós de tota l'àrea urbana, si fem la correcció de vent tenint en compte l'altura damunt del sòl.

Hem de tenir en compte que considerem l'altura del sòl, no tenim en compte l'altura relativa damunt del sòl, sinó l'altura sobre el peu del màstil damunt del qual està instal·lat l'anemòmetre. Això pot provocar diferències en la correcció que són més grans o més petites, en funció de l'altura damunt de l'altura de l'anemòmetre respecte la part inferior del màstil.

Taula 7.2 Velocitat del vent dels observatoris corregida a 10 metres damunt del sòl i sense corregir.

Observatori	Velocitat sense corregir (en km/h)	Velocitat corregida a 10 m (en km/h)
Girona-Santa Eugènia	5,1	5,1
Girona-Devesa-DGQA	2,8	3,6
Girona-Sant Narcís	3,9	3,9
Girona-Pl. Poeta Marquina	4,3	5,6
Girona-Música	2,1	2,7
Girona-Barri Vell	2,8	4,1
Girona-Santa Clara	2,7	4,0
Girona-Universitat	4,6	6,8
Aeroport de Girona	9,2	9,2
El Perelló	3,4	4,4
Girona-Parc de Bombers	5,0	5,0
Girona-Montjuïc	8,3	12,5
Girona-Vicens Vives	6,1	6,7
Girona-Bonastruc	2,1	3,2
Girona-Maristes	4,2	6,3
Salt-Barri Vell	2,1	3,2
Sant Gregori	3,3	4,9
Sarrià de Ter-XVPCA	4,1	5,3
Fornells de la Selva-XVPCA	3,5	4,6
Bescanó	5,5	8,2
Celrà	8,0	11,9

La velocitat mitjana del vent experimenta grans variacions a l'àrea urbana de Girona. Així, l'observatori més ventós, Girona-Montjuïc, amb 12,5 km/h, té una velocitat mitjana gairebé 4 vegades superior a l'estació amb menys vent, Girona-Bonastruc, 3,2 km/h. Hi ha varies causes que afavoreixen aquesta irregularitat del vent. La gran rugositat de la superfície natural i urbana de Girona, amb edificis de diferents alçades que provoquen una ombra eòlica al centre de la ciutat, on s'ubica Girona-Bonastruc. També la presència i orientació dels cursos fluvials, que solquen la ciutat i rodalies. En la proximitat dels rius Onyar i Güell la velocitat del vent augmenta com a conseqüència de la canalització del vent en aquest sector. La presència de turons i valls amb una amplada variable també condiciona la velocitat del vent. Així al turó de Montjuïc la velocitat del vent és més elevada ja que hi trobem l'observatori homònim on la velocitat és superior. D'altra banda la proximitat a la plana empordanesa implica que l'estació més propera a aquesta àrea, Celrà, tingui velocitats superiors a la resta d'observatoris propers (en condicions topogràfiques i urbanes similars).

Els observatoris més ventosos (velocitat corregida a 10 metres damunt del sòl) són Girona-Montjuïc, Celrà, l'aeroport de Girona i Bescanó. D'altra banda les estacions amb la menor velocitat del vent són Girona-Escola de Música, Girona-Bonastruc i Salt-Barri Vell. Les estacions del centre de Girona són menys ventoses que les rodalies, també hem d'afegir la part vella de Salt. Així a les zones urbanes amb més rugositat de la conurbació de Girona i Salt la velocitat és inferior en comparació amb les zones urbanes i rurals properes. Si tenim en compte la reducció de la velocitat del vent a 10 metres el descens és de 2 km/h, que, per una velocitat regional del vent de 5 km/h (velocitat observada en una estació rural sense obstacles propers, Girona-Hortes de Santa Eugènia), això representa un descens del 40 % de la velocitat, un descens relatiu força important que es deu a l'efecte de frenat dels edificis.

Les estacions menys ventoses, sense fer cap rectificació en la velocitat original del vent, són Girona-Bonastruc, Salt-Barri Vell, Girona-Santa Clara, Girona-Barri Vell i Girona-Devesa-DGQA. Amb l'excepció de Girona-Devesa-DGQA que està molt a prop de la llera del riu Güell en un entorn suburbà els altres observatoris es troben en zones fortament urbanitzades, on la geometria en canyons provoca una alteració del vent, altera tanta la velocitat com la direcció del vent. En aquestes estacions urbanes s'observa una clara reducció del vent en comparació amb altres observatoris suburbans i rurals propers. Així als observatoris de Girona-Escola de Música Girona-Bonastruc i Salt-Barri Vell la reducció del vent gairebé arriba al 60 % respecte l'observatori rural més comparable per condicions geogràfiques i altitud, Girona-Hortes

de Santa Eugènia, la velocitat mitjana anual del vent respectivament és de 2,1km/h en les 3 estacions rurals, mentre en canvi a l'observatori rural és de 5,1 km/h.

Si observem el mapa de la velocitat mitjana del vent (veure figura X) ens adonem de les importants diferències intraurbanes en la velocitat del vent de la ciutat de Girona. Així dos observatoris molt propers (Girona-Vicens Vives) i Girona (Escola de la Música), separats únicament per 900 metres, són els que presenten la major i menor velocitat mitjana del vent (6,7 i 2,7 km/h respectivament) dels observatoris de la ciutat ubicats al pla de Girona. L'observatori de Girona-Vicens Vives té una velocitat mitjana moderadament inferior a l'observatori de Girona-Montjuïc, 12,5 km/h. Aquesta estació té la velocitat més elevada del vent de tota l'àrea urbana de Girona, afavorida per la seva situació topogràfica, ja que està situat damunt d'un turó a 184 metres.

El màxim de vent de Girona-Vicens Vives dins de la ciutat de Girona està causat per 2 fets, l'absència d'obstacles més elevats (edificis propers) i la proximitat al riu Onyar. L'observatori es troba en la terrassa superior d'un edifici per damunt de la resta d'edificacions del voltant i a més està a prop del riu Onyar que canalitza el vent. El màxim urbà del vent al pla de Girona es localitza en un entorn obert, proper al riu Onyar, i per sobre del pal.li urbà. Això ens fa pensar en què la ciutat tot i que modifica la velocitat del vent, disminuint-la, aquesta disminució no afecta els entorns urbans més oberts, prop dels rius. A més la davallada de la velocitat del vent és més clara al nivell del carrer i per sobre del pal.li urbà gairebé no s'observa aquest efecte de descens de la velocitat. A una altura determinada, sobre el pal.li urbà, la velocitat del vent és fins i tot superior dins la ciutat (observatori de Girona Vicens Vives) que a les àrees rurals o suburbanes pròximes. Així, a l'observatori de Girona-Vicens Vives tenim un 35 % més de velocitat del vent que a Girona-Parc de Bombers (6,7-4,9 km/h), tot i trobar-se aquesta estació a sobrevent de la ciutat i en un entorn suburbà. En tot cas, el màxim de velocitat del vent al centre de la ciutat observat a Girona-Vicens Vives té dues causes, l'augment de la inestabilitat de l'aire damunt de la ciutat en les hores diürnes com a conseqüència de l'efecte de l'illa de calor (LANDSBERG, 1981), la qual cosa afavoreix l'increment de la velocitat del vent, i també la canalització del vent a prop dels rius, que per l'efecte Bernoulli provoca un increment de la velocitat del vent a Girona-Vicens Vives. El vent del SSW (vent predominant a Girona-Vicens Vives) es troba canalitzat per la vall del riu Onyar i, per tant, augmenta la seva velocitat al centre de Girona en les àrees properes al riu, com és el cas de l'observatori esmentat.

D'altra banda, els mínims de la velocitat del vent de l'observatori de Girona-Escola de la Música (2,7 km/h) i Girona-Bonastruc, 3,2 km/h, reflexa clarament la incidència que tenen els edificis sobre el vent. Així, l'augment de la rugositat de la ciutat respecte el

camp provoca una disminució de la velocitat del vent, que es manifesta sobretot dins el pal·li urbà (que es troba situada entre la superfície i el límit altitudinal superior dels canyons urbans o nivell superior de les teulades dels edificis), mentre que per sobre del pal·li la velocitat és superior a aquesta porció de la capa límit urbana. L'estació de Girona-Escola de la Música és la que té la velocitat inferior ja que l'anemòmetre es troba per dessota del nivell del al·li urbà, al voltant de 4 metres damunt del sòl i el pal·li urbà es troba al voltant de 20 metres. Tot i que l'observatori de Girona-Bonastruc es troba a 20 metres sobre el carrer, com l'anemòmetre es troba molt a prop de la façana de l'edifici (a 2 metres) el vent és molt dèbil, probablement amb una velocitat una mica superior a la que hi ha al nivell dels carrers de l'Eixample (OKE, 1987). L'àrea menys ventosa de la ciutat de Girona segurament correspon a l'Eixample i al Barri Vell, a l'Eixample trobem l'observatori de Girona-Bonastruc i Girona-Escola de la Musica. Al Barri Vell no hi ha cap observatori, tot i que hi ha una estació veïna que tot i rebre el nom de Girona-Barri Vell es troba al Mercadal, és l'estació de la Plaça de la Independència. Això es deu a l'elevada proporció de sòl urbanitzat i al baix factor de visió del cel (SVF), els carrers són un obstacle artificial que dificulta la circulació del vent. En els transectes eòlics hem observat com la velocitat és més baixa al Barri Vell respecte l'Eixample. La vall de Sant Daniel també seria una de les àrees menys ventoses del municipi de Girona. Tot i que no disposem de dades de vent d'aquesta àrea, la forma topogràfica d'aquesta vall, que és una cubeta rodejada de turons, i la pròpia experiència del vent observat en aquesta zona durant els transectes tèrmics que hem realitzat per estudiar l'illa de calor de Girona, ens fa pensar que és una de les zones amb menys vent de tota l'àrea urbana de Girona.

També cal esmentar la variació que experimenta el vent en les zones perifèriques de la ciutat. Així als turons que envolten la ciutat la velocitat del vent augmenta respecte la zona on es troba la ciutat, el pla de Girona. Aquest fenomen no es manifesta de la mateixa manera al turó de Montilivi (poc elevat), on tenim l'estació meteorològica de Girona-Universitat (115 m), amb una velocitat mitjana de 5,2 km/h, que a Montjuïc (184 m), on tenim el 2n màxim de la velocitat mitjana, 12,5 km/h, valor superior al que hi ha a Girona-Vicens Vives, 6,7 km/h. Així, diferents estudiosos del vent (AVIA, 1995; LE GOURIÉRES, 1983) esmenten els turons com a llocs molts idonis per a les instal·lacions d'energia eòlica. Hi ha una altra àrea situada prop del centre urbà de Girona on hi ha un màxim secundari de la velocitat del vent (6,2 km/h), l'observatori de Girona-Maristes, estació molt propera al riu Güell. En aquest cas similar al de Girona-Vicens Vives la canalització del vent en la zona propera al riu orientat en sentit sud-nord provoca l'increment de la velocitat del vent. Els rius són canalitzadors del vent a

l'àrea urbana de Girona, especialment en els sectors on l'orientació del riu és sud-nord. En la ciutat de Girona els llocs més ventosos coincideixen amb els ponts sobre els rius segons l'experiència dels transsectes eòlics realitzats durant dies amb vent moderat i fort (tant migjorn com tramuntana).

Al sud-oest i oest de la ciutat de Girona la velocitat del vent assoleix un altre mínim, idèntic al mínim absolut. Així l'observatori de Salt-Barri Vell té una velocitat mitjana de 3,2 km/h. L'efecte urbà es suma també un efecte natural, a Salt el vent té velocitats inferiors, probablement per la proximitat amb els turons de Bescanó que es troben 2 quilòmetres a l'oest de Salt i també perquè no tenim un riu amb orientació sud-nord, com és el riu Onyar en el cas de Girona que canalitza el vent, sinó un riu amb orientació est-oest, el riu Ter. Hem de tenir en compte que el vent del sud és el predominant al pla de Girona, per tant les valls de l'àrea urbana de Girona amb rius que tenen l'orientació nord-sud experimenten velocitats del vent més elevades que les dels rius amb orientació est-oest. A més, s'ha observat en els transsectes realitzats que el vent de tramuntana és més dèbil a Salt que a Girona, cosa que té relació amb la proximitat als contraforts de Rocacorba que protegeix la ciutat envers la tramuntana.

També s'ha de destacar l'efecte canalitzador del vent, en les àrees properes a rius la velocitat del vent augmenta. Això s'observa comparant les dades de l'observatori de Girona (Vicenc Vives) que a les àrees rurals o suburbanes pròximes. Així a Girona-Vicenc Vives tenim gairebé el doble de velocitat del vent que a Girona-Parc de Bombers (8,9 enfront 4,9), tot i trobar-se aquesta estació a sobrevent de la ciutat i en un entorn suburbà. Encara la diferència és més gran entre Girona-Vicenc Vives i Girona-Bonastruc, 3,2 km/h. En tot cas el màxim de velocitat del vent al centre de la ciutat observat a Girona-Vicenc Vives (8,9 km/h) sembla tenir dues causes, l'augment de la inestabilitat de l'aire damunt de la ciutat en les hores diürnes com a conseqüència de l'efecte de l'illa de calor (LANDSBERG, 1981), la qual cosa afavoreix l'increment de la velocitat del vent, i també la canalització del vent a proa dels rius, que per l'efecte Bernoulli provoca un increment de la velocitat del vent a Girona-Vicenc Vives. El vent del SSW es troba canalitzat per la vall del riu Onyar i per tant augmenta la seva velocitat al centre de Girona en les àrees properes al riu, com és el cas de l'observatori de Girona-Vicenc Vives.

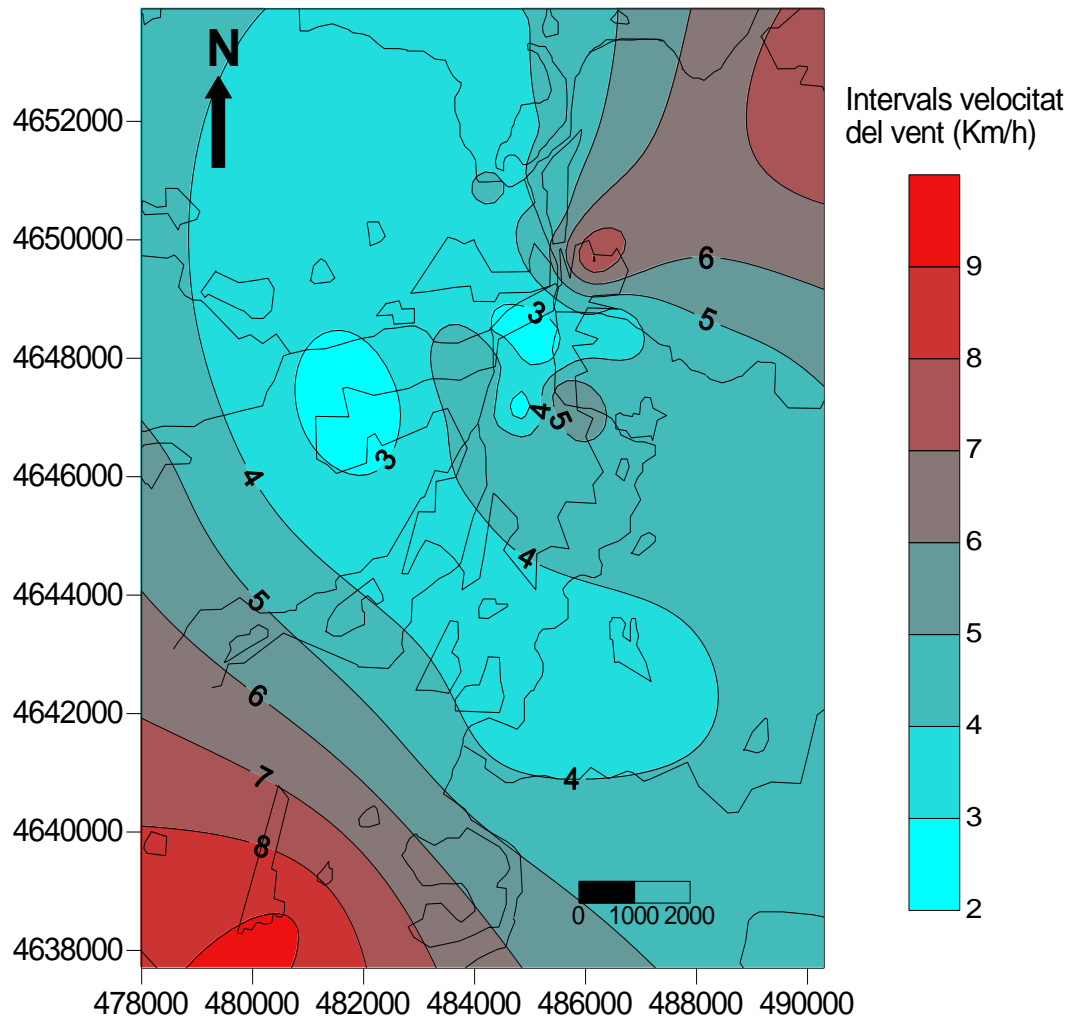


Figura 7.2 Mapa de la velocitat mitjana del vent (km/h) de l'àrea urbana de Girona. Dades de velocitat dels observatoris sense corregir a 10 metres.

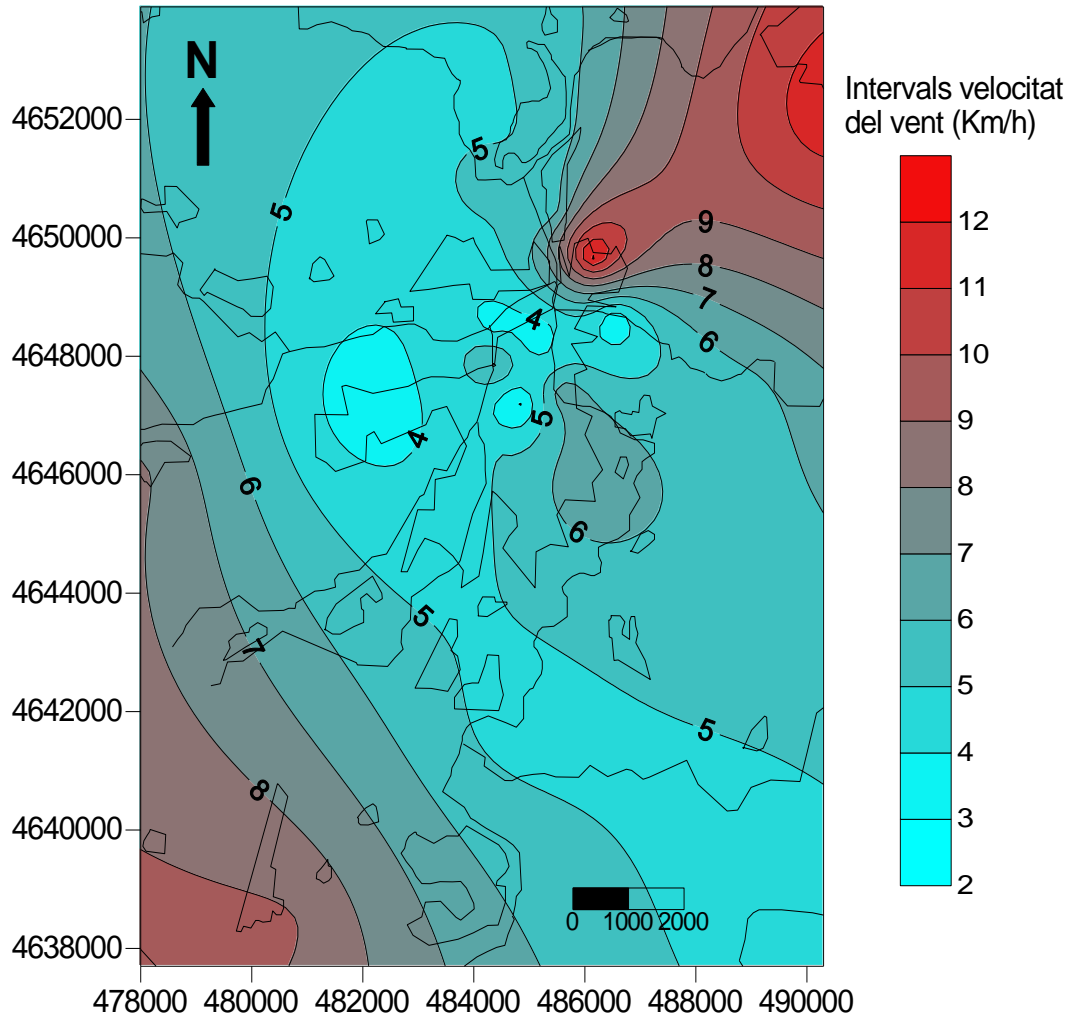


Figura 7.3 Mapa de la velocitat mitjana del vent (km/h) de l'àrea urbana de Girona. Dades de velocitat dels observatoris corregides a 10 metres.

Entre els 2 mapes s'observen diferències importants, mentre que al primer mapa la velocitat mitjana anual del vent de l'aeroport de Girona és superior a la de Girona-Montjuïc, 9 km/h i 7,5 km/h respectivament, en el segon mapa l'observatori de Girona-Montjuïc enregistra la velocitat més elevada, 11,9 km/h. També hi ha un altre observatori, Celrà, que en el primer mapa enregistra una velocitat del vent inferior a l'aeroport, mentre en el segon mapa és superior, 11 km/h. Hem de tenir en compte que les dades de velocitat del vent de l'aeroport de 10 metres són obtingudes a l'altura recomanada per l'Organització Meteorològica Mundial, 10 metres, mentre que en els altres observatoris l'anemòmetre es troba a una altura inferior damunt del sòl, a 3 metres. Encara que probablement s'hauria de relativitzar aquest valor, ja que l'estació de Girona-Montjuïc es troba damunt d'una teulada, la qual cosa pot incrementar la velocitat respecte l'altura a 3 metres damunt del terra del carrer. Però l'Organització Meteorològica Mundial considera que si un anemòmetre es troba damunt de la part alta d'un edifici aquest aparell ha d'estar situat damunt d'un màstil a 10 metres ja que així marca valors reals de vent a 10 metres. Per això hem realitzat aquesta correcció,

tot i que considerem que pot ser excessiva. En tot cas, en els dos mapes s'observa com hi ha una ombra eòlica tant als centres de Girona com al nucli urbà de Salt i que les úniques àrees de la ciutat on el vent presenta una velocitat similar a la dels afores són els observatoris propers als rius, en aquest cas els observatoris del col·legi Maristes i IES Vicens Vives. D'altra banda, el vent regional, o vent natural, tendeix a augmentar cap al SW, cap a l'aeroport de Girona, això està causat per la major altura d'aquesta zona, 143 metres, respecte el centre de Girona, que està a 70 metres. Però una altra causa és la major proximitat de l'aeroport respecte el mar en comparació amb la ciutat de Girona, la qual cosa provoca que les marinades siguin força més intenses a l'aeroport en comparació amb la ciutat. Una altra causa és la situació geogràfica de l'aeroport, propera al centre de la plana de la Selva i sense turons propers, on els vents són més forts respecte la ciutat ja que no tenen obstacles com són els turons que envolten Girona. Així, les ratxes de vent, fins i tot les de tramuntana, tot i que l'aeroport està al sud de la ciutat de Girona, sovint són més fortes a l'aeroport en comparació amb la ciutat. Així, el 10 de febrer de 1984 a la universitat de Girona (Montilivi) la tramuntana assolí una ratxa màxima de 96,4 km/h (segons el diari Punt Diari), mentre a l'aeroport la ratxa màxima fou de 110 km/h.

Pel que fa als vents intensos cal remarcar que a la ciutat de Girona els vents forts més freqüents són els de tramuntana, gregal i garbí, mentre que els menys persistents són els fluxos d'aire del segon quadrant. La tramuntana és el vent que bufa amb més intensitat a la ciutat de Girona. Tot i això la tramuntana és menys forta al Gironès que a la plana empordanesa. Així el vent del nord supera els 60 km/h a Girona només durant 2,3 dies a l'any (segons dades de l'observatori de Montjuïc). La tramuntana és un vent que bufa sobretot durant la primavera i a l'hivern. Els vents de ponent i llebeig són més freqüents a la primavera i a la tardor, com a conseqüència del pas de pertorbacions atlàntiques.

Durant la nit (observació de les 0 hores) el vent predominant és del nord-oest a la part occidental de l'àrea urbana, Salt i de ponent a Girona-Santa Eugènia. D'altra banda a la majoria d'observatoris el vent predominant és del 3r quadrant, per exemple del SSW a Girona-Montjuïc, Sarrià de Ter i Girona-Parc de Bombers. Fornells de la Selva, situada en la part meridional de l'àrea urbana gironina, presenta vents predominants del nord, igualment com Girona-Vicens Vives. A l'observatori situat a l'Eixample de Girona, al carrer Bonastruc, també anomenat Girona-Devesa, el vent predominant és de gregal. Per tant s'observa una convergència de vents a l'àrea urbana de Girona que està produïda per les brises locals descendents nocturnes que descendeixen de les Gavarres i de Rocacorba i convergeixen a la part més baixa del pla de Girona, on hi ha

la ciutat de Girona. S'ha de remarcar, però, que no existeix una convergència de vents en tota l'àrea urbana de Girona, així tenim divergència de vents entre Fornells de la Selva i Sarrià de Ter, El vent del sud és el predominant durant la nit i la matinada a Sarrià de Ter (XVPCA) i en canvi és del nord a Fornells de la Selva (XVPCA). Això significa que l'illa de calor urbana no afecta a la direcció dels vents nocturns i matinals a la ciutat de Girona. Teòricament si el vent és induït per l'illa de calor (diferent temperatura entre zones rurals i urbanes, més elevada al centre de Girona) el vent hauria de ser convergent en totes les direccions cap al centre urbà de Girona i en canvi és divergent. Els vents reals són vents catabàtics que llisquen de les àrees més elevades (turons i muntanyes que envolten l'àrea urbana de Girona) cap a les fondalades seguint el recorregut dels cursos fluvials. El vent és del sud a Sarrià ja que segueix el riu Ter, i Sarrià està més baixa (66 m) que Girona (70 m). Igualment Fornells de la Selva està a 102 metres d'altura, i Palau cap a 130 metres, Girona està a 70 m, el vent descendeix des de la Creu de Palau cap a Fornells, ja que l'aire fred és més dens i s'acumula al fons de les valls.

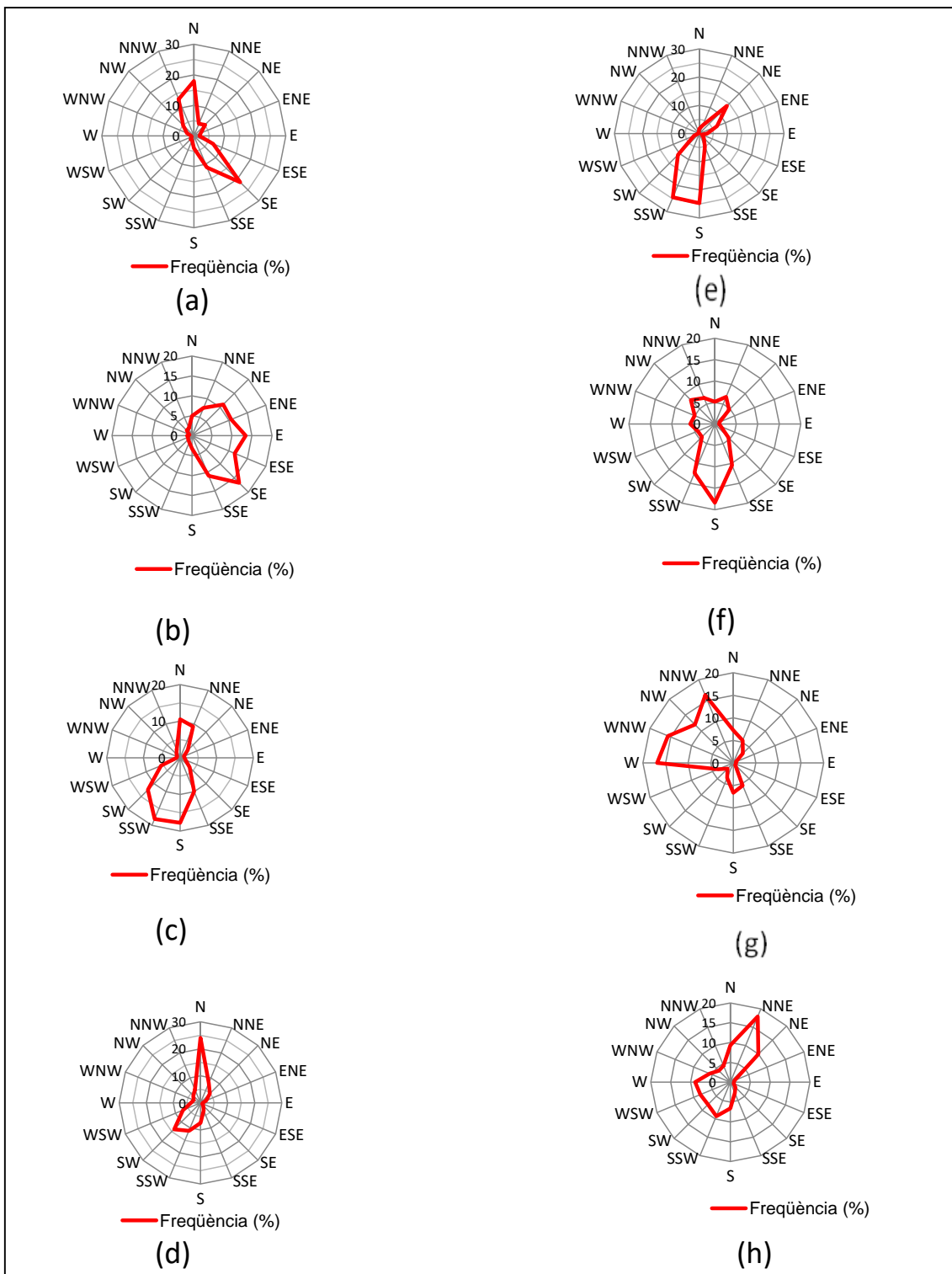


Figura 7.4 Rosa dels vents de les 0 hores de diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona. (a) Girona-Vicens Vives (b) Girona-Universitat (c) Sarrià de Ter-XVPCA (d) Fornells de la Selva-XVPCA (e) Girona-Montjuïc (f) Girona-Parc de Bombers (g) Girona-Santa Eugènia (h) Girona-Bonastruc

A la nit tenim un fort contrast tèrmic entre els diferents indrets de l'àrea urbana de Girona, amb temperatures més elevades als sectors enlairats i al centre de Girona i valors tèrmics més baixos a les rodalies de Girona, especialment els indrets rurals propers a rius i rieres. Això modula la direcció del vent, en què predominen els vents catabàtics que davallen a través de rius i rieres però també a través del pendent dels

turons propers. El vent predominant durant la nit (observació de les 0 hores) és de xaloc a Girona-IES Vicens Vives i Girona-Universitat. D'altra banda a a Sarrià de Ter, Girona-Montjuïc i a Girona-Parc de Bombers el vent de migjorn és el que presenta la major freqüència. A Girona-Santa Eugènia el vent predominant és de ponent, és l'únic observatori amb major freqüència dels vents del 4t quadrant. No obstant, a Salt, encara que no disposem de dades d'aquesta franja horària, el vent és de mestral. A Girona-Bonastruc el provençal (NNE) és el vent més freqüent, mentre a Fornells de la Selva el vent del nord és el predominant. Si considerem que les direccions del vent predominants són perpendiculars a Girona-Santa Eugènia i Girona-Universitat, podem afirmar que hi hauria un efecte urbà de l'illa de calor que provoca una convergència de vents cap al centre urbà, amb una circulació centrípeta. No obstant, els vents predominants dels altres observatoris desmenteixen l'efecte urbà, sembla que predomina el factor natural, vents catabàtics que descendeixen dels turons propers que en alguns indrets convergeixen al fons del pla de Girona. Així a Girona-Bonastruc tenim vents de provençal que probablement descendeixen de les Gavarres a través de la vall de Sant Daniel i bufen d'aquesta direcció en aquest observatori del nord de l'Eixample. A Sarrià de Ter el vent de migjorn és el vent que descendeix a través de la vall del riu Ter. A Fornells de la Selva el vent de tramuntana davalla des dels turons propers de Palau que separen Girona de Fornells de la Selva. A Girona-Vicens Vives i a la universitat de Girona el vent predominant és de xaloc, en aquest cas el vent catabàtic davalla a través de la llera del riu Onyar. El vent predominant a Girona-Santa Eugènia és de ponent, vent que davalla per la vall del riu Ter, que en aquest punt té orientació oest-est. Girona-Montjuïc és l'observatori més enlairat, i el règim de vents és similar al de Sarrià de Ter, per tant predominen els vents de migjorn, tot i que en aquest indret no són vents catabàtics ja que estem en la part més elevada d'un turó.

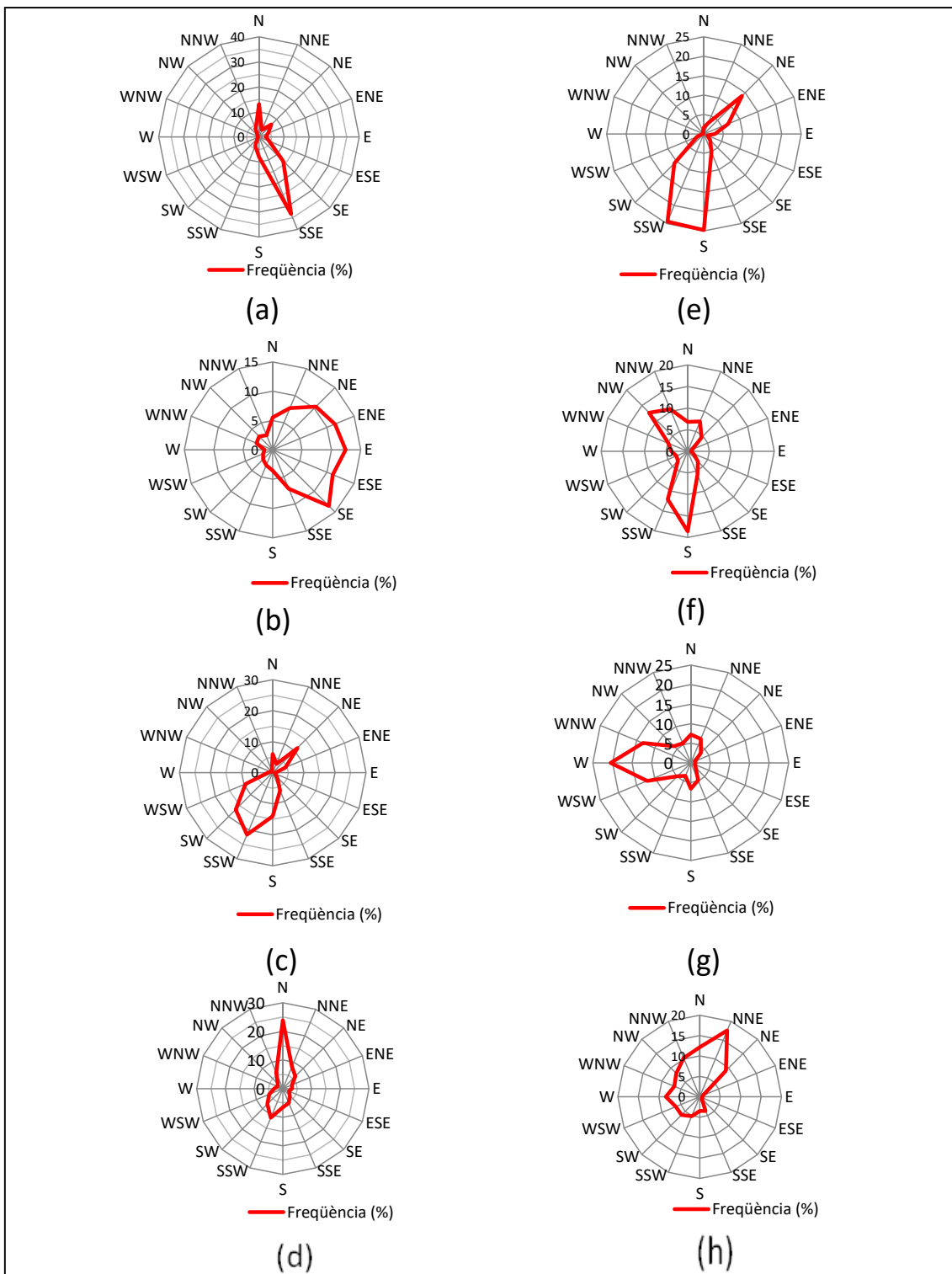


Figura 7.5 Rosa dels vents de les 8 hores de diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona. (a) Girona-Vicens Vives (b) Girona-Universitat (c) Sarrià de Ter-XVPCA (d) Fornells de la Selva-XVPCA (e) Girona-Montjuïc (f) Girona-Parc de Bombers (g) Girona-Santa Eugènia (h) Girona-Bonastruc

Durant el matí (8 hores) el règim de vents és similar al de la nit. Encara tenim vents catabàtics, especialment a l'hivern. La direcció dels vents predominants és idèntica a les 0 hores, amb l'excepció de Girona-Vicens Vives on el vent més freqüent és del SSE i Sarrià de Ter on el vent més freqüent és de SSW. En aquesta hora tenim la continuació del règim de vents nocturns, la inversió tèrmica és important, i hi ha el

descens d'aire fred a través dels turons i de les rieres i rius que davallen de les serres properes. Així, en la conca del riu Onyar el vent predominant és de xaloc, a la part alta de la conca del riu Ter tenim vents de ponent, mentre en la part central tenim vents de gregal que davallen de Montjuïc, i en la part baixa de la conca del riu Ter els indrets més baixos com Sarrià de Ter tenen vents de migjorn. A la conca del riu Güell tenim vents de migjorn (Girona-Parc de Bombers). El vent no davalla segons el curs del riu, de l'Onyar a Fornells de la Selva, sinó descendeix des dels turons propers de Palau.

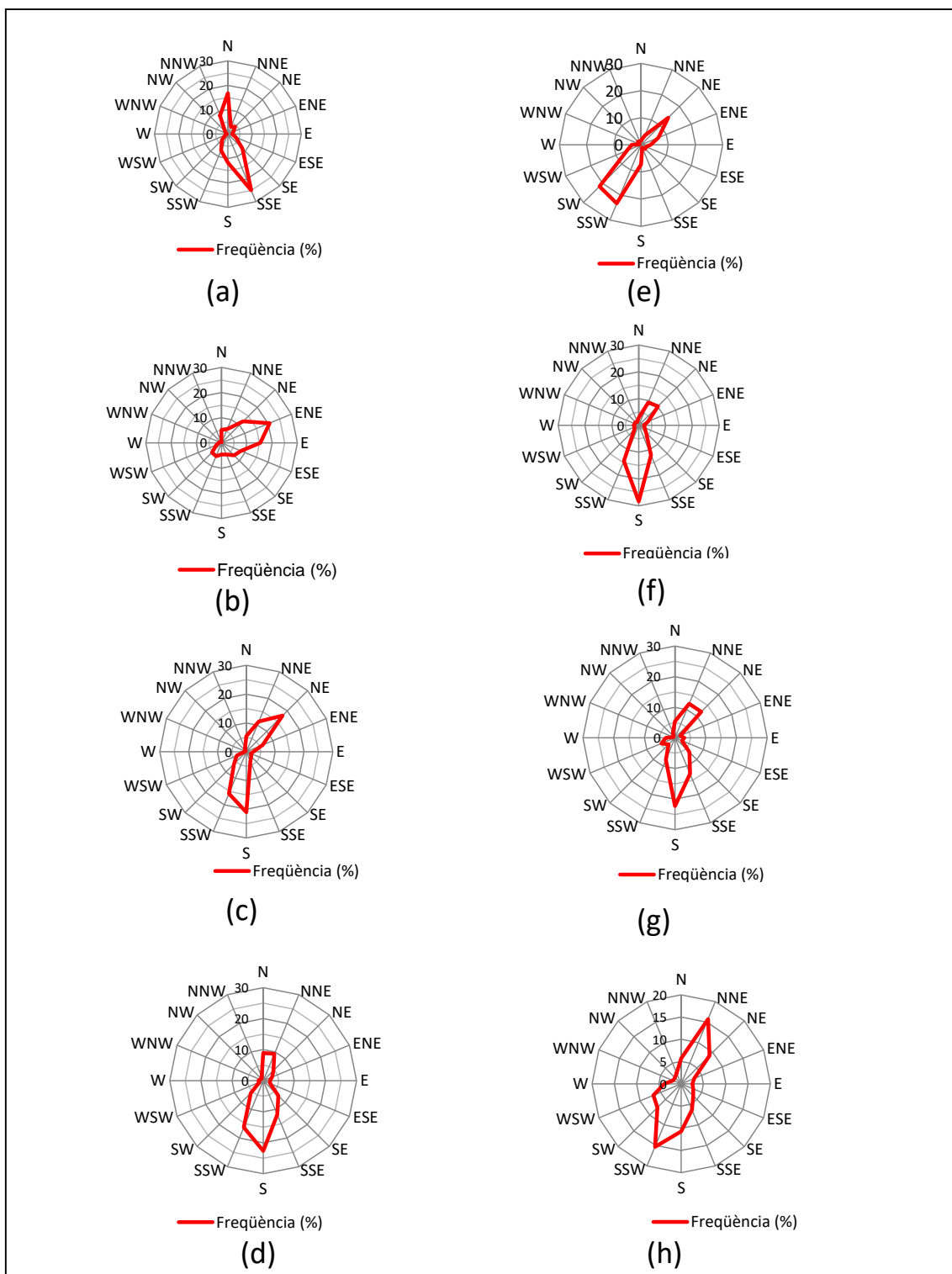


Figura 7.6 Rosa dels vents de les 14 hores de diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona. (a) Girona-Vicens Vives (b) Girona-Universitat (c) Sarrià de Ter-XVPCA (d) Fornells de la Selva-XVPCA (e) Girona-Montjuïc (f) Girona-Parc de Bombers (g) Girona-Santa Eugènia (h) Girona-Bonastruc

El migdia és un moment del dia en què les diferències tèrmiques s'atenuen, no obstant s'observa un gradient tèrmic sud-nord, amb temperatures més altes al nord de la ciutat de Girona respecte al sud, aquesta diferència és important especialment a l'estiu, quan predominen les marinades. El vent predominant és de SSW a Girona-Montjuïc, mentre que és del sud a Girona-Santa Eugènia, Fornells de la Selva, Sarrià de Ter i Girona-

parc de Bombers. En alguns observatoris tenim una bipolaritat de vent molt intensa, amb unes diferències molt poc significatives entre els dos vents amb més freqüència, com és el cas de Girona-Bonastruc on el vent predominant és de NNE, 15,7 %, tot i que el vent de SSW presenta un valor similar, 15,3 %. Girona-Universitat és la nota discordant amb vents més freqüents del primer quadrant, on el vent predominant és de llevant (ENE). A Girona-Vicens Vives el predominant és de xaloc (SSE).

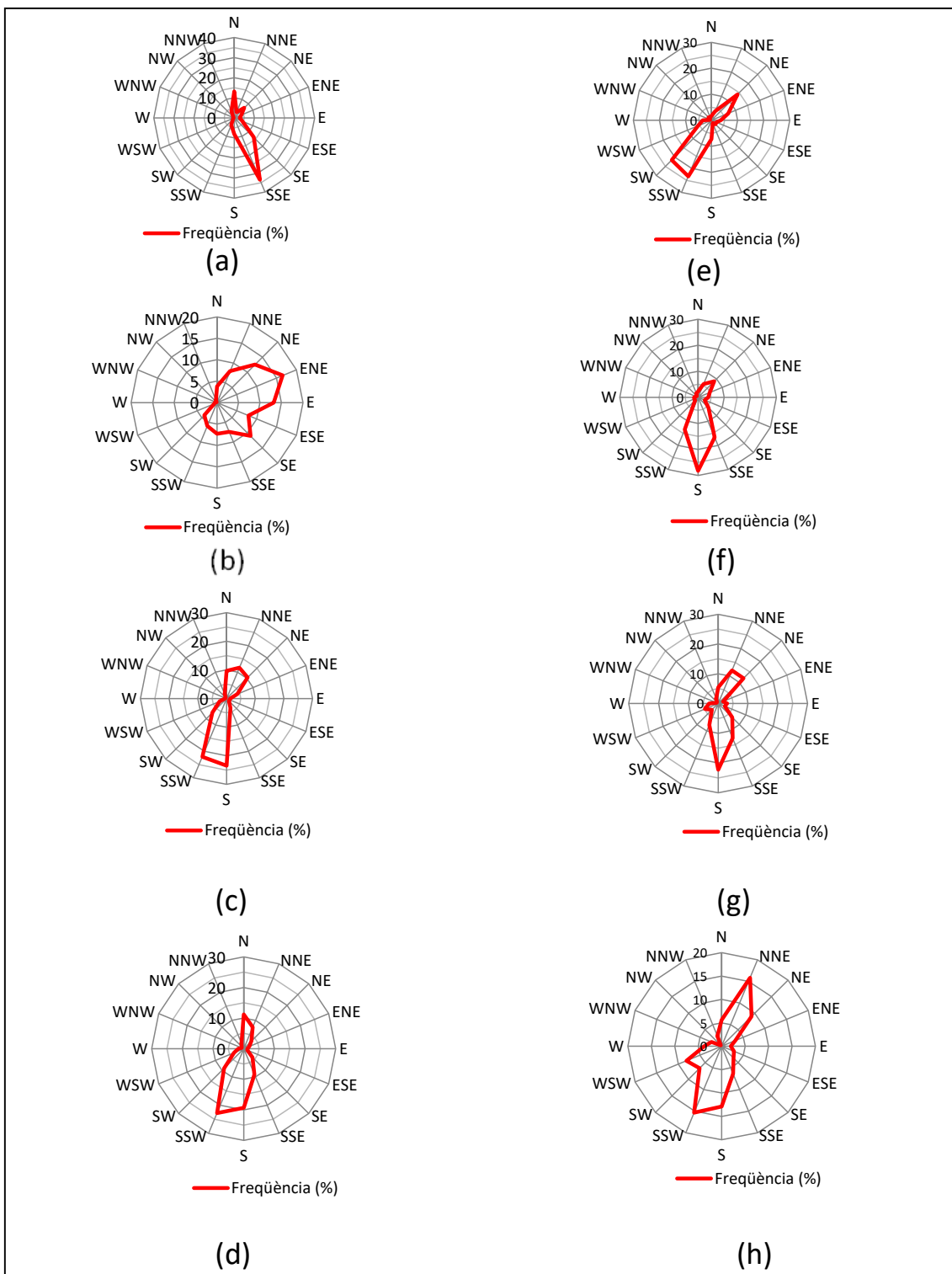


Figura 7.7 Rosa dels vents de les 18 hores de diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona. (a) Girona-Vicens Vives (b) Girona-Universitat (c) Sarrià de Ter-XVPCA (d) Fornells de la Selva-XVPCA (e) Girona-Montjuïc (f) Girona-Parc de Bombers (g) Girona-Santa Eugènia (h) Girona-Bonastruc

La rosa dels vents de les 18 hores és molt similar a les 14 hores. El fort escalfament tèrmic que té la superfície terrestre, especialment a l'estiu, afavoreix els vents que bufen de mar cap a terra, en aquest sentit és lògic que els vents predominants siguin de migjorn en aquest moment del dia. Els vents predominants són de migjorn a garbí a la majoria d'observatoris. Així a Girona-Montjuïc el vent més freqüent és el de garbí, SSW, igualment com a Fornells de la Selva. Els vents més persistents són els de migjorn a Sarrià de Ter, Girona-Parc de Bombers i Santa Eugènia. En canvi a Girona-Bonastruc el vent predominant és el provençal, NNE. D'altra banda l'ENE és el vent més freqüent a Girona-Universitat. A Girona-Vicens Vives el vent més típic és el xaloc, SSE. Aquests vents estan provocats per les diferències tèrmiques entre el terra i el mar a l'estiu i a la primavera, quan predominen les marinades, i en les variacions de temperatura observades en la superfície terrestre la resta de l'any. Així, la ciutat de Girona es troba en una àrea on els vents regionals de ponent i tramuntana no bufen gaire sovint, ja que estem en una zona protegida d'aquests fluxos d'aire per les serralades situades a l'oest i al nord (Serralada Prelitoral i Pirineus) i són substituïts per vents que venen de mar, vents predominantment de migjorn.

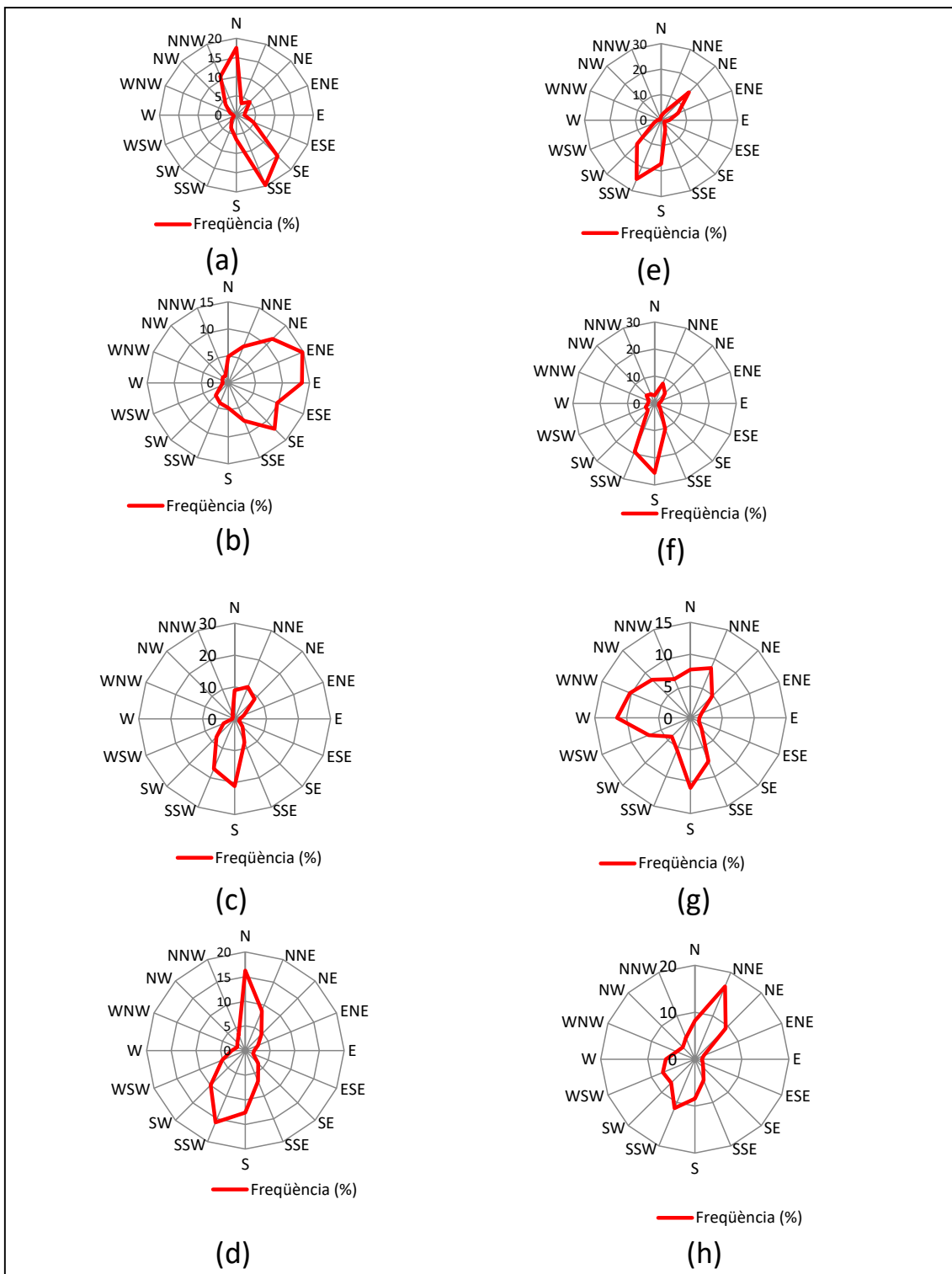


Figura 7.8. Rosa dels vents diària de diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona. (a) Girona-Vicens Vives (b) Girona-Universitat (c) Sarrià de Ter-XVPCA (d) Fornells de la Selva-XVPCA (e) Girona-Montjuïc (f) Girona-Parc de Bombers (g) Girona-Santa Eugènia (h) Girona-Bonastruc

El vent del sud és el predominant durant la nit i la matinada a Sarrià de Ter (XVPCA) i del nord a Fornells de la Selva (XVPCA). Això significa que l'illa de calor no afecta a la direcció dels vents a la ciutat de Girona. Teòricament, si el vent és induït per l'illa de calor (diferent temperatura entre zones rurals i urbanes, més elevada al centre de Girona) el vent hauria de ser convergent en totes les direccions cap al centre urbà de

Girona i, en canvi, és divergent. Els vents reals són vents catabàtics que llisquen de les àrees més elevades (turons i muntanyes que envolten l'àrea urbana de Girona) cap a les fondalades seguint el recorregut dels cursos fluvials. El vent és del sud a Sarrià ja que segueix el riu Ter, i Sarrià està més baixa (66 m) que Girona (70 m). Igualment Fornells de la Selva està a 102 metres d'altura, i Palau cap a 130 metres, Girona està a 70 m, el vent descendeix des de la part elevada del barri de Palau cap a Fornells, ja que l'aire fred és més dens i s'acumula al fons de les valls.

S'observa una convergència de vents que no està provocada per l'illa de calor urbana sinó pels vents locals, especialment les brises nocturnes, vents catabàtics que bufen durant la nit i descendeixen dels turons propers. Així a Girona-Universitat el vent predominant és del sud-est, mentre que a Salt-Barri Vell el vent predominant és de l'oest. La comparació dels vents nocturns als dos extrems septentrional i meridional de la zona d'estudi (vents del sud a Sarrià de Ter-XVPCA i del nord a Fornells de la Selva-XVPCA) ens fa emetre una hipòtesi, enlloc d'una convergència teòrica de vents per efecte de l'illa de calor urbana (LANDSBERG, 1981), tenim una divergència nocturna dels vents. En realitat es produeix un descens del vent a través del riu Ter fins a Sarrià de Ter, mentre des del turó de Palau hi ha uns vents catabàtics nocturns fins a Fornells de la Selva. Els vents predominants són entre ponent i garbí (WSW) en hores nocturnes i matinals (0 i 7 hores), mentre que al migdia i a primeres hores nocturnes el vent predominant és de migjorn. Així en hores nocturnes i matinals el vent predominant és el vent catabàtic de ponent que descendeix pel riu Ter, mentre que durant les hores diürnes predominen els vents regionals que a Girona són de migjorn, i són freqüents especialment a l'estiu, quan bufen les típiques marinades d'aquesta direcció.

L'observatori de Girona-Bonastruc té la rosa dels vents diària una mica diferent respecte els altres observatoris. En primer lloc el patró de vents és més senzill, clarament bimodal. Els vents de tramuntana (NNE) i migjorn (SSW) són força més freqüents que a Girona-SMC. El vent de tramuntana té una freqüència més elevada que el migjorn. Aquí podria haver una causa local, la instal·lació de l'observatori en una façana a sobrevent respecte la tramuntana podria ajudar a augmentar la freqüència d'aquest vent en detriment d'altres del nord, nord-oest, fins i tot els vents de l'est podrien ser canalitzats en el carrer Bonastruc amb una direcció NNE. El vent del SSW és el segon vent amb més freqüència. Degut a la orientació del carrer SW-NE, probablement els vents del S i SE no hi són importants, i segurament es canalitzem com a vent del SSW. Podríem dir que la rosa dels vents de Girona-Bonastruc és més urbana, els vents són canalitzats segons la direcció dels carrers i la

rosa dels vents de Girona-SMC és més rural, els vents bufen de manera natural, degut a la proximitat a l'àrea rural del sud de Girona. Girona-Bonastruc té un règim bipolar dels vents, en aquest cas la direcció del vent sembla que segueix la direcció del carrer Bonastruc de Porta, i probablement també està influït per la proximitat de l'observatori a la paret nord de l'edifici, la qual cosa provoca alteracions en la velocitat del vent. Així els vents en comptes de tenir els màxims de freqüències al nord i sud, són al NNE i SSW.

La rosa dels vents a Girona-Universitat és la més diferent respecte les altres estacions de tots els observatoris analitzats. Així, no hi apareix el màxim principal del vent del sud, sinó que és el vent del nord, mentre que el màxim secundari és el vent de l'ENE. Això fa que el vent mitjà sigui d'ESE, mentre que els altres observatoris tenen freqüències elevades en els vents del segon quadrant o tercer quadrant, en el cas de Girona-Universitat els vents del primer i segon quadrant són els predominants. I cal remarcar que les freqüències de vents del 3r i 4t quadrant són molt inferiors als d'altres observatoris. Tot i que el penell es troba força enlairat, a 14 m sobre el carrer, aquest aparell es troba molt proper respecte els edificis de la universitat, per la qual cosa això ens fa pensar que pugui modificar la direcció del vent. Aquesta és una hipòtesi, una altra teoria és que l'illa de calor urbana de Girona pugui provocar un canvi en la direcció del vent en aquest observatori, ja que s'observa convergència de vent si considerem aquest observatori i Salt-Barri Vell.

L'observatori de Girona-Parc de Bombers (SMC) és l'estació meteorològica on la rosa dels vents és més semblant a l'antic observatori de Girona que se ubicava a l'*Instituto*, situat en una terrassa de l'actual Arxiu Municipal de Girona, en ple barri Vell. Segurament la situació geogràfica de l'observatori del Servei Meteorològic de Catalunya, al sud de la ciutat, en una zona de sobrevent, i la configuració urbanística del seu entorn (polígon industrial), comporta que el vent no sofreixi alteracions de direcció i en velocitat com el centre urbà de Girona.

L'observatori de Girona-Vicens Vives té una estructura bipolar dels vents, amb 2 màxims molt similars, el vent del nord i del sud-sud-est. Segurament la proximitat de l'estació al riu Onyar provoquen aquesta distribució del vent que es troba canalitzat seguint la direcció del curs fluvial que té una orientació nord-sud. La situació de l'estació al sud-est de la ciutat fa que el vent del sud-est sigui més freqüent que al sud de la ciutat, a Girona-SMC.

Girona-Montjuïc té una rosa dels vents amb una estructura bipolar, amb un màxim principal de vent del SSW i un màxim secundari de vents de NNE. La situació

topogràfica de l'observatori, encimbellat al dalt d'un turó, pot influir en la direcció dels vents predominants. En tot cas el vent predominant no difereix gaire del de la ciutat, vent del SSW enlloc del S, i el màxim de vent no és del nord sinó del NE, probablement per trobar-nos en un lloc proper a les Gavarres, la qual cosa fa que el vent predominant no sigui del nord sinó de gregal.

Fornells de la Selva, situat al sud de la ciutat de Girona, presenta una estructura bipolar dels vents igualment com el cas de Girona ciutat. Tot i això els màxims estan intercanviats respecte de Girona, el vent del sud és secundari i el vent del nord és el predominant. No trobem una explicació lògica a aquest fenomen, ja que tractant-se d'una estació situada al sud de Girona la cosa més coherent seria que el màxim del sud fos més important que a Girona, no pas el vent del nord.

Sarrià de Ter presenta una rosa dels vents amb freqüències molt similars a Girona-SMC, tot i que l'observatori es troba 4 quilòmetres al nord de Girona. També trobem un màxim secundari similar a Girona-Montjuïc, vent del NNE, per tant podem pensar que en els últims anys el màxim secundari de Girona del nord ha girat cap a NNE.

La rosa dels vents de la velocitat de Girona-Vicens Vives és relativament similar a la rosa de vents de Girona-Parc de Bombers. Així com a la majoria d'observatoris tenim dos vents amb una freqüència molt superior a la resta de direccions de vent, aquests són els vents del nord i del SSE.

L'estació meteorològica de Girona-Bonastruc presenta una rosa dels vents molt similar a l'observatori de Girona-Montjuïc però el vent predominant és del NNE, no del SSW, que és la direcció secundària. Probablement la situació de l'anemòmetre, proper a la paret nord de l'edifici provoca una disminució de la freqüència dels vents de migjorn.

L'observatori de Girona-Bonastruc té la rosa dels vents diària una mica diferent respecte els altres observatoris. En primer lloc el patró de vents és més senzill clarament bimodal. Els vents de tramuntana (NNE) i migjorn (SSW) són força més freqüents que a Girona-SMC. El vent de tramuntana té una freqüència més elevada que el migjorn. Aquí podria haver una causa local, la instal·lació de l'observatori en una façana a sobrevent respecte la tramuntana podria ajudar a augmentar la freqüència d'aquest vent en detriment d'altres del nord, nord-oest, fins i tot els vents de l'est podrien ser canalitzats en el carrer Bonastruc amb una direcció NNE. El vent del SSW és el segon vent amb més freqüència. Degut a la orientació del carrer SW-NE, probablement els vents del S i SE no hi són importants, i segurament es canalitzen com a vent del SSW. Podríem dir que la rosa dels vents de Girona-Bonastruc és més urbana, els vents són canalitzats segons la direcció dels carrers i la

rosa dels vents de Girona-Parc de Bombers és més rural, els vents bufen de manera natural, degut a la proximitat a l'àrea rural del sud de Girona. Girona-Bonastruc té un règim bipolar dels vents, en aquest cas la direcció del vent sembla que segueix la direcció del carrer Bonastruc de Porta, i probablement també està influït per la proximitat de l'observatori a la paret nord de l'edifici, la qual cosa provoca alteracions en la velocitat del vent. Així els vents en comptes de tenir els màxims de freqüències al nord i sud, són al NNE i SSW.

La rosa dels vents a Girona-Universitat és la més estranya dels observatoris analitzats. Així no hi apareix el màxim principal del vent del sud, sinó que és el vent del nord, mentre que el màxim secundari és el vent de l'ENE. Això fa que el vent mitjà sigui d'ESE, mentre que els altres observatoris tenen freqüències elevades en els vents del segon quadrant o tercer quadrant, en el cas de Girona-Universitat els vents del primer i segon quadrant són els predominants. I cal remarcar que les freqüències de vents del 3r i 4t quadrant són molt inferiors als d'altres observatoris. Tot i que el penell es troba força enlairat, a 14 m sobre el carrer, aquest aparell es troba molt proper respecte els edificis de la universitat, per la qual cosa això ens fa pensar que pugui modificar la direcció del vent. Aquesta és una hipòtesi, una altra teoria és que l'illa de calor urbana de Girona pugui provocar un canvi en la direcció del vent en aquest observatori, ja que s'observa convergència de vent si considerem aquest observatori i Salt-Barri Vell.

L'observatori de Girona-Parc de Bombers (SMC) té un màxim relatiu de vents de gregal i un màxim secundari amb vents del nord. Segurament la situació geogràfica de l'observatori del Servei Meteorològic de Catalunya, al sud de la ciutat, en una zona de sobrevent, i la configuració urbanística del seu entorn (polígon industrial), comporta que el vent no sofreixi alteracions de direcció i en velocitat com al centre urbà de Girona.

L'observatori de Girona-Vicens Vives té una estructura bipolar dels vents, amb 2 màxims molt similars, el vent del nord i del sud-sud-est. Segurament la proximitat de l'estació al riu Onyar provoquen aquesta distribució del vent que es troba canalitzat seguint la direcció del curs fluvial que té una orientació nord-sud. La situació de l'estació al sud-est de la ciutat fa que el vent del sud-est sigui més freqüent que al sud de la ciutat, a Girona-Parc de Bombers.

Girona-Montjuïc té una rosa dels vents amb una estructura bipolar, amb un màxim principal de vent del SSW i un màxim secundari de vents de NNE. La situació topogràfica de l'observatori, a la part elevada d'un turó, pot influir en la direcció dels vents predominants. En tot cas el vent predominant no difereix gaire del de la ciutat,

tenim vent del SSW enlloc del S, i el màxim de vent no és del nord sinó del NE, probablement per trobar-nos en un lloc proper a les Gavarres, la qual cosa fa que el vent predominant no sigui del nord sinó de gregal.

Fornells de la Selva, situat al sud de la ciutat de Girona, presenta una estructura bimodal dels vents igualment com el cas de Girona ciutat,. Tot i això els màxims estan intercanviats respecte de Girona, el vent del sud és secundari i el vent del nord és el predominant. No troben una explicació lògica a aquest fenomen, ja que tractant-se d'una estació situada al sud de Girona la cosa més coherent seria que el màxim del sud fos més important que a Girona, no pas el vent del nord.

Sarrià de Ter presenta una rosa dels vents amb freqüències molt similars a Girona-Parc de Bombers, tot i que l'observatori es troba 4 quilòmetres al nord de Girona. Així hi ha un màxim principal del sud, mentre els vents del nord són secundaris També trobem un màxim secundari similar a Girona-Montjuïc, vent del NNE.

La rosa dels vents de la velocitat de Girona-Vicens Vives és relativament similar a la rosa de vents de Girona (Parc de Bombers). Així com a la majoria d'observatoris tenim dos vents amb una freqüència molt superior a la resta de direccions de vent, aquests són els vents del nord i del xaloc, SSE. S'ha de remarcar però que els vents de xaloc són més freqüents a Girona, tot i que les ratxes màximes del vent en aquest observatori es produeixen amb vents de tramuntana.

La rosa dels vents diària presenta certes variacions respecte les roses de les altres hores. Aquesta diferència és especialment significativa a Girona-Santa Eugènia, on els vents de migjorn i ponent presenten una freqüència similar, essent més persistents els vents de ponent (11,5 % versus 11,0 %). En aquest sentit el vent catabàtic nocturn i matinal implica un cert predomini dels vents catabàtics respecte els vents diürns, on destaquen les marinades. A Girona-Bonastruc predomina el vent provençal, NNE, els vents en aquest sector descendeixen de la vall de Sant Daniel, on tenen component de llevant, i en aquest indret del nord de l'Eixample de Girona el vent gira cap a NNE. A Fornells de la Selva el vent predominant és la tramuntana, però en aquest lloc el vent del nord no és un vent regional moderat o fort, sinó un vent local que davalla del turó de Palau. La rosa dels vents de Girona-Universitat és la més estranya de totes de l'àrea urbana de Girona, on el règim de vents predominant és del primer quadrant, amb vent més freqüent de llevant, ENE. En els altres observatoris el règim de vents diürn és el predominant, i tenim vents predominants de component sud. El vent és de migjorn a les estacions de Sarrià de Ter, Girona-Parc de Bombers, mentre a Girona-

Vicens Vives tenim vent predominant de xaloc (SSE) i de garbí (SSW) a Girona-Montjuïc.

La direcció mitjana del vent oscil·la entre xaloc al migdia i a la tarda (la qual cosa significa que els vents predominants són de migjorn) i de migjorn a garbí a la tarda. Els vents predominants durant la nit estan compresos entre el vent de migjorn i ponent. Així els vents són de migjorn a Sarrià de Ter a la nit, mentre a Fornells de la Selva són de component nord, a Girona-Santa Eugènia i a Salt són de ponent i de gregal a Girona-Universitat.

Els vents presenten una important oscil·lació diürna en la seva velocitat a l'àrea urbana de Girona. Durant les nits els vents encalmats o fluixos són els predominants i les velocitats són inferiors a 5 km/h, amb l'excepció de Girona-Montjuïc, on la seva situació topogràfica al damunt d'un turó, implica que la velocitat mitjana mínima horària del vent sigui de 8 km/h. Al migdia i primeres hores de la tarda les velocitats del vent assoleixen els seus valors màxims diaris, i a molts observatoris s'igualen o se superen els 10 km/h, fins i tot s'arriba a 18 km/h, en canvi a Girona-Bonastruc no s'arriba ni a 5 km/h en l'hora més ventosa de l'any 2011.

El mapa de distribució de la direcció del vent ens assenyala que els vents predominants a la ciutat de Girona i rodalies són el vent del 2n quadrant i del tercer quadrant. Així, els vents més freqüents bufen del sud, es troben compresos entre les direccions del SSE i el SSW. Les úniques excepcions són l'observatori de Girona-Universitat i de Cassà-SMC, on el vent és d'ESE, i a Salt-Barri Vell predominen els vents de l'oest. S'ha de remarcar que les estacions meteorològiques de Salt-Barri Vell i Girona-Universitat presenten direccions del vent que són oposades. Com aquests observatoris es troben a l'oest i est de la ciutat hem de considerar que es produeix un efecte de convergència de vent en aquesta àrea lligat probablement a l'efecte d'illa de calor urbana que produeix aquest fenomen (LANDSBERG, 1981; MORENO, 1999). A Girona-Vicens Vives el vent és del SW, una direcció del vent que permet assegurar un gir anticiclònic del vent dins la ciutat com a conseqüència de la rugositat originada pels edificis. L'observatori de Girona-Bonastruc es troba molt a prop del centre urbà de Girona, i al nord d'aquest, però prop d'un edifici que pensen que provoca una alteració en la direcció del vent, enlloc del sud-oest és del sud-est. La situació de l'observatori a la façana nord de l'edifici creien que fa que el vent del sud no sigui tan predominant com el vent del SE, o fins i tot del NE, com es pot observar a la rosa dels vents.

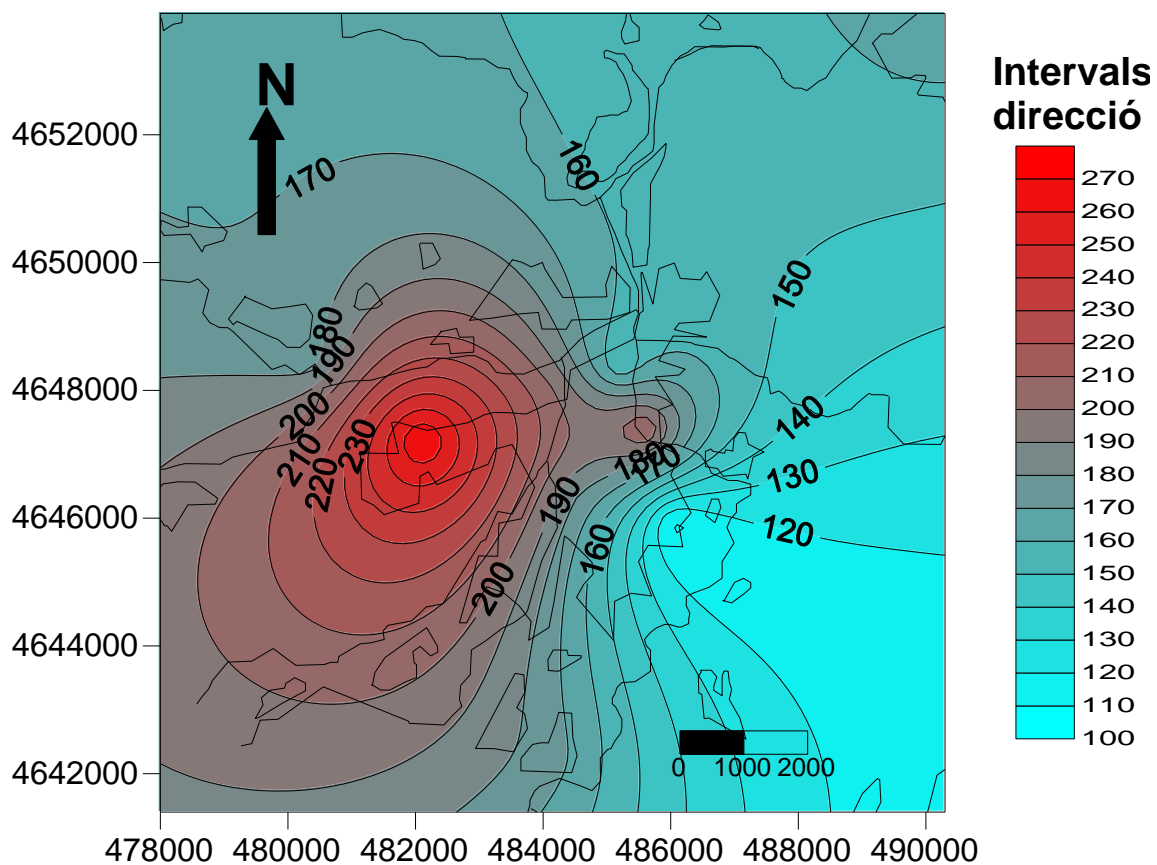


Figura 7.9 Direcció mitjana del vent diària. Àrea urbana de Girona. Període 1998-2011.

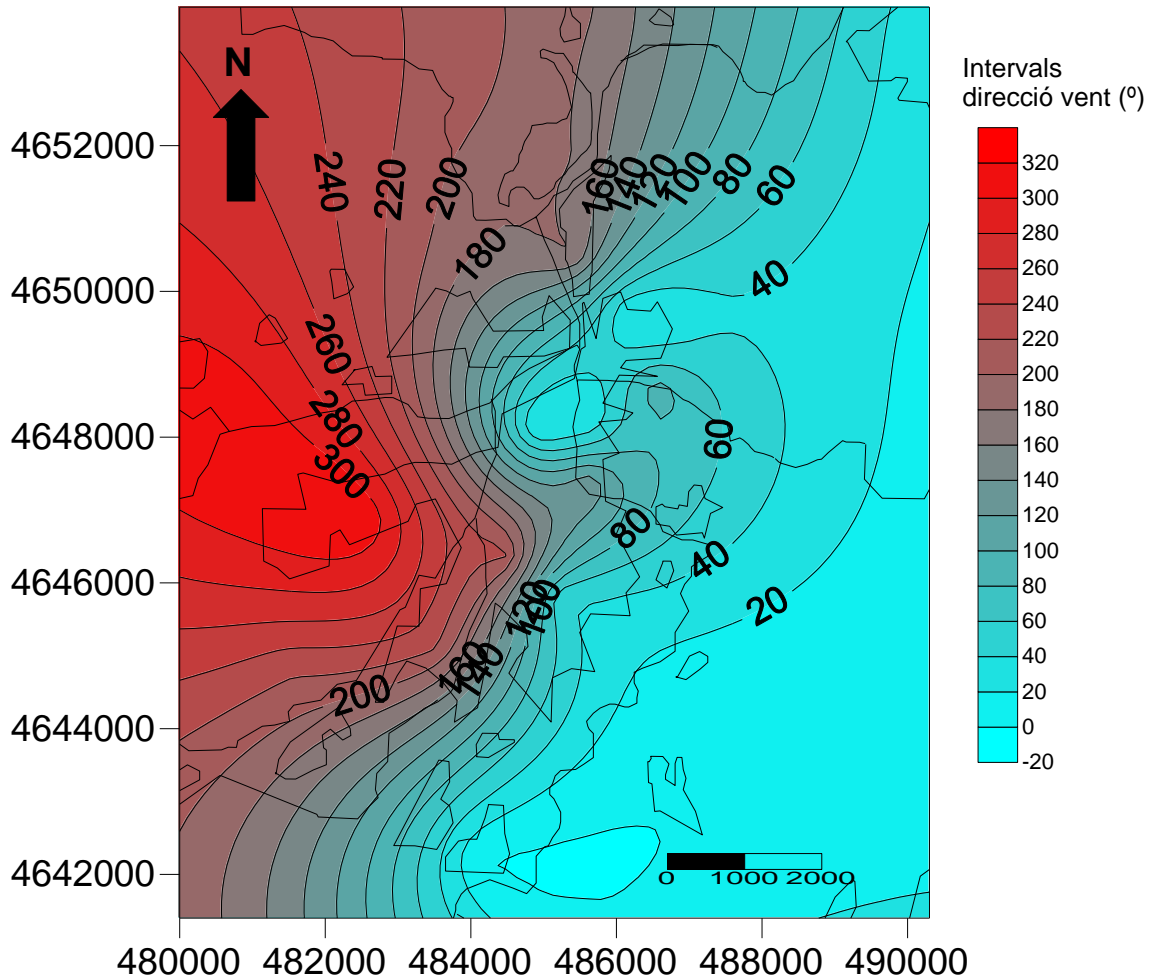


Figura 7.10 Direcció mitjana del vent a les 0 hores. Àrea urbana de Girona. Període 1998-2011.

Durant la nit (observació de les 0 hores) el vent predominant és del nord-oest a la part occidental de l'àrea urbana, Salt i de ponent a Girona-Santa Eugènia. D'altra banda a la majoria d'observatoris el vent predominant és del 3r quadrant, per exemple del SSW a Girona-Montjuïc, Sarrià de Ter i Girona-Parc de Bombers. Fornells de la Selva, situada en la part meridional de l'àrea urbana gironina, presenta vents predominants del nord, igualment com Girona-Vicens Vives. A l'observatori situat a l'Eixample de Girona, al carrer Bonastruc, també anomenat Girona-Devesa, el vent predominant és de gregal. Per tant s'observa una convergència de vents a l'àrea urbana de Girona que està produïda per les brises locals descendents nocturnes que descendeixen de les Gavarres i de Rocacorba i convergeixen a la part més baixa del pla de Girona, on hi ha la ciutat de Girona. S'ha de remarcar però que no existeix una convergència de vents en tota l'àrea urbana de Girona, així tenim divergència de vents entre Fornells de la

Selva i Sarrià de Ter, El vent del sud és el predominant durant la nit i la matinada a Sarrià de Ter (XVPCA) i en canvi és del nord a Fornells de la Selva (XVPCA). Això significa que l'illa de calor urbana no afecta a la direcció dels vents nocturns i matinals a la ciutat de Girona. Teòricament si el vent és induït per l'illa de calor (diferent temperatura entre zones rurals i urbanes, més elevada al centre de Girona) el vent hauria de ser convergent en totes les direccions cap al centre urbà de Girona i en canvi és divergent. Els vents reals són vents catabàtics que llisquen de les àrees més elevades (turons i muntanyes que envolten l'àrea urbana de Girona) cap a les fondalades seguint el recorregut dels cursos fluvials. El vent és del sud a Sarrià ja que segueix el riu Ter, i Sarrià està més baixa (66 m) que Girona (70 m). Igualment Fornells de la Selva està a 102 metres d'altura, i Palau cap a 130 metres, Girona està a 70 m, el vent descendeix des de la Creu de Palau cap a Fornells, ja que l'aire fred és més dens i s'acumula al fons de les valls.

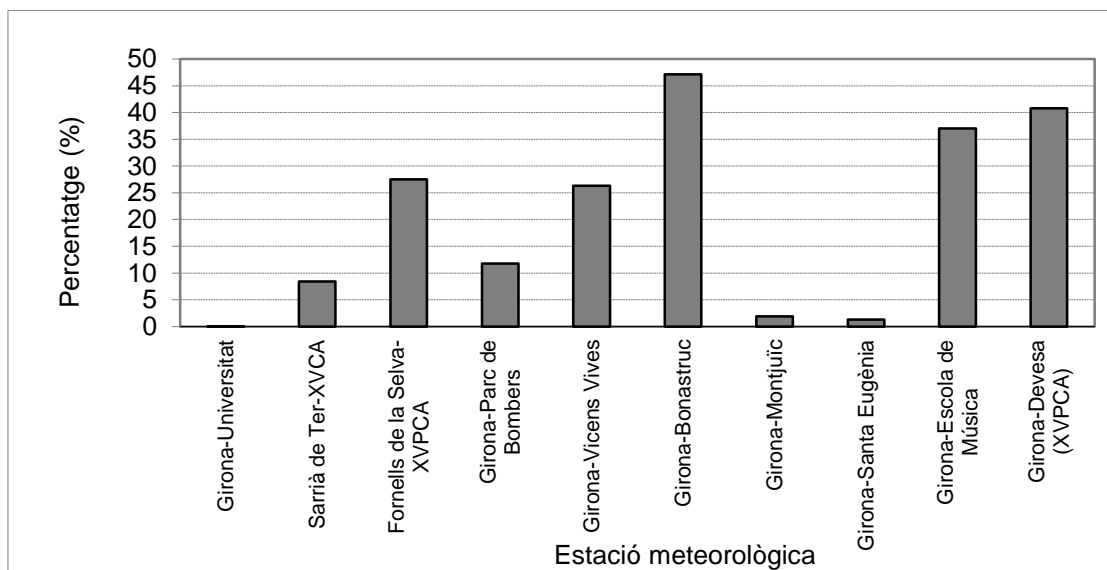


Figura 7.11 Percentatge de vents encalmats (velocitat igual a 0 km/h) en diferents observatoris meteorològics de l'àrea urbana de Girona.

El percentatge de vents encalmats s'incrementa al centre de la ciutat envers la perifèria i a les àrees suburbanes septentrionals properes al centre, com és el cas de l'observatori de Girona-Devesa (XVPCA). En alguns observatoris situats en turons, com és el cas de Girona-Montjuïc, el percentatge de calmes és molt baix, 1,9 %. No obstant, hi ha una estació rural, com és el cas de Girona (Hortes de Santa Eugènia) on la freqüència de vents encalmats també és molt dèbil, 1,3 %. Probablement els vents

catabàtics que descendeixen durant la nit per la vall del riu Ter són la causa d'aquest percentatge tan baix de vents en aquest observatori proper al riu Ter. No obstant hi ha un observatori molt proper al de les Hortes, com el de Girona-Devesa on el percentatge de vents encalmats és molt superior, 40,8 %, per tant hi ha gradients importants en la freqüència de calmes nocturnes. Hem de tenir en compte, però, que els vents nocturns tampoc són gaire destacables a Girona-Hortes de Santa Eugènia, així la velocitat del vent supera lleugerament l'1 km/h en hores nocturnes. La presència del parc de la Devesa de Girona pot afeblir la velocitat del vent en l'observatori de Girona-Devesa, també la situació i tipus de l'anemòmetre pot ser un altre factor clau per explicar aquesta baixa velocitat del vent. Hem de remarcar que no és un observatori oficial típic, sinó és una estació de contaminació atmosfèrica.

La rosa dels vents de Girona-Escola de Música probablement és la que reflecteix millor les condicions dels carrers de l'Eixample de Girona ja que l'anemòmetre es troba a poca altura damunt del sòl, i està protegit dels vents de tramuntana per un edifici no gaire llunyà situat al nord de l'observatori. Per això els vents del nord són tan poc freqüents, 2,4 %, mentre que els vents predominants són del SSW amb el 28,2 %. En general els vents del 3r quadrant són els més freqüents en aquest observatori.

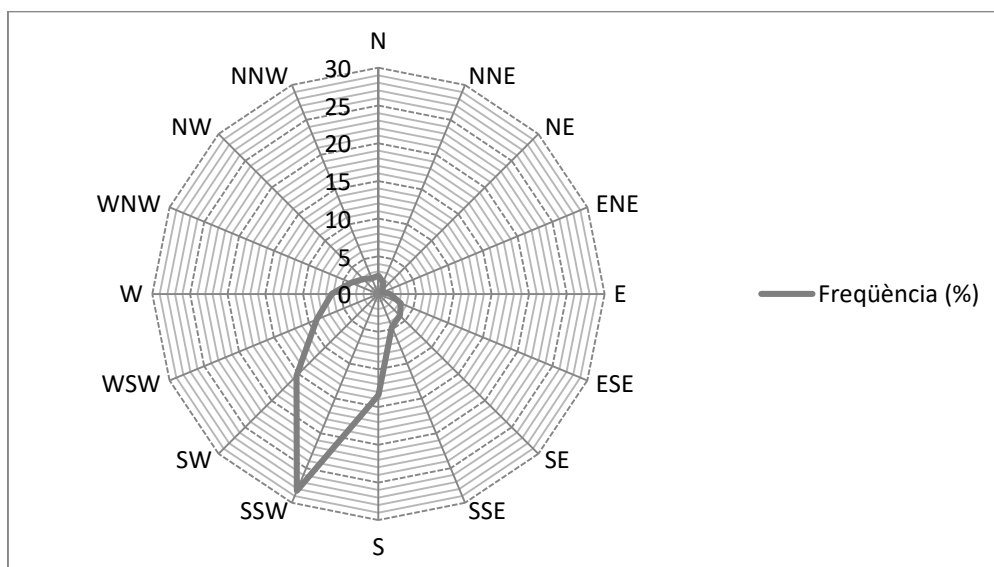


Figura 7.12 Rosa dels vents. Girona-Escola de Música. Període 2011-2015.

Els vents encalmats (0 km/h) amb el 37 % del temps, i els vents molt fluixos, 0-5 km/h amb el 46,8 % són els vents amb una freqüència més elevada a Girona-Escola de la Música. En aquest observatori els vents moderats (més de 10 km/h) són anecdòtics. És un observatori molt menys ventós que les estacions rurals i que els observatoris urbans propers a rius, per exemple Girona-Vicens Vives.

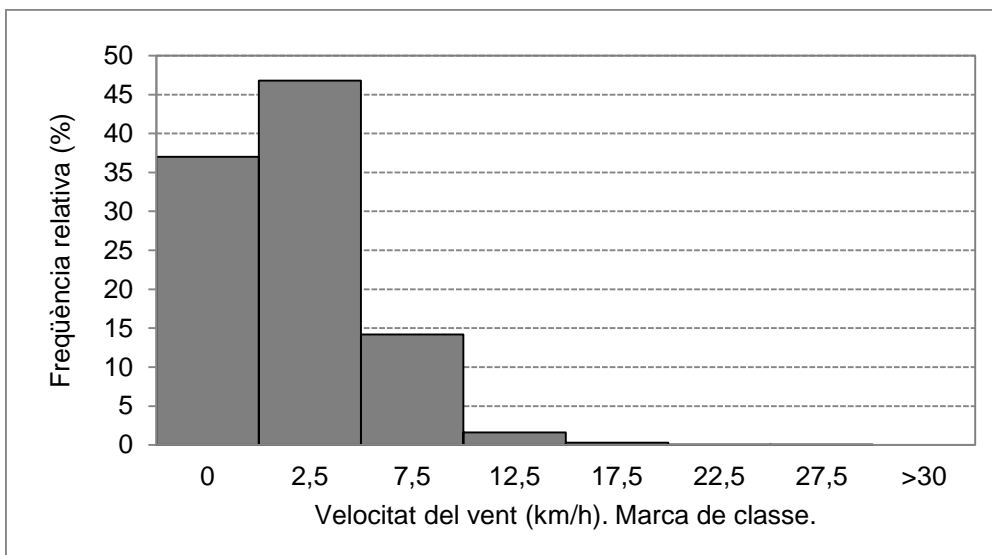


Figura 7.13 Histograma de velocitat del vent. Girona-Escola de Música. Període 2011-2015.

L'observatori de Girona-Hortes de Santa Eugènia presenta un histograma amb una freqüència màxima molt clara en l'interval de vents de 0,1-5 km/h, amb marca de classe 2,5 km/h, 60,4 %. En canvi l'interval amb vents encalmats només presenta una freqüència de l'1,1 %. D'altra banda els vents moderats són poc freqüents i amb velocitats relativament baixes, entre 10,1 i 15 km/h tenim el 10,3 % de les observacions. Només el 0, 1 % del total d'observacions són de velocitats mitjanes compreses entre 25, 1 i 30 km/h, i els vents forts (>30 km/h) són inexistents.

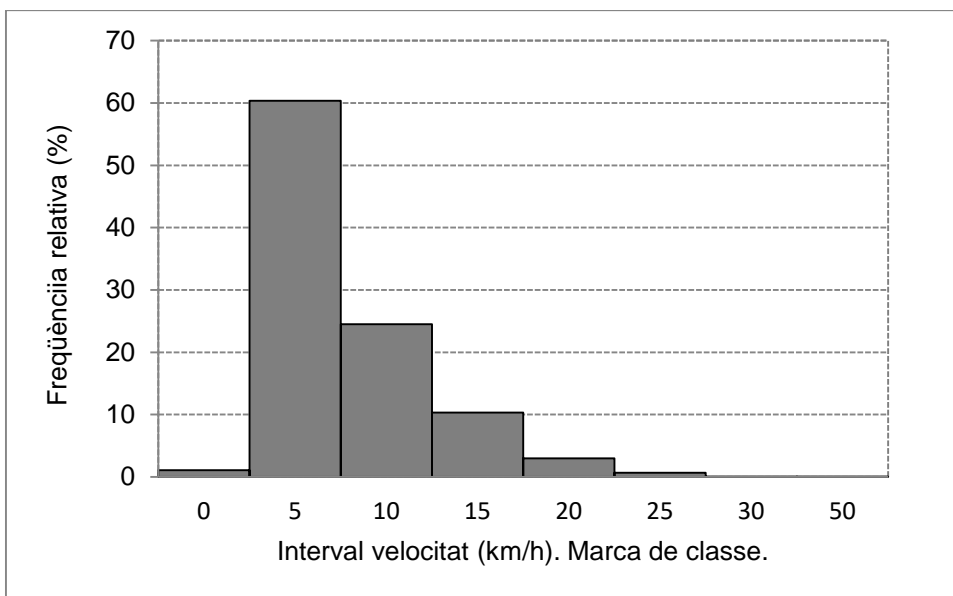


Figura 7.14 Histograma de velocitats del vent. Girona-Hortes de Santa Eugènia. Període 2010-2015.

L'observatori de Girona-Devesa té un elevat percentatge de vents encalmats (0 km/h), 40,8 %, i també molts fluixos (0-5 km/h) 36,1 km/h. Tot i estar en una àrea força ventosa, com són les rodalies del riu Güell la proximitat de la Devesa de Girona

probablement fa de pantalla perquè el vent sigui important. Els vents amb velocitat mitjana superior a 10 km/h són molt poc freqüents.

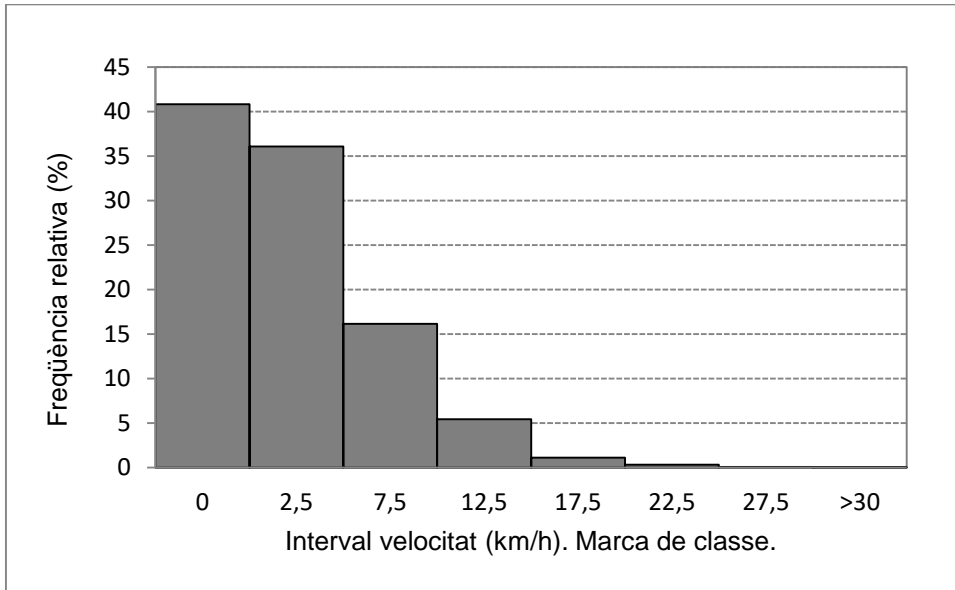


Figura 7.15 Histograma de velocitats del vent. Girona (Devesa)- DGQA. Període 2004-2011.

L'observatori de Girona-Vicens Vives és el més ventós del pla de Girona. No obstant, de la mateixa manera que en altres observatoris propers, els vents encalmats són els predominants, amb el 26,3 %. D'altra banda els vents molt fluixos (0,1-5 km/h) són els segons vents en importància relativa. Els vents moderats (10-15 km/h) només signifiquen el 12,1 % del total de vents. S'ha de remarcar que tenim una freqüència relativament elevada de vents forts, el 4,3 % de les observacions tenim vents amb velocitat igual o superior a 30 km/h.

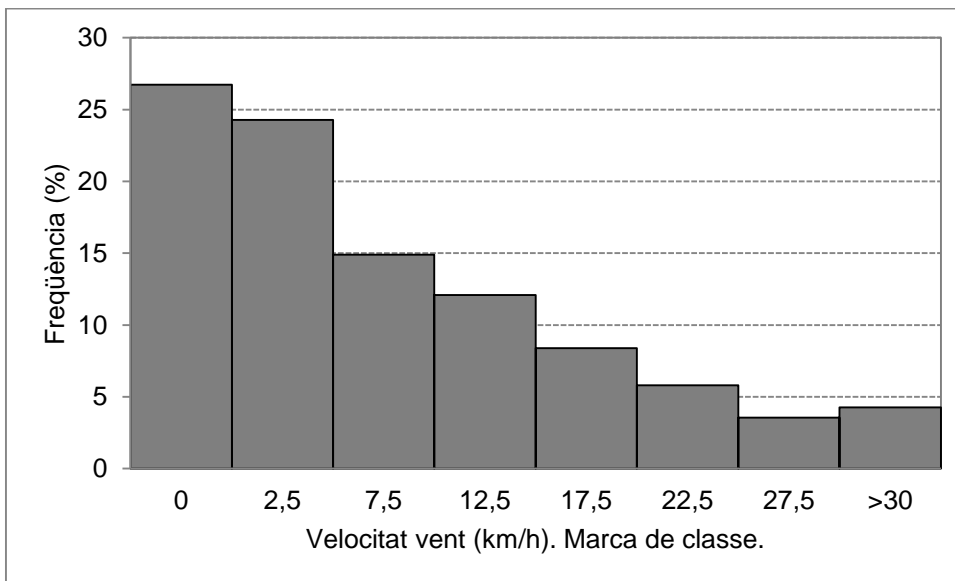


Figura 7.16 Histograma de velocitats del vent (km/h). Girona-Vicens Vives. Període 2004-2007.

L'observatori de Girona-Universitat és una estació amb una freqüència de calmes anecdòtica, 0,04 %. Els vents molt dèbils (velocitats mitjanes inferiors a 5 km/h)

presenten el percentatge més elevat, 82,8 %, mentre els vents moderats (velocitat igual o superior a 20 km/h) són inexistents. Tot i que Girona-Universitat es troba en un lloc enlairat la velocitat del vent és força dèbil, amb un predomini dels vents molt fluixos.

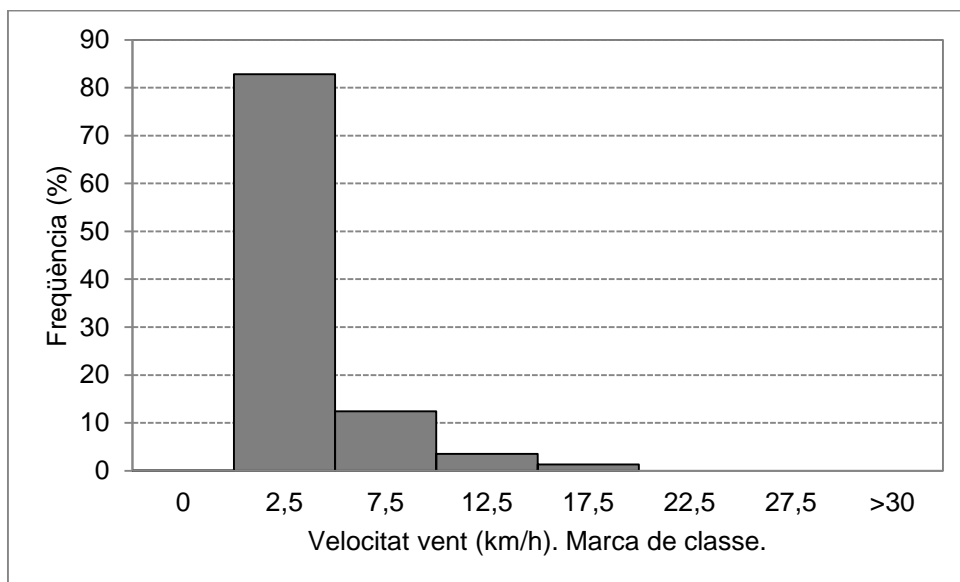


Figura 7.17 Histograma de velocitats del vent (km/h). Girona-Universitat. Període 2002-2007.

A Sarrià de Ter els vents predominants durant les nits són els vents encalmats, amb velocitat de 0 km/h. Així tenim un elevat percentatge de vents encalmats, el 26,7 % respecte el total. Els vents molt fluixos són els més freqüents, representen el 47,4 % del total d'observacions. Els vents moderats (10-15 km/h) tenen una persistència escassa, només signifiquen el 6 % del total .

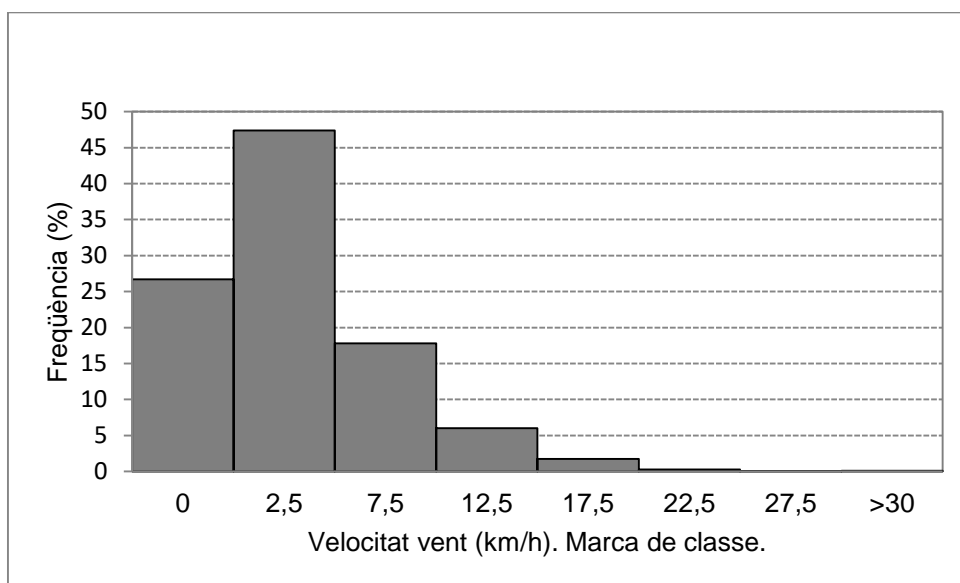


Figura 7.18 Histograma de velocitats del vent (km/h). Sarrià de Ter. Període 1998-2000.

A Fornells de la Selva les nits són molt encalmades, així tenim el 30 % d'observacions amb velocitat de vent de 0 km/h, aquest vent encalmat és característic de les nits, ja

que durant el dia tenim la presència de vents fluixos. La freqüència de vents moderats (10-15 km/h) és molt escassa, només representen el 7 % del total dels vents.

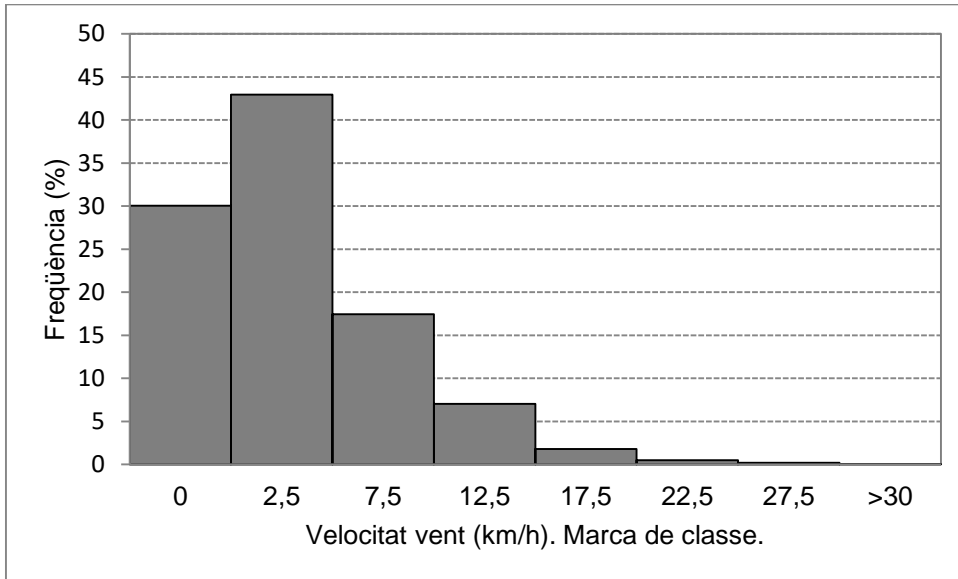


Figura 7.19 Histograma de velocitats del vent (km/h). Fornells de la Selva-XVPCA. Període 1997-1999.

L'observatori de Girona-Montjuïc és el més ventós de l'àrea urbana de Girona, i per això els vents molt dèbils són molt menys freqüents que en altres estacions meteorològiques de l'àrea urbana de Girona. S'ha de remarcar el baix nombre de calmes, que representen una freqüència escassa, són el 1,9 % del total d'observacions. Els vents moderats (10-15 km/h) tenen una rellevància desconeguda en els altres observatoris, amb una freqüència del 25,6 %. Els vents molt fluixos (velocitat inferior a 5 km/h) només són el 20,7 % respecte el total.

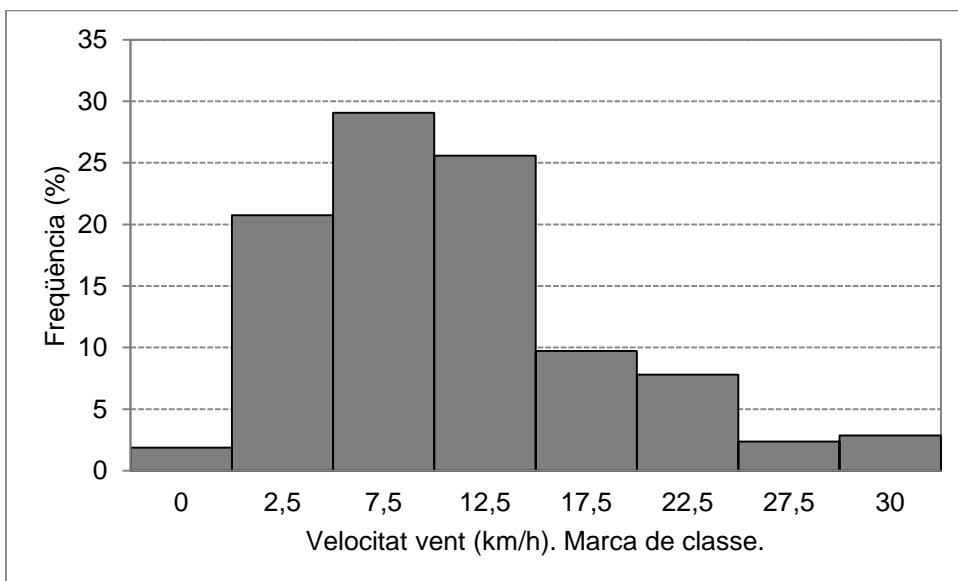


Figura 7.20 Histograma de velocitats del vent (km/h). Girona-Montjuïc. Període 1999-2001.

L'estació meteorològica de Girona-Parc de Bombers té un règim de vents predominants molt fluixos, compresos entre 0,1 i 5 km/h, aquest interval representa el

55,5 % del total de vents diaris. Els vents fluixos també són relativament freqüents amb 21,5 % d'observacions entre 5,1 i 10 km/h. Els vents moderats o forts són molt poc habituals, els vents entre 10,1 i 15 km/h es donen l'11,1 % del temps.

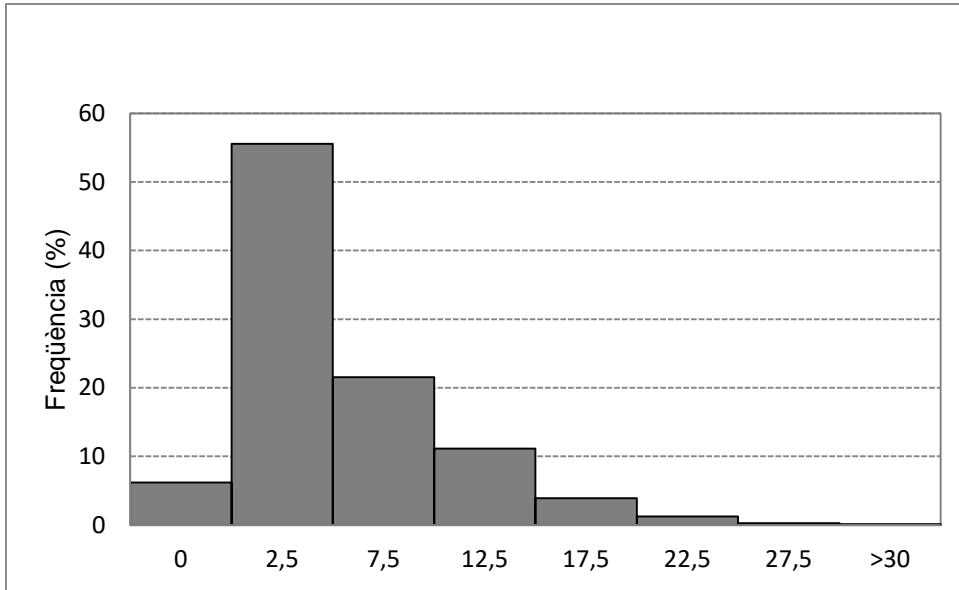


Figura 7.21 Histograma de velocitats del vent (km/h). Girona-Parc de Bombers. Període 2003-2008.

L'observatori de Girona-Bonastruc és l'estació meteorològica amb la menor velocitat mitjana del vent de l'àrea urbana de Girona i per aquest motiu presenta un elevat percentatge de calmes, 56,2 %. Aquesta estació meteorològica es troba al nord de l'Eixample, en un indret amb elevada densitat urbanística, cosa que impedeix que el vent bufi de forma persistent. Els vents molt dèbils (0-5,0 km/h) són els més freqüents, mentre els vents superiors a 20 km/h són inexistent.

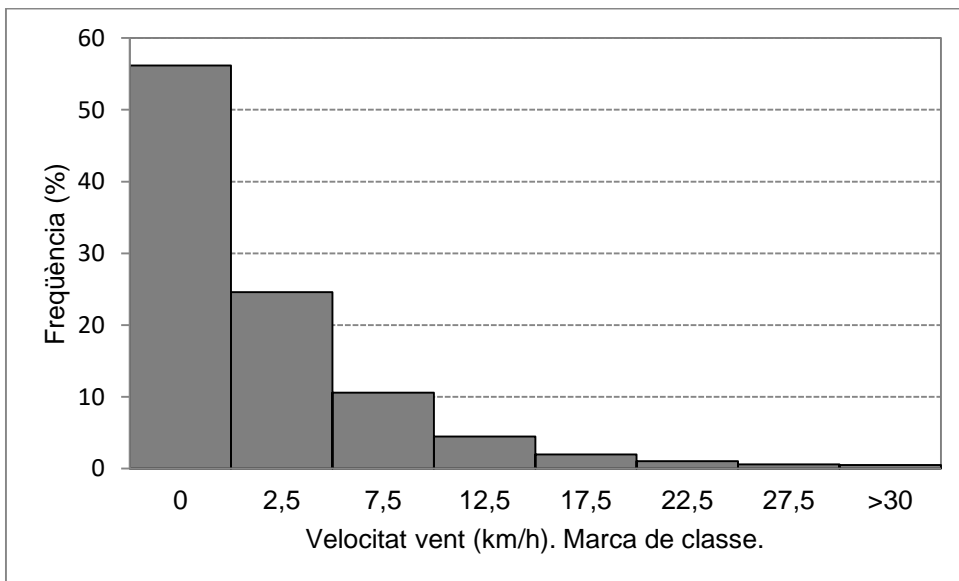


Figura 7.22 Histograma de velocitats del vent (km/h). Girona-Bonastruc. Any 2009.

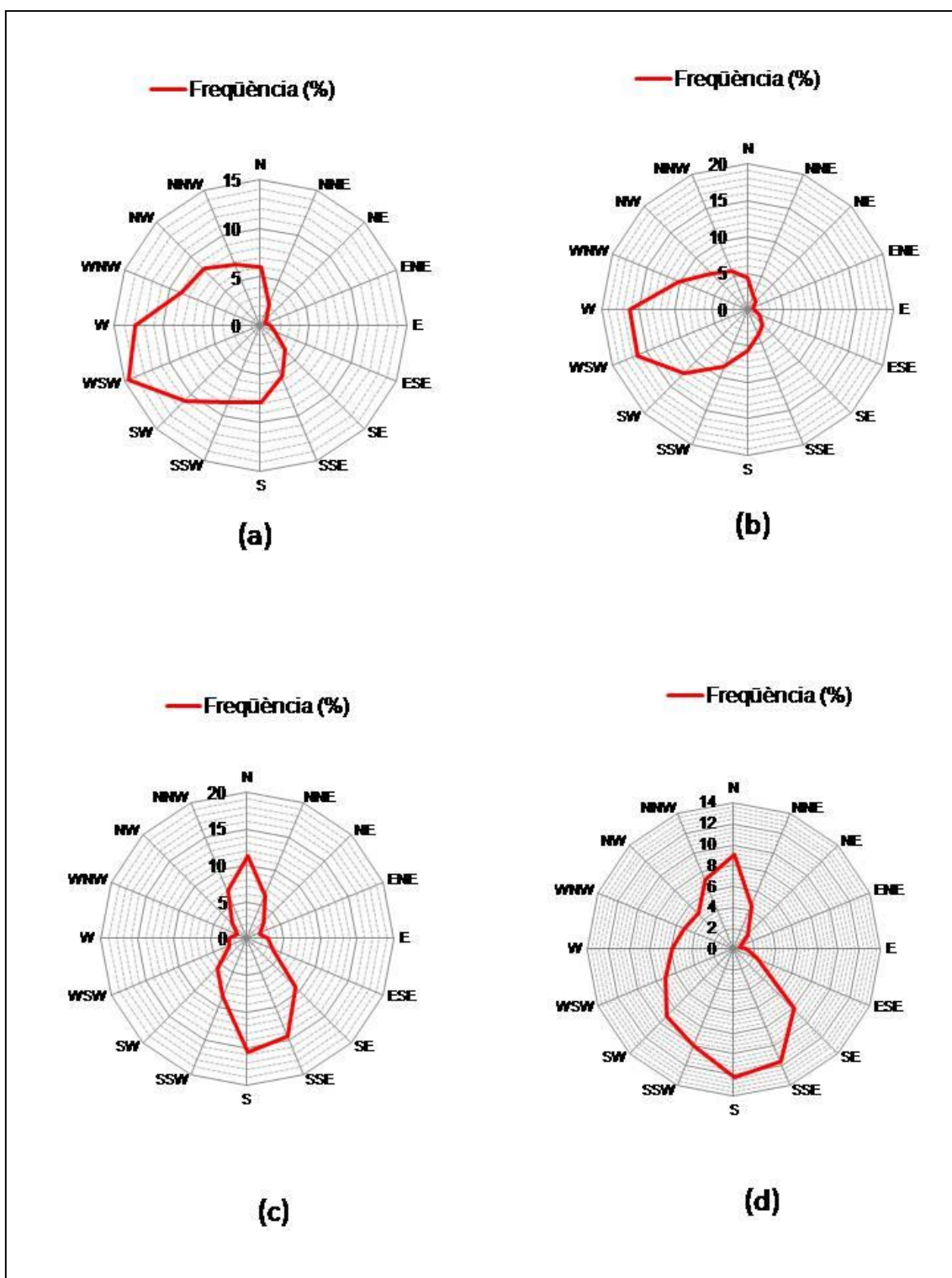


Figura 7.23 Rosa dels vents de diferents hores. Girona-Devesa (DGQA). Període 2004-2011. (a) 0 hores (b) 7 hores (c) 14 hores (d) 21 hores

A Girona-Vicens Vives tenim una distribució de la velocitat del vent contrastada entre el dia i la nit. S'observa un màxim de velocitats destacable (7-8 km/h) a les 16 i 17 hores, km un mínim nocturn (2-7 hores) quan la velocitat mitjana del vent és inferior a 2 Km/h. Per tant hi ha un important contrast entre el vent en funció de l'hora del dia. A les hores diürnes les marinades o els vents regionals forts i moderats es canalitzen a

través del llit del riu Onyar i incrementen la seva velocitat. No obstant, les velocitats en les hores centrals del dia són inferiors en aquest indret en comparació amb el turó de Montjuïc.

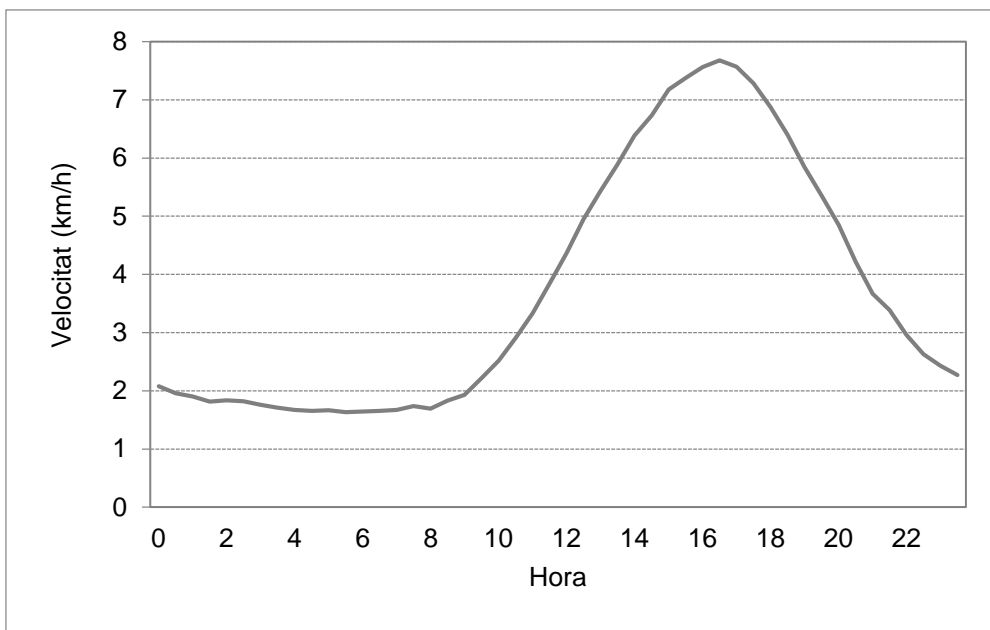


Figura 7.24 Velocitat mitjana del vent horària. Girona-Vicens Vives. Període 2004-2007.

L'estació meteorològica de Girona-Universitat presenta una fluctuació diürna dèbil de la velocitat del vent almenys en comparació amb altres observatoris com Girona-Vicens Vives. Així en hores nocturnes la velocitat del vent està compresa entre 2 i 3 km/h, amb poques observacions de vent encalmat tenim un clar predomini de vents fluixos. Al migdia i a la tarda s'imposen els vents regionals que presenten una direcció peculiar en aquest observatori, bufen de llevant, i amb unes velocitats poc elevades, entre 7 i 8 km/h entre les 12 i les 16 hores. En canvi a la resta d'observatoris de la ciutat de Girona el vent bufa de migjorn, xaloc o garbí durant les hores diürnes.

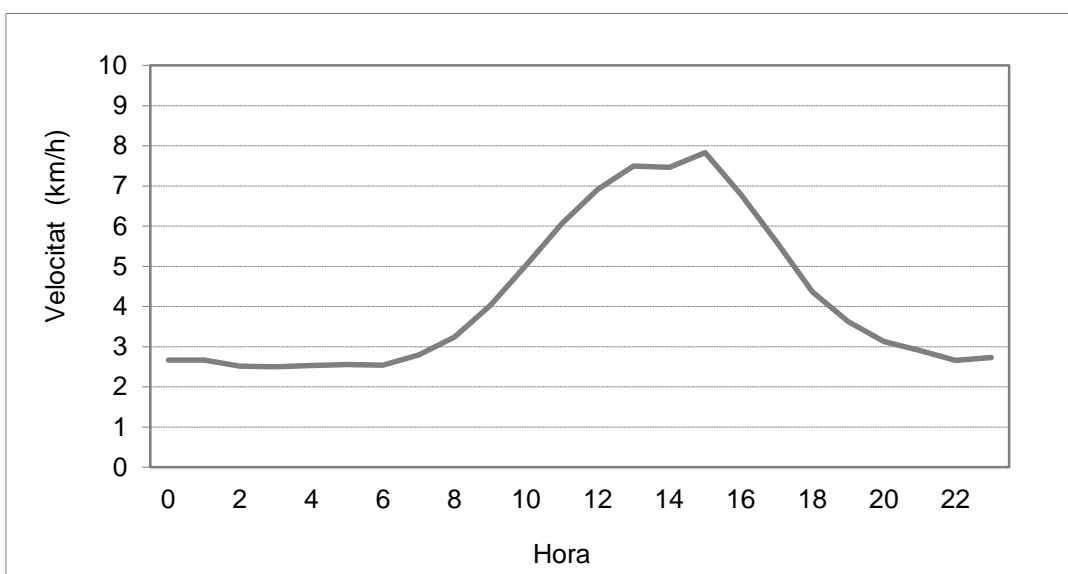


Figura 7.25 Velocitat mitjana horària del vent a Girona-Universitat. Període 2002-2007.

Sarrià de Ter presenta una velocitat mitjana del vent que es troba en valors mitjans-baixos dins l'àrea urbana de Girona, amb una mitjana de 4,8 km/h. El vent a Sarrià de Ter és més dèbil en hores nocturnes, quan predomina el vent catabàtic que davalla seguint el curs del riu Ter, mentre la velocitat del vent és més elevada al migdia i a la tarda. La velocitat mitjana del vent és de 9,3 km/h a les 16 hores a Sarrià de Ter i de 1,6 km/h a les 6 hores.

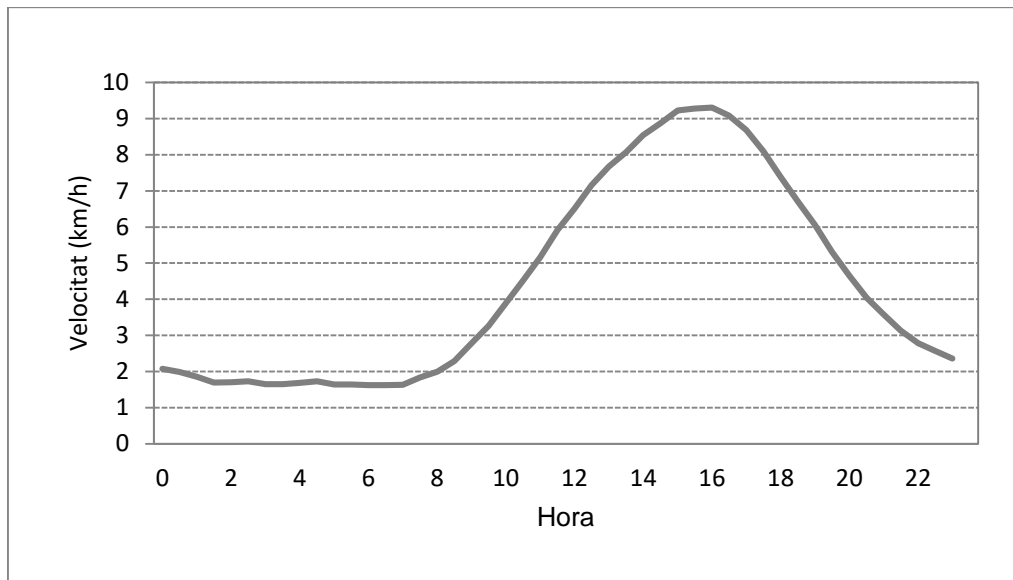


Figura 7.26 Velocitat mitjana del vent a Sarrià de Ter-XVPCA. Període 1998-2000.

L'observatori de Fornells de la Selva és poc ventós, especialment durant la nit, quan la velocitat és inferior als 2 km/h entre les 22 i les 8 hores. La velocitat mitjana del vent és de 4,1 km/h. Així a la nit predominen els vents fluxos i encalmats, són vents catabàtics que davallen del turó de Palau. En canvi durant el dia tenim vents regionals que bufen amb més força i assoleixen velocitats mitjanes al voltant de 10 km/h en les hores en què el vent és més intens, entre les 14 i les 16 hores.

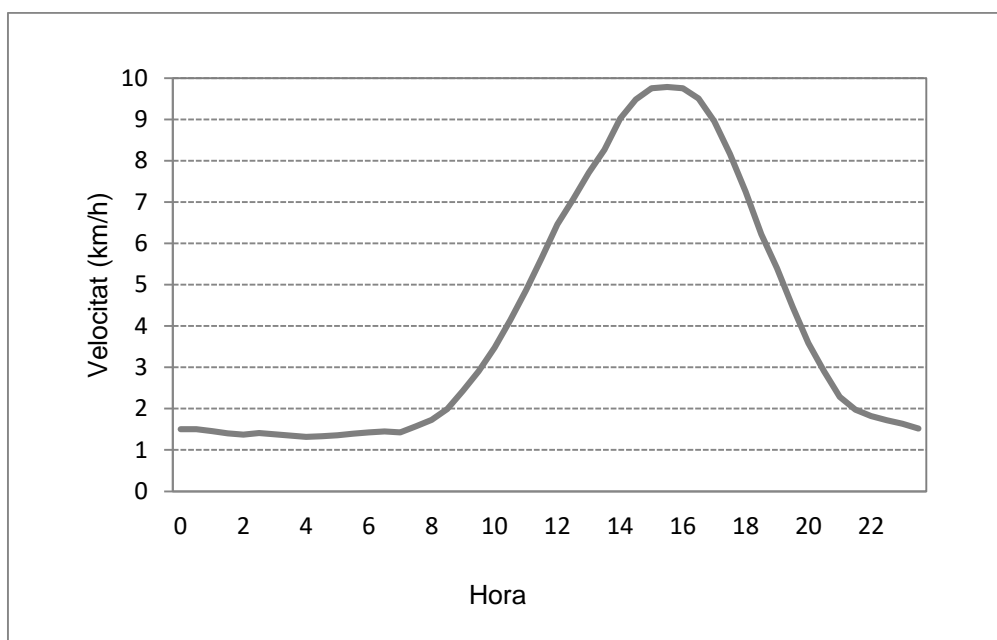


Figura 7.27 Velocitat mitjana del vent a Fornells de la Selva-XVPCA. Període 1997-1999.

L'observatori de Girona-Montjuïc és l'estació més ventosa de l'àrea urbana de Girona durant la nit, amb velocitats que fluctuen al voltant de 8 km/h. això probablement s'ha d'associar amb un *low level jet* nocturn, que és produït pel refredament de la superfície i que bufa en la part superior de la capa límit urbana nocturna. Durant el dia la velocitat del vent és elevada en aquest observatori, al voltant de 15 km/h entre les 14 i les 16 hores. No obstant la velocitat del vent és lleugerament inferior a Girona-Vicens Vives. En el còmput diari el mitjana de velocitat del vent de Girona-Montjuïc és el més elevat, 11,1 km/h.

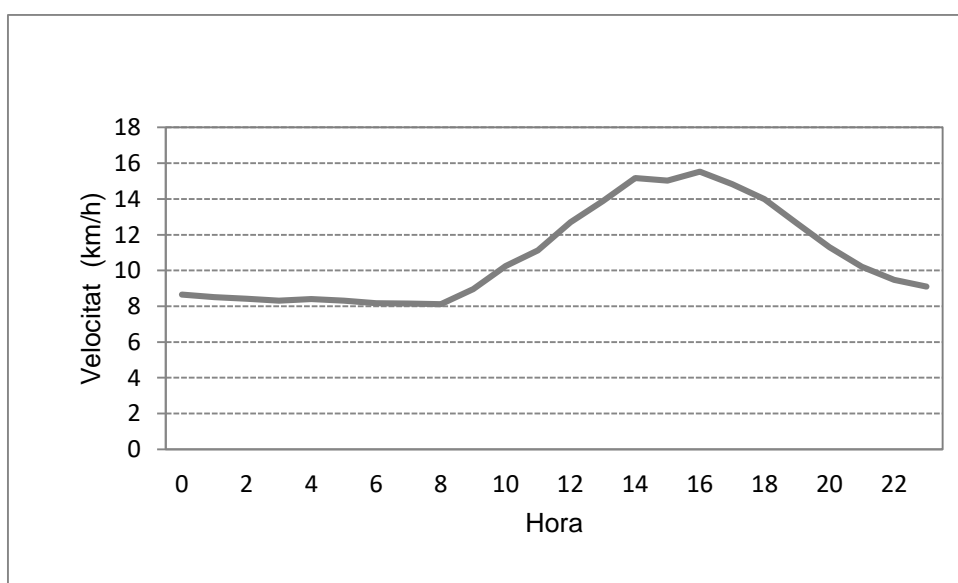


Figura 7.28 Velocitat mitjana del vent a Girona-Montjuïc. Període 1999-2001.

L'observatori de Girona-Parc de Bombers té una velocitat mitjana-baixa dins l'àrea urbana de Girona, al voltant de 4,9 km/h. La gràfica de la velocitat del vent té dues

parts ben diferenciades, durant la nit tenim vents molt fluxos o encalmats, mentre que durant el dia els vents incrementen clarament la seva velocitat, ja que durant les hores diürnes tenim el règim de vents regionals. La velocitat mitjana del vent és entre 2 i 3 km/h entre les 0 i les 10 hores, mentre que entre les 16 i les 18 hores tenim el màxim de vent, amb velocitats compreses entre 9 i 10 km/h.

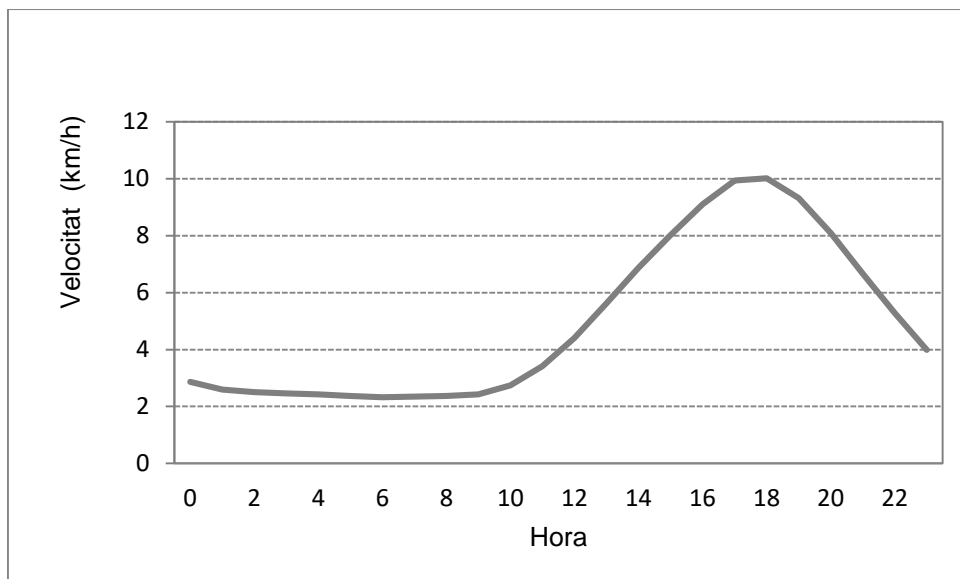


Figura 7.29 Velocitat mitjana del vent horària. Girona-Parc de Bombers. Període 2003-2008.

A Girona-Santa Eugènia la velocitat del vent oscil·la al voltant dels 3 km/h en hores nocturnes i en canvi s'incrementa cap al migdia, quan assoleix els 8,4 km/h a les 14 hores. Per tant tenim vents dèbils a la nit, són vents catabàtics que descendeixen seguint el curs del riu Ter, mentre que durant el dia els vents augmenten de velocitat, són vents regionals que bufen de migjorn en aquest observatori.

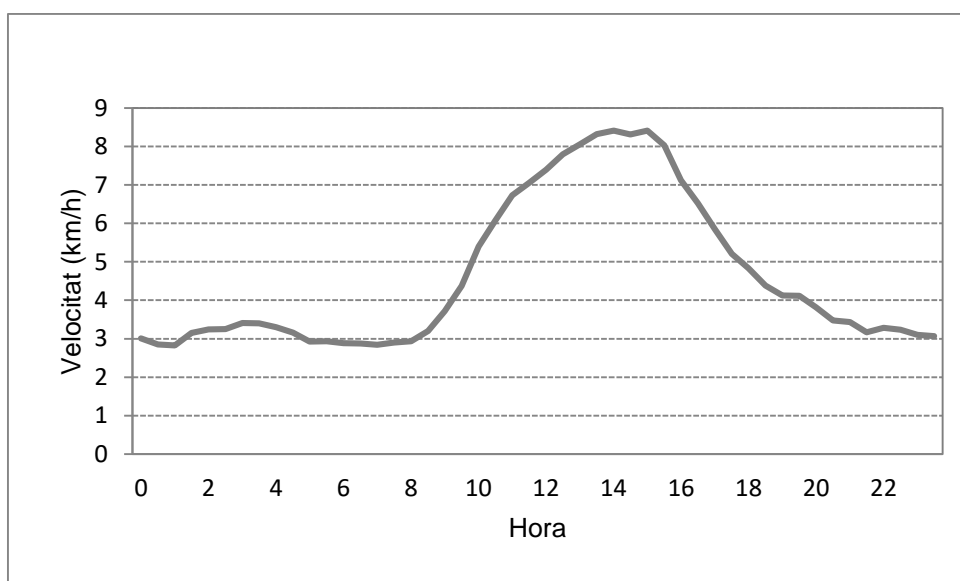


Figura 7.30 Velocitat vent horària. Girona-Santa Eugènia. Període 2010-2011.

L'observatori de Girona-Bonastruc és el menys ventós de l'àrea urbana de Girona, amb un mitjana de 3,1 km/h, que només és de 1,9 km/h l'any 2011. Aquesta estació és poc ventosa tant de dia com de nit, mentre que durant la nit predominen els vents encalmats, durant les hores centrals del dia tenim vents fluixos, amb velocitats que no assoleixen ni els 5 km/h en els moments en què el vent bufa amb més intensitat, entre les 14 i les 16 hores. Probablement la situació geogràfica de l'observatori, al nord de l'Eixample, provoca un bloqueig del vent que crea una zona poc ventosa, on predominen els vents fluixos i els vents forts són excepcionals.

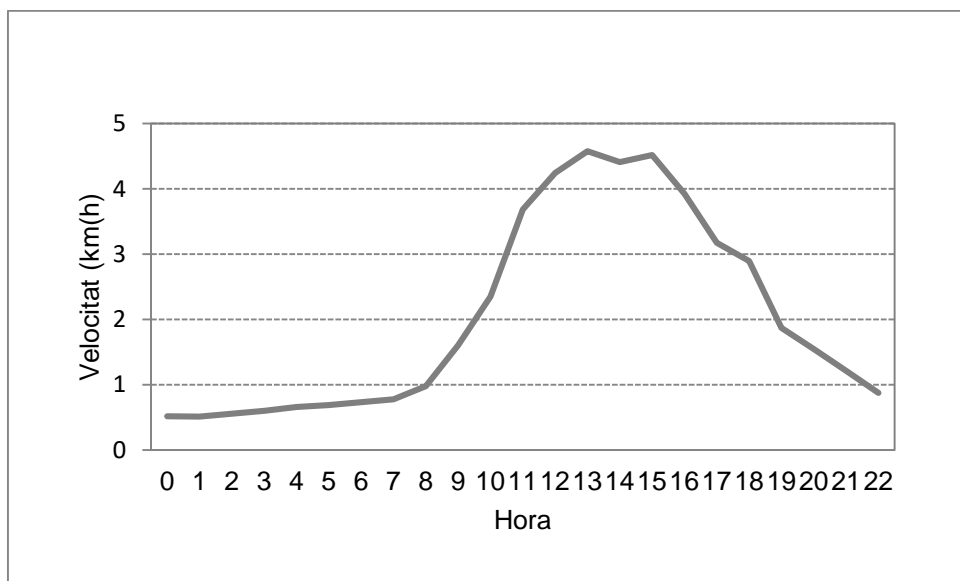


Figura 7.31 Velocitat mitjana horària del vent. Girona-Bonastruc. Any 2011.

La velocitat màxima del vent varia d'una manera exagerada entre els observatoris. Així Girona-Parc de Bombers té una velocitat màxima del vent anual de 44,8 km/h, en canvi Girona-Vicens Vives, situat 3 km al NE de l'anterior observatori, té una velocitat màxima de 120,7 km/h. Cal remarcar que aquesta és la velocitat del vent tenint en compte la correcció segons l'altura, no són les dades observades als observatoris, ja que no es troben uns 10 metres damunt el sòl. En tot cas les velocitats superen els 100 km/h en quatre observatoris, Salt-Barri Vell, Girona-Vicens Vives, Girona-Montjuïc i Celrà. L'observatori de Salt-Barri Vell tot i ser l'estació amb menys velocitat mitjana pot enregistrar velocitats de vent molt elevades, per exemple 109 km/h durant el dia 24 de gener de 2009, amb vent de ponent. També cal remarcar que la velocitat màxima del vent és més elevada als turons que volten la ciutat, especialment el de Montjuïc i també prop dels rius Onyar i Güell, tal com passa amb la velocitat mitjana. Les velocitats màximes del vent a Girona s'enregistren entre novembre i abril, normalment els vents del nord i nord-est són els que provoquen aquestes ventades tan intenses. En canvi durant l'estiu els vents forts són menys importants, la velocitat decreix,

només en els casos de les ratxes descendents de les tempestes «*downbursts*» podem tenir vents molt intensos a l'àrea urbana de Girona durant l'estiu.

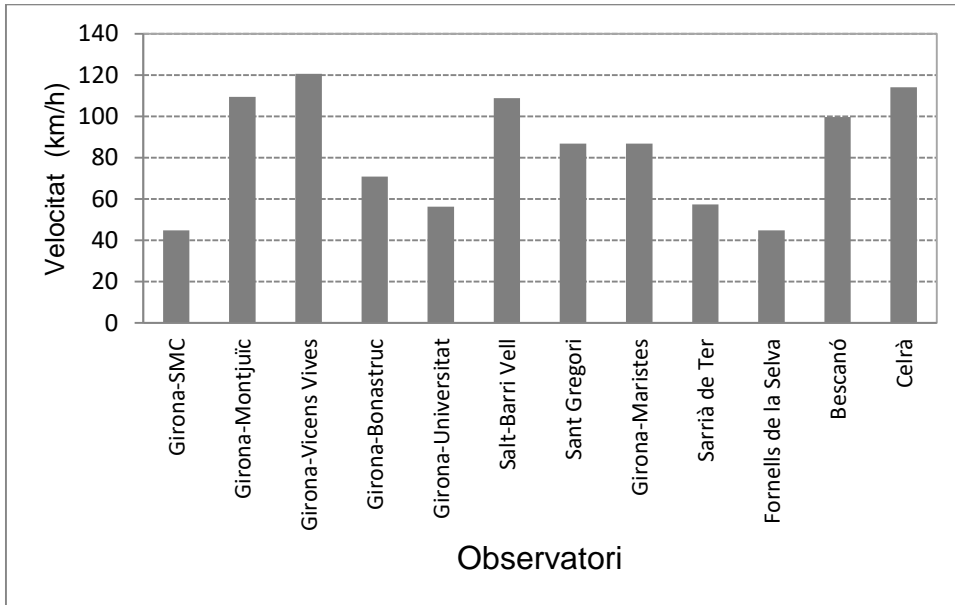


Figura 7.32 Velocitat màxima del vent de diferents observatoris de l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2011.

Hem realitzat diferents transectes eòlics per tal d'analitzar com varia el vent a la ciutat de Girona. El vent a Girona és més intens als carrers més amples, com és el cas del Passeig d'Olot, a l'altura de l'edifici Urbis, a la cruïlla amb el carrer Santa Eugènia. D'altra banda, també el vent és fort als ponts damunt del riu Onyar. Els carrers més estrets tenen velocitats més baixes, això es nota especialment al Barri Vell de Girona on el baix factor visió del cel (SVF), juntament amb l'estretor dels carrers, impedeix que el vent bufi amb força en el seu entramat urbà dens.

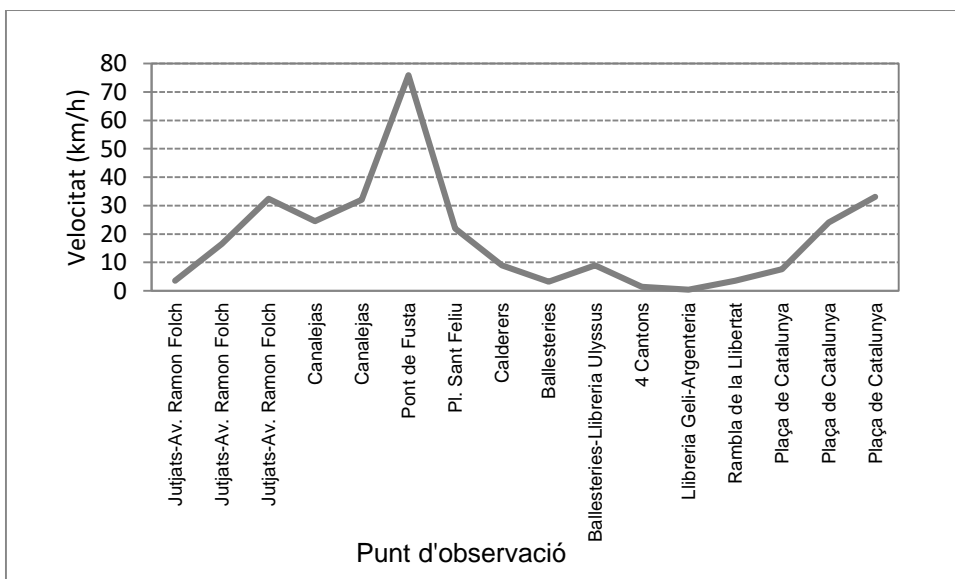


Figura 7.33 Transecte eòlic del 3 de febrer de 2013. Av. Ramon Folch-Barri Vell-Plaça de Catalunya. Centre urbà de Girona. 14,05 hores.

Taula 7.3 Dades meteorològiques del 3 de febrer de 2013.

Situació sinòptica	Anticicló
Cel	Serè
Pressió	1024 mb
Vent	N 4

El dia 3 de febrer de 2013 vam fer un transecte eòlic en un dia amb tramuntana. La variabilitat de la velocitat del vent és molt elevada. Així als carrers del Barri Vell de Girona la velocitat del vent és molt dèbil, inferior als 10 km/h, fins i tot amb vent encalmat en alguns carrers, com és el cas del carrer Argenteria, cantonada Llibreria Geli, on la velocitat és de 0,4 km/h. En canvi, als ponts de l'Onyar el vent és intens, amb una velocitat màxima de 76 km/h al Pont de Fusta damunt del riu Onyar. El vent també sofreix una acceleració i arriba a 33,1 km/h a la plataforma de la Plaça Catalunya que es troba damunt el riu Onyar

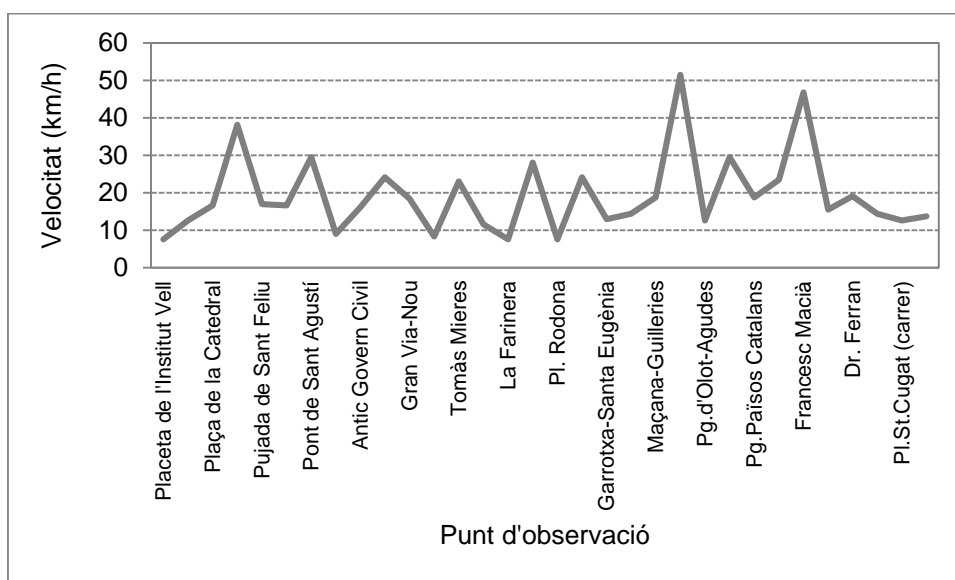


Figura 7.34 Transecte eòlic del 8 de març de 2012. Placeta (Institut Vell). Barri Vell de Girona-Plaça Sant Cugat (Salt). Velocitat del vent. 14,02 hores

La velocitat del vent del transecte del 8 de març de 2012 experimenta diferents frenats i acceleracions en funció de l'amplada dels carrers, el factor de visió del cel i l'orientació de les vies urbanes. Així l'indret més ventós és el Passeig d'Olot, cruïlla amb el carrer Montnegre 51,5 km/h. Aquesta velocitat és superior a l'assolida al pont de L'Onyar, pont de Sant Agustí, 29,5 km/h. En canvi a la Placeta de l'Institut Vell, al Barri Vell de Girona, la velocitat mitjana és de només 7,6 km/h. S'ha de remarcar que tenim vents més intensos en les proximitats d'edificis elevats, com és l'edifici Urbis al Passeig d'Olot, i un edifici alt a Salt, al carrer Francesc Macià amb Passeig Paisos Catalans. També la direcció del vent (veure figura 7.37) experimenta variacions entre

carrers propers, tenint la mateixa direcció del vent dels afores en carrers orientats amb eix nord-sud i amb direcció del vent de mestral, ponent o llevant en carrers amb orientació oest-est.

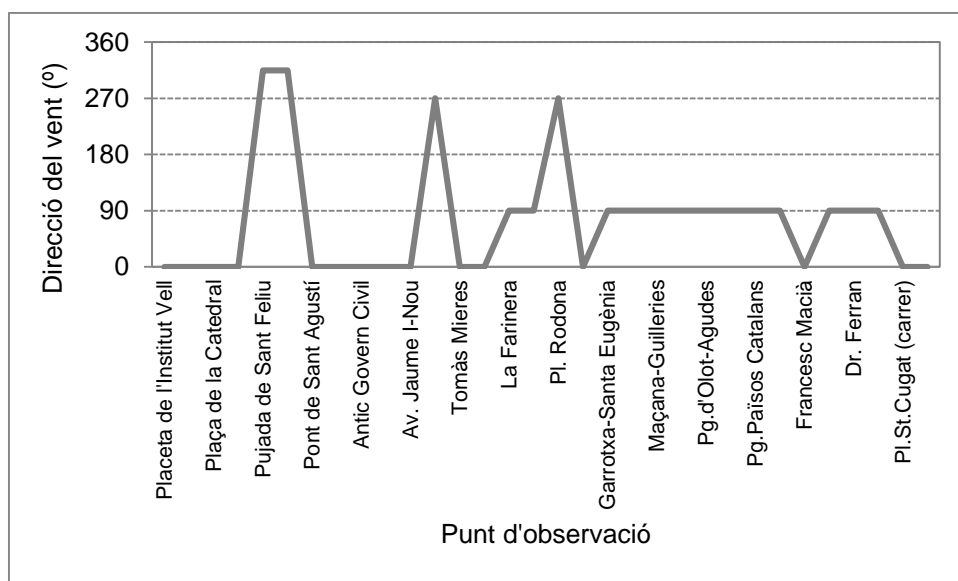


Figura 7.35 Transsecte eòlic del 8 de març de 2012. Placeta (Institut Vell). Barri Vell de Girona-Plaça Sant Cugat (Salt). Direcció del vent. 14,02 hores.

Taula 7.4 Condicions meteorològiques. Transsecte eòlic 9 de març de 2012.

Situació sinòptica	Anticicló
Cel	Cel serè
Pressió	1024 mb
Vent	NE (35°) 7,7 m/s

El 9 de març de 2012 vam realitzar dos transsectes eòlics a peu per tal d'observar la variació de la velocitat i la direcció del vent a peu de carrer. Aquest dia és una jornada típica de tramuntana on la velocitat màxima assolí una velocitat de 55,8 km/h a l'observatori de Girona-Santa Eugènia, estació que depèn del Servei Meteorològic de Catalunya. El cel estava serè, la intensitat de l'illa de calor fou molt dèbil, cosa lògica ja que el vent bufa moderat del nord, tenia una velocitat de l'escala Beaufort de força 4.

La direcció del vent predominant és del nord als carrers amb orientació nord-sud, mentre que als carrers amb eix oest-est el vent bufa de llevant. Tenim una excepció al carrer Cúndaro del Barri Vell de Girona on tenim mestral ja que el vent s'adapta a l'orientació NW-SE d'aquest carrer. El vent incrementa la seva velocitat en seccions estretes que separen confluències de carrers, com és el cas del Portal Sobreportes, amb 38,2 km/h. També la velocitat del vent és molt superior en els carrers situats en l'eix de la llera del riu, com la Plaça de Catalunya, 38,5 km/h, en comparació amb altres vies adjacents, com la Plaça Pompeu Fabra on hi ha la Casa de Cultura de

Girona, amb 11,2 km/h. S'observa una disminució de la velocitat del vent al Barri Vell de Girona on la velocitat assoleix els valors mínims, inferiors a 5 km/h, per exemple 2,5 km/h a la placeta del Correu Vell, 2,9 km/h al carrer Cúndaro o 4 km/h al carrer de la Força.

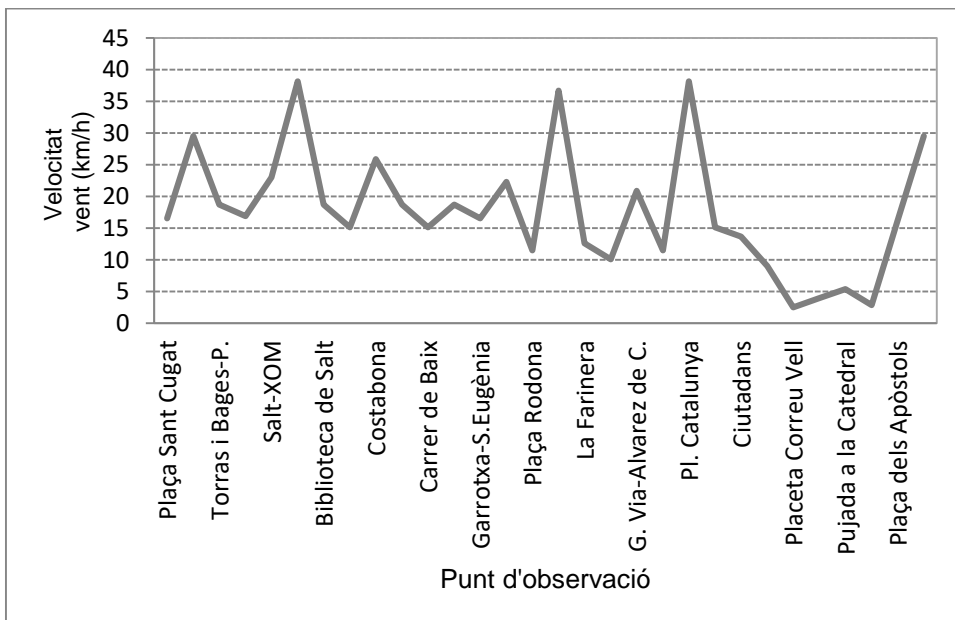


Figura 7.36 Transsecte eòlic del 9 de març de 2012. 14,02 hores. Transsecte 9. Velocitat del vent mitjana

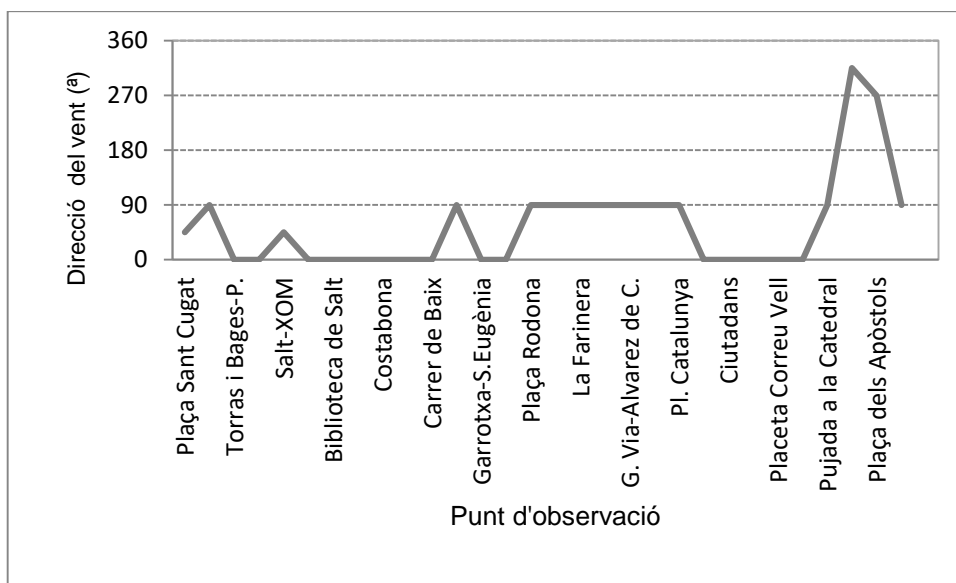


Figura 7.37 Direcció del vent. Transsecte del 9 de març de 2012. 12,20 hores.

S'observa una gran variació en els dos paràmetres (velocitat i direcció). Així, els indrets menys ventosos corresponen a carrers arrecerats de la tramuntana amb orientació oest-est, aquest és el cas de la Farinera, al carrer Santa Eugènia, on la velocitat màxima és de 8,2 km/h. No obstant també hi ha carrers amb la mateixa orientació que presenten la màxima velocitat, aquest és el cas del Passeig d'Olot, en la

seva cruïlla amb el carrer Montnegre on la velocitat del vent assolí la velocitat màxima dels dos recorreguts d'aquest dia amb 51,5 km/h. La proximitat a un edifici alt, l'edifici Urbis, pot ser una de les causes d'aquest pic de velocitat, però també l'elevada amplada del carrer (24 metres) afavoreix que el vent bufi amb força. S'ha de remarcar que l'orientació dels carrers condiciona clarament la direcció del vent. Així el vent bufa de l'est en els carrers amb orientació oest-est, mentre que en les vies urbanes amb orientació nord-sud el vent té una direcció molt similar a la de l'observatori del SMC, és del nord. No obstant en alguns carrers el vent bufa de ponent, com és el cas de la Plaça Rodona al barri de Sant Narcís i la Plaça Marquès de Camps a l'Eixample. Probablement en aquestes àrees relativament obertes de la ciutat augmenta la turbulència i això provoca un gir brusc de la direcció. També s'observa un increment de la velocitat del vent en el pont de Sant Agustí de l'Onyar entre el Barri Vell i el Mercadal, amb una velocitat del vent de 29 km/h, mentre al carrer Argenteria (barri vell) s'enregistra una velocitat mitjana de 18 km/h i a la Plaça Independència només tenim 8 km/h. La velocitat del vent no varia gaire entre els diferents barris de la ciutat de Girona i la ciutat de Salt, amb l'excepció de la part vella de Girona molt menys ventosa. Així, l'escassa amplada dels carrers del Barri Vell gironí fa que en aquesta àrea urbana s'enregistrin les menors velocitats del vent. S'ha de remarcar que la velocitat del vent està influïda tant per l'amplada dels carrers com per la seva orientació. Així, als carrers més amples amb orientació est-est el vent assoleix les velocitats més elevades, mentre que a les places tenim els valors mínims de velocitat del vent (per exemple, 8 km/h a la Placeta de l'Institut Vell).

La correlació entre la temperatura i la direcció i la velocitat en el transsecte termoeòlic és molt baixa, gairebé nul·la, amb valor inferior (-0,0146). Els carrers molt ventosos i/o poc ventosos tant poden ser càlids com freds, de la mateixa manera que la temperatura és independent de la direcció del vent, ja que el coeficient de correlació encara és més baix (-0,0019).

Taula 7.5 Correlació entre temperatura i diferents paràmetres del vent.

Velocitat del vent i temperatura	-0,0146
Direcció del vent i temperatura	-0,0019

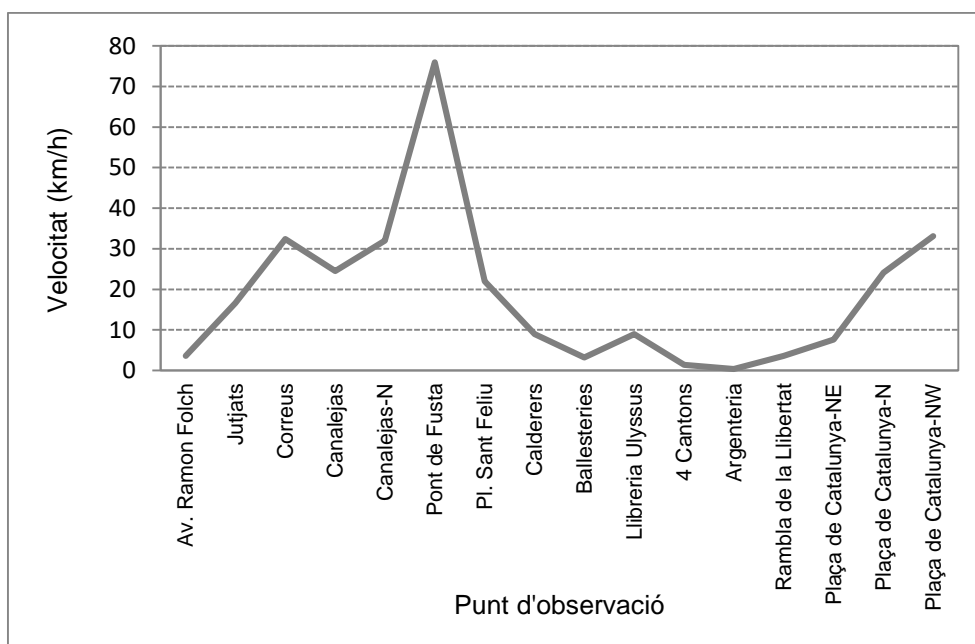


Figura 7.38 Velocitat màxima del vent. Transsecte del migdia del 20 de març de 2012 (14 hores). Avinguda Ramon Folch-Barri Vell-Plaça de Catalunya (Girona).

La velocitat del vent és clarament més elevada en els ponts damunt del riu Onyar, respecte la resta de la ciutat. La part menys ventosa de Girona és el Barri Vell, amb velocitats que no assoleixen els 10 km/h, mentre al Pont de Fusta la velocitat màxima és de 76 km/h.

Taula 7.6 Condicions meteorològiques. Transsecte eòlic 20 de març de 2013.

Vent: NE 4
Situació sinòptica: Advecció de l'est anticiclònica + Gota freda
Pressió: 1020 hPa
Nuvolositat: 7/8 Sc

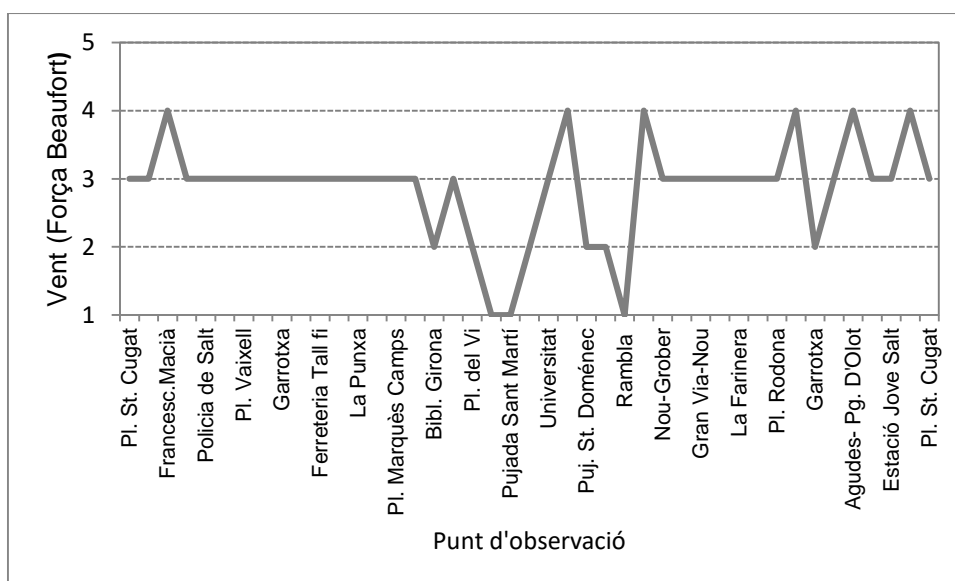


Figura 7.39 Direcció del vent del Transsecte eòlic Salt-Girona-Salt del migdia del 20 de març de 2012. 14.07 hores.

La velocitat del vent és més intensa en els carrers amb orientació nord-sud, que en les vies amb orientació est-oest, i la força del vent és directament proporcional al factor de visió del cel (SVF) i a l'amplada dels carrers. El vent sofreix acceleracions al cantó dels rius, especialment l'Onyar, que té una orientació nord-sud, i a prop dels edificis alts, com és el cas dels carrer Francesc Macià-Passeig Països Catalans on tenim un gratacels de 13 pisos d'altura. El vent a Girona tendeix a disminuir. Així la tendència de la velocitat mitjana del vent anual és de clar descens entre els anys 1912 i 1977, en què s'analitza la velocitat del vent d'observatoris oficials del centre de Girona, Girona-Institut Vell (1912-66) i Girona-Vicens Vives (1967-77). L'increment de població de la ciutat, l'expansió de la ciutat, juntament amb l'ocupació de les zones buides intraurbanes, són el factors que han provocat el descens de la velocitat del vent al centre de la ciutat. Així el creixement urbà de la ciutat ha provocat un frenat de la velocitat del vent.

Una dels principals efectes de la disminució del vent és l'increment de l'illa de calor urbana. Com aquest augment de l'illa de calor s'observa en les dècades en les quals no disposem de dades de velocitat del vent a la ciutat (anys 80 i 90 del segle XX), no podem fer una correlació entre velocitat del vent i intensitat de l'illa de calor. No obstant, mentre en el període 1967-77 la velocitat mitjana del vent a Girona-Vicens Vives és de 3,6 km/h, en el període 2004-2011 és de 6,1 km/h. S'ha de remarcar, però, que l'increment d'aquesta velocitat probablement està causat per un canvi en l'altura de l'anemòmetre de l'estació esmentada, però no tenim la metadada de l'anemòmetre al període 1967-77 per confirmar-ho.

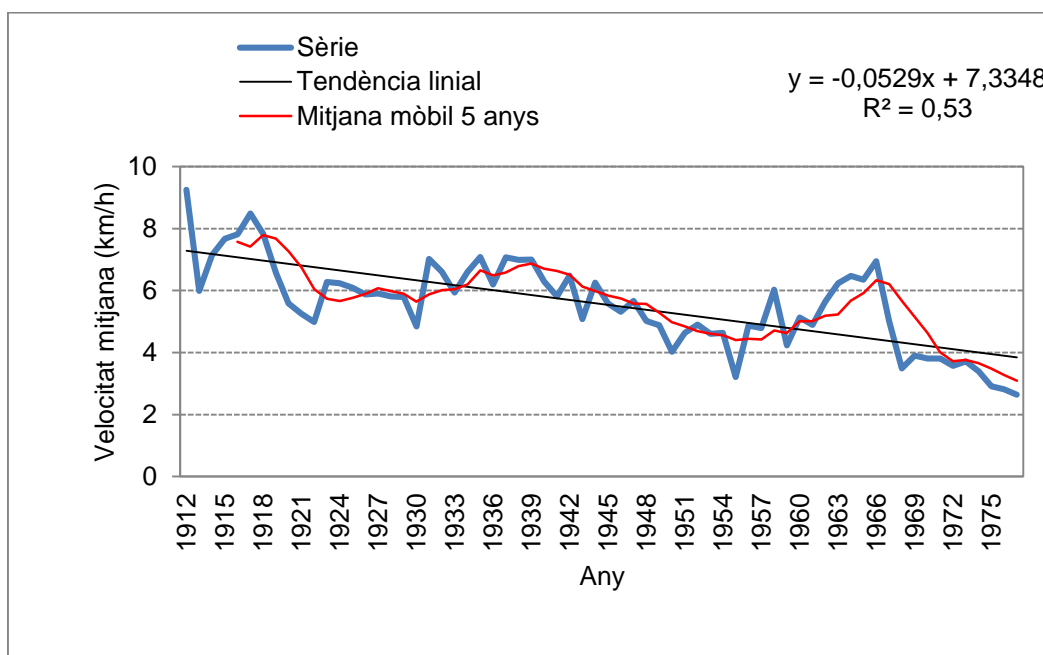


Figura 7.40 Velocitat mitjana anual del vent de Girona. Període 1912-1977.

7.2 Humitat relativa.

La humitat relativa és un paràmetre que no ens indica la quantitat de vapor a l'atmosfera, en realitat aquesta variable ens assenyala la proporció de vapor que es trobaria en el mateix volum d'aire saturat a la mateixa temperatura. L'illa de calor urbana provoca un dèficit nocturn de la humitat relativa a la ciutat (Landsberg 1981, Moreno, 1999), però en canvi el contingut total de vapor d'aigua atmosfèric, que es pot mesurar a través de la pressió de vapor relativa, és superior a la ciutat respecte els camps propers.

La distribució de la humitat relativa a la ciutat de Girona i a les rodalies ens mostra una illa de sequedat moderada pel que fa a la diferència del mitjana diari, 8 %. Així la humitat relativa mitjana a Girona-Sèquia és del 68 % i a Girona-Hortes de Santa Eugènia del 76 %. D'altra banda durant la nit el dèficit higromètric és molt més important, amb diferències urbano-rurals que superen el 20 % especialment durant les nits serenes i encalmades, quan l'illa de sequedat pot superar el 40 %.

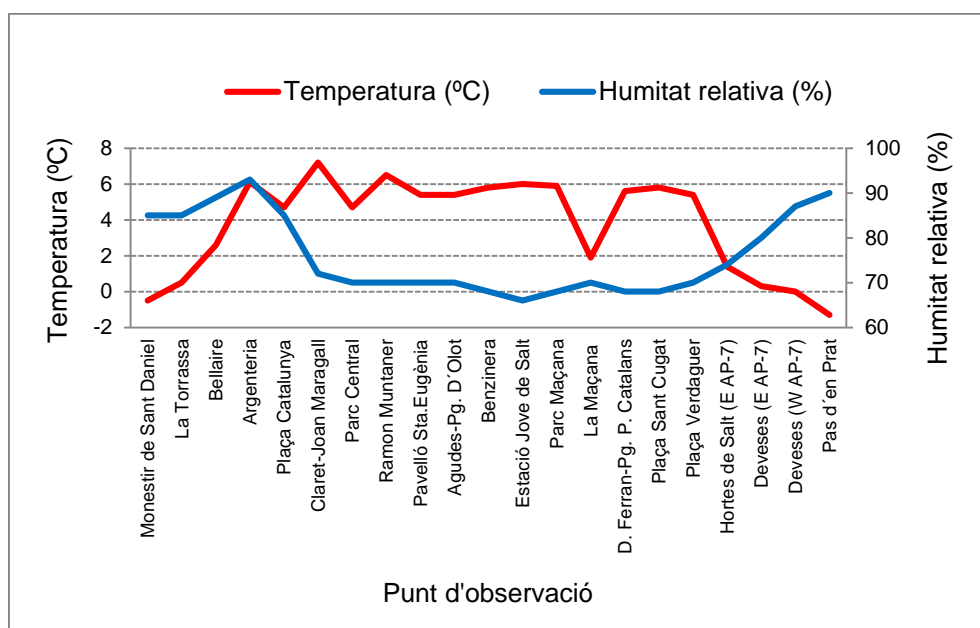


Figura 7.41 Transsecte termohigromètric W-E. Girona (la Vall de Sant Daniel)-Deveses de Salt. 16 de desembre de 2005.

El 16 de desembre de 2005 tenim una situació sinòptica del dia d'advecció del nord-oest. La nuvolositat és escassa, 1/8 Ac, Cu. El vent és encalmat. La pressió atmosfèrica és de 1014 hPa. La zona més seca de la ciutat de Girona pel que fa a la humitat relativa és el carrer Passeig d'Olot en el seu límit amb el municipi de Salt (Rotonda del tren d'Olot), on la humitat relativa és del 68 %. No obstant, la humitat relativa més baixa és al municipi de Salt, 65 % a la cruïlla del carrer Passeig Països Catalans de Salt amb el carrer Francesc Macià. D'altra banda, al Pas d'en Prat, a les Deveses de Salt, la humitat relativa és del 92 %, hi ha una illa de sequedat del 27 % al

municipi de Salt. Cal remarcar una anomalia higromètrica a prop de l'inici del transsecte, així una zona molt urbanitzada del Barri Vell de Girona presenta la humitat relativa més elevada de tot el transsecte. El màxim es dona al carrer Argenteria, amb un 93 % de humitat relativa. La proximitat del carrer al riu Onyar, juntament amb les temperatures màximes baixes que es donen a nivell de carrer (es troba al Barri Vell), i juntament amb la poca insolació, són les responsables de l'elevada humitat relativa. La humitat relativa descendeix ràpidament quan es passa a l'altra banda del riu Onyar, a l'Eixample, amb valors a l'entorn del 73-75 %. Es pot dir que el riu Onyar provoca un efecte de barrera higromètrica, la humitat és molt més elevada en el seu cantó dret, que inclou els districtes de Barri Vell i de Vista Alegre, i en canvi és molt més baixa al seu marge esquerre, a l'Eixample. Cal remarcar un fet comú observat en altres ciutats, la humitat relativa és més elevada als afores de la ciutat que dins la ciutat, és el fenomen que segons Moreno (1999) s'anomena l'illa de sequedat urbana, produïda no només per unes elevades temperatures que amb una quantitat de vapor similar implica una humitat relativa urbana menor. D'aquesta manera, la humitat és molt elevada en les àrees rurals de la Vall de Sant Daniel i les Deveses de Salt que als centres urbans de Girona i Salt respectivament. Així tenim una humitat relativa màxima del 90 % a les Deveses de Salt, que és lleugerament inferior al carrer Argenteria, i 85 % a la Vall de Sant Daniel. Per tant, hom pot parlar d'una illa de sequedat asimètrica de Girona, amb valors més baixos al centre del municipi de Salt que al centre de Girona i en canvi el valor màxim no es dona en àrees rurals, sinó al Barri Vell de Girona, tot i que les àrees rurals presenten humitats més elevades que gran part de la zona urbanitzada de Girona i Salt.

La temperatura és més alta al centre de Girona, al carrer Pare Claret, 7,4°C, que al Barri Vell, on la temperatura és de 5,7°C a la Rambla de la Llibertat. El riu Onyar presenta un efecte de canal d'aire fred prop del centre urbà de Girona, així la temperatura és de 4,3°C a la Plaça de Catalunya, 3°C més baixa que 300 metres a l'oest (Pare Claret) i 1,4°C més baixa que a l'est (5,7°C a la Rambla). Les àrees més fredes corresponen a les àrees rurals de Girona i Salt, amb -0,8°C al Monestir de Sant Daniel i -1,5°C a les Deveses de Salt. Hem de remarcar que l'illa de calor de Salt és asimètrica, el sud de la ciutat no és tan fred com el nord (1,5°C a la Maçana, al sud, i -1,5°C a les Deveses de Salt). Això es deu al microclima de les Deveses de Salt, més fred que altres àrees rurals. La Maçana és un punt situat als camps de blat que voregen el sud del nucli urbà de Salt.

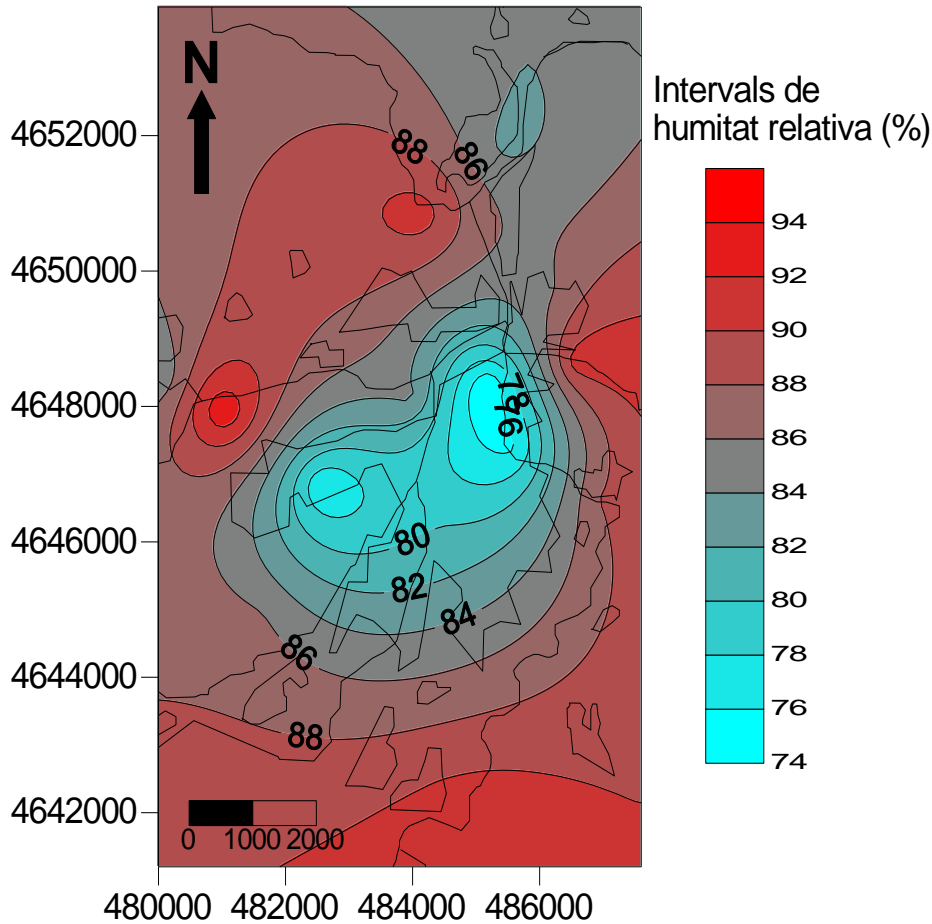


Figura 7.42 Mapa de la humitat relativa mitjana a les 0 hores. Àrea urbana de Girona.

La humitat relativa a la nit (observació de les 0 hores) és força més baixa en els observatoris urbans que en els rurals. Així en aquest moment es produeix l'illa de sequedat màxima de tot el dia. La diferència urbano-rural és la més alta, 24,2 % al mes de juny. Així tenim un mitjana del 90,0 % a Vilablareix-SMC, mentre que la humitat és del 65,8 % a Girona-Bonastruc. El mitjana anual de dèficit màxim urbà és del 17,5 %, 92,0 % a Fornells per 74,5 % a Girona-Bonastruc. Cal destacar que el valor mínim d'illa de sequedat s'assoleix a la tardor i a l'hivern, amb 14,3 % al gener i 15,8 % al febrer, en canvi el valor màxim es dona a l'estiu, 24,2 % juny, i a la primavera, 22,4 % al març. El fort refredament de les àrees rurals és la principal causa d'aquesta anomalia higròtermica, ja que en aquest moment del dia s'assoleix la màxima intensitat de l'illa de calor, especialment a l'estiu i finals de primavera.

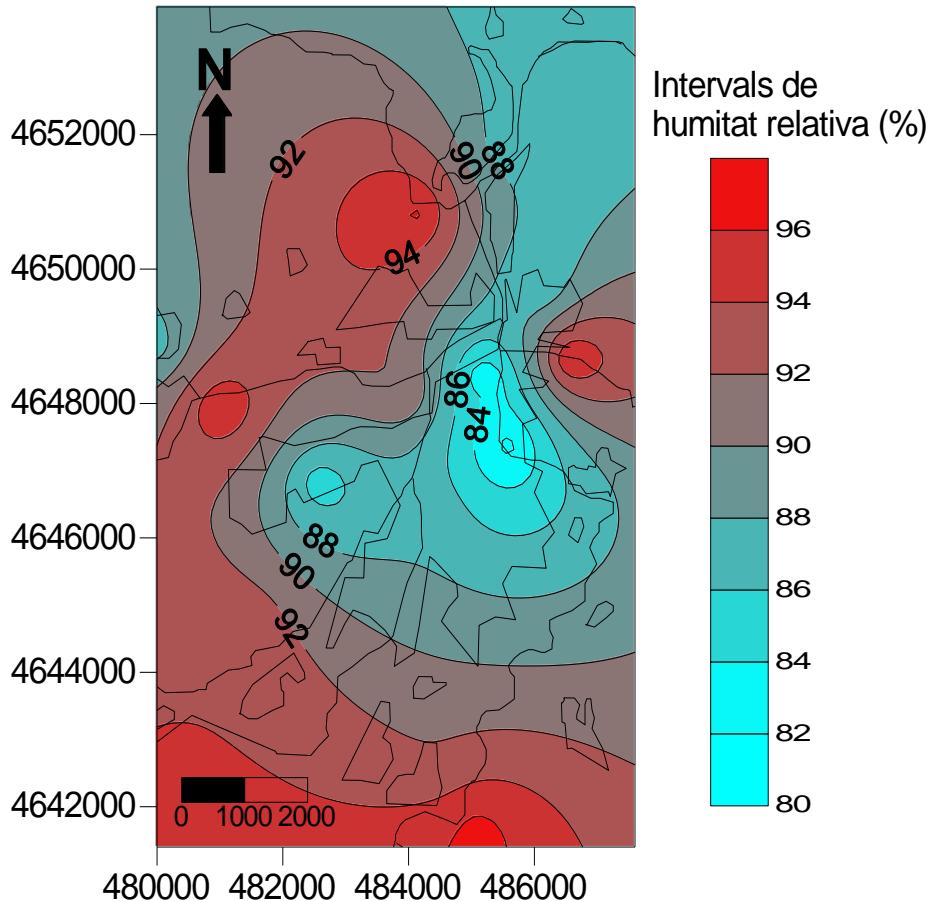


Figura 7.43 Mapa de la humitat relativa mitjana a les 7 hores. Àrea urbana de Girona.

A la matinada tenim una important dèficit higromètric urbà. Així, a les 7 hores urbà l'illa de sequedat mitjana anual és del 16,0 %. La humitat relativa mitjana diària més elevada anual es troba en els sectors rurals, tant als pobles (Fornells XVPCA 92,6 %) com en les rodalies d'aquests (Fornells-SMC 96,7 %, Girona-Sant Daniel 96,3 %, Vilablareix 91,3 %). D'altra banda, els observatoris amb les humitats més baixes són les àrees urbanes i suburbanes de les ciutats de Girona i Salt. Girona-Vicens Vives i Girona-Bonastruc són els observatoris amb la humitat més baixa, 81,4 % i 81,8 % respectivament. Salt enregistra 84,7 %. Sarrià de Ter situat a la zona de sotavent del nord de la urbs té menys humitat que un observatori del sud de Girona, Fornells-XVPCA, 87,1 % i 92,6 % respectivament. L'illa de sequedat a les 7 hores té un patró estacional característic, amb valors més elevats a l'estiu (23 % al juliol) i més baixos a la tardor (11,4 % a l'octubre). A l'estiu l'ambient fresc dels afores de Girona on la mitjana de les temperatrues mínimes volta els 15-16°C afavoreix la formació de rosades gràcies a les elevades humitats, a l'entorn del 90 % (Vilablareix i Fornells enregistren 91,1 i 96,7 % respectivament). En canvi, les rosades són poc freqüents al centre de Girona, on l'illa de calor genera una important illa de sequedat, la humitat mitjana baixa del 80 %. Girona-Vicens Vives i Girona-Bonastruc enregistren humitats del 73,1 % i 74,6 % respectivament. A l'octubre les diferències higromètriques entre el

camp i les ciutats són minses, ja que les elevades precipitacions i l'important inestabilitat de l'aire afavoreix la barreja de l'aire entre la ciutat i el camp. A més, l'intercanvi de humitat vertical afavoreix una humitat elevada a la ciutat, al voltant del 87 % (Girona-Bonastruc 86,8 %), i al camp es frega el 100 % (97,7 % Fornells-SMC). A l'hivern les diferències són moderades, la intensitat és del 12,8 % al gener. La ciutat enregistra humitats a l'entorn del 85 %, i al camp es supera el 95 % en els llocs més humits (Fornells de la Selva-SMC 97,3 %).

Si analitzem les diferències mensuals, ens adonem que els valors més alts i més baixos segueixen un patró similar a l'any. Els observatoris rurals enregistren a l'hivern humitats iguals o inferiors a 80 %, almenys un mes (Fornells-SMC 82 % desembre i 80 % gener), mentre les estacions urbanes no arriben ni a un 70 % de humitat mitjana. Per tant, la sensació de fred de les zones rurals degut a les temperatures més baixes es troba incrementat per la humitat més elevada. Així, al gener Girona-Bonastruc enregistra 67,6 %, Salt 69,9 %. A l'estiu la sensació de xafogor s'incrementa a les zones rurals, ja que la humitat és força més elevada. Les intensitats de l'illa de sequedat urbano-rurals més elevades de l'any es donen a l'estiu (18,7 % juny) i les més baixes a la tardor i a la primavera (12,9 % abril, 13,2 % octubre). Els valors de juliol són inferiors a 57 % a les àrees urbanes de Girona i Salt, fins i tot en algun cas inferiors al 50 % (Girona-Bonastruc, 49,8 %). En canvi els llocs rurals sobrepassen el 60 %, Fornells de la Selva-SMC té 64,1 % i 62,6 % Vilablareix. No obstant, les humitats relatives més elevades es donen als llocs elevats, Girona-Montjuïc té 65 %, Probablement les temperatures màximes lleugerament més baixes dels indrets més alts, juntament amb la major velocitat del vent que bufa del sud, la marinada aporta humitat relativa alta, afavoreix aquestes humitats relatives més elevades.

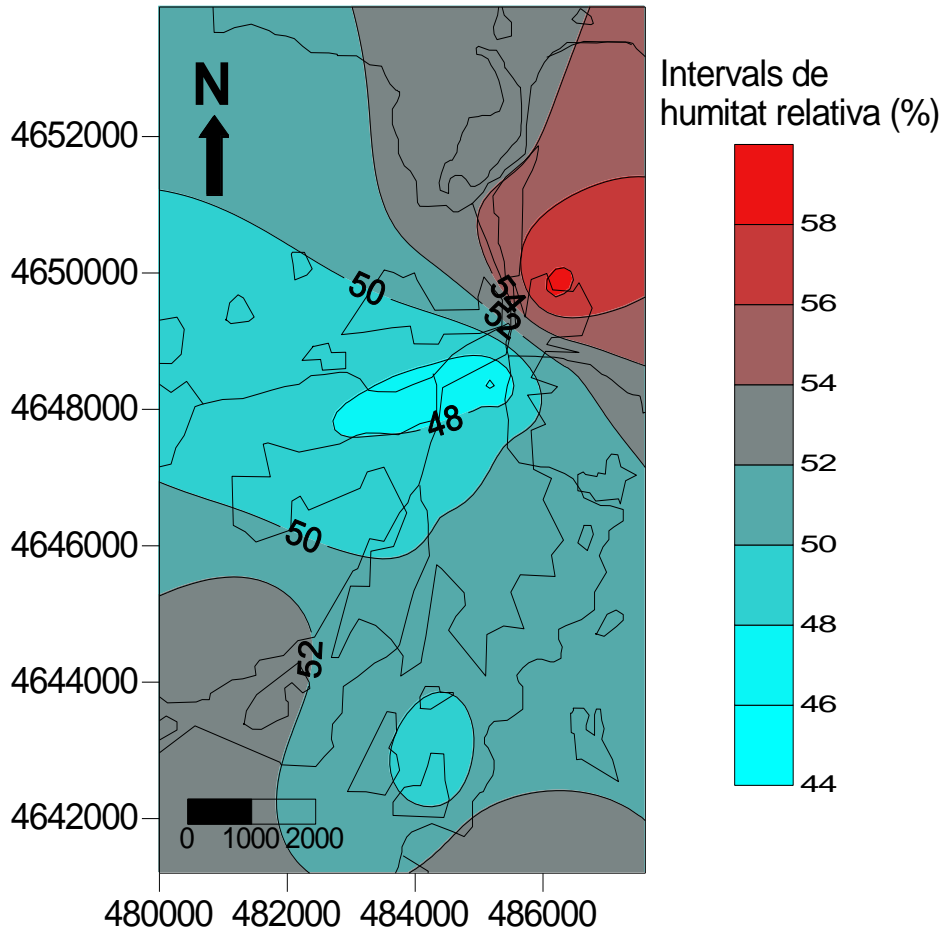


Figura 7.44 Mapa de la humitat relativa mitjana a les 15 hores. Àrea urbana de Girona.

La humitat relativa al migdia enregistra una gran variació en funció de l'altura. Així, els llocs elevats enregistren humitats relatives força més elevades que el pla de Girona. La humitat relativa més elevada es dona a Girona-Montjuïc, amb una humitat mitjana del 58,7 %, mentre que Girona-Bonastruc i Girona-Sèquia són els observatoris amb menys humitat relativa, 45,4 % i 47,9 %, respectivament. L'illa de sequedat és més intensa a l'estiu (14,4 % al juliol) i més dèbil a la primavera (9,2 % abril) i a l'hivern (9,8 % al febrer). Cal remarcar que les humitats relatives més altes dels migdies i primeres hores de la tarda de l'estiu no es donen a les àrees rurals, sinó a les zones suburbanes de sotavent de la ciutat i a les àrees elevades (Girona-Montjuïc i Sarrià de Ter-XVPCA enregistren al juliol 49,9 % i 49,1 %, respectivament).

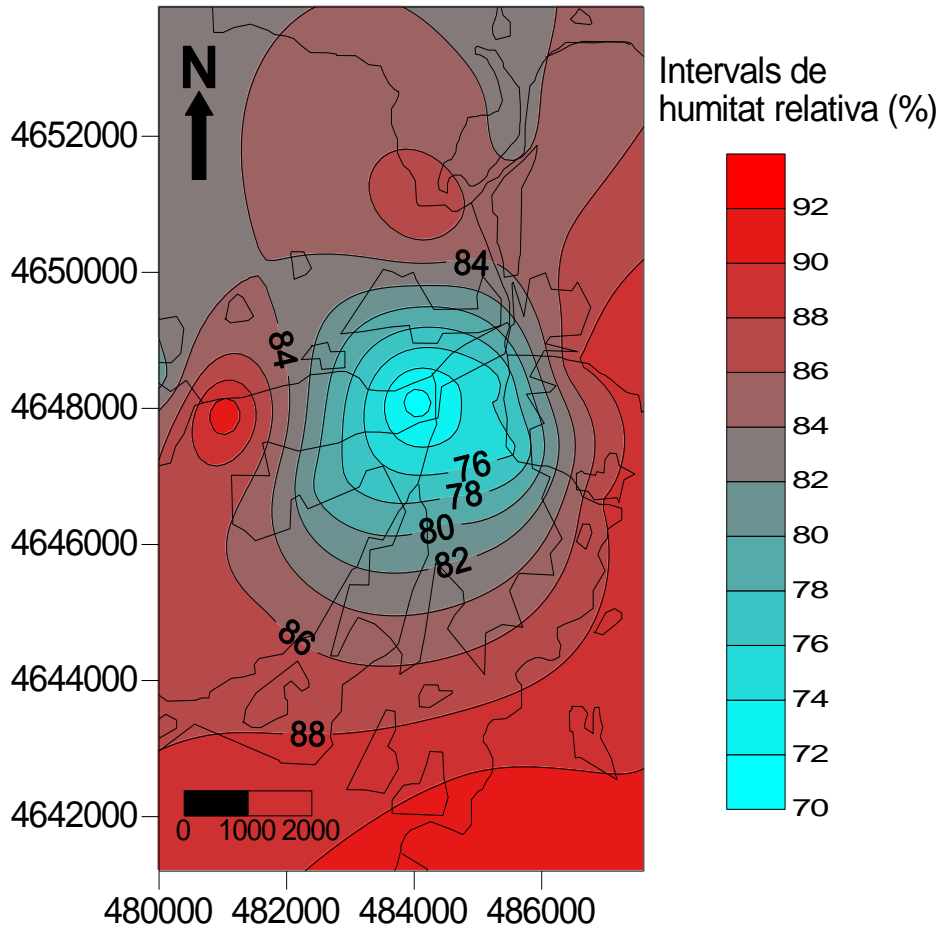


Figura 7.45 Mapa de la humitat relativa mitjana a les 21 hores. Àrea urbana de Girona.

Les àrees més humides a les 21 hores són les més perifèriques i, en general, són zones rurals on les temperatures són molt baixes, el fort refredament de l'aire en aquesta hora provoca un fort increment de la humitat relativa, mentre que al centre de la ciutat de Girona l'illa de calor implica unes humitats més baixes que en aquestes zones. No obstant, tenim una excepció, l'observatori de Girona-Hortes de Santa Eugènia, observatori rural a l'oest de la ciutat, que enregistra la mitjana més baixa en aquesta hora, 71 %. No trobem una explicació a aquest mínim en una zona on teòricament les baixes temperatures haurien de fer que les humitats fossin força més elevades.

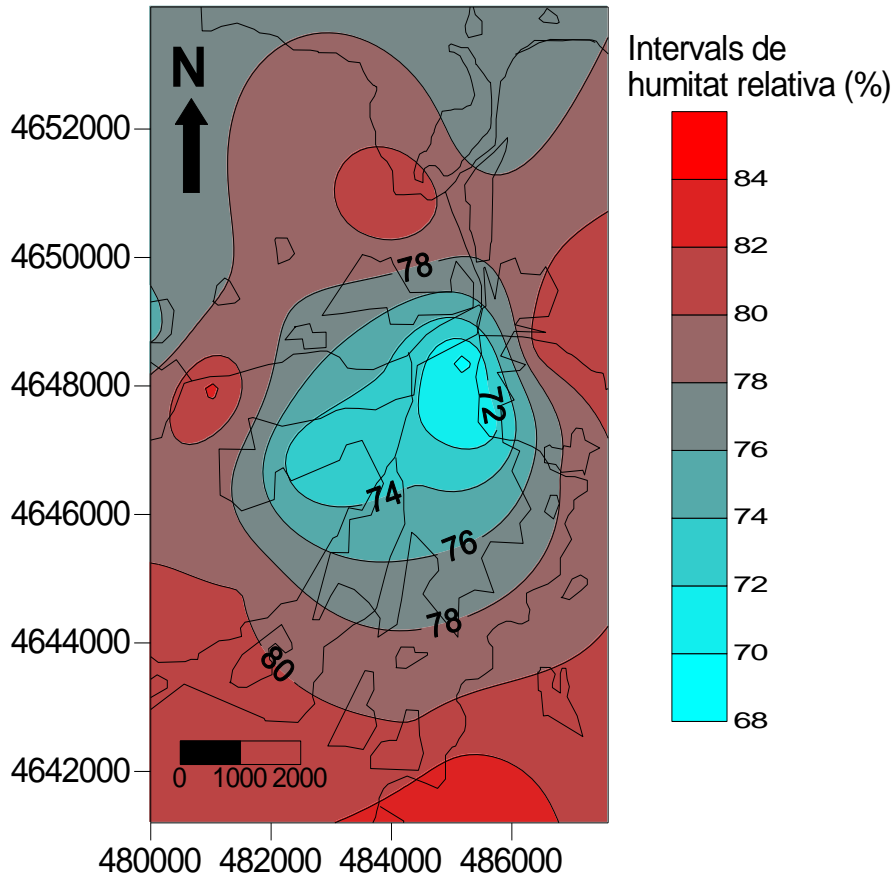


Figura 7.46 Mapa de la humitat relativa mitjana anual (%). Àrea urbana de Girona.

La humitat relativa mitjana diària més elevada es troba en els sectors rurals i les àrees més elevades de l'àrea urbana de Girona. Així, la humitat relativa mitjana més elevada correspon a Fornells de la Selva-SMC (73,5 %) i a Girona-Montjuïc (73,2 %). En canvi els indrets amb les humitats més baixes són les àrees urbanes i suburbanes de les ciutats de Girona i Salt. Girona-Bonastruc és l'observatori amb la humitat més baixa, 61,4 %, mentre que Girona-Sèquia té 53,2 % i Salt 66 %. La humitat relativa és més elevada al sud de la ciutat de Girona que al nord, lògicament, ja que el vent predominant és del sud, aportant aire humit del mar, Fornells-XVPCA 70,3 % i Sarrià de Ter 69,3 %.

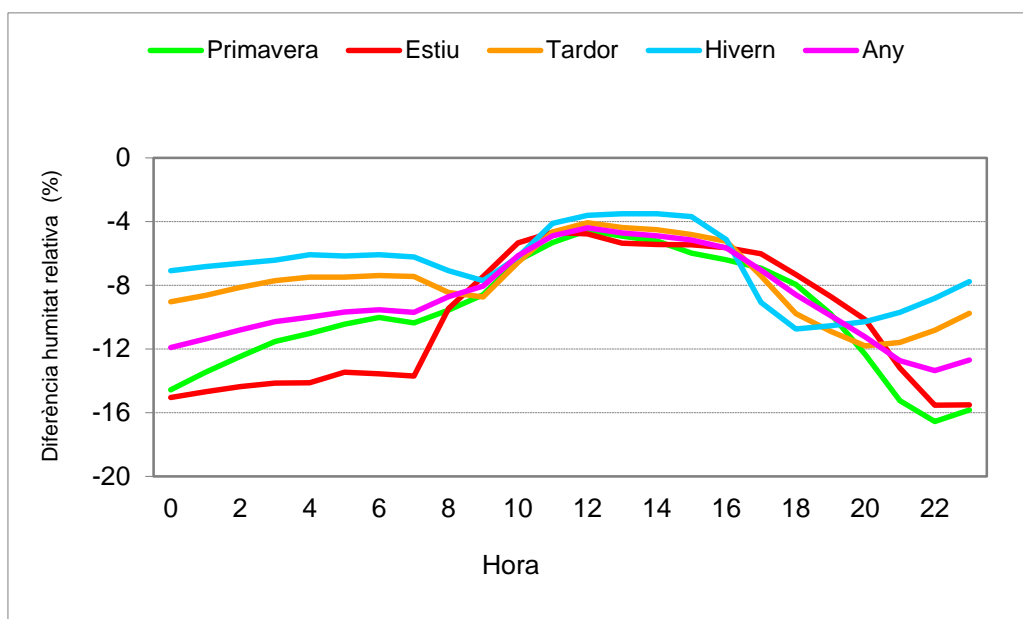


Figura 7.47 Diferència estacional mitjana en la humitat relativa. Girona-Parc de Bombers-Fornells de la Selva (SMC). Període 2003-2007.

La gràfica de les diferències estacionals de la humitat relativa en funció de l'estació de l'any i l'hora del dia ens mostra variacions importants en el ritme de cada estació astronòmica. Mentre que a l'hivern la diferència urbano-rural és més constant, amb una lleu illa de sequedat a partir de mitjanit, al voltant de 7 %, i diferències més importants cap a la posta de sol, 11 %, a l'estiu l'illa de sequedat nocturna és màxima a les 22 hores, 16 %, mentre que a partir de mitjanit les diferències urbano-rurals són similars i no varien en funció de l'hora fins a la sortida del sol, al voltant del 15 %. Al migdia s'observa una illa de sequedat més dèbil que a la nit en totes les estacions astronòmiques però que és lleugerament més intensa a l'estiu, 6 %, i més dèbil a l'hivern, 4 %. Per tant, comparant ambdós observatoris, l'illa de sequedat urbana es dona en totes les hores del dia de totes les estacions astronòmiques. Mentre que a l'hivern la relativament elevada humitat relativa de la ciutat probablement està associada al factor geogràfic, la proximitat de la ciutat a masses fluvials -hi ha 4 rius-, i també la forta inversió tèrmica hivernal, que probablement afavoreix les elevades humitats prop de la superfície. A l'estiu la baixa humitat urbana es pot explicar perquè la pressió de vapor és més elevada respecte l'hivern i, per tant, amb una diferència tèrmica elevada la diferència urbano-rural humitat també presenta uns valors alts.

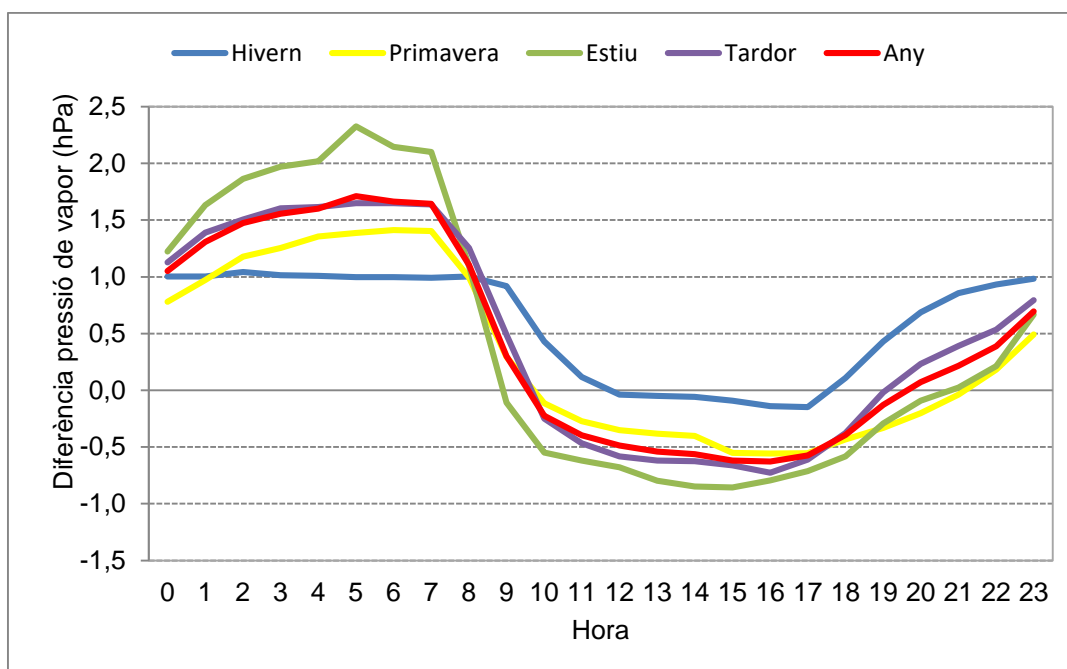


Figura 7.48 Diferència horària i estacional urbano-rural de la pressió de vapor relativa. Girona-Parc de Bombers-Fornells de la Selva-SMC. Període 2003-2007.

La ciutat de Girona té una pressió de vapor relativa més elevada durant la nit respecte el camp, si es comparen les dades de l'observatori de Girona-Parc de Bombers i Fornells de la Selva-SMC en el període 2003-7. Així, la diferència màxima urbano-rural es produeix entre els mesos de juny i agost, i al mes d'octubre. En aquests mesos esmentats els valors de superàvit urbà volten 2 hPa. A les 5 hores solars del mes d'agost l'excès de vapor d'aigua assoleix el màxim anual, 2,9 hPa. El màxim estiuenc probablement s'explica per dos fenòmens. Així, la disminució de vapor d'aigua contingut a la zona rural durant la nit a l'estiu degut a la condensació del vapor en forma de rosada. Durant l'estiu es produeix una forta evaporació com a conseqüència de les altes temperatures al centre urbà, la qual cosa implica una injecció de vapor d'aigua a la ciutat. Durant l'hivern la diferència de vapor d'aigua urbano-rural és menor, especialment al mes de febrer, i també al mes de març es dona el mínim. Les causes per les quals es dona el mínim superàvit de pressió relativa urbana a l'hivern és la menor evapotranspiració dels vegetals de les zones rurals per efecte de les baixes temperatures, i l'addició de vapor d'aigua procedent dels automòbils i dels habitatges en aquesta estació astronòmica.

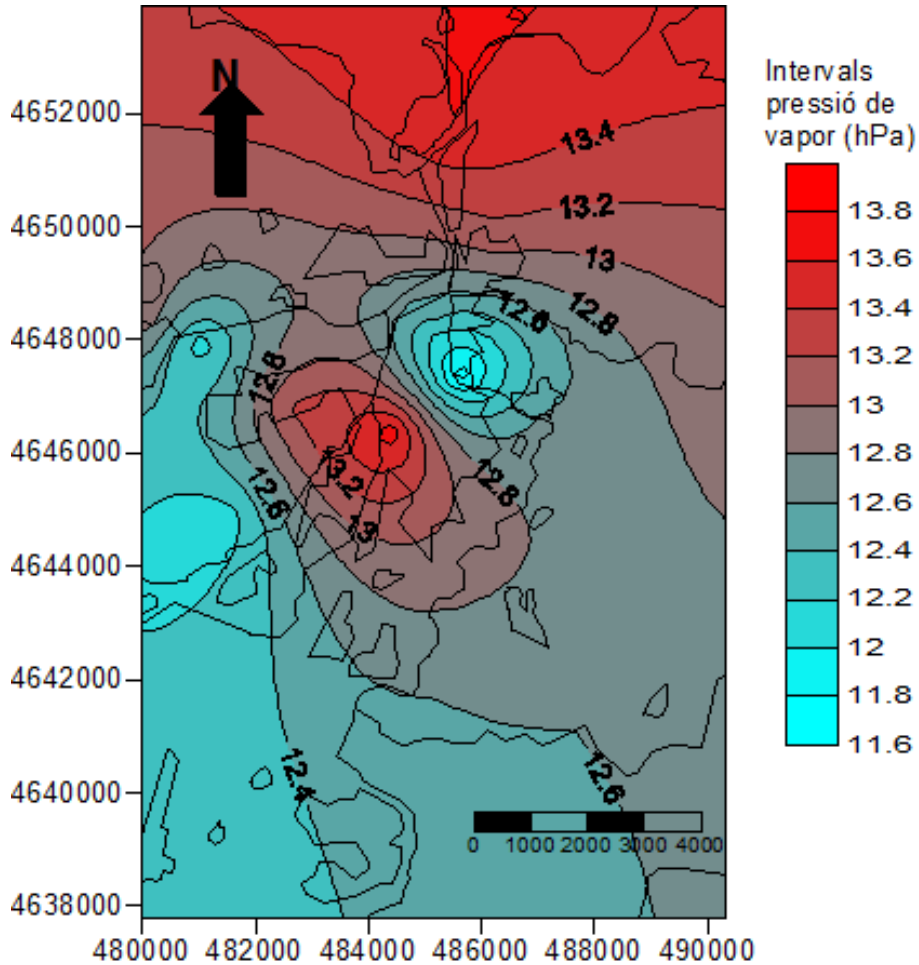


Figura 7.49 Mapa de pressió mitjana de vapor a les 0 hores. Període 2002-2010.

A la nit, 0 hores, la ciutat presenta una pressió de vapor inferior a la del camp, amb una illa de sequedat dèbil, 0,9 hPa. Cal remarcar que la ciutat té menys vapor d'aigua que les zones rurals en gairebé tots els mesos i amb més intensitat a l'estiu, mentre que alguns mesos de la primavera, l'hivern i tardor la pressió de vapor és lleugerament inferior al camp respecte la ciutat. En els mesos de desembre, octubre i abril s'aprecia una molt dèbil illa de humitat urbana, amb valors mitjans més elevats a la ciutat que al camp, com a valor màxim de 0,3 hPa al desembre. A la tardor apareix la diferència màxima positiva, essent la ciutat més humida que el camp, tenim 1,6 mb al mes de octubre. Al mes de juliol el dèficit de pressió de vapor de la ciutat és màxim, amb una pressió de vapor inferior en 1,7 hPa als observatoris urbans respecte el camp, 17,6 hPa i 18,8 hPa, respectivament. L'illa de sequedat màxima també es dona a l'estiu, en el mes de juliol tenim 19,9 hPa a Fornells- SMC, per 16,4 hPa a Girona-Vicens Vives. Els indrets amb la pressió de vapor mitjana anual més elevada es donen tant al sud com al nord de la ciutat, Girona-Parc de Bombers, 13,7 hPa, Sarrià de Ter, 13,6 hPa l'estiu, 3,5 hPa, amb 19,9 hPa a Fornells de la Selva-SMC, i 16,4 hPa a Girona-Vicens Vives.

A les 7 hores s'aprecia una homogeneïtat de la pressió de vapor a l'àrea urbana de Girona, amb valors molt semblants en àrees rurals i urbanes, de fet el valor de l'illa de sequedat mitjana és del 0, per tant, no tenim una illa de sequedat urbana. S'ha de destacar que a l'estiu tenim una dèbil illa de sequedat, amb valors inferiors a 1 hPa, mentre que a l'hivern, primavera i tardor tenim una illa de humitat urbana, la ciutat presenta uns valors lleugerament superiors al camp que són inferiors a 1 mb en el cas de la primavera i hivern i igualen o superen 1 mb a la tardor. Els observatoris amb la pressió de vapor més elevada són suburbans Girona-Parc de Bombers, 12,5 hPa, Sarrià de Ter, 12,3 hPa, mentre que les estacions amb uns valors més baixos són urbanes, Girona-Bonastruc, 10,6 hPa però també rurals, 10,4 hPa. Hi ha un gradient nord-sud de pressió de vapor, amb pressió de vapor més elevada al nord de Girona (Sarrià) que al sud, Fornells. Probablement la temperatura més elevada de Sarrià envers Fornells juga un paper important en aquesta diferència.

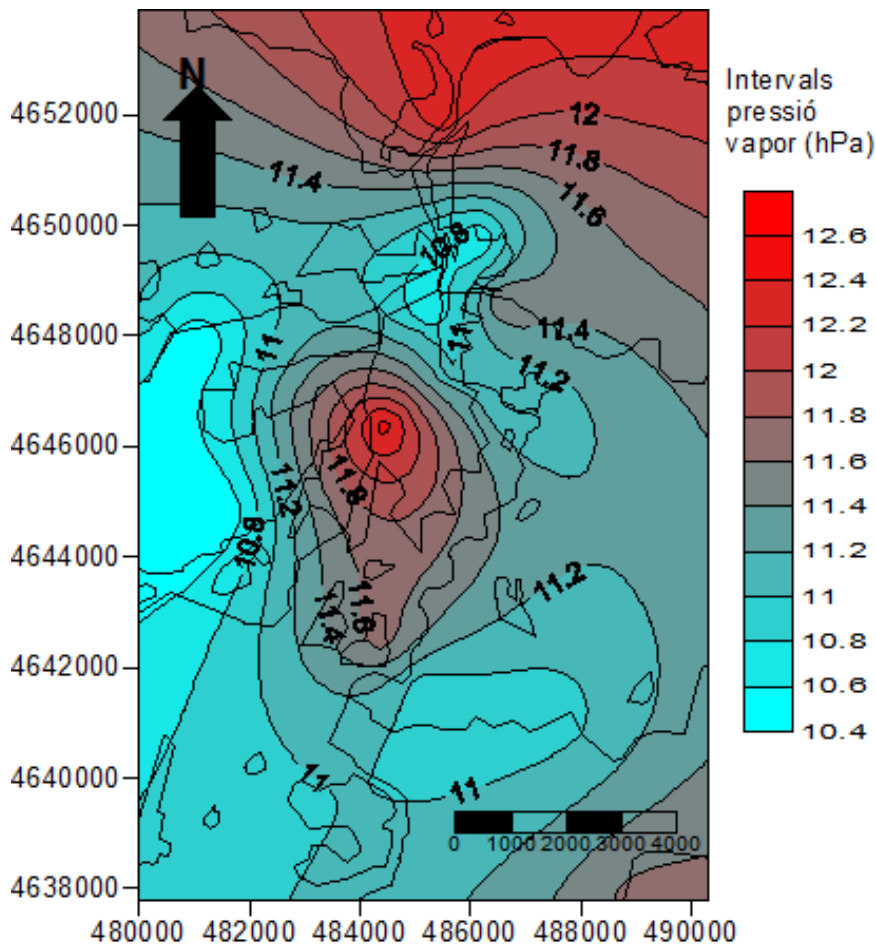


Figura 7.50 Mapa de pressió mitjana de vapor a les 7 hores. Període 2002-2010.

A les 15 hores s'observa un important dèficit de vapor d'aigua a la ciutat, més accentuat a l'estiu. Així l'illa de sequedat mitjana és d'1,1 hPa, assolint valors de 2,3

hPa al juny i a l'agost. A la primavera i estiu tenim un clar dèficit de pressió de vapor, per tant apareix una illa de sequedat urbana, mentre que a l'hivern i tardor els valors són molt semblants, fins i tot sorgeix una molt dèbil illa de humitat urbana al febrer, -0,1 hPa. La forta evapotranspiració dels vegetals és la causant d'aquestes diferències en la pressió de vapor, mentre que a la primavera i l'estiu tenim que el cicle vegetatiu presenta els valors més elevats, per tant, tenim una forta ETP, en canvi a la tardor i especialment a l'hivern els vegetals tenen una activitat menor (descans vegetatiu a l'hivern), cosa que implica que no hi hagi diferències en la quantitat de vapor entre les ciutats i el camp. Els valors mitjans anuals més elevats de pressió de vapor corresponen a Sarrià de Ter i Girona-Montjuïc, 14 i 13 hPa, mentre que els valors més baixos es donen a Fornells-XVPCA, 11,9, Girona-Sèquia 12,1, Salt, 12,5. A la primavera l'estiu tenim l'illa de sequedat màxima, 4 hPa al maig i 3,6 hPa al juny. Continua existint un gradient de pressió de vapor nord-sud amb valors més elevats al nord. Aquesta pressió de vapor més elevada al nord és probablement una de les causes de la precipitació més elevada al nord de la ciutat respecte el sud, ja que, com l'aire conté més vapor, és més fàcil que hi hagi precipitació i aquesta sigui intensa al nord respecte el sud de la ciutat. Com la pressió de vapor és més baixa al centre de Girona que als voltants, això també és una de les causes de la precipitació més baixa del centre urbà de Girona.

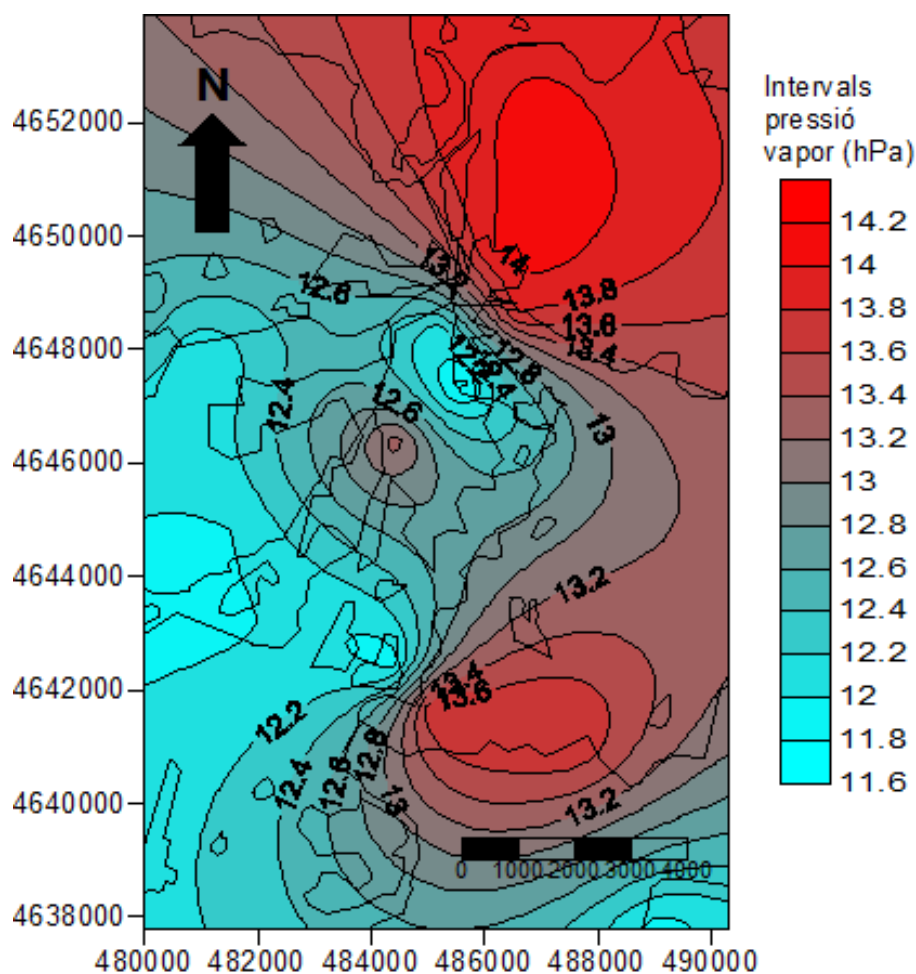


Figura 7.51 Mapa de pressió mitjana de vapor a les 15 hores. Període 2002-2010.

En l'observació de la tarda, 18 hores, l'illa de sequedat urbana es manté inalterable, amb valors mitjans idèntics al migdia, 1,1 hPa, 13,3 als observatoris urbans per 12,2 a les zones rurals. Durant la tarda hi ha un refredament tèrmic, cosa que afavoreix que la humitat relativa augmenti, però aquest fenomen no afecta a la distribució geogràfica de pressió de vapor, Només un mes d'hivern tenim una pressió de vapor més elevada a la ciutat (8,8 hPa) que al camp (8,4 hPa) és el gener amb 0,4 hPa. Les diferències urbano-rurals mitjanes són més elevades a l'estiu i més baixes a la tardor i a l'hivern, especialment aquest últim. Tenim 2,4 hPa de dèficit urbà en el trimestre estiuenc. L'illa de sequedat màxima es dona al juny, 3,3 hPa, 14,1 hPa a Girona-Bonastruc, per 17,4 hPa a Fornells-SMC. Hi ha un gradient nord-sud de pressió de vapor si considerem Sarrià de Ter i Fornells-XVPCA amb un contingut de vapor més elevat al nord de la ciutat.

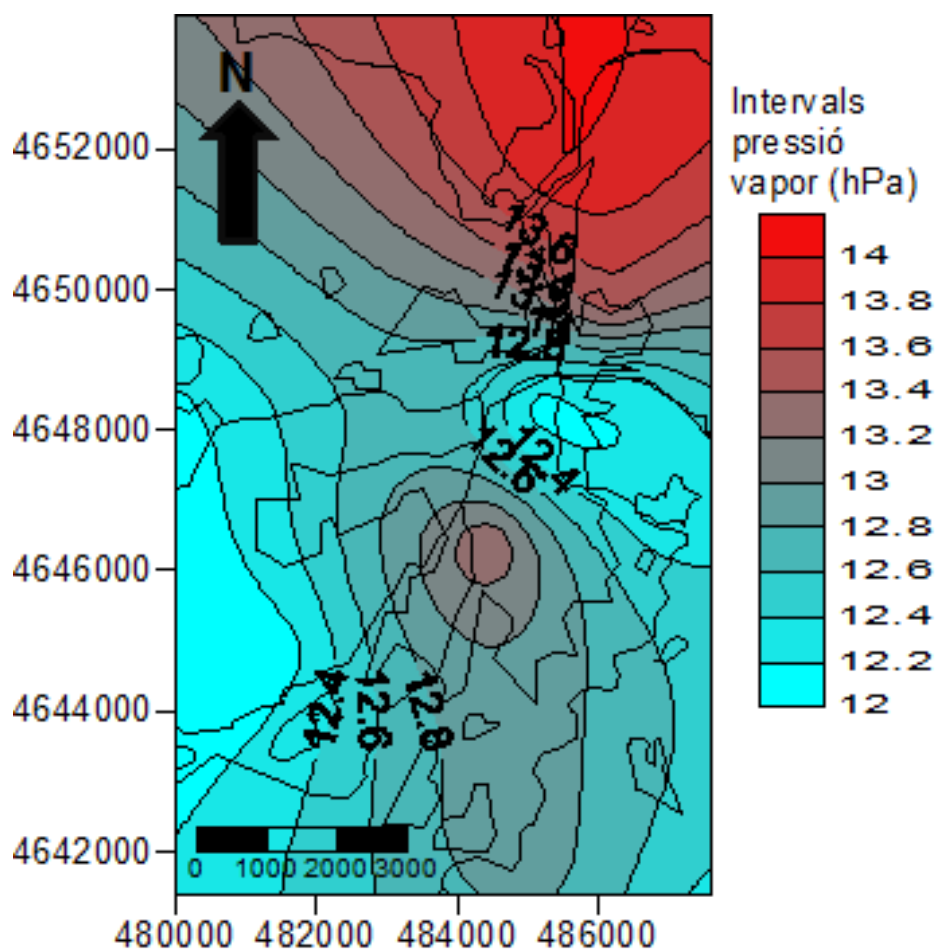


Figura 7.52 Mapa de pressió mitjana de vapor diària. Període 2002-2010.

Hi ha una dèbil illa de sequedat (0,2 hPa) si considerem els valors mitjans diaris de pressió de vapor. Durant l'època freda de l'any la ciutat presenta una pressió de vapor lleugerament més elevada que el camp, les diferències més importants es donen a l'octubre, 0,7 hPa, en canvi a l'estiu la pressió de vapor és més elevada a les zones rurals que a la ciutat, hi ha un superàvit urbà màxim de 1,2 hPa a l'agost. Aquesta pressió de vapor més elevada a l'estiu afavoreix el fenomen de l'illa de calor, mentre que a l'hivern el dèficit de pressió de vapor tendeix a disminuir la intensitat de l'illa de calor urbana (posar referència!!). Els valors més elevats de pressió de vapor es donen en zones a sotavent de la ciutat, Sarrià de Ter (14 hPa) i Montjuïc (13,5 hPa) i els valors més baixos en àrees rurals i urbanes (12,1 hPa a Girona-Bonastruc i Vilablareix). Hi ha un gradient nord-sud de la quantitat de vapor, més elevada cap al nord i més escassa al sud, això podria incrementar la temperatura al nord de l'àrea urbana, fent que l'illa de calor es perllongui cap al nord de la ciutat, mentre al sud l'efecte de l'illa de calor seria més intens degut a la menor quantitat de vapor d'aigua.

Per tant, podem resumir aquest apartat dient que la ciutat presenta una pressió de vapor inferior al camp al migdia i que al matí i nit la pressió de vapor és molt similar. A l'estiu i a la primavera tenim una pressió de vapor més baixa a la ciutat en totes les

observacions, mentre que a l'hivern i tardor el contingut de vapor urbà és superior al rural. Hi ha un gradient de pressió de vapor nord-sud amb valors més elevats en la zona de sotavent que a l'àrea de sobrevent. Aquesta pot ser una de les causes de la precipitació més elevada en el nord de ciutat (sotavent) respecte el sud (sobrevent). També aquest gradient de humitat pot afavorir que les àrees més càlides de l'illa de calor es perllonguin cap al nord de la ciutat i, en canvi, al sud les temperatures siguin més baixes. La ciutat té un dèficit de pressió de vapor, cosa que també pot influir en una precipitació inferior al centre de Girona respecte les rodalies. Cal remarcar, però, que, comparant les dades horàries de Girona-Parc de Bombers i Fornells de la Selva-SMC, s'observa una important illa de vapor a la ciutat durant la nit

S'ha realitzant una anàlisi multivariant amb Statgraphics, fent una regressió múltiple entre la pressió de vapor de les 7 hores i altres variables geogràfiques. Així, segons l'equació, tenim que la pressió de vapor està influenciada especialment per la distància al centre de Girona (carrer Juli Garreta), la latitud i la longitud. A més distància del centre de Girona hi ha una tendència a l'augment de la pressió de vapor, a més longitud (més cap a l'est) la pressió de vapor tendeix a augmentar, mentre que a més latitud també l'aire té més contingut de vapor. La correlació no és gaire elevada, amb valors de $R = 0,36$ per la longitud, $0,33$ per la latitud i $0,27$ per la distància al centre de Girona. La distància als rius i rieres té una influència negligible i l'altura afavoreix lleugerament la pressió de vapor, per tant a més altura tenim una pressió de vapor més elevada.

Taula 7.7 Equació de regressió múltiple entre la pressió de vapor i altres variables geogràfiques.

pressió vapor 7 h = $798,315 + 0,000261857 * \text{dist juli garreta} + 0,00015549 * \text{latitud} + 0,00180725 * \text{longitud}$
--

Taula 7.8 Correlació entre la pressió de vapor i variables geogràfiques.

Longitud	Latitud	Altura	Distància al centre de Girona	Distància als rius
0,36	0,33	0,16	0,27	-0,02

Els resultats dels transsectes higromètrics a Salt són similars a l'estudi comparatiu de Fornells de la Selva (SMC) i Girona (SMC), amb valors més elevats de la pressió de vapor relativa a la zona urbana, i humitats relatives més baixes al nucli urbà de Salt que a les Deveses. Trobem algunes diferències estacionals, així, les diferències són oposades entre les els dos observatoris i els transsectes, amb valors més elevats de diferència urbano-rural en els transsectes a la tardor i a l'hivern. A la primavera i a l'estiu es dona el valor mínim de diferències urbano-rurals en els transsectes de Salt. L'elevada evapotranspiració que es generada per la vegetació en aquesta època al

parc de les Deveses implica una gran quantitat de vapor d'aigua a l'ambient, per aquest motiu la pressió de vapor és molt poc inferior al parc respecte l'àrea urbana de Salt. També podria haver una altra causa d'aquesta diferència urbano-rural tan poc important: en les hores en què realitzem els transectes estiuencs i primaverals (normalment entre les 20 i 21,30 hores, coincidint amb la posta de sol) la diferència urbano-rural és més dèbil que en les hores nocturnes posteriors, com s'observa en la gràfica comparativa urbano-rural dels dos observatoris.

Taula 7.9 Dades dels transectes termohigromètrics de Salt.

	HR	HR	HR	e	E	e	T	T	T
	Salt	Deveses	Dif.	Salt	Deveses	Dif.	Salt	Deveses	Dif.
Primavera	59,6	77,8	-18,2	10,7	9,8	0,9	15,8	10,4	5,4
Estiu	57,3	77,7	-20,4	18,1	17,7	0,4	24,8	19,5	5,3
Tardor	76,2	94,2	-18,0	16,1	13,9	2,2	17,9	12,0	5,9
Hivern	77,2	92,2	-15,0	8,5	6,7	1,8	8,3	2,1	6,2
Any	67,6	85,5	-17,9	13,4	12,0	1,4	16,7	11,0	5,7

HR: Humitat relativa

e: Pressió de vapor relativa

T: Temperatura

Taula 7.10 Correlació entre la intensitat de l'illa de calor i la intensitat de l'illa de sequedat a Girona. Període 2003-7.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
-0,77	-0,80	-0,60	-0,88	-0,84	-0,98	-0,94	-0,81	-0,75	-0,65	-0,52	-0,47	-0,87

L'illa de sequedat s'explica bàsicament per la intensitat de l'illa de calor. Amb l'increment de la temperatura dins de les ciutats i amb una humitat absoluta similar la humitat relativa tendeix a davallar, i per això es forma una illa de sequedat en l'interior de les àrees urbanes. Cal remarcar que la correlació és satisfactòria (valor absolut de R superior a 0,70 en vuit dels dotze mesos analitzats, només en tres mesos és acceptable (R entre 0,5 i 0,7), i només en un mes és regular, al desembre R val -0,47. Pel que fa al valor anual la correlació és molt bona i de caràcter negatiu, -0,87, això significa que a major intensitat illa de calor hi ha un increment de les diferències urbano-rurals en la humitat relativa. En tots els mesos de l'any la correlació és negativa.

Taula 7.11 Correlació entre la intensitat de l'illa de calor i la diferència de pressió de vapor urbano-rural a Girona. Període 2003-2007.

G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
0,95	0,93	0,88	0,91	0,90	0,87	0,97	0,94	0,92	0,80	0,94	0,94	0,92

La correlació és molt bona entre la intensitat de l'illa de calor i la diferència de pressió urbano-rural (valors de R superiors a 0,9 en nou dels dotze mesos analitzats).. Per

tant, la diferència de pressió de vapor urbano-rural és un factor explicatiu de primer ordre per explicar la intensitat de l'illa de calor urbana. Així, durant el dia la intensitat és molt dèbil, fins i tot és negativa. Això es deu al fet que l'evapotranspiració és més elevada a les zones rurals, on hi ha un predomini de zones verdes amb vegetació que tenen una taxa d'evapotranspiració elevada, en canvi dins les ciutats les àrees verdes disminueixen molt en extensió, la quantitat de vegetació gairebé és nul·la, per això dins la ciutat de Girona l'evapotranspiració ha de ser molt dèbil, la qual cosa influeix en una humitat absoluta menor que al camp (en aquest cas pressió de vapor).

Al incrementar-se la temperatura dins de la ciutat augmenta la diferència de pressió de vapor urbano-rural que canvia de signe, es fa positiva (més humitat absoluta a la ciutat), fins a assolir valors superiors a +2 hPa durant algunes hores de la nit i la matinada. L'explicació per l'increment de la humitat absoluta a la ciutat respecte el camp és complexa, no només és per l'increment de la temperatura de l'aire, que fa augmentar la seva capacitat de contenir vapor d'aigua, és també provocada per la disminució de l'evapotranspiració al camp durant la nit, ja que les plantes no reben radiació solar i per tant la seva taxa d'evapotranspiració disminueix molt, apart de disminuir la seva capacitat fotosintètica. També s'haurien d'afegir altres factors, per exemple urbans, l'addició de vapor d'aigua pels automòbils a l'atmosfera urbana, i també per l'aportació de humitat absoluta des del camp cap a la ciutat a través del sistema de brises durant la nit. Així, l'illa de calor afavoreix la convergència de vents al centre de la ciutat durant la nit. També la posició geogràfica de Girona, en una vall solcada per varis corrents fluvials ajudaria a explicar l'increment de humitat a la ciutat.

L'observatori de Sarrià de Ter enregistra un contingut de vapor a l'aire molt superior respecte Fornells de la Selva durant l'estiu, mentre que a la tardor i a la primavera també presenta una superioritat en la pressió de vapor, en canvi a l'hivern les diferències entre els dos observatoris són molt minses. Les diferències més importants en la pressió de vapor es donen al migdia (14 hores) i a la tarda (18 hores), mentre que durant la matinada (8 hores) es donen les diferències mínimes. Les causes més probables de la gran pressió de vapor de Sarrià de Ter a l'estiu són les temperatures més elevades respecte Fornells, mentre que la marinada (vent de migjorn) fa que la humitat no baixi tant a Sarrià respecte Fornells durant el migdia. No obstant, també podríem referir-nos a l'addició de vapor d'aigua per la fàbrica Torras Hostench a Sarrià de Ter com una altra causa. De totes maneres, la injecció de vapor d'aigua procedent de fonts industrials no ens explica les diferències estacionals entre els dos observatoris.

Cal remarcar que la pressió de vapor mitjana de Sarrià de Ter del mes de juny és 3,3 hPa superior a Fornells. A l'hivern les diferències en la pressió de vapor són molt dèbils, i aquest fet està recolzat per la més gran presència de boires que presenta Fornells de la Selva (35) respecte Sarrià de Ter (16,2). En canvi, a l'estiu les temperatures mitjanes més elevades de Sarrià de Ter enfront Fornells de la Selva poden afavorir una pressió de vapor més elevada a Sarrià de Ter. Cal destacar que la pressió de vapor més elevada a l'estiu a Sarrià és un dels factors que expliquen com la precipitació d'estiu és més elevada a Sarrià respecte Fornells. Així, les tempestes donen més precipitació a Sarrià de Ter. En resum, hi ha un dèficit de pressió de vapor a sobrevent de la ciutat de Girona respecte la zona de sotavent, molt més important als migdies i tardes estiuenques. Per tant, no es pot justificar aquesta diferència pel transport del vapor d'aigua de la marinada, ja que, si fos aquest el motiu, la pressió de vapor seria més elevada a Fornells de la Selva, situada més al sud, d'on ve la marinada.

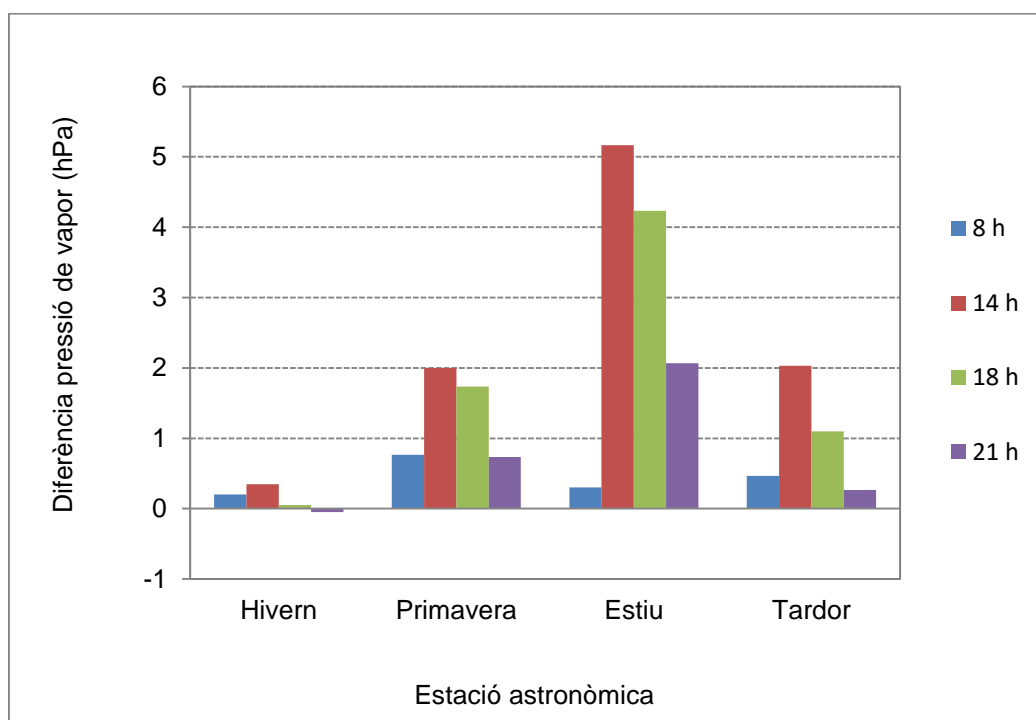


Figura 7.53 Diferència de pressió de vapor estacional entre Sarrià de Ter-XVPCA i Fornells de la Selva-XVPCA. Període 1994-2001.

Les diferències de pressió de vapor entre els centres de Girona i Salt són negatives gran part de l'any, per tant el centre urbà de Salt presenta més quantitat de vapor al seu aire respecte Girona. Això es deu probablement a la menor extensió de sòl urbanitzat de Salt, la qual cosa facilita la penetració de vapor d'aigua des de les zones rurals cap a l'interior de Salt. Només a l'hivern la ciutat de Girona presenta més vapor atmosfèric. Aquí la causa probablement radica en el fet de les més abundants boires que hi ha a Girona respecte a Salt, i al fet geogràfic que Girona està travessada per 4

rius que afavoreixen que existeixi una gran quantitat de vapor al sòl. Cal remarcar la gran diferència de pressió de vapor estiuenc. Així, durant l'estiu tenim una pressió de vapor molt més baixa a Girona respecte Salt, 3,2 hPa al juliol i 3,8 hPa.

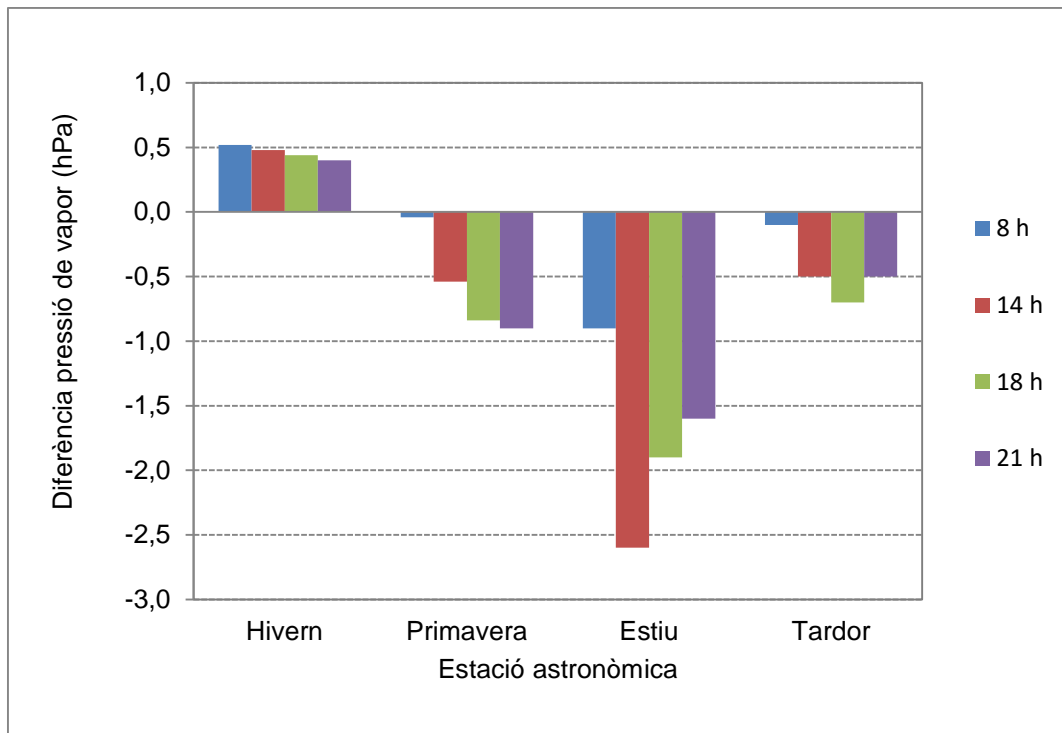


Figura 7.54 Diferència de pressió de vapor (hPa) entre Salt (Plaça Sant Cugat) i Girona (Sèquia). Període 1999-2010.

Hem comparat els valors de pressió de vapor de les zones urbanes i rurals de l'oest de la ciutat, Salt i Vilablareix, que només estan separades per 2,5 km en línia recta. Salt té una pressió de vapor més elevada que Vilablareix, però les diferències són escasses durant totes les hores del dia, al voltant d'1 hPa. Fins i tot al mes de juny s'observa una illa de sequedat urbana força important, que assoleix els -2,1 hPa a les 14 hores. Això es deu a l'entorn agrícola de Vilablareix, amb camps de blat que estan en la seva fase de major apogeu, cosa que facilita la transferència de calor latent del sòl a l'aire, i la major proporció de vapor atmosfèric resultant. A l'hivern les diferències són dèbils, fins i tot negatives. Així a Vilablareix probablement tenim més dies de boira que a Salt, i això es tradueix en una major pressió de vapor, especialment en les hores nocturnes (8 hores). A finals d'estiu (agost) tenim una major proporció de vapor a Salt, probablement associat a la poca activitat vegetativa dels camps de blat que envolten l'estació de Vilablareix, que ja han estat segats en aquesta època, cosa que impedeix una gran evapotranspiració del sòl. Les matinades i tardes de tardor (8 hores) són apreciablement més humides a Salt, una explicació rau en l'elevada precipitació d'aquesta època que anul·la les diferències urbano-rurals en el balanç hídric, i fins i tot afavoreix que la ciutat sigui més humida.

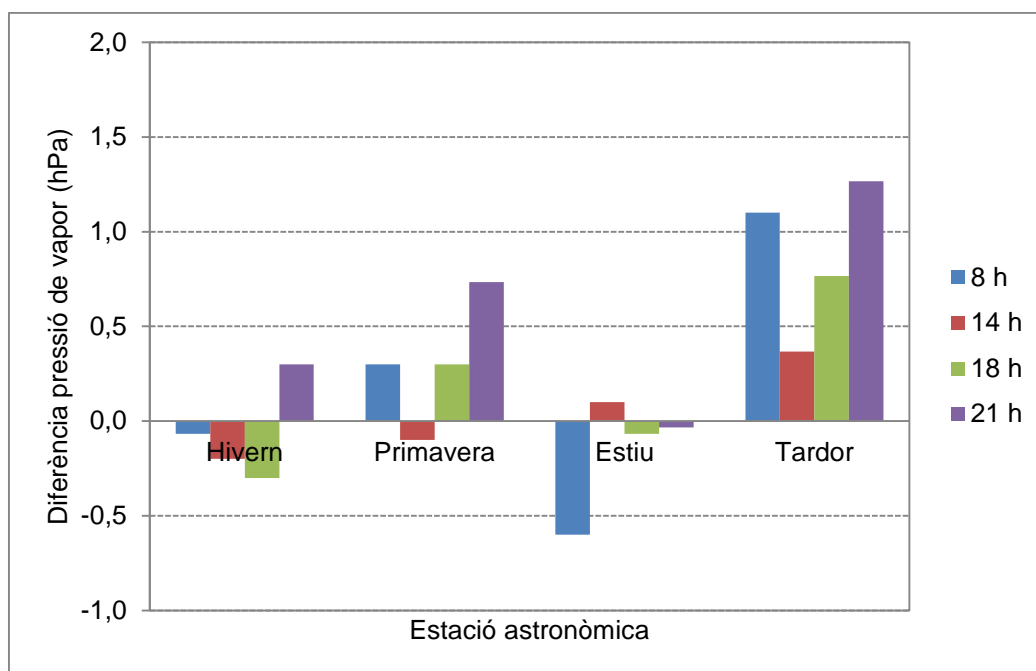


Figura 7.55 Diferència de pressió de vapor (hPa) entre Salt (Plaça Sant Cugat) i Girona (Sèquia). Període 2001-2007.

7.3 Nuvolositat

Les ciutat tenen més nuvolositat respecte els camps que les envolten, és un efecte produït per la combinació de la brisa urbana que convergeix damunt de la ciutat, en part per la convecció pròpiament urbana deguda a l'escalfament de la superfície, i la major presència de partícules de contaminació a les àrees urbanes (LANDSBERG, 1981, MORENO GARCÍA, 1999) La comparació de la nuvolositat de Girona i l'aeroport permet afirmar que la nuvolositat és més elevada al centre urbà de Girona especialment a l'hivern i a l'estiu, 0,8 octes a l'època freda de l'any, mentre que a les estacions equinoccials les diferències són menys importants, 0,4 octes a la primavera. A les 7 hores del matí és el moment del dia en què s'observa la màxima diferència urbano-rural en la nuvolositat, especialment a l'hivern, quan la ciutat té 0,8 octes més de nuvolositat que l'aeroport. Probablement, l'aportació antropogènica de vapor d'aigua procedent de les fàbriques i dels automòbils és una de les causes, però també pot haver-hi una causa natural, la ciutat de Girona està travessada per quatre rius, la qual cosa pot afavorir un augment de la nuvolositat al matí, ja que els corrents fluvials afavoreixen unes humitats elevades. En canvi, al migdia les diferències urbano-rurals són les menys importants, entre 0,4 i 0,5 octes. L'observació de la tarda ens dona un increment relatiu de la nuvolositat urbana, especialment a l'estiu i a l'hivern. A l'estiu probablement la convecció està afavorida damunt la ciutat. No només hi pot jugar l'efecte de l'illa de calor urbana en la major nuvolositat de les tardes d'estiu, sinó també la interacció de la marinada amb la rugositat urbana, amb els edificis, que pot ajudar a

incrementar els moviments verticals i, per tant, la nuvolositat. També hem de tenir en compte que les temperatures màximes són entre 1-2°C més altes a l'estiu a Girona respecte l'aeroport, i aquest fet natural també incrementa els corrents verticals d'aire i això afavoreix la nuvolositat de tipus baix i convectiva.

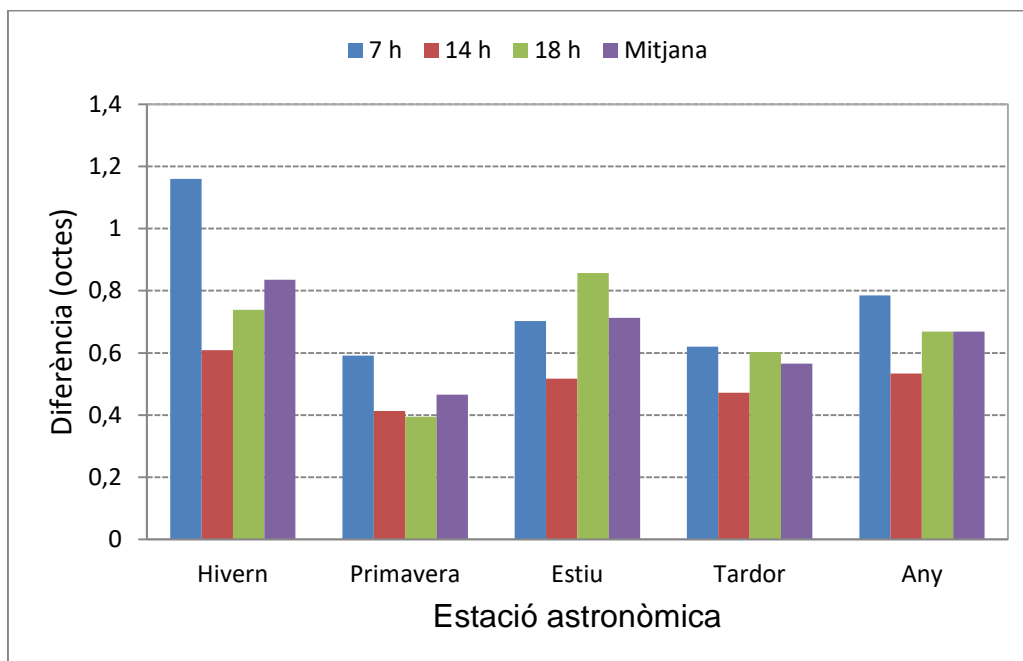


Figura 7.56 Diferència nuvolositat. Girona (Francesc Roges) i Girona (Sèquia)-aeroport de Girona. Període 1998-2009.

L'efecte de la ciutat en la nuvolositat és important especialment en la nuvolositat de tipus baix (LANDSBERG, 1981). El centre de la ciutat de Girona presenta més núvols baixos que l'aeroport durant totes les estacions, sent l'estiu i l'hivern les estacions amb majors diferències mitjanes, 1,3 i 1,2 octes. La primavera és l'estació amb menor diferència, 0,9 octes. Les diferències urbano-rurals més importants es donen al matí i a la tarda, mentre que al migdia el valor relatiu urbà és menor. Les tardes de l'estiu és el moment de l'any en què la ciutat presenta una diferència de nuvolositat baixa més gran, 1,6 octes. Probablement la convecció és afavorida per la geometria urbana, la major rugositat de la ciutat gràcies als edificis impliquen un increment de les turbulències, cosa que afavoreix els núvols baixos i, sobretot, de desenvolupament vertical. A l'hivern tenim la màxima diferència urbano-rural en la nuvolositat baixa del matí, en aquest cas l'elevada humitat afavorida per la presència dels quatre rius i la generació de vapor antropogènic (calefacció dels habitatges indústries i automòbils) provoquen un augment de la nuvolositat a la ciutat. Probablement l'illa de calor urbana, que és molt elevada a l'hivern, també pugui jugar un paper clau en l'increment de nuvolositat matinal, afavorint els ascensos verticals d'aire.

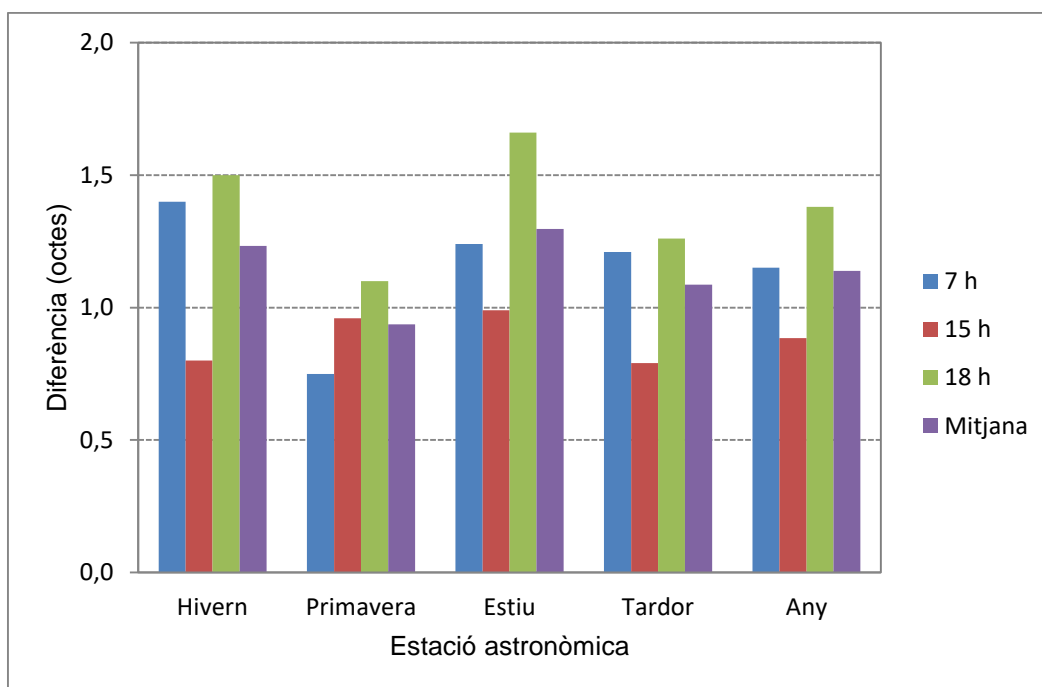


Figura 7.57 Diferència nuvolositat de tipus baix. Girona (Francesc Roges i Sèquia)-aeroport de Girona. Període 1998-2009.

L'efecte urbà en el cicle setmanal de la nuvolositat és palès si es comparen Salt i l'aeroport de Girona, ja que, mentre el dia amb més nuvolositat relativa urbana és un dia laborable, dimarts, amb 0,53 octes més, el dia amb menys diferència de nuvolositat és un dia de cap de setmana, diumenge, amb 0,27 octes més a Salt que a l'aeroport de Girona. Per tant, la diferència urbano-rural en la nuvolositat és més elevada entre setmana, que al cap de setmana, tot i que hem de tenir en compte que al dijous es dona un segon mínim relatiu.

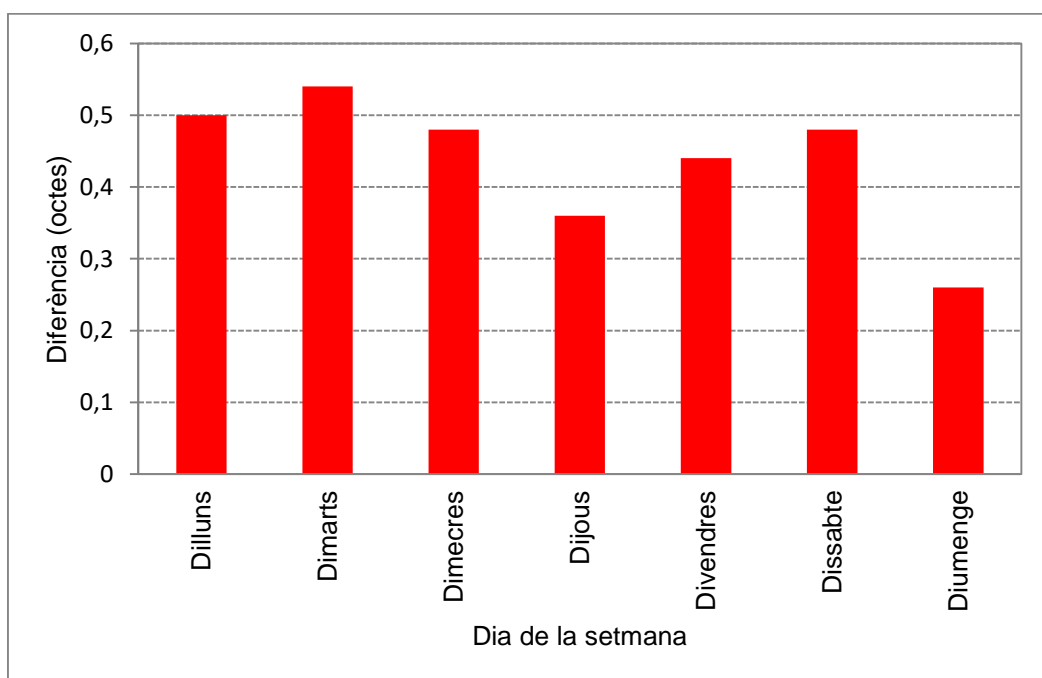


Figura 7.58 Diferència diària urbano-rural en la nuvolositat. Salt-Aeroport de Girona. Període 1999-2009.

La diferència urbano-rural més important en la nuvolositat es dona en els dilluns del mes de maig, en què la ciutat té força més nuvolositat (1-1,5 octes) que el camp, en canvi també és un dia laborable, del mes de juny, els dijous, en què s'aprecia un dèficit de nuvolositat urbana (0,5-1 octes menys a Salt que a l'aeroport). També els dijous del mes d'agost i els dimecres de l'octubre tenen un clar superàvit de nuvolositat a la ciutat (1-1,5 octes). No obstant, els divendres de l'octubre hi ha menys nuvolositat a la ciutat (0,5-1 octes), i el cap de setmana del mes d'octubre continua la tendència de la ciutat de Salt de presentar menys nuvolositat que l'aeroport de Girona.

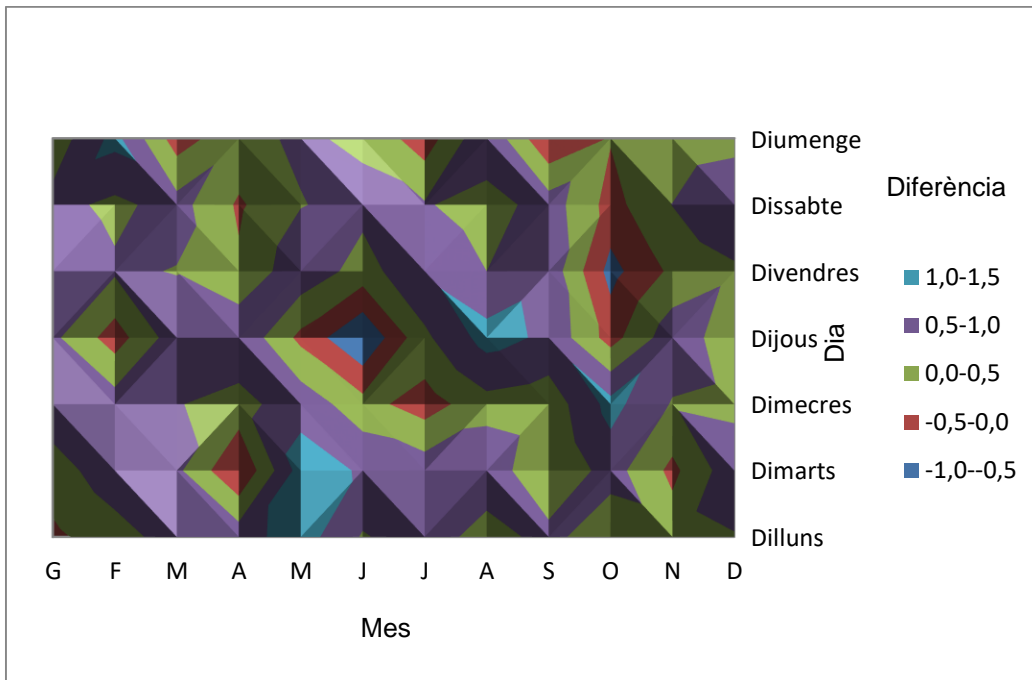


Figura 7.59 Gràfica d'isopletes. Diferència en la nuvolositat diària i mensual entre Salt (Plaça Sant Cugat) i l'aeroport de Girona. Període 1999-2009.

La nuvolositat no presenta una influència urbana significativa si es comparen les freqüències de la diferència urbano-rural entre els dies feiners i el cap de setmana. Malgrat això, durant els dies feiners la ciutat de Salt té més nuvolositat en còmput global (0,48 als dies feiners i 0,39 als dies laborables), per tant es pot apreciar una lleugera influència urbana en el cicle setmanal de la nuvolositat, si es consideren la mitjana.

L'histograma de les diferències urbano-rurals en la nuvolositat permet observar com durant tot l'any predominen els dies en què la nuvolositat és lleugerament més elevada a Salt (0,5-1 octes), seguits pels dies en què també hi ha un superàvit urbà, però encara és més dèbil (0-0,5 octes). No obstant, també tenim un percentatge relativament elevat de dies (15 %) en què la nuvolositat és una mica més abundant a l'aeroport (0-0,5 octes). El percentatge de dies amb molta diferència urbano-rural és molt baix (2 %) per a l'interval de 2-2,5 octes. Per tant, la modificació de la nuvolositat

és poc important en termes absoluts, tot i que la majoria de dies presenten un superàvit urbà de nuvolositat.

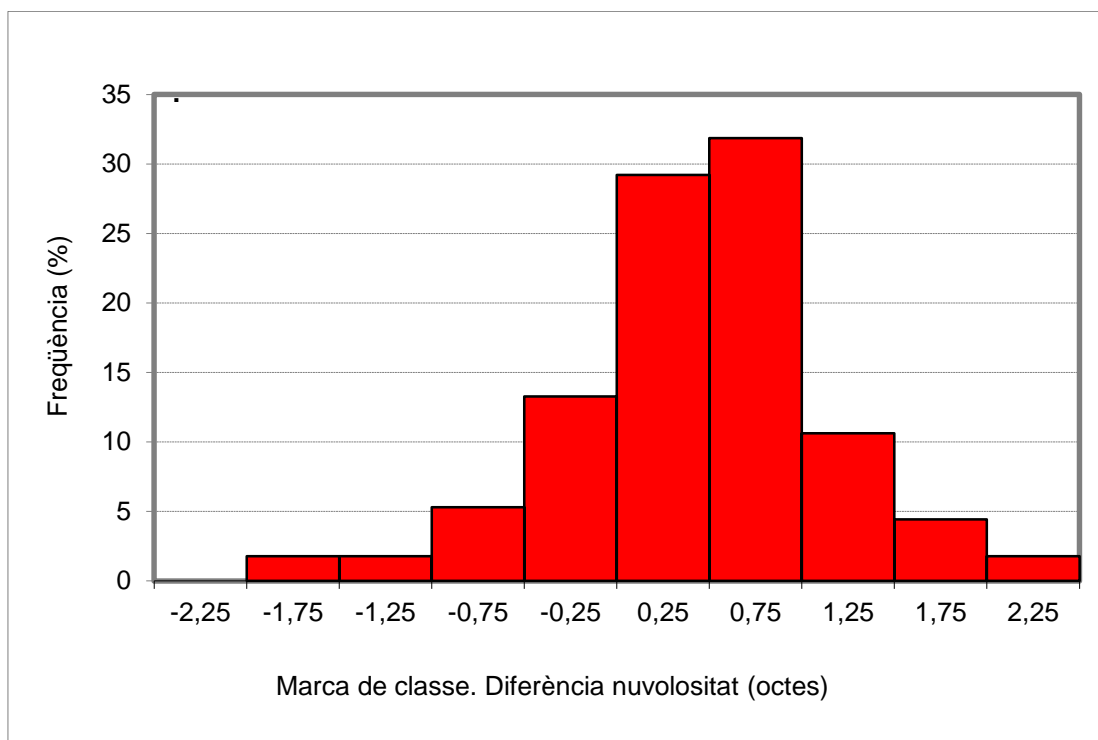


Figura 7.60 Histograma de diferències diàries urbano-rurals de nuvolositat. Salt-aeroport de Girona. Període 1999-2011.

La ciutat de Salt també presenta una nuvolositat més elevada que l'aeroport de Girona, +0,6 octes en mitjana. L'estació amb major superàvit nefològic urbà és l'hivern, amb +0,6 octes, mentre que a la primavera tenim les diferències menors, +0,5 octes. Per tant, no hi ha un patró estacional clar, ja que les variacions interestacionals de nuvolositat són molt poc remarcables. El moment del dia en què s'observa una nuvolositat relativa més elevada a Salt són els matins hivernals i estiuencs, amb +0,8 octes de diferència a les 7 hores, mentre que als migdies estiuencs (14 hores) tenim el valor mínim, +0,4 octes. La comparació de la nuvolositat de Salt i l'aeroport no ens dona unes diferències tan marcades en funció del moment del dia i de l'estació de l'any.

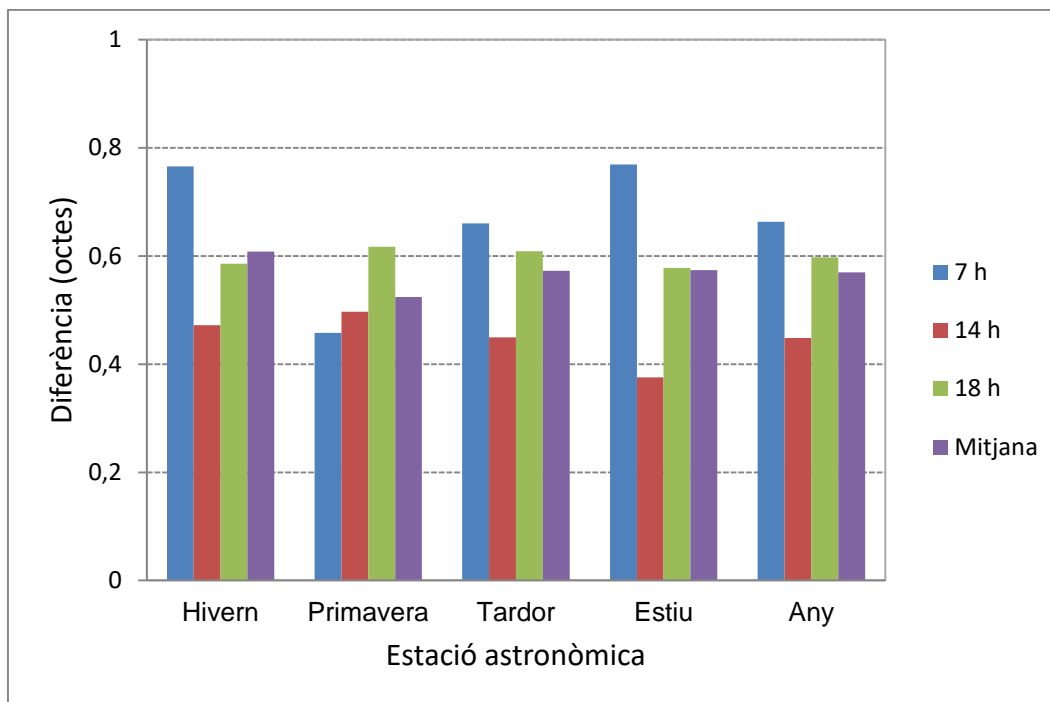


Figura 7.61 Diferència de nuvolositat entre Salt i l'aeroport de Girona segons l'hora del dia i l'estació de l'any. Període 1999-2004.

Moreno García (1999) afirma que l'efecte urbà en la nuvolositat és més important per als núvols de tipus baix, on incloem els cúmuls i cumulonimbus ja que aquests es troben afavorits pels moviments de convecció que es produeixen damunt de les ciutats. Hem comparat la nuvolositat de tipus baix de Salt i l'aeroport i hem trobat un increment significatiu urbà de la nuvolositat enfront els valors rurals. S'ha de remarcar que les diferències urbano-rurals més importants es donen a la tardor (nuvolositat urbana superior en 1 octa a la de l'aeroport), mentre que a l'hivern tenim la menor influència urbana. A les tardes (observació de les 18 hores) tenim el major superàvit urbà amb 0,8 octes, mentre que als matins les diferències són més importants, 0,6 octes. La nuvolositat d'evolució diürna (cúmuls i cumulonimbus) són força més freqüents a la ciutat de Salt respecte l'aeroport, ja que a les tardes de la primavera i la tardor és quan Salt enregistra la màxima anomalia positiva neofològica enfront l'aeroport, 1,4 octes. D'altra banda, els migdies de l'hivern (14 hores) són el moment de l'any en què l'efecte urbà en la nuvolositat és menor, amb 0,4 octes a Salt respecte l'aeroport.

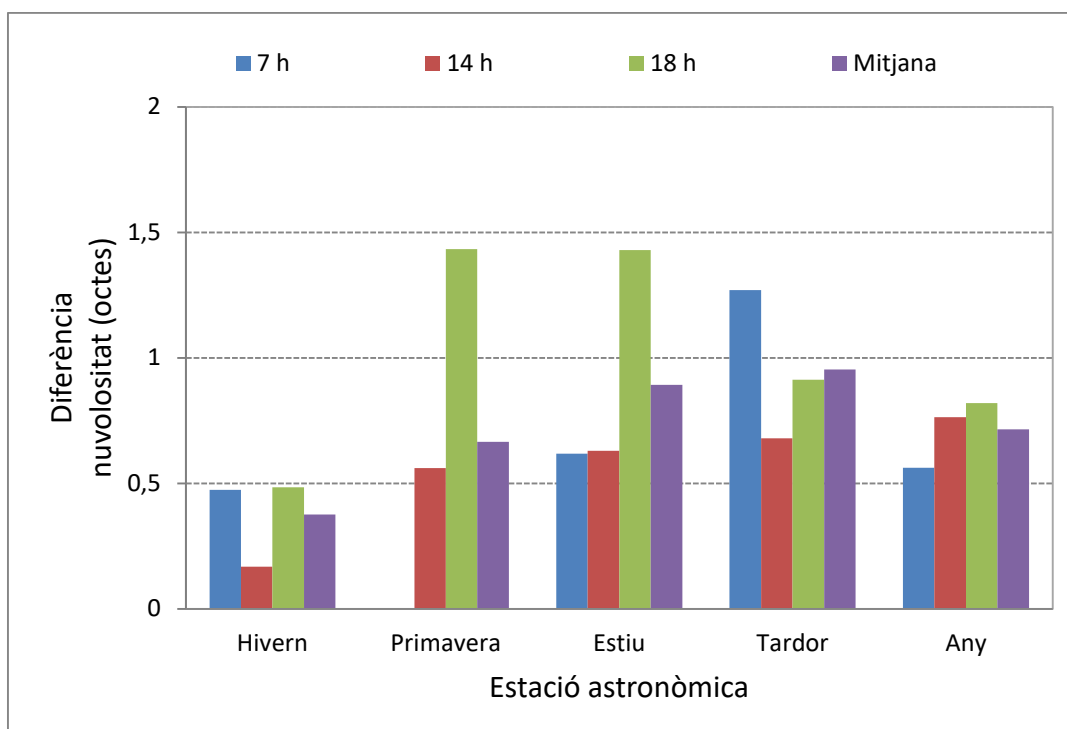


Figura 7.62 Diferència de nuvolositat entre Salt i l'aeroport de Girona segons l'hora del dia en els dies en què només hi ha nuvolositat baixa. Període 1999-2004.

La nuvolositat té una tendència descendent des de 1921 fins a 1983, mentre que a finals del segle passat la nuvolositat té un estancament, i durant els inicis del segle XX la nuvolositat presenta un lleuger augment. La variació important de la nuvolositat entre el període 1921-40 i el trentenni 1941-70, quan descendeix d'una mitjana de 5,0 vuitens de cel cobert a un mitjana de 4,2, permet afirmar que ens trobem davant d'un canvi significatiu. Entre 1941-70 i 1971-2000 també es produeix un canvi significatiu, tot i que la davallada de la fracció de cel cobert és més dèbil, es passa de 4,2 vuitens a 3,7 vuitens. L'increment que ha sofert la nuvolositat en els inicis del segle XXI respecte l'últim trentenni del segle XX pot ser també una modificació climàtica.

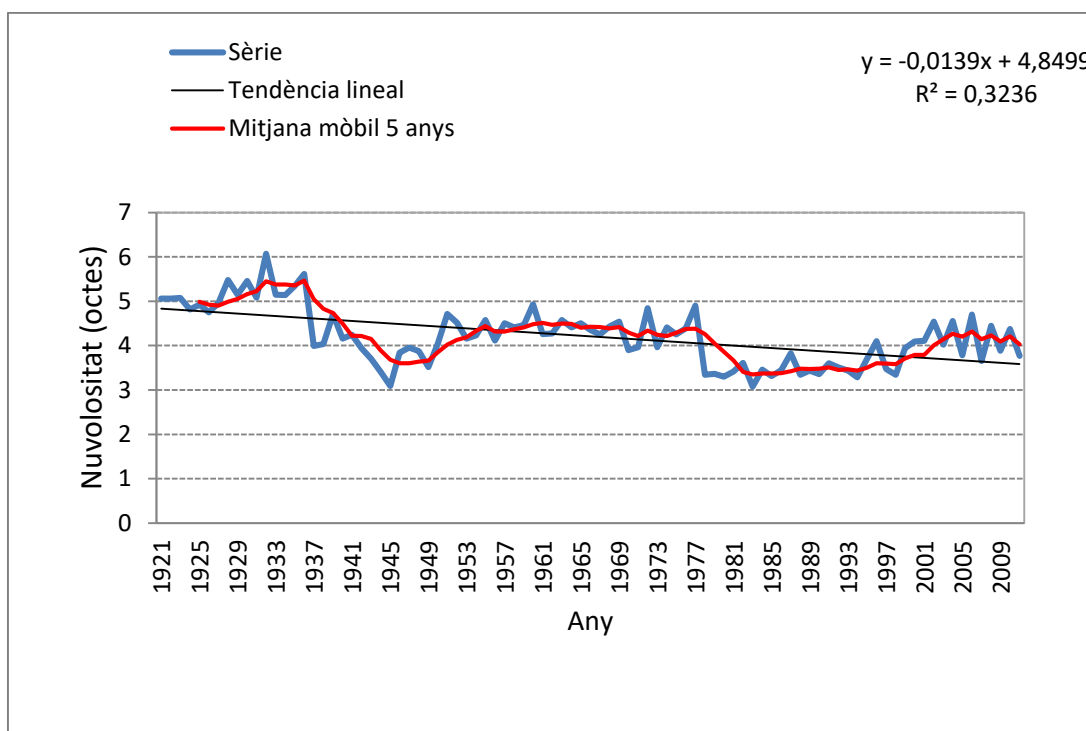


Figura 7.63 Nuvolositat mitjana anual a la ciutat de Girona. Període 1921-2011.

7.4 Radiació solar

Les àrees urbanes presenten menys radiació solar que la perifèria i zones rurals del voltant com a conseqüència de la contaminació atmosfèrica (MORENO, 1990). La radiació solar és més elevada al sud de l'àrea urbana de Girona (Cassà de la Selva, Girona-Universitat, Girona-SMC), que no al nord. L'observatori que enregistra menys radiació mitjana a les 10 hores és Sarrià de Ter-XVPCA. La contaminació atmosfèrica és una de les causes probables d'aquesta menor radiació solar en aquesta àrea de sotavent de la ciutat. Hi ha una menor insolació a les zones de sobrevent durant l'hivern i tardor, concretament en els observatoris de Girona-SMC i Cassà de la Selva, situats al sud de la ciutat de Girona. Aquesta menor insolació probablement és deguda a les abundants boires en aquesta zona (50 dies a l'aeroport de Girona, per 17 a Girona). En canvi, Sarrià de Ter i Girona-Universitat i Fornells de la Selva enregistren força més insolació en aquesta època de l'any, en el cas de Sarrià de Ter i Girona-Universitat la causa segurament radica en una menor freqüència de boires, tot i que Fornells de la Selva té força boires, però la major insolació dels dies serens, gràcies a una menor contaminació, deu compensar aquell fenomen meteorològic.

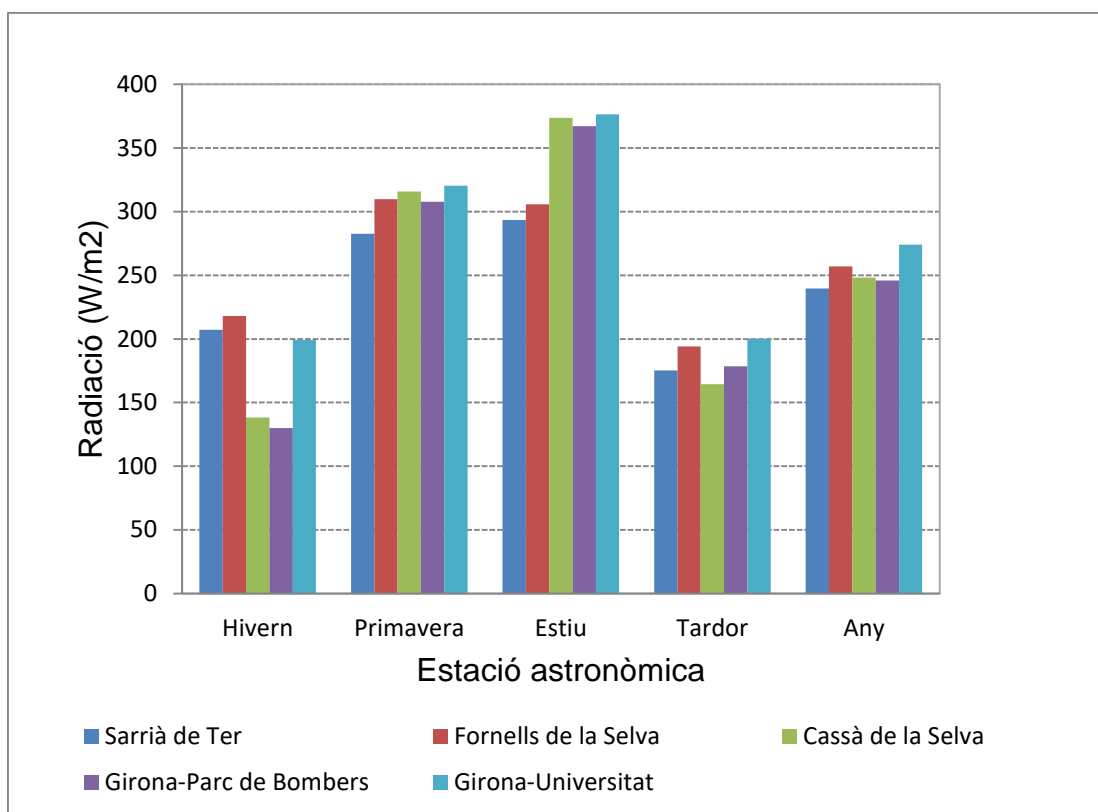


Figura 7.64 Radiació solar mitjana estacional a les 10 hores en diferents observatoris

Sarrià de Ter és l'observatori que enregistra menys radiació solar mitjana anual a les 14 hores. Aquest observatori està situat al nord de la ciutat, per tant a sotavent. Girona-Parc de Bombers està al sud-oest de la ciutat, a sobrevent, i és l'estació que rep més radiació en el còmput. anual, tot i que la diferència és molt dèbil amb Cassà de la Selva-SMC i amb Fornells de la Selva-SMC. Cal remarcar que al gener les diferències entre les estacions són més acusades, amb un màxim molt clar a Cassà de la Selva, 415,2 W/m², i un mínim a Sarrià de Ter, 285 W/m². Per tant, quan el sol està baix la influència urbana de la contaminació tendeix a disminuir la insolació, mentre que els aerosols no tenen un efecte tan pronunciat a l'estiu o a la primavera, quan el màxim es dona a Girona-Universitat. La figura ens mostra com l'efecte urbà en la radiació solar és més important quan el sol té un angle més baix, a l'hivern i a la tardor tenim més radiació als observatoris rurals que als suburbans, mentre que a la primavera i l'estiu el sol força alt implica que els aerosols no tinguin tanta influència en la reflexió de la radiació i es dona més radiació en els observatoris suburbans que rurals.

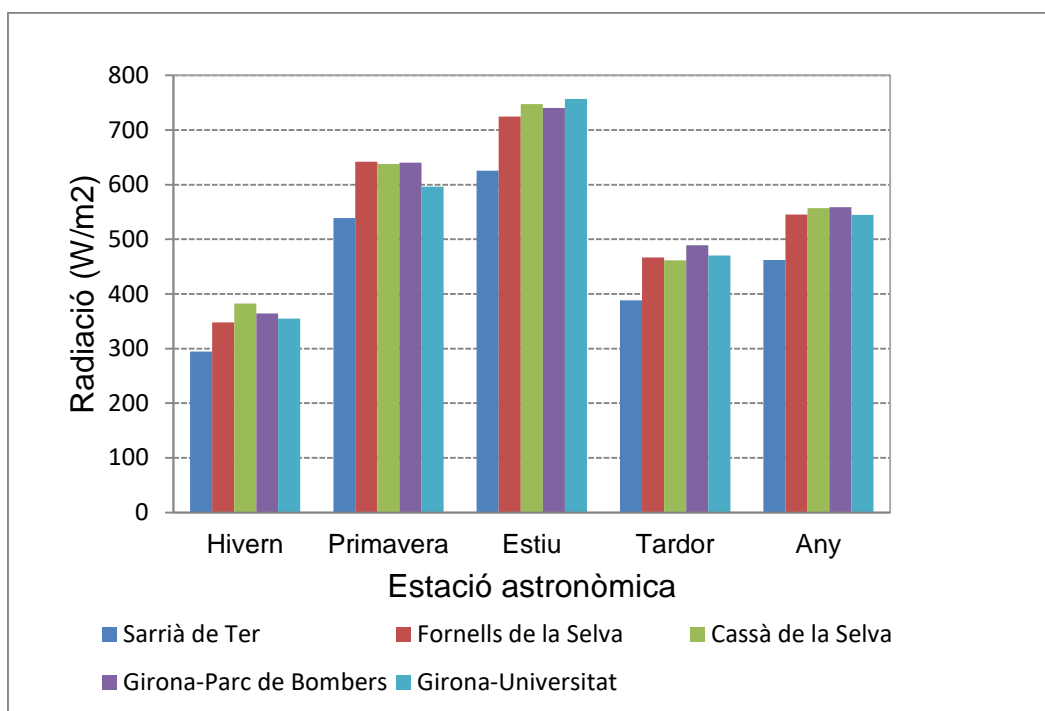


Figura 7.65 Radiació solar mitjana estacional a les 14 hores en diferents observatoris.

La radiació de les 18 hores està fortament influenciada per l'ús del sòl de l'observatori. Així les diferències són més acusades a l'hivern, per exemple al gener quan Cassà de la Selva té una radiació de 131,6 W/m², Sarrià de Ter només 39,1. Per tant els aerosols de la contaminació impliquen una forta reflexió de la radiació solar en els observatoris suburbans a l'hivern que és menys acusada als observatoris rurals, especialment Cassà de la Selva. A l'estiu les diferències entre els observatoris no són tan marcades, fins i tot el mínim es dona en un observatori rural com Fornells-XVPCA. igualment com a les 10 hores l'observatori que enregistra menys radiació solar mitjana anual a les 14 hores. Girona-SMC és l'estació que rep més radiació en el còmput. anual, tot i que la diferència és molt dèbil amb Cassà de la Selva i amb Fornells. Cal remarcar que al gener les diferències entre les estacions són més acusades, amb un màxim molt clar a Cassà de la Selva, 415,2 W/m², i un mínim a Sarrià de Ter, 285 W/m². Per tant, quan el sol està baix la influència urbana de la contaminació tendeix a disminuir la insolació, mentre que els aerosols no tenen un efecte tan pronunciat a l'estiu o a la primavera, quan el màxim es dona a Girona-Universitat. La figura ens mostra com l'efecte urbà en la radiació solar és més important quan el sol té un angle més baix, a l'hivern i a la tardor tenim més radiació als observatoris rurals que als suburbans, mentre que a la primavera i l'estiu el sol força alt implica que els aerosols no tinguin tanta influència en la reflexió de la radiació i es dona més radiació en els observatoris suburbans que rurals

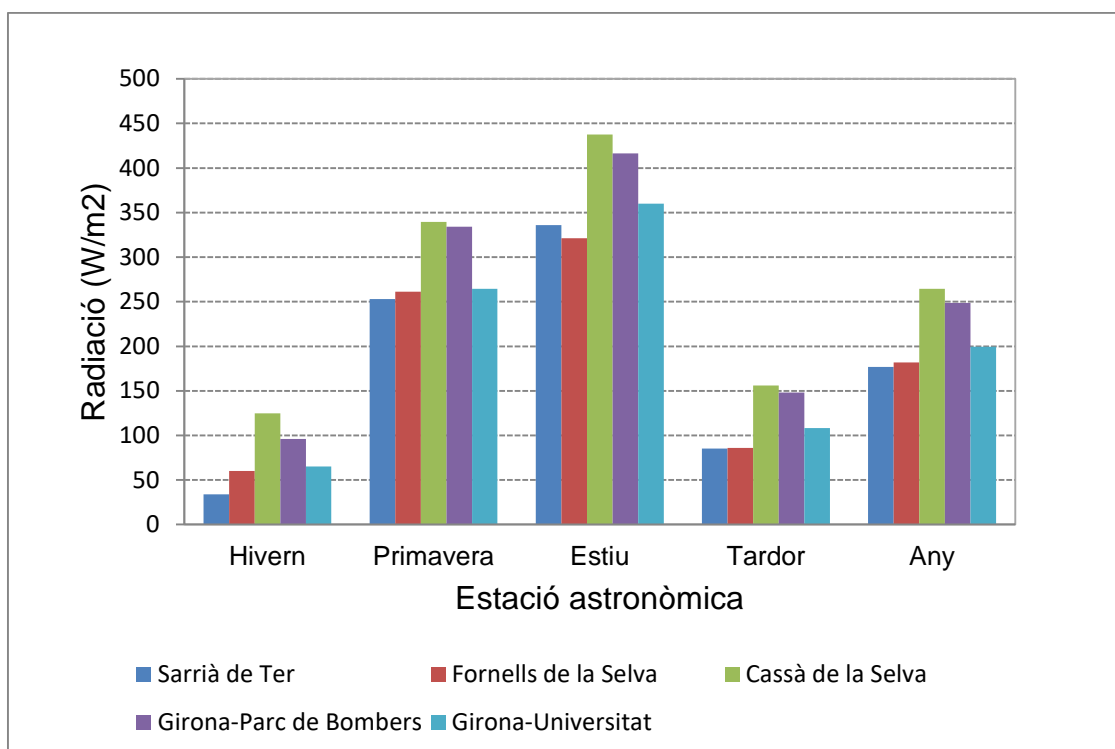


Figura 7.66 Radiació solar mitjana estacional a les 18 hores en diferents observatoris.

La comparació de la radiació solar mitjana de les diferents estacions astronòmiques ens permet observar com l'observatori de Sarrià de Ter presenta la menor radiació rebuda en totes les estacions astronòmiques, mentre que Cassà de la Selva és l'indret on la insolació és més intensa. Per tant s'observa un gradient sud-nord de la radiació solar, amb un increment progressiu de la radiació solar a la part meridional de l'àrea urbana de Girona.

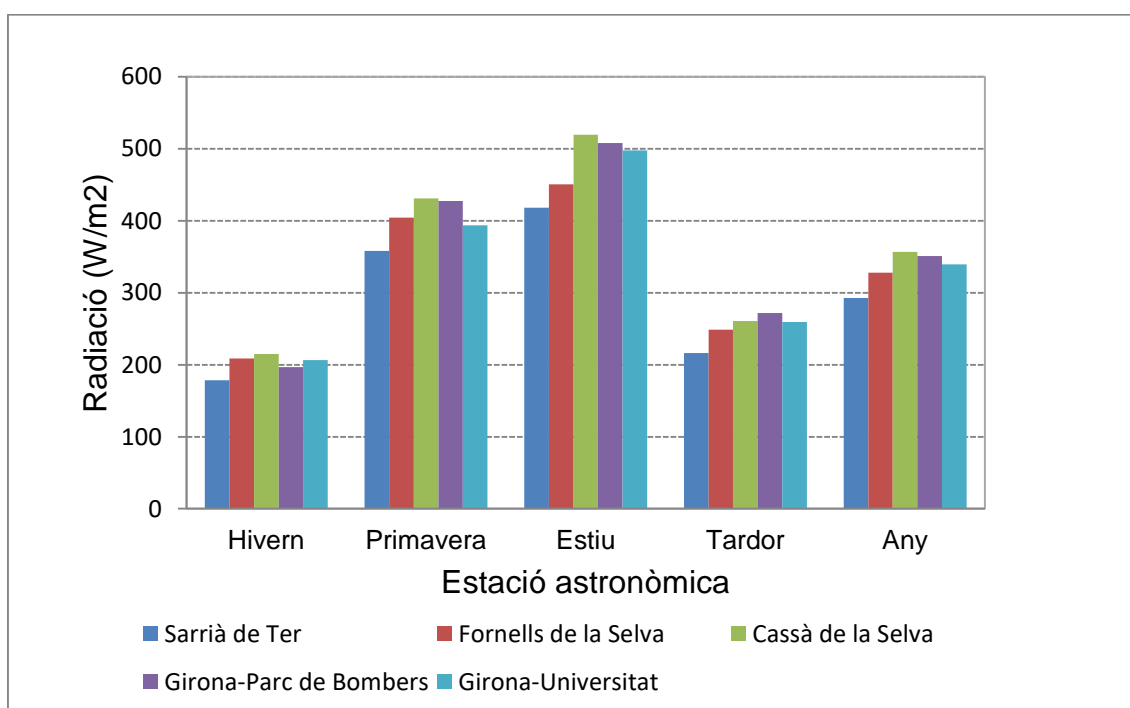


Figura 7.67 Radiació solar mitjana diària de varis observatoris meteorològics en les diferents estacions de l'any.

En totes les estacions astronòmiques la zona de sobrevent rep més radiació solar que l'àrea de sotavent, situada al nord de la ciutat de Girona. Per tant té una importància capital el transport de contaminants pel vent des de Girona fins al nord de Girona a l'hora d'explicar la distribució de la radiació solar rebuda per la superfície a l'àrea urbana de Girona. Cal remarcar que les diferències són molt menys clares entre Cassà de la Selva i la Universitat de Girona que entre la Universitat i Sarrià de Ter. A l'hivern hi ha un percentatge més elevat de radiació solar de la zona de sobrevent (131,3) respecte l'àrea de sotavent que a l'estiu (117,6), cosa que s'explica per l'altura del sol, més baixa a l'hivern, cosa que fa que els aerosols de la contaminació tinguin un poder de reflexió més elevat a l'hivern que a l'estiu.

Taula 7.12 Percentatge de la radiació solar de sobrevent respecte de la zona de sotavent en diferents estacions astronòmiques.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Sobrevent/sotavent	131,3	119,3	117,6	125,0

La influència del tipus de cel en la radiació solar és més important amb cel tapat i a l'hivern a les 10 hores quan s'aprecia una radiació molt escassa a la zona de sotavent respecte sobrevent (57 %). A les 10 hores s'observa una radiació solar relativa més elevada a sotavent a la tardor (94,6 %) i més escassa a la primavera.(69,5 %). Probablement a la tardor tenim més situacions atmosfèriques que comporten valors baixos de contaminació atmosfèrica i per això la radiació relativa és més elevada. Els percentatges relatius en funció de l'estat del cel davallen des dels cels serens fins als cels tapats, per tant la contaminació influeix en una reflexió de la radiació solar amb qualsevol nuvolositat, fins i tot es detecta una radiació relativa menor amb cels tapats o núvols que amb cels serens. Amb cels serens i a la tardor tenim l'única situació amb radiació solar relativa més elevada a sotavent que a sobrevent, mentre que amb cels tapats d'hivern tenim la menor radiació a sotavent.

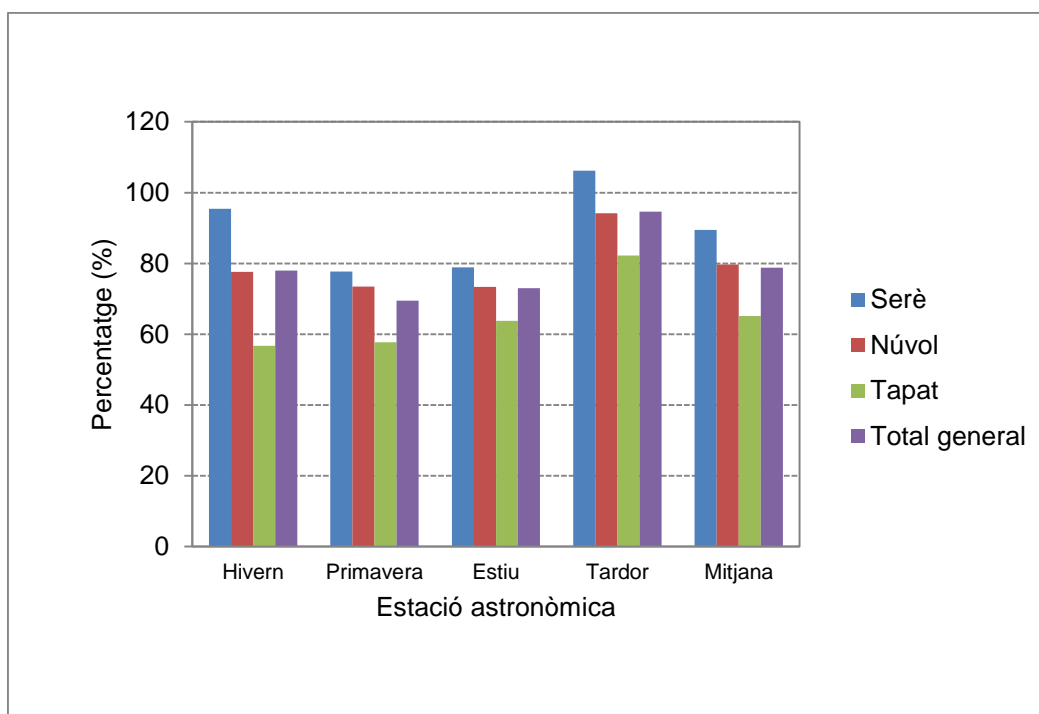


Figura 7.68 Taxa de radiació solar (sotavent/sobrevent) a les 10 hores. Àrea urbana de Girona.

Els valors relatius de la radiació solar de sotavent a les 14 hores mostren un comportament estacional molt marcat. Així a la tardor tenim més radiació a la zona de sotavent amb cel serè, mentre que els valors mínims de l'àrea de sotavents donen amb cel tapat a l'hivern. En general a la tardor i l'estiu tenim mitjanes relatius més elevats a sotavent que a sobrevent, mentre que a l'hivern i primavera tenim una radiació més escassa a Sarrià de Ter, a sotavent. Igualment com en el cas de les 10 hores hi ha una disminució relativa de la radiació de sotavent des dels cels serens cap als cels tapats, per tant amb més nuvolositat curiosament hi ha menor radiació solar relativa a sotavent. Per tant la contaminació afecta més a la radiació solar quan aquesta és escassa que quan és elevada.

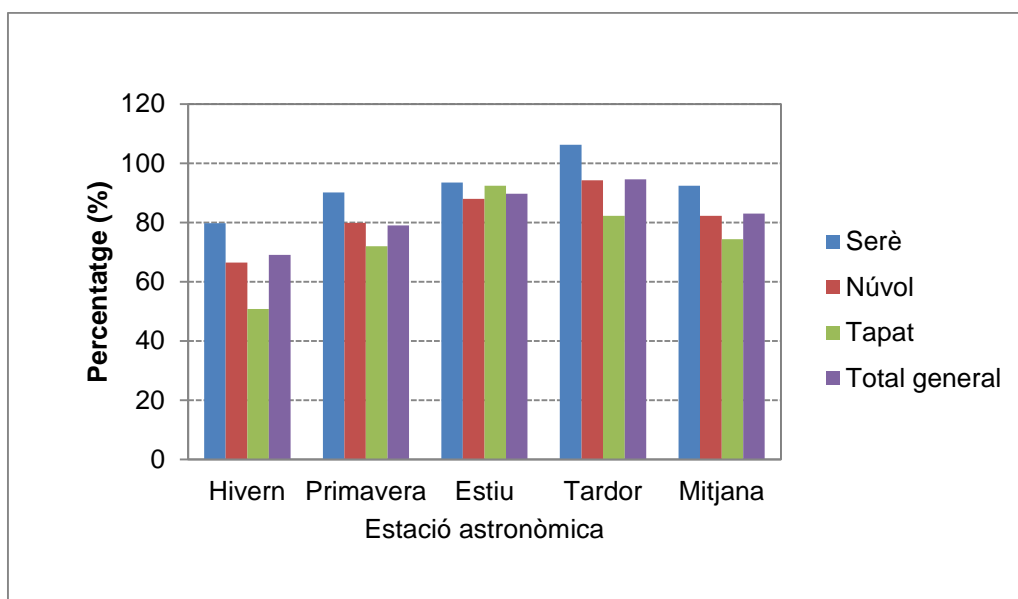


Figura 7.69 Taxa de radiació solar (sotavent/sobrevent) a les 14 hores. Àrea urbana de Girona.

A les 17 hores s'observa una clara influència de l'altura del sol sobre l'horitzó en la radiació solar relativa de sotavent. Així l'estiu tenim valors més elevats, gairebé idèntics a sotavent i sobrevent (99 %), mentre que a l'hivern s'observen valors més escassos a sotavent (18,5 %). Per tant hem de donar una hipòtesi, tenim més reflexió de la radiació solar per la contaminació amb baixos angles del sol sobre l'horitzó que amb angles elevats. Hi ha una clara diferència en la radiació solar a les 17 hores respecte les 10 i 14 hores, així amb cel serè no tenim els valors més baixos de radiació relativa, sinó amb cel tapat, mentre que els valors més elevats es produeixen amb cel núvol. A l'estiu i amb cel serè tenim una radiació solar lleugerament més alta a sotavent respecte sobrevent (101,2 %). Quan la radiació solar és molt escassa, a l'hivern i amb cel tapat, tenim la menor radiació solar relativa a sotavent, 11,3 %. Per tant es confirma el paper de la contaminació en disminuir la radiació solar de l'àrea de sotavent, especialment quan la radiació solar és escassa.

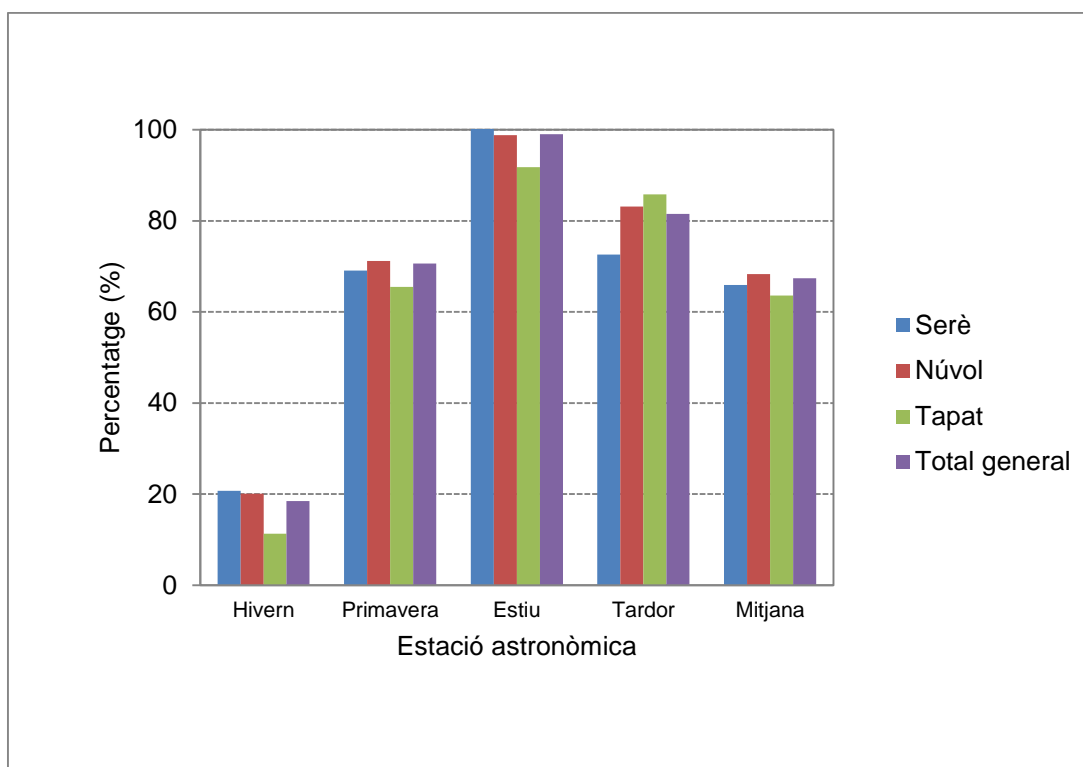


Figura 7.70 Taxa de radiació solar (sotavent/sobrevent) a les 17 hores. Àrea urbana de Girona.

La radiació solar mitjana relativa de l'àrea urbana de Girona és més elevada a sotavent amb cels serens i més escassa amb cels tapats. Els cels serens de tardor proporcionen una radiació solar relativa similar a sobrevent (95 %), també els d'estiu (91,2 %), mentre que a l'hivern la reflexió de la radiació solar per la contaminació proporciona els valors més escassos de radiació (65,3 %). Tenim la radiació solar relativa mínima a l'hivern amb cels tapats. Per tant podem donar una hipòtesi, sembla que amb cels serens i angles elevats del sol sobre l'horitzó cosa que implica una forta radiació solar hi ha una menor influència de la contaminació en la radiació solar, amb valors relatius més elevats a sotavent. En canvi quan la radiació solar és escassa amb cel tapat i angles baixos tenim una reflexió més elevada de la radiació i uns valors mínims relatius a sobrevent. No obstant els valors mitjans de la radiació solar a la zona de sotavent són més elevats a la tardor que a l'estiu, probablement degut a una menor contaminació gràcies a les abundants pluges de la tardor.

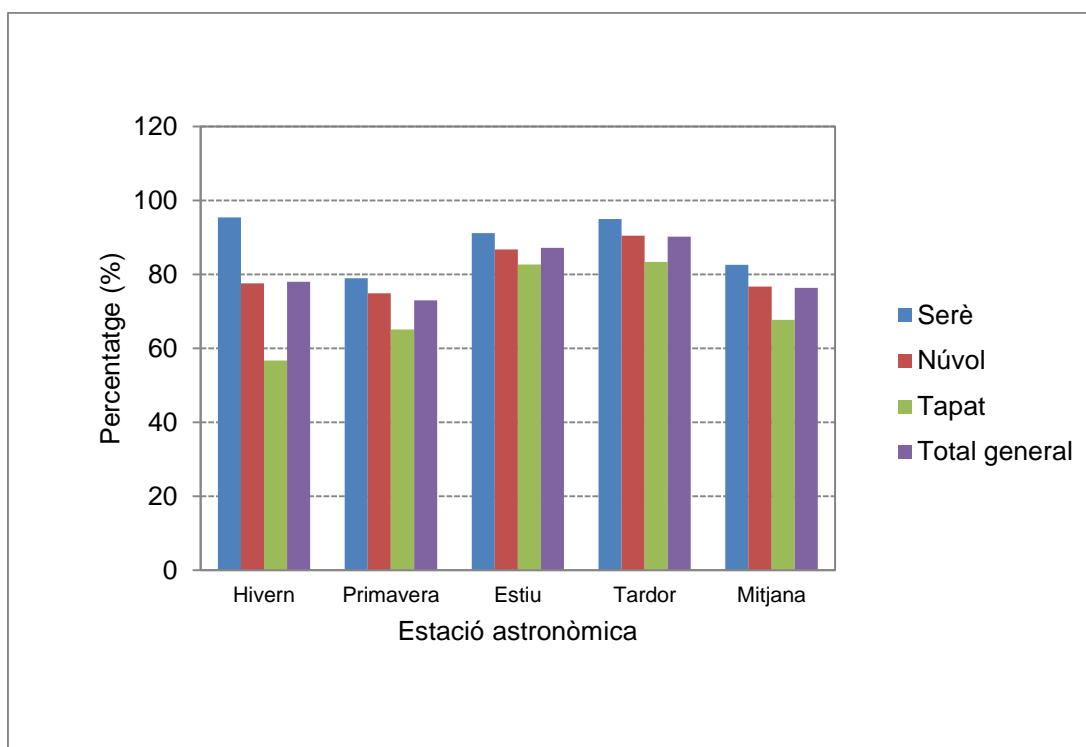


Figura 7.71 Taxa de radiació solar (sotavent/sobrevent). Valors mitjans diaris. Àrea urbana de Girona.

Cal remarcar que els valors relatius més elevats de radiació solar de sotavent respecte sobrevent es donen al matí (10 h) amb tots els estats del cel mentre que la radiació solar mínima de sotavent es produeix a la tarda (17 h). Això probablement es deu al paper acumulatiu que té la contaminació des del matí fins a la tarda que produeix una reflexió més important de la radiació solar a la tarda. És més important la reflexió solar amb cels serens o núvols que amb cels tapats, per això s'aprecia una disminució més important des del matí cap a la tarda amb cels serens o núvols que amb cels tapats. És evident que amb cel tapat la contaminació no té una importància cabdal en la disminució de la radiació solar ja que la radiació solar és més baixa amb cels coberts. En el còmput diari s'observa una radiació a sotavent lleugerament més alta amb cels núvols que amb cels serens (83,8 % versus 82,0 %), mentre que els valors de radiació amb cel tapat són els més baixos (77,0 %). Per tant tot i que teòricament la nuvolositat elevada no hauria de influir en la radiació solar, en realitat provoca un important descens de la radiació difusa per la contaminació.

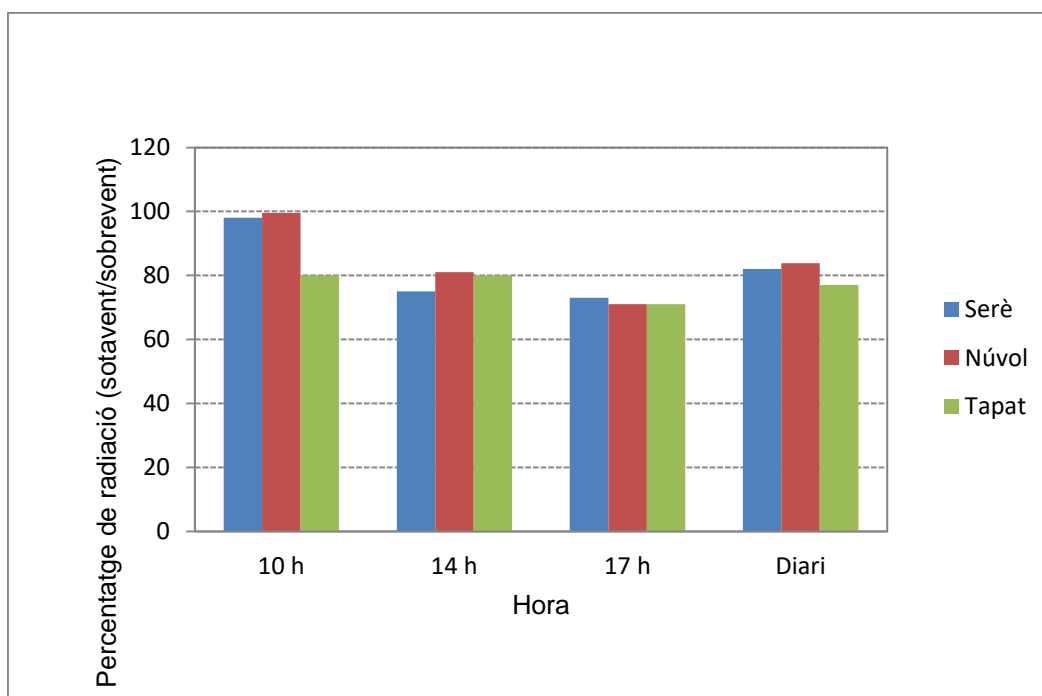


Figura 7.72 Percentatge horari de radiació solar de sotavent respecte sobrevent amb diferents estats del cel.

La influència del tipus de cel en la radiació solar és més important amb cel serè i a l'hivern a les 17 hores quan s'aprecia una radiació molt escassa a la zona de sotavent respecte sobrevent (20,7 %). A les 10 hores s'observa una radiació solar relativa més elevada a sotavent a la tardor (94,6 %) i més escassa a la primavera (69,5 %). Probablement a la tardor tenim més situacions atmosfèriques que comporten valors baixos de contaminació atmosfèrica i per això la radiació relativa és més elevada. Els percentatges relatius en funció de l'estat del cel davallen des dels cels serens fins als cels tapats, per tant la contaminació influeix en una reflexió de la radiació solar amb qualsevol nivolositat, fins i tot es detecta una radiació relativa menor amb cels tapats o núvols que amb cels serens. Amb cels serens i a la tardor tenim l'única situació amb radiació solar relativa més elevada a sotavent que a sobrevent, mentre que amb cels tapats d'hivern tenim la menor radiació a sotavent.

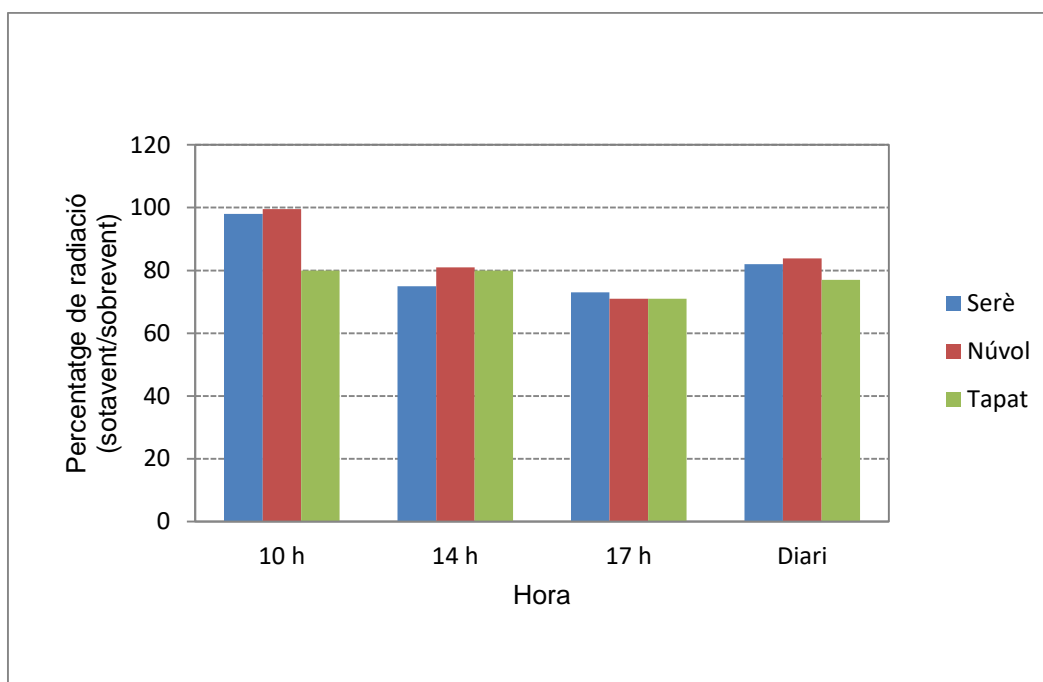


Figura 7.73 Percentatge horari de radiació solar de sotavent respecte sobrevent amb diferents estats del cel.

Cal remarcar que els valors relatius més elevats de radiació solar de sotavent respecte sobrevent es donen al matí (10 h) amb tots els estats del cel mentre que la radiació solar mínima de sotavent es produeix a la tarda (17 h). Això probablement es deu al paper acumulatiu que té la contaminació des del matí fins a la tarda que produeix una reflexió més important de la radiació solar a la tarda. És més important la reflexió solar amb cels serens o núvols que amb cels tapats, per això s'aprecia una disminució més important des del matí cap a la tarda amb cels serens o núvols que amb cels tapats. És evident que amb cel tapat la contaminació no té una importància cabdal en la disminució de la radiació solar ja que la radiació solar és més baixa amb cels coberts. En el còmput diari s'observa una radiació a sotavent lleugerament més alta amb cels núvols que amb cels serens (83,8 % versus 82,0 %), mentre que els valors de radiació amb cel tapat són els més baixos (77,0 %). Per tant tot i que teòricament la nuvolositat elevada no hauria de influir en la radiació solar, en realitat provoca un important descens de la radiació difusa per la contaminació.

La taxa de radiació solar de sotavent respecte sobrevent de les 10 hores és més elevada amb cels serens (89,5 %) i més baixa amb cels tapats (65,1 %). La reflexió de la radiació solar per la nuvolositat és el factor clau que explica les diferències en la radiació solar de sotavent respecte sobrevent. Els valors relatius de la zona de sotavent fins i tot són més elevats que a sobrevent a la tardor amb cel serè, 106,2 %, mentre el valor mínim és de 77,7 % a la primavera. Les diferències estacionals són importants, mentre a la tardor les variacions en la radiació entre la zona de sobrevent i

sotavent són poc marcades (94,6 %) a la primavera la disminució de la radiació solar de sotavent respecte sotavent és molt més important, 69,5 %. En general s'observa una disminució menys important de la radiació solar de sotavent en estacions astronòmiques amb un sol baix (hivern i tardor) i una davallada més marcada a la primavera i a l'estiu i primavera, amb un sol més alt de l'horitzó. Probablement les boires que són habituals a l'hivern i a la tardor a Fornells de la Selva, al sud de l'àrea urbana (sobrevent), és la variable meteorològica que ens ajuda a explicar la menor diferència entre la radiació solar de la zona de sobrevent i sotavent a les 10 hores.

Taula 7.13 Percentatge estacional de la radiació solar de les 10 hores (sotavent/sobrevent) segons diferents estats del cel.

Estació/Cel	Serè	Núvol	Tapat	Mitjana
Hivern	95,4	77,6	56,7	78,0
Primavera	77,7	73,5	57,7	69,5
Estiu	78,9	73,4	63,8	73,0
Tardor	106,2	94,2	82,2	94,6
Mitjana	89,5	79,7	65,1	78,8

Els valors relatius de la radiació solar de sotavent mostren un comportament estacional molt marcat a les 14 hores. Així a la tardor tenim més radiació a la zona de sotavent amb cel serè, mentre que els valors mínims de l'àrea de sotavent es donen amb cel tapat a l'hivern. En general a la tardor i l'estiu tenim mitjanes relatius més elevats a sotavent que a sobrevent, mentre que a l'hivern i primavera tenim una radiació més escassa a Sarrià de Ter, a sotavent. Igualment com en el cas de les 10 hores hi ha una disminució relativa de la radiació de sotavent des dels cels serens cap als cels tapats, per tant amb més nuvolositat curiosament hi ha menor radiació solar relativa a sotavent. Per tant la contaminació afecta més a la radiació solar quan aquesta és escassa que quan és elevada.

Taula 7.14 Percentatge estacional de la radiació solar de les 14 hores (sotavent/sobrevent) segons diferents estats del cel.

Estació/Cel	Serè	Núvol	Tapat	Mitjana
Hivern	79,8	66,5	50,8	69,0
Primavera	90,1	79,9	72,0	79,0
Estiu	93,5	88,0	92,4	89,7
Tardor	106,2	94,2	82,2	94,6
Mitjana	92,4	82,2	74,3	83,0

Taula. Percentatge estacional de la radiació solar de les 17 hores (sotavent/sobrevent) segons diferents estats del cel.

A les 17 hores s'observa una clara influència de l'altura del sol sobre l'horitzó en la radiació solar relativa de sotavent. Així l'estiu tenim valors relatius més elevats, gairebé idèntics a sotavent i sobrevent (99 %), mentre que a l'hivern s'observa una radiació més escassa a sotavent (18,5 %). Per tant hem de donar una hipòtesi, tenim més

reflexió de la radiació solar per la contaminació amb baixos angles del sol sobre l'horitzó que amb angles elevats. Hi ha una clara diferència en la radiació solar a les 17 hores respecte les 10 i 14 hores, així amb cel serè no tenim els valors més baixos de radiació relativa, sinó amb cel tapat, mentre que els valors més elevats es produeixen amb cel núvol. A l'estiu i amb cel serè tenim una radiació solar lleugerament més alta a sotavent respecte sobrevent (101,2 %). Quan la radiació solar és molt escassa, a l'hivern i amb cel tapat, tenim la menor radiació solar relativa a sotavent, 11,3 %. Per tant es confirma el paper de la contaminació en disminuir la radiació solar de l'àrea de sotavent, especialment quan la radiació solar és escassa.

La radiació solar mitjana relativa de és més elevada a sotavent amb cels serens i més escassa amb cels tapats. Els cels serens de tardor proporcionen una radiació solar relativa similar a sobrevent (95 %), també els d'estiu (91,2 %), mentre que a l'hivern la reflexió de la radiació solar per la contaminació proporciona els valors més escassos de radiació (65,3 %). Tenim la radiació solar relativa mínima a l'hivern amb cels tapats. Per tant podem donar una hipòtesi, sembla que amb cels serens i angles elevats del sol sobre l'horitzó cosa que implica una forta radiació solar hi ha una menor influència de la contaminació en la radiació solar, amb valors relatius més elevats a sotavent. En canvi quan la radiació solar és escassa amb cel tapat i angles baixos tenim una reflexió més elevada de la radiació i uns valors mínims relatius a sobrevent. No obstant els valors mitjans de la radiació solar a la zona de sotavent són més elevats a la tardor que a l'estiu, probablement degut a una menor contaminació gràcies a les abundants pluges de la tardor.

Taula 7.15 Percentatge estacional i anual de radiació solar expressat en percentatge de sotavent en relació a sobrevent amb diferent tipus de nuvolositat

Estació /Cel	Serè	Núvol	Tapat	Mitjana
Hivern	20,7	20,1	11,3	18,5
Primavera	69,1	71,2	65,5	70,6
Estiu	101,2	98,8	91,8	99,0
Tardor	72,6	83,1	85,8	81,5
Mitjana	65,9	68,3	63,6	67,4

Taula 7.16 Percentatge de radiació solar expressada en W/m² de sotavent en relació a sobrevent amb cel serè en diferents hores del dia i amb diverses direccions del vent.

Hora/Vent	10 h	14 h	18h	Diària
N	125,4	81,6	41,2	82,7
NNE	100,4	59,4	81,0	80,3
NE	110,7	61,2	84,2	85,4
ENE	80,4	45,3	98,2	74,6
E	103,5	67,1	47,0	72,5
ESE	108,0	71,1	69,7	82,9
SE	104,6	83,7	53,0	80,5

SSE	122,5	81,2	66,6	90,1
S	119,0	88,9	60,9	89,6
SSW	97,3	55,0	58,6	70,3
SW	113,4	84,1	64,5	87,3
WSW	81,7	77,3	112,7	90,6
W	95,9	61,1	57,9	71,6
WNW	97,3	98,7		98,0
NW	38,9	111,6	92,8	81,1
NNW	76,2	95,9	134,1	102,1
Calmes	44,6	22,4	39,2	35,4

La radiació solar amb cel serè disminueix progressivament a sotavent en comparació amb sobrevent des del matí (95,3 % a les 10 hores) fins a la tarda (72,6 % a les 17 hores). Això probablement es deu a la contaminació que és transportada pel vent predominant de migjorn i que es va acumulant des de les 10 fins a les 17 hores en la zona de sotavent, a l'observatori de Sarrià de Ter. Per això els valors màxims relatius de radiació solar de Sarrià es donen amb vents del nord mentre que els valors mínims es produeixen amb vent encalmat, cosa que afavoreix la contaminació atmosfèrica de la indústria més propera a l'observatori, la fàbrica Torras Hostench del mateix municipi de Sarrià de Ter. S'observa molt bé com la contaminació és produïda també pel transport de sobrevent a sotavent amb els valors mitjans dels vents del quadrant del sud que disminueixen dràsticament des del matí a la tarda (111,4 a les 10 hores, 78,6 % a les 14 hores i 60,7 % a les 17 hores), en canvi els percentatges es mantenen estables amb vents del quadrant nord

Cal remarcar que la mitjana de la radiació solar és més elevada amb vents del NNW (102,1 %) i més baixa amb vents encalmats (35,4 %) seguits dels vents del SSW (70,3 %). Per tant s'observa una clara influència de la contaminació en els valors de la radiació solar relativa de sotavent, al nord de la ciutat. Així tenim els valors més elevats de radiació a Sarrià de Ter quan el vents septentrionals desplacen la contaminació a la zona del sud de la ciutat de Girona, àrea teòrica de sobrevent encara que en aquest cas seria de sotavent, mentre que els valors mínims es donen amb vents encalmats, cosa que afavoreix la reflexió de la radiació solar per la contaminació o amb vents del SSW que transporten la contaminació de la zona urbana de Girona cap a l'àrea de sotavent, fins a Sarrià de Ter.

Taula 7.17 Percentatge de radiació solar expressada en W/m² de sotavent en relació a sobrevent amb cel núvol en diferents hores del dia i amb diverses direccions del vent.

Hora/Vent	10 h	14 h	18 h	Diària
N	105,1	93,1	49,0	82,4
NNE	109,7	87,8	48,7	82,1
NE	88,3	82,3	47,7	72,8
ENE	75,8	89,7	70,8	78,8

E	137,9	83,0	87,9	102,9
ESE	97,1	81,4	129,9	102,8
SE	121,0	90,0	84,4	98,5
SSE	105,7	76,0	105,6	95,8
S	113,0	92,8	84,3	96,7
SSW	91,6	79,7	90,0	87,1
SW	121,7	84,5	35,5	80,6
WSW	93,7	73,3	62,5	76,5
W	73,5	82,4	37,1	64,3
WNW	80,3	73,4	58,7	70,8
NW	53,5	75,7	170,7	99,9
NNW	118,4	73,7	17,8	70,0
Calma	77,2	72,6	16,5	55,4
Mitjana	97,9	81,8	70,4	83,4

Amb cel núvol la taxa de la radiació solar de sotavent respecte sobrevent és força més elevada amb vents del 2n quadrant (llevant, xaloc i migjorn) amb uns valors compresos entre 102,9 % (llevant) i 95, %8 (SSE). D'altra banda amb vents del 1r, 3r i 4t quadrant el percentatge de la radiació de sotavent és força inferior al 100 %, per tant la radiació solar de la zona de sotavent és força inferior a la de sobrevent. El percentatge de radiació solar de sotavent respecte sobrevent de les 10 hores és clarament superior a la de les 14 hores i 18 hores (97,9 % versus 81,8 % i 70,4%, respectivament). Per tant es produeix un efecte acumulatiu de la contaminació que implica una reducció progressiva de la radiació solar de sotavent respecte sobrevent.

Taula 7.18 Percentatge de radiació solar expressada en W/m2 de sotavent en relació a sobrevent amb cel tapat en diferents hores del dia i amb diverses direccions del vent .

TAPAT	10 h	14 h	18 h	Diària
N	104,0	93,1	49,0	82,0
NNE	37,5	87,8	48,7	58,0
NE	96,3	82,3	47,7	75,4
ENE	100,8	89,7	70,8	87,1
E	84,5	83,0	87,9	85,2
ESE	88,8	81,4	129,9	100,0
SE	61,0	90,0	84,4	78,5
SSE	71,0	76,0	105,6	84,2
S	28,7	92,8	84,3	68,6
SSW	93,5	79,7	90,0	87,7
SW	99,6	84,5	35,5	73,2
WSW	94,0	73,3	62,5	76,6
W	69,3	82,4	37,1	62,9
WNW	120,4	73,4	58,7	84,2
NW	115,6	75,7	170,7	120,7
NNW	60,3	73,7	17,8	50,6
Calma	37,5	61,9	13,7	37,7
Mitjana	80,2	81,2	70,3	77,2

Els vents que amb cel tapat afavoreixen elevades radiacions solars amb un valor relatiu màxim a sotavent són els del WNW a les 10 hores, N a les 14 hores i NW a les 17 hores. En canvi els vents que provoquen una disminució important de la radiació solar que és mínima a sotavent són els del migjorn a les 10 hores i les calmes en la resta d'hores. El vent de ponent (62,9 %) seguit del sud (68,6 %) són el vents que comporten menys radiació solar a sotavent. Per tant es confirma la hipòtesi que els vents del sud transporten la contaminació de la zona urbana de Girona a l'àrea de sotavent, a Sarrià de Ter. En canvi amb vents de mestral la radiació solar és màxima a l'àrea de sotavent. El vent de mestral transporta la contaminació de Sarrià de Ter cap a la zona del sud de la ciutat, àrea teòrica de sobrevent, implicant una major radiació solar al nord de la ciutat.

En la mitjana diària el vent que presenta la radiació solar més elevada a sotavent és el de mestral, mentre que amb vent encalmat tenim la radiació més baixa. Els vents de mestral (NNW) també impliquen una radiació molt baixa, 50,6 %, igualment com els de provençal (NNE), 58 % i els de migjorn 68,6 %.

Si es compara la radiació solar de la zona rural i la suburbana s'observa una major insolació a les zones rurals quan l'angle solar és més elevat, primavera i estiu, mentre que en les estacions amb sol baix, hivern i tardor, l'àrea suburbana rep major radiació que la zona rural. Les diferències probablement han d'estar relacionades amb la major freqüència de boires a la zona rural durant l'hivern i la tardor. Pel que fa als valors més elevats d'insolació en la resta d'estacions segurament s'han d'associar a la major nuvolositat de la ciutat de Girona respecte l'aeroport, observatori proper a Cassà de la Selva, que és l'estació representativa de l'àrea rural. Malgrat això també s'ha de remarcar que a l'hivern la nuvolositat també és més elevada en la zona suburbana que la rural.

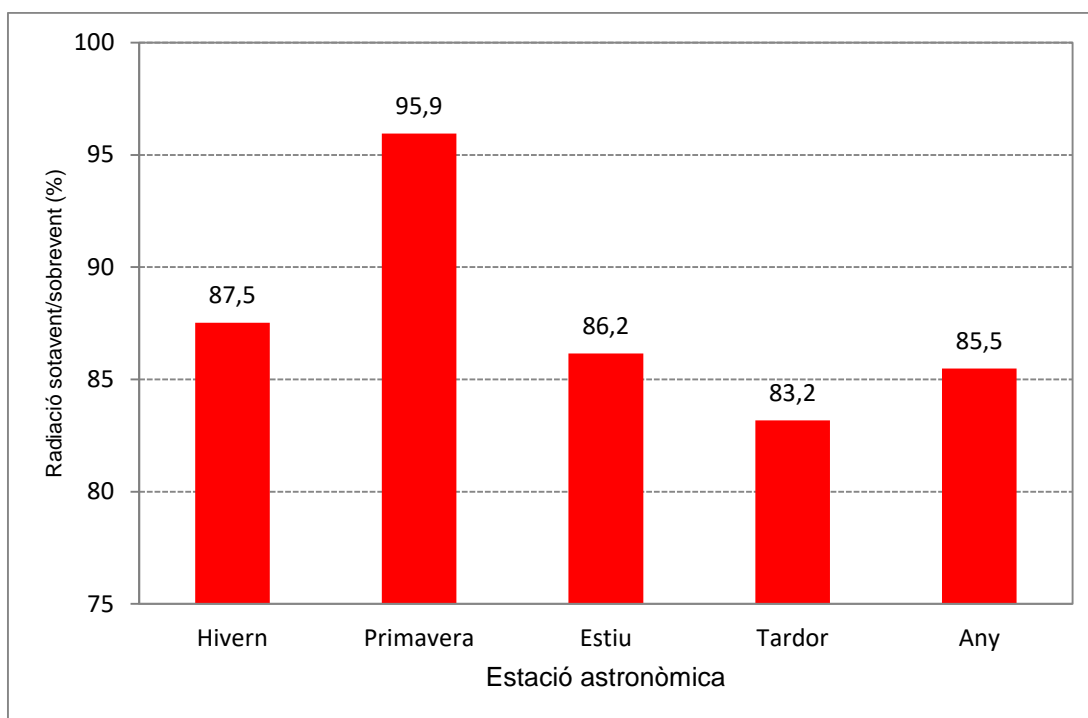


Figura 7.74 Percentatge relatiu de la radiació global mitjana estacional de sotavent respecte sobrevent.

La disminució de la radiació solar a sotavent en comparació amb sotavent és més elevada a la tardor i més baixa a la primavera, així els percentatges relatius de la radiació solar de sotavent (Sarrià de Ter) en comparació amb sotavent (resta d'observatoris) són més elevats a la primavera (94,1 %) i més baixos a la tardor (83,2 %). Probablement la major velocitat del vent a la primavera en comparació amb la tardor per l'efecte de les marinades influeixi en una major dispersió dels contaminants i per tant en una menor reducció de la radiació solar a Sarrià de Ter. D'altra banda durant la primavera és l'estació de l'any en què tenim més dies amb precipitació i això implica una millora de la visibilitat atmosfèrica i una reducció de la contaminació atmosfèrica. Durant la tardor augmenta la freqüència de inversions tèrmiques respecte la primavera, la qual cosa afavoreix una major concentració de les partícules de contaminació. No obstant quan les inversions tèrmiques són més marcades i la velocitat del vent mitjana és més baixa és a l'hivern, que és la segona estació amb el percentatge relatiu més elevat, 87,5 %. Per tant no hi ha una relació directa entre els factors meteorològics i la proporció de la radiació solar entre la zona de sotavent i l'àrea de sobrevent. atmosfèrica (velocitat mitjana del vent i emissió de contaminants que influeix en la radiació solar. la velocitat del vent més escassa resp són habituals les tramuntanades

En el següent apartat s'observen les diferències urbano-rurals en la radiació solar comparant dos observatoris meteorològics, una estació rural situada a l'Eixample de Girona, Girona-Escola de la Música (que també és de contaminació atmosfèrica) i una

estació rural, situada 2,7 km a l'WNW de l'urbana, Girona-Hortes de Santa Eugènia, que depèn del Servei Meteorològic de Catalunya. El període de comparació és dels anys 2011-2015.

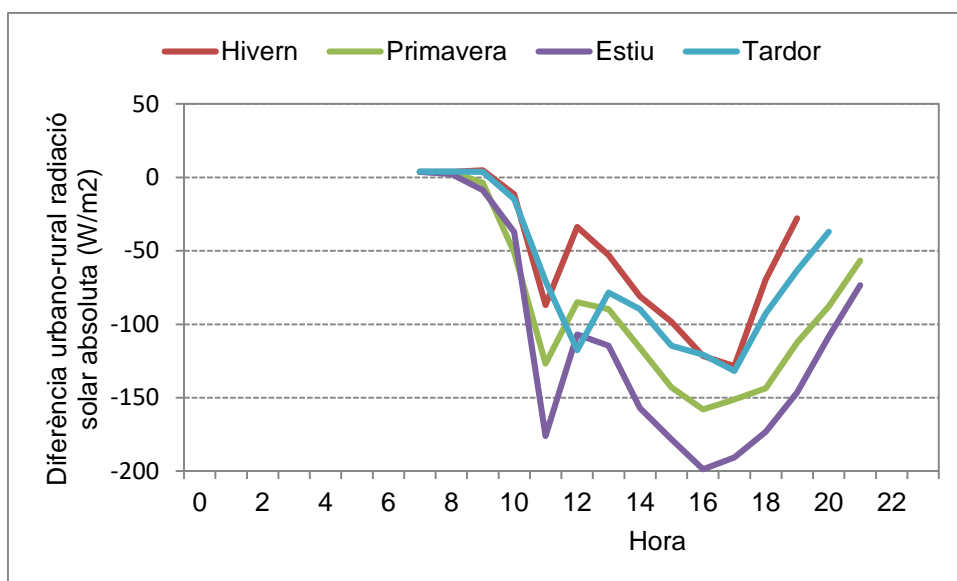


Figura 7.75 Diferència absoluta horària de la radiació solar urbano-rural entre l'observatori rural (Girona-Hortes de Santa Eugènia) i l'observatori urbà (Girona-Parc del Migdia). Període 2011-2015.

Les majors diferències absolutes urbano-rurals en la radiació solar es produeixen a la tarda, lògicament quan hi ha una major radiació solar, i les menors a les primeres hores del matí. També hi ha una divergència entre la radiació solar matinal i a les últimes hores del dia. Hi ha una major reflexió de la radiació solar a les últimes hores del dia que al matí, quan hi ha un lleu superàvit de la radiació solar urbana.

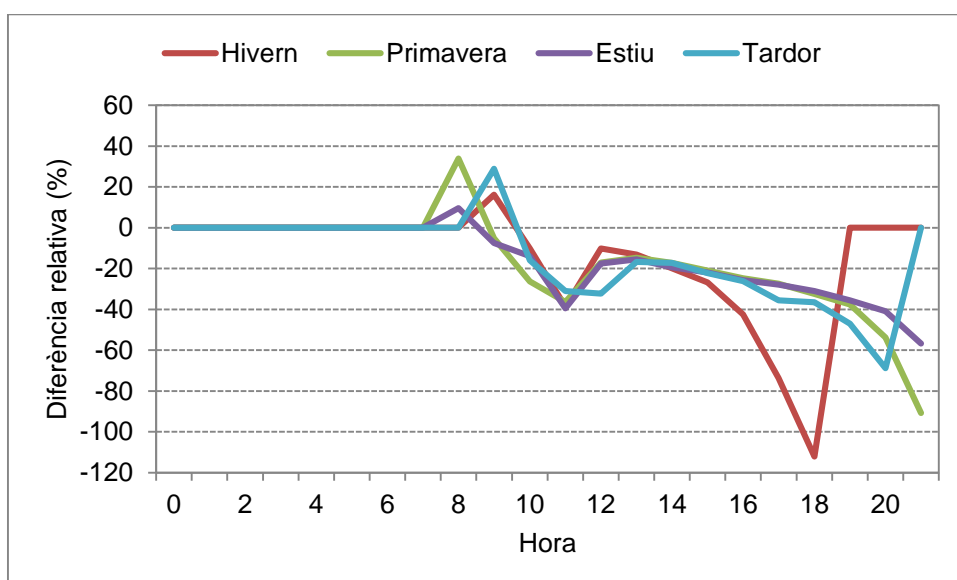


Figura 7.76 Percentatge mensual horària de la radiació solar urbano-rural entre l'observatori rural (Girona-Hortes de Santa Eugènia) i l'observatori urbà (Girona-Parc del Migdia). Període 2011-2015.

Mentre que les primeres hores del matí la ciutat (observatori de Girona-Escola de Música) té una lleu major radiació solar respecte el camp (observatori de Girona-

Hortes de Santa Eugènia), que oscil·la entre el 10 i el 40 %, la situació s'inverteix a últimes hores del dia quan es produeix la major disminució de la radiació solar rural respecte la urbana, especialment a l'hivern, que supera el 100 %. Al migdia totes les estacions astronòmiques tenen una disminució percentual similar, -20/-40 %.

Taula 7.19 Disminució relativa (%) de la radiació solar urbana mensual de l'estació urbana (Girona-Escola de la Música) respecte a la rural (Girona-Hortes de Santa Eugènia). Període 2011-2015.

G	26,2
F	26,5
M	25,5
A	24,7
M	24,5
J	24,6
J	25,7
A	25,7
S	26,1
O	26,2
N	25,6
D	32,4

El mes en què es produeix la major disminució de la radiació solar és el desembre, 32,4 %. El mes de maig és el que té la radiació solar urbana més similar a la rural. No obstant no es produeixen grans contrastos mensuals urbano-rurals. al llarg de l'any. El mes de maig és molt inestable a Girona, i amb una elevada altura del sol damunt l'horitzó, juntament amb una escassa contaminació atmosfèrica. La sinergia d'aquests tres factors pot afavorir una menor disminució de la radiació solar urbana en comparació amb la rural. El mes de desembre en canvi és un mes molt estable, especialment en el període d'estudi, amb escassa precipitació, una altura baixa de la radiació solar i també un mes amb una elevada contaminació atmosfèrica. L'elevada pol·lució juntament amb les fortes inversions tèrmiques produeixen una elevada reflexió solar per part de les partícules de contaminació atmosfèrica.

Taula 7.20 Disminució relativa (%) de la radiació solar urbana estacional (Girona-Escola de la Música) respecte a la rural (Girona-Hortes de Santa Eugènia). Període 2011-2015.

Any	25,8
Hivern	28,3
Primavera	24,9
Estiu	25,4
Tardor	26,0

La taula 7.19 denota la influència de l'altura màxima del sol al migdia damunt de l'horitzó en la disminució menor o major de la radiació solar urbana de l'observatori de

Girona-Parc del Migdia respecte l'estació meteorològica de Girona-Hortes de Santa Eugènia. A l'hivern i a la tardor la disminució és major que en les altres estacions astronòmiques, especialment a l'hivern quan es produeix la major disminució (28,3 %) i a la primavera es dona la menor davallada urbana de la radiació global. També hi han altres factors que contribueixen a la major o menor disminució de la radiació solar. La contaminació atmosfèrica és més elevada a l'hivern respecte les altres estacions. Les situacions sinòptiques de cada estació astronòmica i la nuvolositat mitjana també influeixen en la radiació solar, essent la primavera l'estació amb major nuvolositat i major nombre de dies de precipitació, i per tant, l'efecte urbà té menor efecte en les diferències urbano-rurals de la radiació solar.

7.5 Els fenòmens meteorològics

L'anàlisi de la figura 7.79 (comparació del nombre de dies de boira anual de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona) permet observar una clara tendència al descens de la diferència urbano-rural del nombre de dies de boira, fins i tot al final del període l'observatori rural de l'aeroport enregistra més dies de boira que Girona-Bell-lloc. La urbanització de l'entorn de l'estació meteorològica de Girona-Bell-lloc que als inicis de la dècada dels 70 era rural, i a finals dels 90 era suburbana, és la causa d'aquest descens relatiu del nombre de boires en aquest observatori.

Per tant una important modificació que ha sofert el clima de la ciutat de Girona és la disminució dels dies de boires en el període 1973-2011. Així a Girona hi hagut una davallada significativa del nombre de boires en aquest període. Mentre que al període 1970-79 la mitjana anual de dies de boira a l'observatori de Girona era de 82, al principi del segle XX (2001-11) el mitjana només és de 17 dies de boira. Les causes per les quals ha davallat el nombre de boires són vàries. En primer lloc l'illa de calor implica una disminució de la humitat relativa, ja que si tenim la mateixa quantitat de vapor d'aigua i elevem la temperatura, la humitat relativa és més baixa. També la ciutat té menys aigua disponible al sòl, hi ha menys basses, ja que la superfície urbana no reté l'aigua, ja que augmenta l'escolament. Al haver-hi menys aigua hi ha menys evaporació en la superfície urbana, i per tant hi ha disponible menys vapor d'aigua per a la formació de la boira. L'última causa, i que creiem és la més important, és el canvi de localització de les indústries, que als anys 70 es localitzaven al centre urbà, mentre que actualment es troben a la perifèria. Les partícules contaminants emeses per la indústria servien com a nuclis de condensació que formaven les gotetes de la boira, al no haver-hi fàbriques al centre, ja no hi són presents aquets nuclis, i per tant ha disminuït el nombre de boires.

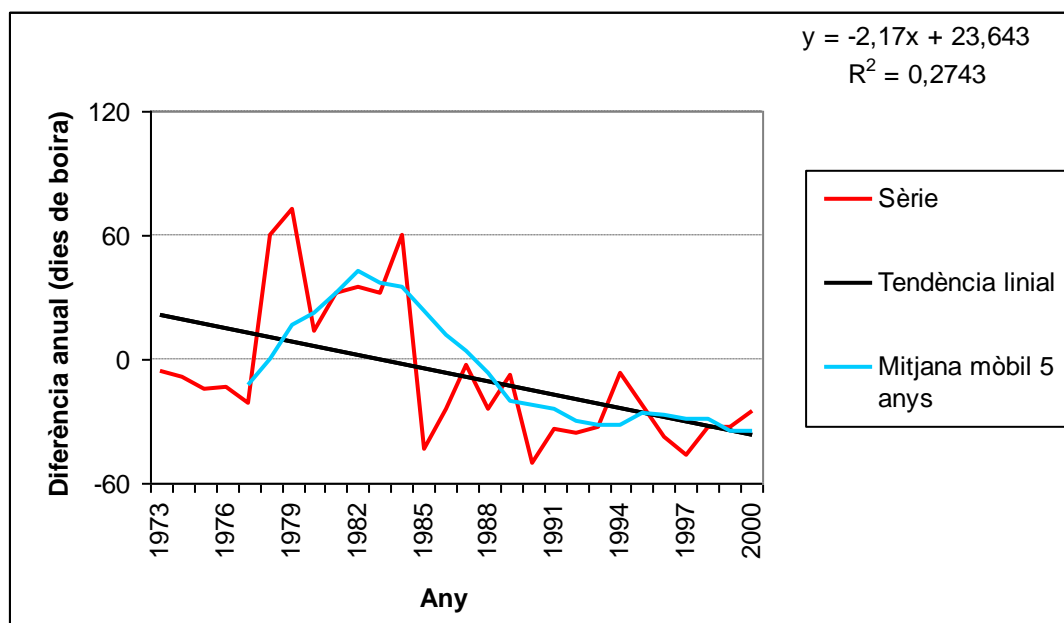


Figura 7.77 Diferència dies de boira entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-2000.

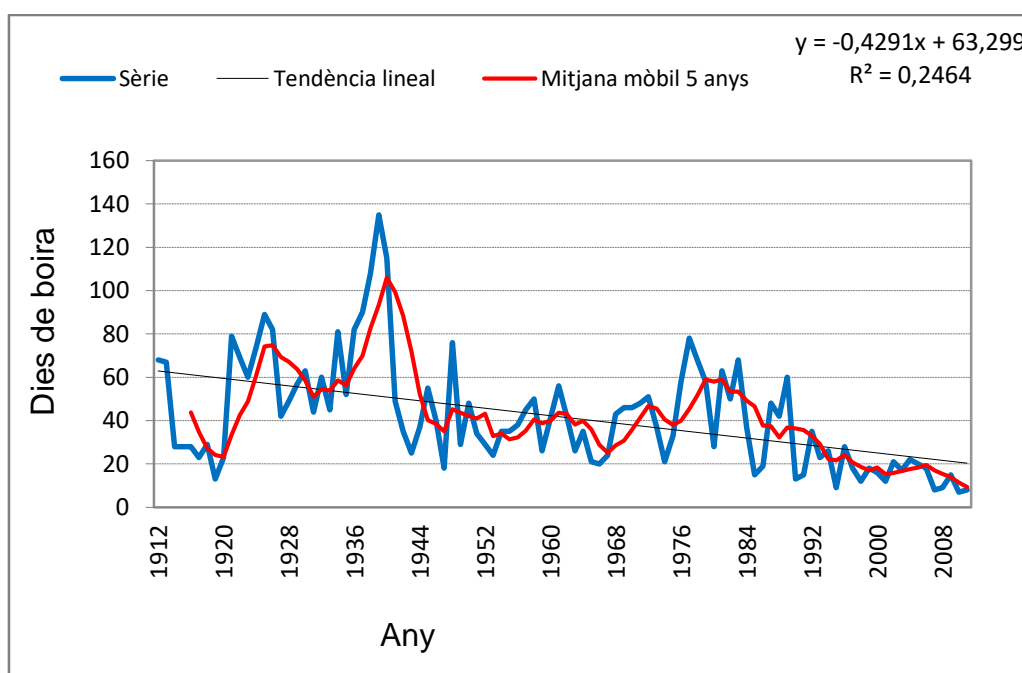


Figura 7.78 Dies de boira a Girona. Període 1912-2011.

Taula 7.21 Mitjana de dies de boira segons diferents intervals temporals.

Període	Mitjana	Desviació típica
1912-40	61,5	29,2
1941-70	37,6	12,6
1971-2000	36,5	19,6
2001-10	14,3	5,4

1902-2011	41,6	25,0
-----------	------	------

La distribució del nombre de dies de boira ens mostra un augment progressiu de la freqüència d'aquest fenomen en direcció sud. Així mentre al centre de Girona tenim 17 dies de boira a l'any, a l'aeroport de Girona hi ha una mitjana de 52 dies, es pot comprovar com l'efecte urbà provoca una important disminució del nombre de boires. Tot i això el nombre de boires de les Deveses de Salt o de Sant Daniel, àrees rurals properes a Girona és força similar (13 dies a les Deveses, 19 dies a Sant Daniel). Per tant també hem de recórrer al fet geogràfic per explicar la gran diferència de dies de boira entre l'aeroport i Girona. Així el sud de Girona es troba al centre de la plana de la Selva, per tant hi ha moltes més probabilitats que es formi boira en un terreny natural en aquesta zona que a la perifèria de la depressió, com és el cas de la ciutat de Girona. Així tenim els exemples de Cassà de la Selva, 17 dies, i Santa Coloma de Farners, 4 dies de boira, ciutats petites localitzades a l'est i oest de la plana, amb un nombre molt baix de dies de boira. Tot i això s'ha d'explicar les causes antròpiques de la disminució de boira, bàsicament pel fenomen de l'illa de calor urbana. Així la urbanització d'un entorn agrari, com era antany les rodalies de Girona provoca un escalfament durant les nits, el fenomen de l'illa de calor, que provoca una disminució de la humitat relativa, per això el nombre de dies de boira a Girona actualment és molt menor que a la dècada dels 70 del segle passat. En aquella dècada la mitjana fou de 70 dies a Girona, mentre que en el període 1998-2014 la mitjana és de 17 dies. Cal remarcar que el nombre de dies de boira davalla clarament de nord a sud, així les zones més emboirades són les que es troben al bell mig de la plana de la Selva, Fornells de la Selva i l'aeroport de Girona, mentre que el municipi menys emboirat, és el de Salt, amb només 13 dies de boira. Així Salt presenta menys dies de boira a Girona, una relativa anomalia, ja que la humitat relativa de les 21 i 8 hores és més alta a Salt que a Girona-Sèquia. Per tant hi ha un clar efecte de la ciutat de Girona en els dies de boira, tant l'increment tèrmic com el descens de humitat relativa que estan produïts per l'illa de calor urbana i el creixement de la ciutat de Girona han provocat la progressiva desaparició de les boires a la ciutat de Girona.

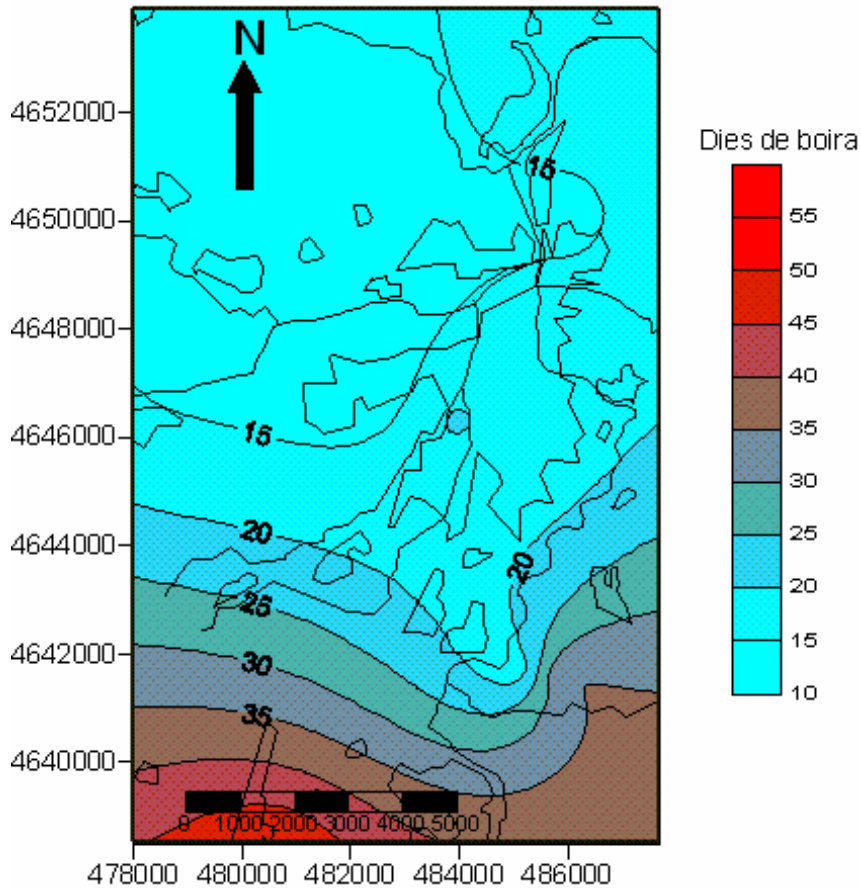


Figura 7.79 Mapa d'isolínies dels dies de boira anuals a l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

S'observa una variabilitat molt elevada en el nombre de dies de neu entre 1884 i 2011, amb una freqüència de les nevades més elevada a mitjans del segle XX (mitjana mòbil de 4 dies) i un mínim durant la dècada dels 90, amb un mitjana de 0,4 dies. Tot i que la recta de regressió presenta una disminució, la tendència a la davallada del nombre de dies de neu no és estadísticament significativa.

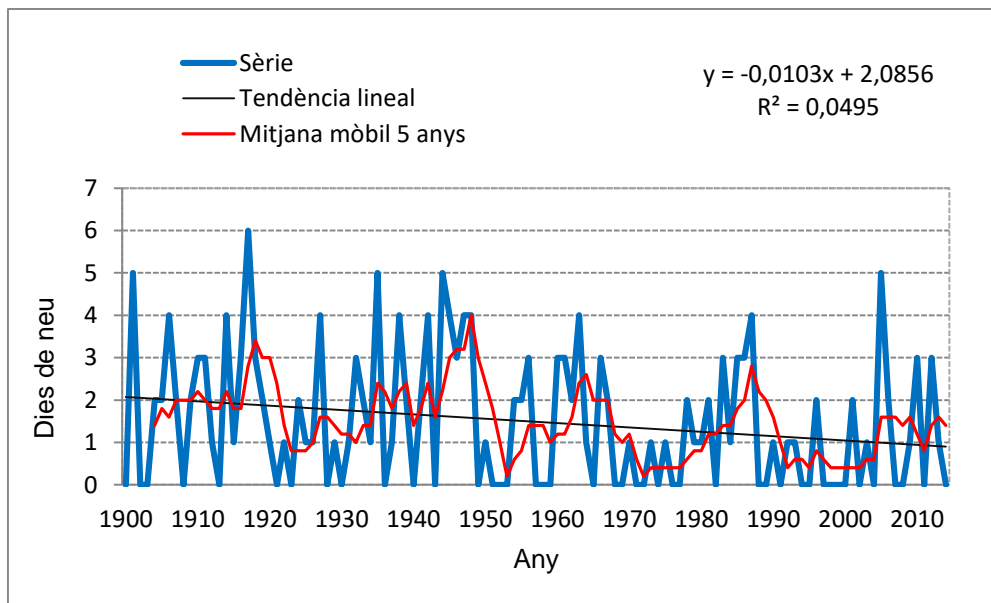


Figura 7.80 Dies de neu anuals a Girona. Període 1900-2014.

La freqüència del nombre de dies de neu és idèntica en els períodes temporals entre 1884 i 1970, 1,8 dies de mitjana, però en l'últim trentenni del segle XX (1971-2000) s'observa una disminució molt important de les nevades a la ciutat de Girona, el nombre es va reduir fins a 0,9 nevades anuals, tot i que aquesta variació no constitueix una modificació climàtica. En els inicis del segle XXI s'ha produït un nou increment de l'aparició d'aquest fenomen.

Taula 7.22 Mitjana de dies de neu segons diferents intervals temporals.

Període	Mitjana	Desviació típica
1884-1910	1,8	1,6
1911-40	1,8	1,6
1941-70	1,8	1,6
1971-2000	0,9	1,1
2001-10	1,3	1,5

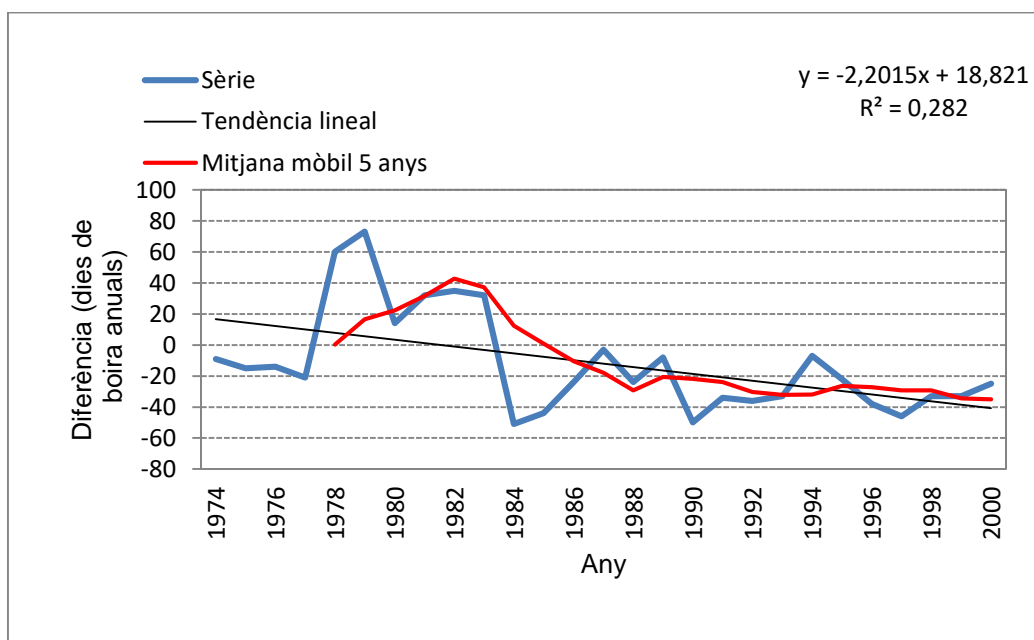


Figura 7.81 Diferència entre els dies de neu de Girona i l'aeroport de Girona. Període 1974-2000.

Hi ha una tendència descendent del nombre de dies de neu entre la ciutat de Girona i l'aeroport de Girona, que és atribuïble a l'expansió de la ciutat, l'increment de l'illa de calor urbana, amb una disminució de la humitat relativa. D'altra banda el trasllat de les indústries del centre de la ciutat a la perifèria també han contribuït a aquest descens relatiu. També hi ha una davallada de la contaminació emesa per aquestes indústries (H₂S, NO₂, NO), cosa que també ha afavorit la menor freqüència del nombre de boires en les últimes dècades.

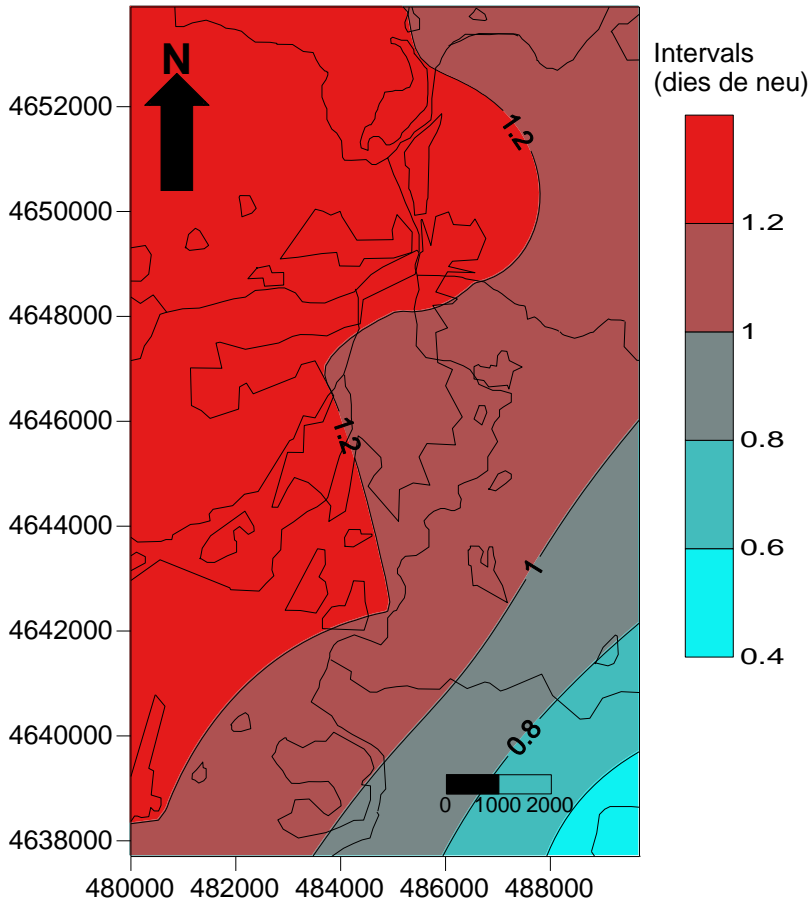


Figura 7.82 Mapa d'isolinies de dies de neu a l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

La distribució de les nevades no varia gaire entre les zones rurals i les urbanes, així el nombre de dies de neu és molt similar a la meitat nord de l'àrea urbana, al voltant de 1,5 dies, només a Girona-Montjuïc presenta un nombre més elevat de dies de neu, 1,6 dies, que s'ha d'associar a la major altitud i unes temperatures diürnes més baixes que afavoreixen aquest fenomen. No obstant s'observa un menor nombre de dies de neu al sud-est de la zona urbana, a Cassà de la Selva la mitjana és de 0,4 dies de boira anuals, mentre que al centre de Girona en la mitjana és d'1,2 dies de neu a l'any. Probablement aquest menor nombre de dies de Cassà de la Selva es conseqüència del fet que aquesta àrea es troba a sotavent de la ciutat de Girona quan tenim les nevades, el vent predominant és de gregal. La menor freqüència de nevades al nord de la ciutat pot deure's a la menor altitud. Però també el menor nombre de nevades pot ser produït per uns fenòmens locals que no tenen res a veure amb l'efecte urbà. Hem de tenir en compte que la neu es produeix amb una situació atmosfèrica inestable, amb cels tapats i precipitació de núvols estratiformes, cosa que impedeix que es formi una intensa illa de calor. No obstant cal remarcar que les àrees urbanes presenten una innivació menys perllongada que en les zones rurals properes.

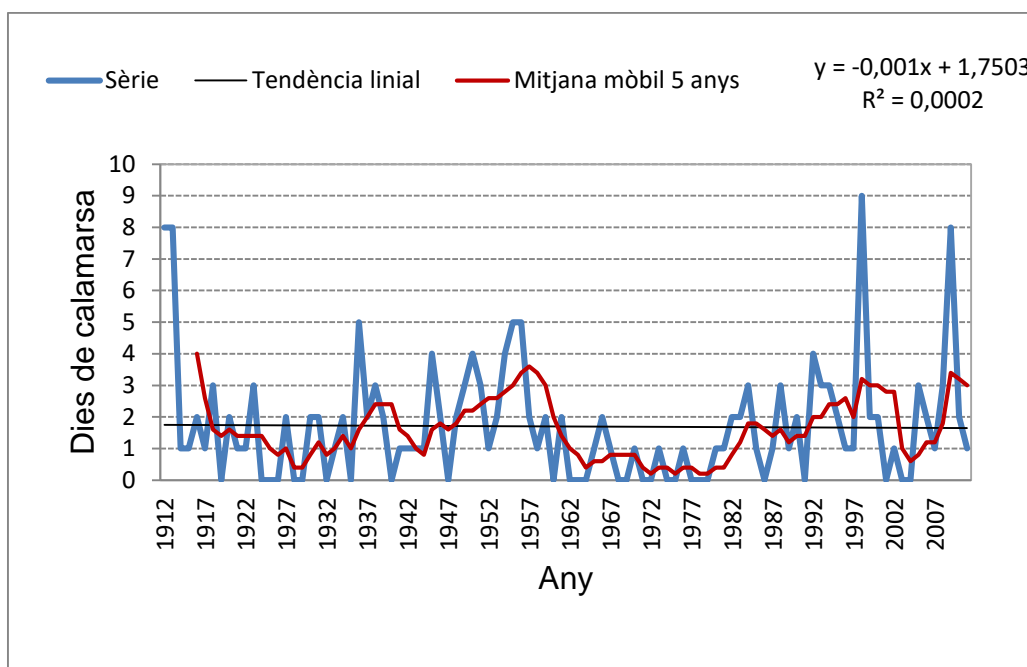


Figura 7.83 Dies de calamarsa anuals a Girona. Període 1912-2011.

La calamarsa és un fenomen que presenta una freqüència molt baixa a Girona, amb un mitjana que volta els 2 dies a l'any. La tendència del nombre de calamarsades anuals mostra un pendent nul, malgrat que la mitjana mòbil presenta variacions bastant considerables. Així durant les dècades dels 60 i 70 aquest fenomen va ser molt escàs, amb un mitjana inferior a 1 dia, mentre que a finals de la dècada dels 50 el mitjana era molt elevat i superava 3s 3 dies anuals. La comparació dels períodes 1912-40, 1941-70, 1971-2000 i 2001-11 permet afirmar que no s'ha produït un canvi climàtic ja que la diferència entre les mitjanes dels 4 intervals temporal no és significativa estadísticament.

Taula 7.23 Dies de calamarsa a Girona. Període 1912-2014.

Període	Mitjana	Desviació típica
1912-40	1,8	2,1
1941-70	1,7	1,5
1971-2000	1,5	1,8
2001-11	1,9	2,2
1912-2014	1,7	1,8

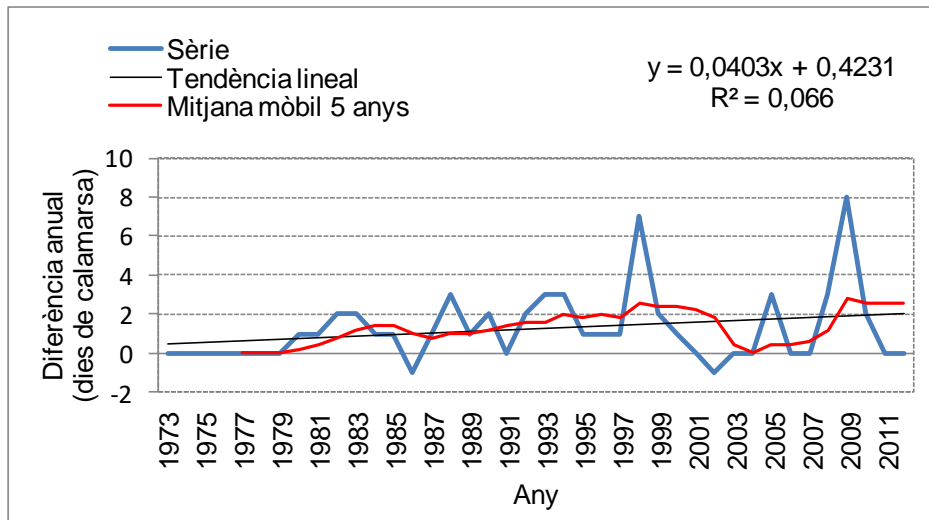


Figura 7.84 Diferència anual en el nombre de dies de calamarsa. Girona-Aeroport de Girona. Període 1973-2011. Observatori de Girona: Girona-Bell-lloc (1973-2008) i Girona-Sant Daniel (2009-2012).

En les darreres quatre dècades s'ha observat una tendència ascendent de les diferències urbano-rurals en els dies de calamarsa. Així l'increment és lleu (0,4 dies/dècada) i no és estadísticament significatiu ($p=0,05$). Aquest augment relatiu del nombre de calamarsades a la ciutat de Girona en comparació amb l'aeroport pot estar associat a l'increment de la temperatura associada a l'illa de calor urbana, no obstant, hem de tenir en compte que les calamarsades són típiques de les tardes, quan el fenomen de l'illa de calor és acusat. Per tant, tot i que hi ha força probabilitats que l'increment sigui produït per efectes urbans, pot haver-hi altres causes que expliquin aquest augment, una millora de l'observació meteorològica a la ciutat de Girona que permet detectar les calamarsades que es produeixen i que abans no es tenia constància per manca d'eficiència dels observadors meteorològics, o fins i tot un canvi en el desplaçament de les tempestes que porten calamarsa, potser en els últims anys arriben més tempestes a la ciutat que abans es desplaçaven cap a l'aeroport. Probablement la ciutat tingui més dies de calamarsa respecte l'aeroport probablement és conseqüència de l'illa de calor urbana superficial diürna que afavoreix els ascensos d'aire a la ciutat especialment durant les tempestes i el desencadenament més freqüent de calamarsades a la ciutat en comparació amb la zona rural que l'envolta.

El nombre de dies de calamarsa és clarament inferior a l'aeroport de Girona (0,6 dies de mitjana a l'any) respecte la zona urbana de Girona (2,2 dies anuals). L'efecte de l'illa de calor combinat amb unes temperatures estiuenques màximes més elevades al centre urbà de Girona i a sotavent és la causa més probable d'aquesta major freqüència de les calamarsades. Una altra causa urbana de la major freqüència de granís al centre i nord de la ciutat és la interacció entre el vent de migjorn, l'illa de calor urbana i la geometria de la ciutat. Així la marinada (vent del sud) pot generar uns

importants ascensos d'aire sobre i a sotavent de la ciutat en dies en què apareixen tempestes que donen calamarsades. Una altra hipòtesi explicativa d'aquestes diferències és el desplaçament de les tempestes. Com les cèl·lules tempestuoses es desplacen de nord a sud, les cèl·lules tempestuoses donarien calamarsa als primers llocs de pas de la tempesta (nord i centre), mentre que al sud ja no produirien calamarsades. També una altra explicació és que l'aeroport de Girona es troba al sud de l'àrea urbana, en una zona més propera al mar, i per això els fenòmens convectius són menys violents en aquesta zona.

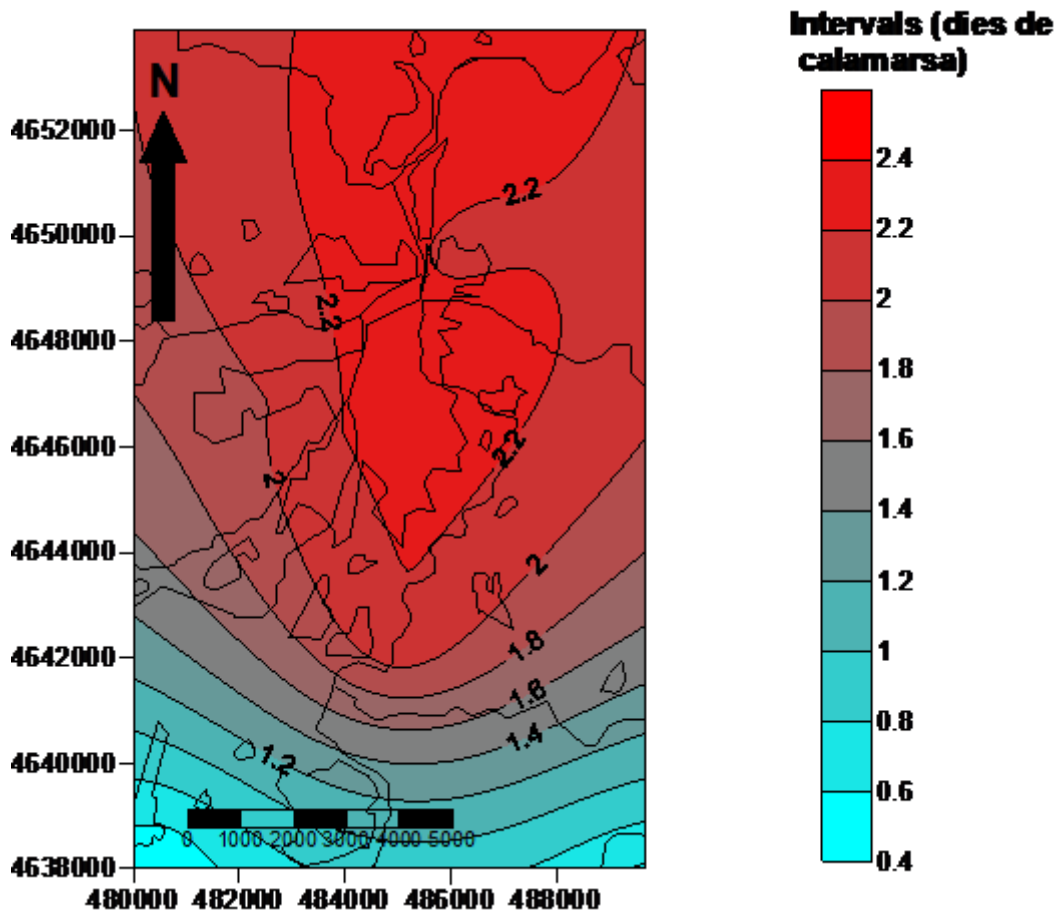


Figura 7.85 Mapa d'isolinies dels dies de calamarsa a l'àrea urbana de Girona. Període 1998-2014.

S'observa una tendència negativa estadísticament significativa ($p=0,05$) en la diferència urbano-rural dels dies de tempesta. Així en els últims anys de la sèrie la ciutat té un nombre més baix de tempestes que l'aeroport, mentre que en els primers anys la ciutat és més tempestuosa. Pensem que pot haver-hi un factor subjectiu en aquest descens, la dolenta observació de les tempestes, ja que el mapa de la distribució de les tempestes no ens permet de concloure que les tempestes disminueixen per l'efecte urbà. No obstant, no hi ha una influència urbana positiva, el nombre de tempestes no augmenta a la ciutat envers l'aeroport com a conseqüència

de l'illa de calor urbana que afavoreix els moviments ascendants d'aire damunt de la ciutat.

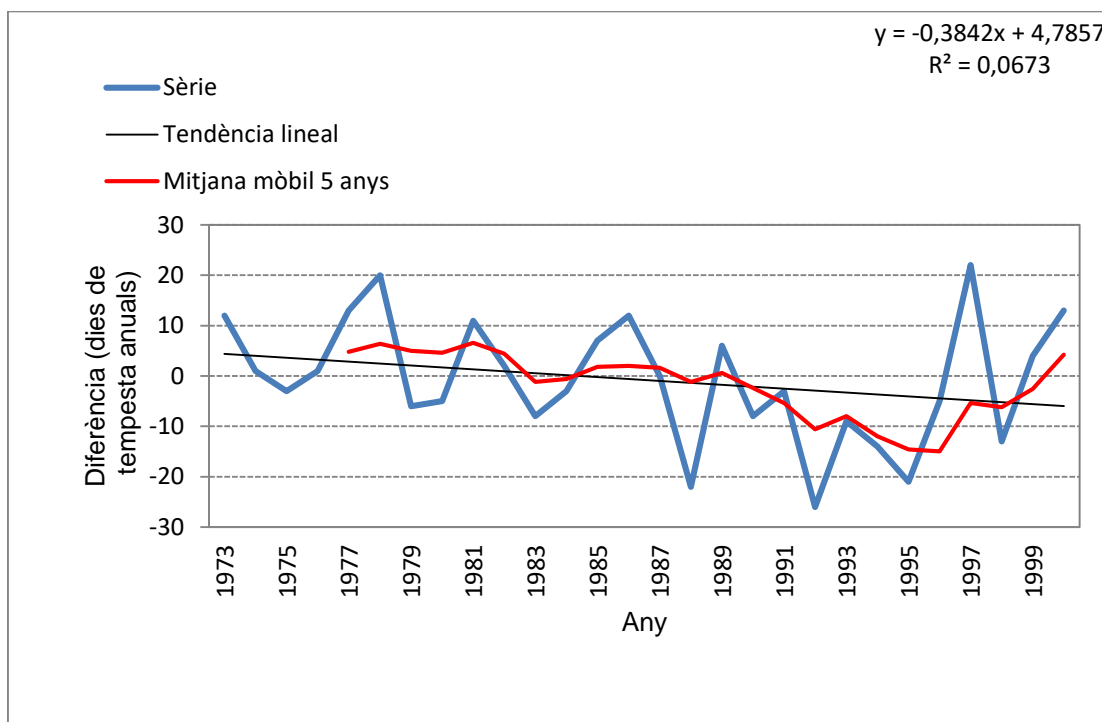


Figura 7.86 Diferència entre els dies de tempesta anuals entre Girona (Bell-lloc) i l'aeroport de Girona. Període 1973-2000.

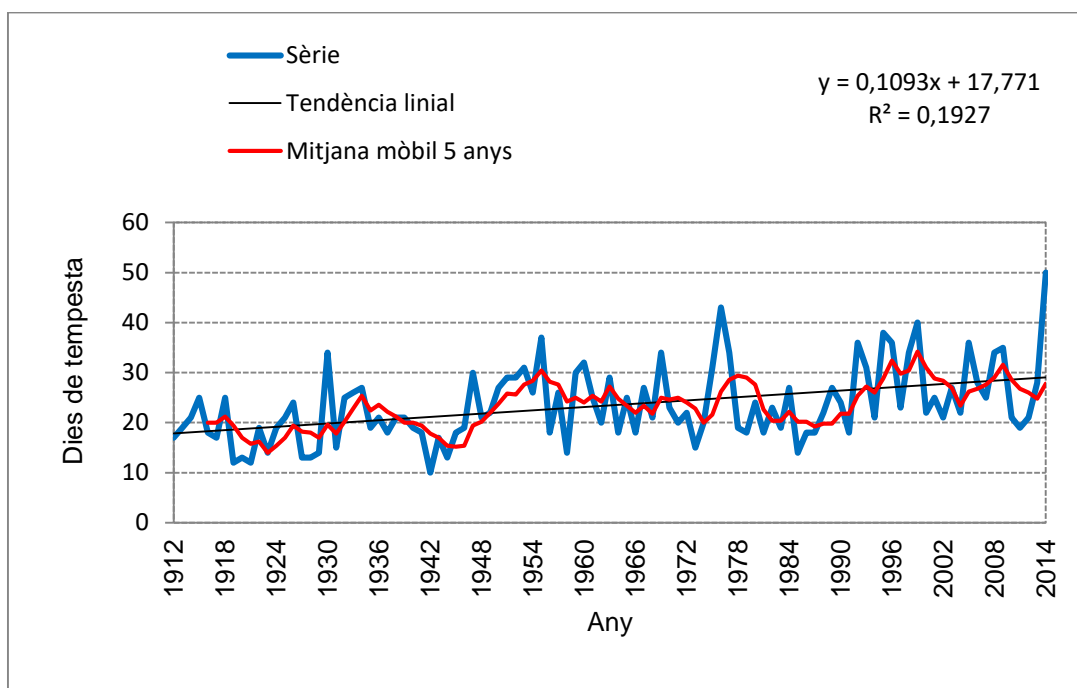


Figura 7.87 Dies de tempesta a Girona. Període 1912-2011.

La sèrie anual de tempestes de la ciutat de Girona presenta una tendència ascendent tot i que amb les lògiques oscil·lacions que tenen les variables climàtiques. Així a finals del segle XX tenim una mitjana mòbil de 30 tempestes anuals, que és lleugerament

superada pels inicis del segle XXI, 31 dies, en canvi a finals dels 70 i al començament de la dècada dels 80 vam tenir un mínim secundari, 17. La freqüència menor d'aquest fenomen convectiu apareix als inicis de la dècada dels 20 amb 15 dies de tempesta anual. L'increment del nombre de tempestes en el conjunt del període 1912-2011 no és significatiu estadísticament ($p=0,05$)

Taula 7.24 Dies de tempesta de diferents intervals temporals a Girona. Període 1912-2011.

Període	Mitjana	Desviació típica
1912-40	21,2	6,4
1941-70	24,9	7,1
1971-2000	23,3	8,0
2001-14	26,9	6,3
Mitjana	23,6	7,4

Les diferències entre la freqüència de les tempestes els diferents períodes ens mostra que es va produir una modificació climàtica entre l'interval temporal 1912-40 i el trentenni 1941-70, ja que es va produir un increment força important de les tempestes, la freqüència respectiva d'aquest fenomen es va incrementar de 21,2 dies i 24,9 dies. Entre el trentennis 1941-70 i 1971-2000 es va produir un lleuger descens de la freqüència de les tempestes, però la disminució no es pot qualificar com a significativa. Durant els inicis del segle XXI hi hagut un augment important del nombre de tempestes però l'escassa duració del període 2001-2014 implica que encara no es pugui parlar de modificació climàtica, però si es manté aquesta tendència, es pot afirmar que tindrem un nou canvi climàtic.

Les tempestes són una mica més freqüents a la zona de sotavent (Sant Daniel, Sarrià de Ter, Girona-N.Xifra), que a sobrevent, Cassà de la Selva i l'aeroport de Girona. El lloc amb més tempestes anuals és Sant Daniel, 29 dies, mentre que Cassà en té força menys 17. També Fornells de la Selva només té 21 dies de tempesta anual. No obstant gran part dels observatoris té un nombre molt similar de dies de tempesta. Així tenen 26 dies de tempesta els observatoris de l'aeroport de Girona, el centre de Girona, Girona-N.Xifra i Sarrià de Ter. Salt és una estació amb força activitat tempestuosa, 27,7 dies. Per tant no s'observa un efecte urbà molt clar en la distribució de les tempestes, ja que si exceptuem Cassà de la Selva i Fornells de la Selva el nombre de dies de tempesta és similar. També s'ha d'afegir que la major freqüència de les tempestes a Girona-Sant Daniel i Salt respecte la resta d'observatoris podria deure's a una major meticulositat dels observadors meteorològics. També el baix nombre de dies de tempesta a Cassà pot ser produït per la mateixa causa, l'observador podria passar-se-li per alt algunes tempestes. Tot i això una causa de les menors tempestes al sud de Girona (sobrevent) respecte el nord (sotavent) és natural,

no urbana. Així al sud de la ciutat les temperatures màximes són més baixes, especialment a l'aeroport i Vilablareix. Així el menor escalfament diürn disminueix la velocitat dels moviments d'ascens d'aire, s'observa un descens de la convecció de la plana de la Selva en comparació amb el pla de Girona. Aquest fet ve corroborat per la menor freqüència de dies de tempesta a Fornells de la Selva, lloc amb màximes lleugerament inferiors al centre de Girona.

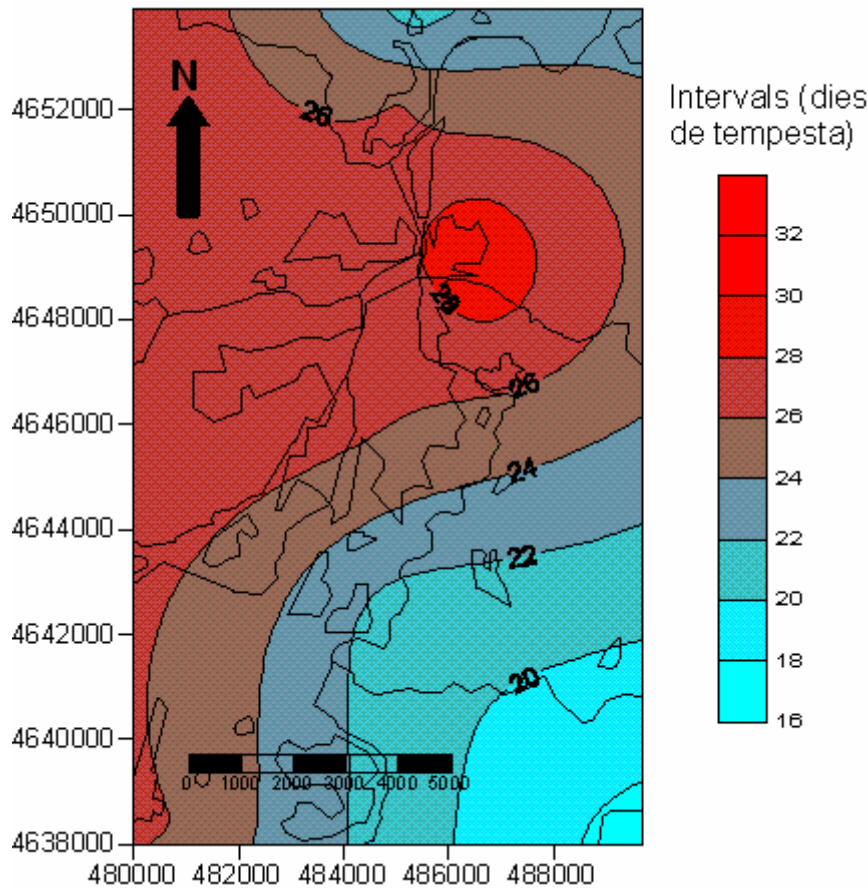


Figura 7.88 Mapa d'isolínies dels dies de tempesta. Període 1998-2014.

La gebrada és un hidrometeor que es forma en nits serenes encalmades i amb elevada humitat quan la temperatura del sol baixa als 0°C. Per tant tindrem més gebrades als camps que envolten una ciutat que al centre d'aquesta. Això també succeeix a Girona. El nombre anual de dies de gebrada és menor a Girona-Sèquia, 24, que als afores, 63,4 a la Vall de Sant Daniel o 79,3 a les Deveses de Salt. També el municipi de Salt enregistra menys gebrades el nucli urbà que a les afores, 30 dies de mitjana, 79 a les Deveses de Salt. Fins i tot un lloc poc allunyat del Barri Vell de Salt (50 metres) com és l'observatori de Salt-Xom va enregistrar 55 gebrades l'hivern 2000-2011, quan el centre de Salt només en va tenir 35. Cal remarcar que la distribució de dies de gebrada no és simètrica, tenim més dies de gebrada en les àrees rurals del nord de Girona que al sud. Per exemple 79 dies a les Deveses per

45,8 dies a Fornells de la Selva-XOM o 40 dies a l'aeroport de Girona. Les àrees suburbanes presenten un nombre lleugerament superior de dies de gebrada que el centre urbà de Girona, 28,2 dies de gebrada a Girona-Bell-lloc, 32,3 dies a Girona (Narcís Xifra). No obstant tenim una excepció, Girona (Montjuïc), amb un nombre de de gebrades idèntic al centre de Girona, 24 dies. La inversió tèrmica provoca unes temperatures mínimes anormalment elevades a Montjuïc, cosa que es tradueix en una baixa freqüència d'aquest fenomen. La distribució temporal dels dies de gebrada ha tingut brusques variacions al llarg del període 1912-2011, així hem tingut una disminució important de la freqüència entre els intervals temporals 1912-40 i 1941-70, quan el mitjana de gebrades fou de 38,2 i 26,4 dies, respectivament. A finals del segle XX el canvi de localització de l'observatori juntament amb una davallada de les temperatures mínimes suposa un augment del nombre de gebrades. La freqüència de les gebrades ha disminuït clarament a principis del segle XXI en comparació al trentenni anterior, 1971-2000. Hi ha dues hipòtesis explicatives per justificar aquesta davallada en la seva freqüència. L'illa de calor ha suposat un increment de les temperatures mínimes, per tant la disminució de les glaçades ha suposat també un descens del nombre de gebrades. D'altra banda la humitat relativa més baixa com a conseqüència de l'illa de calor urbana també suposa que disminueixin les possibilitats que es formi gel damunt dels objectes ja que les humitats són massa baixes.

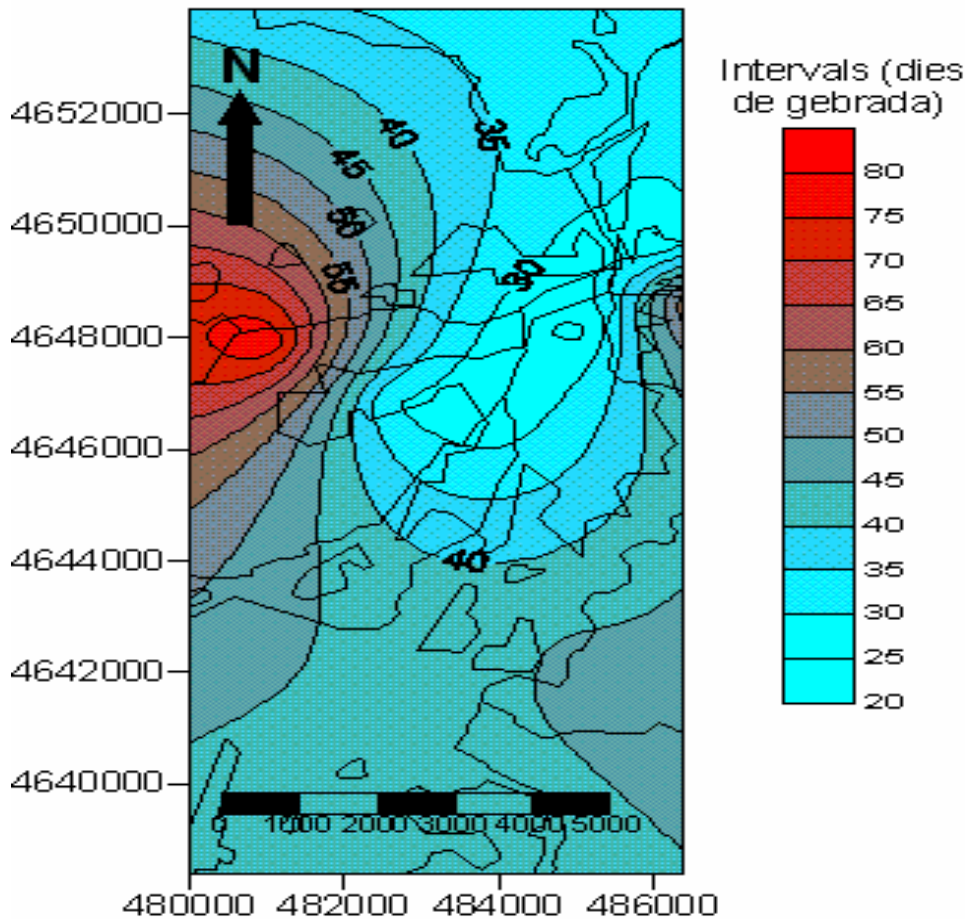


Figura 7.89 Mapa d'isolínies dels dies de gebrada. Període 1998-2014.

La distribució temporal dels dies de gebrada ha tingut brusques variacions al llarg del període 1912-2011, així hem tingut una disminució important de la freqüència entre els intervals temporals 1912-40 i 1941-70, quan el mitjana de gebrades fou de 38,2 i 26,4 dies, respectivament. A finals del segle XX el canvi de localització de l'observatori juntament amb una davallada de les temperatures mínimes suposa un augment del nombre de gebrades. La freqüència de les gebrades ha disminuït clarament a principis del segle XXI en comparació al trentenni anterior, 1971-2000. Hi ha dues hipòtesis explicatives per justificar aquesta davallada en la seva freqüència. L'illa de calor ha suposat un increment de les temperatures mínimes, per tant la disminució de les glaçades ha suposat també un descens del nombre de gebrades. D'altra banda la humitat relativa més baixa com a conseqüència de l'illa de calor urbana també suposa que disminueixin les possibilitats que es formi gel damunt dels objectes ja que les humitats són massa baixes.

Capítol 8

Índex de continguts

8	Conclusions	887
8.1	Confirmació o revisió de les hipòtesis, seguint la seva numeració.	887
8.2	Conclusions dels capítols principals	892
8.2.1	Illa de calor urbana	892
8.2.2	Precipitació urbana	894
8.2.3	Modificació d'altres variables meteorològiques	895

Índex de figures

SENSE FIGURES

Índex de taules

SENSE TAULES

8 Conclusions

8.1 Confirmació o revisió de les hipòtesis, seguint la seva numeració.

- 1) L'àrea urbana de Girona té una població aproximada de 130.000 habitants. Tenint en compte l'equació de regressió que relaciona població i intensitat de l'illa de calor, la intensitat màxima teòrica de l'illa de calor gironina és de 6,6°C.

La intensitat màxima registrada és de 12,1°C, per la qual cosa no es confirma la hipòtesi: la intensitat màxima de l'illa de calor és molt superior a la teòrica.

- 2) La zona d'estudi es troba travessada per diferents rius i rieres. En altres ciutats com Barcelona i Madrid s'observa l'efecte de canal d'aire fred dels corrents fluvials.

Es confirma la hipòtesi, les zones rurals properes a rius i rieres a Girona són més fredes durant la nit i matinada que altres àrees rurals a una altitud similar. Per exemple a la zona del Pas d'en Prats, a les Deveses de Salt, hi ha l'observatori meteorològic més fred de l'àrea d'estudi, que es situa a uns 120 metres del riu Ter. Per tant, es confirma que a les zones properes als cursos fluvials de l'àrea urbana de Girona hi ha una disminució de la temperatura.

Com s'observa en aquest transsecte de la nit del 19 de juliol de 2020 hi ha un mínim tèrmic acusat al pont de Fontajau damunt del riu Ter en comparació amb altres àrees properes, com les Hortes de Santa Eugènia, o el barris de Fontajau (al nord del pont) i l'Eixample (al sud del pont). Aquest mínim tèrmic és per causes naturals, ja que aquest punt d'observació està situat damunt del riu Ter, que actua de canal d'aire fred.

- 3) En els últims 30 anys (1991-2021) s'ha observat un increment rellevant de l'àrea urbanitzada de Girona, això implica un augment de les zones afectades per l'illa de calor urbana.

Es confirma la hipòtesi si considerem l'observatori del col·legi de Girona-Bell-lloc. La temperatura mínima ha pujat clarament en aquest observatori per efecte de l'illa de calor urbana, com a conseqüència de la urbanització del polígon industrial Mas Xirgu a partir de l'any 1990.

- 4) L'entorn de l'observatori meteorològic de Girona (Bell-lloc) s'ha urbanitzat entre el període 1990-2008. Es pot esperar, per tant, un increment de la temperatura mitjana de les mínimes associat a dos fenòmens, l'efecte de l'illa de calor urbana i l'escalfament global.

Es compleix la hipòtesi. Efectivament, s'ha produït un important increment de les temperatures mínimes en comparació amb observatoris meteorològics rurals com el de l'aeroport de Girona. També la mitjana de les temperatures mínimes ha pujat en aquest observatori meteorològic per efecte del canvi global.

- 5) La urbanització de Girona implica teòricament que l'observatori de Girona-Bell-lloc hagi tingut un increment de les temperatures mínimes més important que el de les temperatures màximes durant el període analitzat (1973-2007). També hi hauria una disminució de l'amplitud tèrmica.

Es confirma totalment la hipòtesi, però per al període 1990-2007, no pas en el període 1973-89, en què hi ha un descens de les temperatures mínimes de Girona-Bell-lloc en comparació amb l'aeroport de Girona. En canvi, si comparem els observatoris de Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona en el període 1990-2007 hi ha una tendència clara a disminuir l'amplitud en l'estació meteorològica urbana, amb un increment de les mínimes més gran que l'augment de les màximes

- 6) Girona és una ciutat envoltada de turons. En aquest relleu s'observa el fenomen de la inversió tèrmica; hem fet a priori un estudi comparatiu entre els observatoris de Girona (Sant Daniel) i Girona (Montjuïc). Així, tenim un 92 % de dies d'inversió tèrmica al llarg de l'any en el període 2002-2006, en els quals les mínimes de l'estació meteorològica situada en un turó (Montjuïc), a 185 m, són més elevades que a l'observatori del pla (Girona-la vall de Sant Daniel), 91 m. Es pot preveure que les parts dels transectes tèrmics que discorren sobre aquests turons tindran un increment tèrmic no atribuïble a la urbanització, sinó a la inversió tèrmica.

Es confirma aquesta hipòtesi en nits anticiclòniques, encalmades i serenes, especialment a l'hivern la temperatura és molt més alta al turó de Montjuïc que a la vall de Sant Daniel.

- 7) La intensitat de l'illa de calor serà variable en funció de diferents factors meteorològics, tals com la nuvolositat, velocitat del vent i situació sinòptica. Els cels serens i amb vents fluixos o en calma són el patró meteorològic que a priori esdevindrà més favorable a la formació d'una intensa d'illa de calor.

Aquesta hipòtesi no es confirma en tots els casos o, dit d'una altra manera, es confirma parcialment. En algunes nits i matineses la intensitat de l'illa de calor amb vents forts pot ésser més gran que amb vents fluixos, especialment en el cas de l'illa de calor asimètrica, no només amb vents de tramuntana i gregal, sinó també amb vents de ponent, garbí o, fins i tot, migjorn, com és el cas de la matinada del 28 d'octubre de 2013. No obstant, en la majoria de casos, les nits serenes i encalmades són les que presenten la màxima intensitat de l'illa de calor.

- 8) L'Eixample i el Barri Vell de Girona és l'àrea urbana que tindrà l'efecte urbà més important, ja que és la zona urbana més densa i cèntrica. En aquests barris s'espera que hi hagi el màxim tèrmic de l'illa de calor.

Es confirma parcialment la hipòtesi, ja que en alguns transectes tèrmics altres barris més perifèrics, com el de Sant Narcís o Santa Eugènia, tenen el màxim tèrmic.

- 9) Les zones urbanitzades perifèriques, tals com el barris del Pont Major i Fontajau de Girona i els municipis de Sarrià de Ter i Sant Gregori, no estan unides urbanísticament a l'àrea urbana central, per tant no formaran part de l'illa de calor urbana de Girona, però poden ser illots de calor.

Es confirma parcialment la hipòtesi, a vegades el municipi de Sarrià de Ter i el nucli urbà del Pont Major són una apòfisi de l'illa de calor urbana de Girona i la temperatura nocturna pot ésser més elevada que al centre de la ciutat. No obstant, en ocasions són illots de calor tant el nucli urbà de Sarrià de Ter, com el barri de Pont Major, especialment a la matinada o amb vent encalmat. D'altra banda, és correcta la hipòtesi en el cas dels transectes realitzats al terme municipal de Sant Gregori, on la temperatura és més elevada que als afores.

- 10) L'illa de calor de Girona englobarà en el seu interior part dels municipis de Girona i Salt, municipi que forma un continu urbà amb Girona.

Es confirma parcialment la hipòtesi, ja que en nits amb vents de gregal o tramuntana fluïxos a Girona, i vent encalmat a Salt, la temperatura és força més baixa a Salt que a Girona.

- 11) Les tendències tèrmiques de les diferències urbano-rurals en les temperatures mínimes i màximes tindran un diferent pendent, més elevat en el cas de les temperatures mínimes com a conseqüència de l'illa de calor urbana, i més baix pel que fa a les màximes, ja que la ciutat no afecta tant les temperatures de l'aire.

Es confirma parcialment la hipòtesi, depèn de l'observatori, hi han observatoris urbans on hi ha un descens de l'amplitud tèrmica diürna, i en d'altres urbans hi ha un increment, i succeeix el mateix en d'altres estacions rurals i suburbanes. En l'estació suburbana de Fornells de la Selva-centre hi ha un increment de l'amplitud, i també a la rural de l'aeroport de Girona, tot i que cal dir que son sèries curtes amb llacunes. A l'observatori urbà de Salt-Plaça Sant Cugat hi ha un augment de l'amplitud tèrmica en el període 2000-2020, mentre que a l'observatori urbà de Girona-Bonastruc hi ha una davallada de l'oscil·lació tèrmica en el període 2006-2019.

- 12) L'efecte de la ciutat de Girona en la precipitació hauria de provocar un increment de la quantitat, especialment a l'estiu, a sotavent d'aquesta, sobretot a la zona de Sarrià de Ter. Les tempestes haurien de ser més fortes en aquesta zona ja que el vent predominant en superfície és del sud durant els dies de tempesta.

Es confirma parcialment aquesta hipòtesi. Molt sovint les tempestes més fortes es donen en la part més activa del pas de les tempestes, segons l'anàlisi de les imatges del radar, i algunes vegades el màxim pluviomètric es dona a sotavent, a l'estació meteorològica de Fornells de la Selva-SMC. L'observatori de Sarrià de Ter (Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter) és el més plujós a l'estiu. D'altra banda, l'estació meteorològica de Sant Gregori és la que té més aportació. No obstant, hem de tenir en compte que moltes tempestes tenen el moviment NW-SE a l'estiu (tot i que amb una diferència minsa amb l'altre desplaçament, el moviment predominant de les tempestes és del SW-NE) i, per tant, Sarrià de Ter estaria en la zona de sobrent i l'efecte urbà no seria positiu en les tempestes. És complicat

d'analitzar l'efecte urbà en les precipitacions. El vent predominant en superfície durant les precipitacions és del nord i del nord-est a la major part de les estacions meteorològiques, i en canvi, és del sud pel que fa a la direcció mitjana del vent a l'aeroport de Girona.

Les precipitacions intenses (dies de pluja amb quantitats iguals o superiors a 30 i 50 mm) no han canviat la seva freqüència a la ciutat de Girona en els últims 48 anys (període 1973-2020), però no és una tendència que sigui significativa estadísticament. D'altra banda, la diferència en la precipitació entre Girona-Bell-lloc i l'aeroport de Girona ha disminuït, però només si es comparen aquests dos observatoris. Si es comparen l'aeroport amb altres estacions meteorològiques com per exemple Sarrià de Ter-Aigües, les tendències són de signe contrari. És, per tant, complicat d'afirmar com afecta la ciutat de Girona a les precipitacions. No obstant, si s'observen les diferències urbano-rurals de la precipitació a l'estiu de l'estació de Girona-Sèquia i altres observatoris rurals i la tendència del nombre de dies de precipitació intensa, el resultat és que tenen el mateix signe, negatiu. Aquesta és l'estació astronòmica en què l'efecte urbà en la precipitació és més important (MORENO, 1999), per tant la modificació de la ciutat en la precipitació seria de caire negatiu, almenys al centre urbà, mentre que a sotavent (Sarrià de Ter) hi hauria un increment de la precipitació. D'altra banda, si comparem les sèries de sobrevent (aeroport de Girona) i de la ciutat (Girona-Bell-lloc) hi ha un descens pluviomètric a resolució anual i també a l'estiu a l'observatori de Girona-Bell-lloc en comparació amb l'aeroport.

- 13) La velocitat mitjana del vent de la ciutat de Girona serà més baixa que als afores com a conseqüència de la geometria urbana. Així, la presència d'edificis altera els vents tant en la seva velocitat, com en la seva direcció. Durant les nits l'illa de calor urbana tendria a incrementar la velocitat del vent respecte les últimes dècades, mentre que durant els migdies la velocitat del vent seria més fluixa. L'efecte de l'illa de calor nocturna teòricament ha de provocar una convergència de vents cap al centre urbà, que s'hauria d'observar sobretot durant les hores nocturnes i a la matinada.

Es confirma el descens de la velocitat mitjana del vent a la ciutat de Girona i, en canvi, es desestima la hipòtesi d'un augment de la velocitat mitjana nocturna del vent. No s'observa una convergència del vent per efectes urbans. No obstant, s'observa una convergència nocturna del vent, però que és per efectes naturals. Es tracta de vents catabàtics que descendeixen dels turons i de muntanyes adjacents a l'àrea estudiada, o seguint els cursos dels rius i rieres. S'observa una velocitat del vent més elevada prop de rius i rieres, i especialment en observatoris elevats, com Girona-Montjuïc, i sobretot de nit, en comparació amb el pla de Girona, on els vents encalmats són predominants a la nit.

- 14) La modificació urbana en la humitat relativa segons els estudis teòrics en altres ciutats consisteix en una reducció d'aquesta variable meteorològica, que és més apreciable durant la nit i menor durant el dia. És el que es coneix amb l'illa de sequedat urbana nocturna. Per tant, en els mapes de la distribució de la humitat relativa o en els transsectes s'observarà una disminució de la humitat al centre en comparació amb la perifèria. També es pot emetre una altra hipòtesi, en les últimes

dècades s'haurà produït una reducció de la humitat relativa al centre urbà de Girona com a conseqüència del creixement urbà i de l'efecte de l'illa de calor.

No es pot confirmar aquesta hipòtesi, no hi ha variacions significatives en la comparació urbano-rural de la humitat relativa a una resolució temporal de 2 dècades. La reducció de la humitat relativa és clara si comparem les dades de humitat relativa de l'observatori de Girona-Vicens Vives del període 2004-17, respecte el període 1967-1977. En el període 2003-2017 no s'observa un descens de la humitat relativa a l'observatori de Girona-Sèquia entre l'inici i el final de la sèrie. D'altra banda, a l'observatori de Girona-Universitat en el període 1995-2019 s'observa un increment de la humitat relativa. No obstant, en aquesta estació sovint les dades de humitat relativa són poc fiables, superiors al 100 %, per tant es confirma la hipòtesi de forma parcial. Els canvis en els usos del sòl, la impermeabilització del terra impliquen una modificació dels fenòmens meteorològics de la ciutat en comparació amb els afores. Així les nostres hipòtesis consisteixen en que a la ciutat de Girona s'haurà produït una reducció del nombre de dies de boira, en comparació amb els afores en les últimes dècades, i que en els mapes d'isolinies de dies de boira hi haurà menys dies de boira al centre en comparació amb els afores. D'altra banda, l'illa de calor urbana hauria de provocar un increment del nombre de tempestes a la ciutat en comparació amb els afores, com a conseqüència de l'increment de la convecció per les elevades temperatures del sòl urbà, més càlid que el terreny natural dels afores durant el dia. Una altra hipòtesi és que el nombre de dies de neu s'haurà reduït en comparació amb els afores i que al centre de Girona hi neva menys que als afores. Les rosades i gebrades són menys habituals al centre de Girona que als afores de la ciutat com a conseqüència de la menor humitat relativa i també per l'efecte de l'illa de calor que, sobretot, influeix en una reducció del nombre de glaçades i, paral·lelament a aquest efecte, una disminució del nombre de gebrades.

Es confirmen totes les hipòtesis menys l'augment de nombre de dies de tempesta, hi ha una reducció del nombre de dies de boira, de rosada, de gebrada i de dies de neu als centres urbans de Girona en comparació amb els afores. Aquesta disminució dels fenòmens urbans és per efecte de l'illa de calor urbana i la reducció de la humitat relativa.

- 15) La nuvolositat de la ciutat de Girona serà més elevada que als afores com a conseqüència de la major presència de vapor d'aigua emesa pels vehicles i per les indústries, i també per la convecció associada a l'illa de calor i a les temperatures superficials diürnes més altes que als afores. La nuvolositat baixa és més elevada al centre que als afores ja que està influïda pels processos energètics que es donen a la capa límit urbana, mentre que els altres tipus de núvols (mitjans i alts) no tenen una influència urbana directa.

Es confirma la hipòtesi, tant si es comparen els observatoris de Girona-Sèquia i Salt- Plaça Sant Cugat amb l'aeroport, com amb la nuvolositat baixa, que és més abundant a la conurbació de Girona i Salt, especialment en les primeres hores del matí, per efecte d'una major pressió de vapor, que és per causes antròpiques (motors de combustions de vehicles, calefaccions).

- 16) Hi haurà menys radiació solar a la ciutat de Girona respecte els afores de la ciutat per l'efecte de reflexió de les partícules de contaminació. És correcta la hipòtesi,

sobretot hi ha un descens de la radiació solar a les últimes hores del dia a l'estació meteorològica urbana de Girona-Escola de la Música respecte l'estació meteorològica rural de Girona-Hortes de Santa Eugènia. quan l'angle incident de la radiació solar és més baix, i hi ha més reflexió de la radiació per part de les partícules de contaminació atmosfèrica. També a l'hivern hi ha una major disminució de la radiació solar, mentre que a l'estiu les diferències urbano-rurals són més minses, probablement per efecte d'una menor contaminació atmosfèrica i un major angle de la radiació solar.

8.2 Conclusions dels capítols principals

8.2.1 Illa de calor urbana

Es pot afirmar, mitjançant un nombre molt elevat de transectes tèrmics realitzats, que superen amb escreix el nombre dels efectuats en altres ciutats, a nivell mundial, que a Girona existeix una intensa illa de calor, especialment en nits serenes i encalmades. En tots els mesos de l'any pot haver-hi una intensa illa de calor, però són més habituals a l'hivern en situacions anticiclòniques i a l'estiu durant les onades de calor.

Mitjançant l'anàlisi comparatiu de diferents sèries tèrmiques del centre urbà i els afores de la ciutat s'ha detectat un increment tèrmic important a partir de 1990 a l'observatori de Girona-Bell-lloc, respecte 13 estacions rurals dels voltants de Girona. Es conclou que la urbanització de l'entorn de l'observatori afecta la temperatura d'aquest, provocant un increment tèrmic important (0,8°C/dècada) en les temperatures mínimes, mentres que les màximes no tenen una tendència significativa.

És molt important d'analitzar la probable associació entre la intensitat de l'illa de calor i les situacions atmosfèriques. S'ha aplicat l'ACP (anàlisi de components principals) amb el software SPSS per tal de trobar alguns patrons sinòptics que afavoreixen la intensitat. S'han analitzat 187 dies amb intensitats superiors a 6°C. La situació atmosfèrica que apareix més sovint en dies amb intensa illa de calor és l'anticicló (54 % dies), mentre que l'advecció de nord-est anticiclònica és la següent (12 %). La situació d'advecció del nord-est anticiclònica és la que es va produir en la nit amb una illa de calor més intensa, el 31 de desembre de 2007, 12,1°C a les 20,20 hores.

Cal remarcar que a partir de imatges de infraroig tèrmic de NOAA s'ha analitzat l'illa de calor superficial (ICU). La distribució de temperatures dels mapes d'isotermes de l'ICU no coincideixen exactament amb l'illa de calor de l'aire (ICA) fets a partir dels transectes tèrmics o els observatoris. Així, l'àrea més càlida no es situa damunt del nucli urbà de Girona sinó als turons de l'est de la ciutat (contraforts de les Gavarres), mentre que la zona més freda es situa al SW de la ciutat, no a les Deveses de Salt com en els altres mètodes. Durant el dia s'observa un increment tèrmic en el nucli urbà de Salt respecte el de Girona i les diferències urbano-rurals són poc significatives. Els indrets més frescos coincideixen amb els boscos dels turons situats en la part oriental de la ciutat de Girona.

En el marc d'aquest capítol també s'ha analitzat la distribució espacial de les necessitats de calefacció i refrigeració expressades en graus-dia. S'ha detectat un increment del 42 % de les necessitats de refrigeració a l'estiu, provocat per unes temperatures mínimes més elevades a l'Eixample de Girona. D'altra banda la

climatització amb sistemes de calefacció és menys necessària al centre urbà de Girona, on tenim un 45 % menys de graus-dia respecte els observatoris rurals.

Les situacions estables com anticiclons o pantans baromètrics són les situacions atmosfèriques en què la intensitat de la illa de calor és màxima. En el cas de Girona en situacions anticiclòniques els transectes tèrmics urbans donen una mitjana de 5,6° d'intensitat mitjana, amb un màxim –com s'ha dit- de 12,1° el 30 de desembre de 2007, a les 20,20 hores. També en dies d'advecció freda (NE, N) o seca (W,SW) l'illa de calor urbana pot ser molt forta, fins a un màxim de 8,4° de intensitat pel que fa a la temperatura mínima del 10 d'octubre de 2004. En situacions inestables com depressions o adveccions de llevant l'illa de calor urbana de Girona disminueix fins a fer-se nul·la.

D'altra banda, es pot afirmar que són les estacions suburbanes, al centre dels pobles, o la part perifèrica de les ciutats o pobles que s'estan urbanitzant més en els últims anys on es produeix l'increment tèrmic més notable per efecte de l'illa de calor urbana. Un exemple és el cas de l'estació meteorològica de Girona-Bell-lloc en el període 1990-2007 o l'estació meteorològica de Girona-universitat en el període 1995-2019.

S'ha observat un canvi de patró en les nits d'illa de calor intensa a Girona, si es comparen les dades de temperatura mínima de Girona-Sèquia amb Girona-la vall de Sant Daniel i amb Fornells de la Selva-SMC com es pot veure en l'annex. En el període 2002-2006, al mes de maig hi havia un gran percentatge de dies amb més de 5°C de diferència en les temperatures mínimes entre Girona-Sèquia i la Vall de Sant Daniel, mentre que en el període 2007-2016, aquest mes ha tingut una davallada percentual, i és el mes de juny el que ha augmentat més el percentatge de dies amb intensa illa de calor. D'altra banda, s'observa un descens en la mitjana anual del nombre de dies d'illa de calor intensa (6°C o més de diferència urbano-rural), si es comparen les temperatures mínimes diàries de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC en el període 2002-2017. Aquestes variacions en la intensitat de l'illa de calor i del nombre de dies d'illa de calor intensa es deuen probablement per canvis dels patrons atmosfèrics com l'Oscil·lació de l'Atlàntic Nord, l'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental, o fins i tot es planteja la hipòtesi que una davallada en el nombre de dies de tramuntana a l'Alt Empordà ha influït en la intensitat de l'illa de calor, tant pel que fa a la mitjana anual, com a dies amb intensa illa de calor, si es comparen els observatoris de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC.

D'altra banda, s'observa un descens en la mitjana anual del nombre de dies d'illa de calor intensa (6,0°C o més de diferència tèrmica urbano-rural), si es comparen les temperatures mínimes diàries de Girona-Sèquia i Fornells de la Selva-SMC en el període 2002-2017.

També s'han observat importants illes de frescor urbanes diürnes, especialment al Barri Vell de Girona, i al migdia. També en hores properes a la posta del sol, com el dia 5 de gener de 2013, amb 7,6°C d'illa de frescor a les 17 hores. Hi ha força dies amb illes de frescor diürnes iguals o superiors a 8°C, àdhuc 10°C, si es comparen les temperatures màximes de Salt-Barri Vell amb altres estacions meteorològiques properes. Aquest observatori està situat en un jardí ombrejat, i no és representatiu de tot el barri vell de Salt, només d'aquesta petita àrea, essent així un efecte microclimàtic.

8.2.2 Precipitació urbana

S'ha analitzat la precipitació diària i mensual amb diferents eines. En primer lloc, s'ha observat com la contaminació atmosfèrica diària no presenta una correlació satisfactòria amb la distribució de la precipitació.

D'altra banda, l'anàlisi de la reflectivitat del radar (imatges de l'SMC) ens ha permès copsar com l'efecte urbà s'incrementa a sotavent, tot i que no en tots els dies analitzats.

Amb dades pluviogràfiques de precipitació i intensitat de precipitació d'observatoris situats en l'àrea d'estudi (del Servei d'Aigües de Girona, Salt i Sarrià de Ter, i de l'SMC), es va comparar la intensitat de precipitació de dies de tempesta.. S'ha detectat un increment de la intensitat de la precipitació de les tempestes a sotavent de la ciutat de Girona, especialment quan bufa vent de migjorn (S) o gregal (NE). No obstant, l'anàlisi comparativa de la precipitació dels observatoris meteorològic i del moviment de les cèl·lules convectives no ens permet afirmar o desmentir que hi hagi un increment o disminució de la precipitació a sotavent de la ciutat o al centre urbà (efecte positiu/negatiu en la precipitació urbana). En alguns casos l'efecte urbà en la precipitació és positiu, i en d'altres és negatiu. D'altra banda, sovint la màxima precipitació es dona en la perifèria de l'àrea urbana, on discorre la part més activa de la tempesta, i per tant l'efecte urbà en la precipitació és molt atenuat en aquests casos. No obstant, les precipitacions més intenses en intervals curts de temps són més freqüents en àrees rurals relativament allunyades respecte el centre de Girona, com és el cas de Fornells de la Selva o Vilablareix, respecte zones rurals properes com Girona-Hortes de Santa Eugènia, o observatoris urbans, Girona-Bonastruc. Tanmateix, dins la ciutat de Girona s'observen importants diferències intraurbanes en la precipitació entre observatoris propers. És difícil, per tant, fer una interpretació correcta de l'efecte urbà en la precipitació dins la ciutat de Girona.

També s'ha realitzat una investigació sobre la direcció del vent i la precipitació diària en 37 pluviòmetres de l'àrea d'estudi, en el període 1998-2014. Tot i que en alguns casos no hi ha una influència urbana clara, en altres, amb vents de migjorn (S) i garbí (SW), s'observa un important increment de la precipitació a sotavent de la ciutat, al nord de Girona, concretament a Sarrià de Ter. L'anàlisi sinòptica de la mateixa població de dades ens indica que les situacions de pantà baromètric i depressió centrada provoquen un increment de la precipitació a sotavent.

S'ha aplicat el test de Kolmogorov-Smirnov per detectar si la precipitació de la ciutat de Girona presenta un cicle setmanal en la seva freqüència associat amb l'efecte urbà. Els resultats són negatius, només en el cas de les precipitacions superiors a 30 mm s'observa un increment de la freqüència en el període 1986-90. També s'ha correlacionat la precipitació mitjana mensual dels observatoris amb diferents factors meteorològics (distància a Rocacorba, distància a Els Àngels, latitud, longitud i altitud). La longitud és un factor determinant en l'increment de la precipitació a l'oest de la ciutat durant l'estiu. Per tant les tempestes provoquen un increment a l'oest de la ciutat a l'estiu. A l'hivern l'increment de la latitud afavoreix un augment de la precipitació, associat a les llevantades. En canvi a l'est de la ciutat també es detecta un increment de la precipitació, també associat a les adveccions de l'est i sud-est.

S'ha homogeneïtzat la precipitació mensual dels 38 pluviòmetres utilitzats per fer el mapa d'isohietes del període 1998-2014. La distribució de la precipitació mitjana anual

concorda bastant amb l'efecte urbà sobre la precipitació. Així, els observatoris de sotavent de la ciutat (Sarrià de Ter-Aigües, la Vall de Sant Daniel de Girona) tenen precipitacions mitjanes superiors a 700 mm, fins i tot a l'observatori de Sarrià de Ter-Aigües la mitjana és de 873,3 mm, mentre a sobrevent no s'arriben a 600 mm (Girona-Bell-lloc) en el període 1998-2007. Les diferències de precipitació anual entre sobrevent i sotavent s'incrementen en el període 2005-2010 respecte el període 1998-2004. La major part dels observatoris meteorològics del centre urbà de Girona presenten un cert dèficit de precipitació respecte els seus voltants, aquest pot ser degut a una dolenta instal·lació dels pluviòmetres, en llocs on el vent presenta molta turbulència (teulades, terrasses). No obstant, hi han excepcions, com la segona estació més plujosa de tota l'àrea urbana, Girona-Santa Clara, amb 820,3 mm de precipitació mitjana, i Girona-carrer Ciutadans (Barri Vell, observatori d'Aigües), amb més de 750 mm de precipitació. Una petita part de la disminució de la precipitació al centre de la ciutat de Girona pot estar relacionada amb un efecte de supressió de la precipitació per efecte de la pol·lució generada pels automòbils dins la ciutat, ja que en dies amb elevada contaminació atmosfèrica hi ha una certa reducció de la precipitació als observatoris del centre de Girona.

8.2.3 Modificació d'altres variables meteorològiques

S'ha analitzat la freqüència de la velocitat i direcció del vent en 12 observatoris meteorològics. S'ha observat com la direcció del vent presenta una homogeneïtat espacial força més important durant el dia que a la nit. En hores nocturnes s'observa una convergència de vents a la ciutat que pot ésser induïda per l'illa de calor urbana nocturna. El vent és de l'oest i nord-oest a Salt i a Santa Eugènia, mentre que és de xaloc a l'observatori de la Universitat de Girona situat a Palau, al SE de la ciutat. En hores diürnes la direcció del vent oscil·la entre el sud-est i el sud-oest, predominant el migjorn a gran part de la ciutat de Girona. També s'ha detectat una disminució de la velocitat del vent al centre urbà de Girona, que és més important durant el dia respecte la nit. El nombre d'hores de vent en calma és molt més elevat al centre urbà que als afores i especialment al turó de Montjuïc. El percentatge de calmes és més elevat a l'hivern i és més baix a l'estiu com a conseqüència de la persistència de les brises marines diürnes a l'estiu i per l'efecte de pantalla de les serralades dels Pirineus, Sistema Transversal i Serralada Prelitoral envers els vents regionals del nord, nord-oest i oest. La velocitat mitjana anual del vent és de 5,6 km/h al conjunt dels observatoris, que és un valor poc elevat. La velocitat té fortes variacions en funció de l'observatori, així, oscil·la entre els 11,1 km/h de Girona-Montjuïc i els 3,1 km/h de Girona-Bonastruc. Hem detectat una influència clara del relleu i dels rius en la velocitat del vent. Així, els observatoris de la ciutat de Girona amb velocitats del vent més elevades es situen al turó de Montjuïc i dins del pla de Girona, a prop dels rius Ter, Güell i Onyar. Al turó de Montjuïc la velocitat és més elevada, ja que el vent augmenta amb l'altura, mentre que a prop dels rius la velocitat augmenta per l'efecte de canalització del vent, o efecte de Venturi. Les estacions amb menors velocitats del vent, Girona-Bonastruc, Girona-Escola de la Música o Salt-Barri Vell, es situen en zones molt urbanitzades, on la rugositat del sòl implica una disminució de la seva velocitat. Les gràfiques d'isopletes horàries o semihoràries de velocitat del vent permeten observar com les hores centrals del dia i les primeres hores de la tarda es registren les velocitats mitjanes del vent més elevades, superiors a 10 km/h en varis observatoris, mentre que a la nit la velocitat disminueix i no arriba a 3 km/h a gairebé

cap observatori de l'àrea urbana. Només tenim l'excepció de Girona-Montjuïc, per efecte de l'elevada altitud i la seva situació topogràfica, prop del cim d'un turó.

L'efecte urbà en la nuvolositat a la ciutat de Girona és una modificació urbana inesperada, per la mida de la ciutat, i probablement és l'efecte urbà en una variable meteorològica més important, després de l'illa de calor urbana. Així, Girona-Sèquia, al centre urbà de la ciutat de Girona, i altres observatoris urbans i suburbans de Salt i Girona tenen una nuvolositat més elevada que els de la perifèria. No obstant, no s'ha detectat una influència de la ciutat en els cicles setmanals de la nuvolositat. Així, s'ha observat un màxim i un mínim de la nuvolositat que correspon a dies laborables (dijous i dimarts, respectivament). D'altra banda, la correlació és molt baixa entre els valors diaris de la nuvolositat i la contaminació, per tant, no existeix una sinergia clara entre la contaminació i els nuclis de condensació.

També s'ha estudiat com la ciutat afecta a la radiació solar. Es detecta una certa disminució en sentit sud-nord de la radiació solar. Probablement la major contaminació atmosfèrica de Sarrià de Ter és un dels factors afavoridors de la menor radiació, especialment a les tardes de l'hivern i a la tardor.

La humitat relativa és un dels paràmetres meteorològics menys estudiats dins la climatologia urbana. En el cas de la ciutat de Girona s'ha analitzat la distribució de la humitat relativa a partir de dos mètodes, transectes higrotèrmics i dades horàries de humitat relativa d'observatoris meteorològics. S'ha detectat al centre urbà de Girona una disminució de la humitat relativa respecte els voltants especialment durant les hores nocturnes de la primavera i la tardor, quan les diferències poden ser de fins al 40 % respecte les àrees rurals dels voltants en alguns transectes tèrmics. Durant el dia les humitats relatives són lleugerament més baixes (2-4 %), especialment a l'estiu. El centre urbà de Salt presenta humitats relatives força baixes en alguns transectes termohigromètrics, fins i tot més baixes que el centre urbà de Girona. S'ha calculat el valor de diferents paràmetres meteorològics relacionats amb la humitat relativa (humitat absoluta, pressió parcial). S'han obtingut uns resultats força clars sobre l'evolució horària del contingut del vapor a les àrees rurals i urbanes. Així, la ciutat presenta una humitat absoluta més elevada durant les hores nocturnes respecte la perifèria rural i, en canvi, al migdia i a la tarda té una menor humitat absoluta. Aquests resultats són similars a d'altres observacions en diferents ciutats.

Un punt molt destacable és l'anàlisi de l'efecte de la ciutat de Girona en la distribució dels fenòmens meteorològics. Hi ha molts pocs estudis duts a terme dins la disciplina de la climatologia urbana que estudien la modificació que exerceix la ciutat en els fenòmens meteorològics. La ciutat afavoreix les tempestes i les calamarsades, especialment a sotavent d'aquesta. En canvi els indrets urbans presenten menys dies de rosada i especialment de gebrada respecte els afores. Els camps del sud de la ciutat de Girona tenen el triple de dies de boira (52 dies a l'aeroport de Girona) respecte el centre urbà de Girona (16 dies). Es conclou que la urbanització té uns efectes molt importants en la distribució d'alguns dels fenòmens meteorològics de Girona, mentre que en d'altres, com per exemple, els dies de nevada, la seva influència és nul·la, ja que la distribució d'aquest fenomen està directament relacionada amb l'altitud d'un indret, no el seu grau de urbanització.

Bibliografía

ACKERMAN, B.S., CHANGNON, S.A., DZURISIN, G. (1978): "Summary of METROMEX, Vol.2 Causes of Precipitation Anomalies. Bulletin 63. Urbana, IL. Illinois State Water Survey.

ALBERO, V., CALVO, F. (1981): "Estudio comparativo del viento en los observatorios de Valencia-Viveros y Valencia-Aeropuerto". Avances sobre la investigación en Bioclimatología, 525-530, CSIC, Salamanca.

ALCOFORADO, M.J. 2006. Planning procedures towards high climatic quality cities. Finisterra, XLI, 82, 49-64.

ALEXANDRE, M.J.O., GARCÍA, F.F., NUNES, E. (2013): "Las oscilaciones climáticas en la atmosfera urbana de la ciudad de Natal, Brasil a través de las series largas de temperaturas del aire". Holos, Any 29, 5, 137-156.

ALMENDROS, M.A. (1990): "Aspectos climáticos de los parques y jardines de Madrid". Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.

ALMENDROS, M.A. (1992): "Aspectos climáticos del parque del Retiro (Madrid)". Estudios Geográficos, (LIII) 207, 217-238.

ASAEDA, T., CA, V.T. (1996). "Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere". Atmospheric Environment, (30) 3, 413-427.

AVISSAR, R. (1996): "Potential effects of vegetation on the urban thermal environment". Atmospheric Environment. (30) 3. 437-448.

BÁLAZS, T, GEIGER, J., SÜMEGHY, Z. (2007): "Annual mean urban heat island versus 2D surface parameters: modelling, validation and extensión". Acta Climatologica et Chorologica, 40-41, 5-15.

BAIK, J-J., KIM, Y-H., CHUN, H-Y. (2001): "Dry and moist convection forced by an urban heat island. Journal of Applied Meteorology". Journal of Applied Meteorology, 40, 1462-1475. DOI: 10.1175/1520-0450(2001)040<1462:DAMCFB>2.0.CO;2

BALLESTER-OLMOS, J.F. (1993): "Interacciones de la vegetación urbana con el microclima, la polución atmosférica y el hombre". Dins Naturaleza urbanizada. 79-128. Universitat de Màlaga.

BALLING, R.C., CERVENY, R.S. (1987): "Long-term associations between wind speeds and the urban heat island of Phoenix, Arizona". Journal of Climate and Applied Meteorology, 26, 712-716.

- BALLING, R.C., IDSO, S.B. (1989): "Historical temperature trends on the United States and the effect of urban population growth". *Journal of Geophysical Research*, 94, D3, 3359-3363.
- BALOGUN, I.A., BALOGUN, A.A., ADEYEWA, Z.D. (2012): "Observed urban heat island characteristics in Akure, Nigeria". *African Journal of Environmental Science and Technology*, 6 (1), 1-8.
- BÄRRING, L., MATTSSON, J.O., LINDQVIST, S. (1985): "Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden." *Journal of Climatology*. 5. 433-444.
- BARRY, R.G., CHORLEY, R.G. (1992): "Small-scale climates" *Dins Atmosphere, weather and climate*. 276-309. Routledge.
- BELL, T.L., ROSENFELD, D., KIM, K-M., YOO, J-M., LEE, M-I., BENTLEY, M.L., ASHLEY, W.S., STALLINS, A. (2009): "Climatological radar delineation of urban convection for Atlanta", Georgia. *International Journal of Climatology*. 30, 1589-1594. <https://DOI.org/10.1002/joc.2020>
- BELLO FUENTES, V. (1993): "La isla de calor y los usos del suelo en Guadalajara". *Serie Geográfica*. 4. 83-97.
- BELLO FUENTES, V. (1995a): "El clima del valle bajo del Henares: la isla de calor en sus áreas urbanas. Las inversiones térmicas." *Tesi doctoral*. Universitat Autònoma de Madrid.
- BELLO FUENTES, V. (1995b): "La isla de calor nocturna y los usos del suelo en Alcalá de Henares". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 15, 119-130.
- BESSEMOULIN, P. (1983): "Meteorologia i urbanisme. Efectes de la urbanització sobre els principals paràmetres meteorològics". *Quaderns d'Ecologia Aplicada*. 5. Diputació de Barcelona.
- BETTOLLI, M.L., VARGAS, W.M., PENALBA, O.C. (2007): "Aspectos metodológicos del uso del análisis de componentes principales en campos de anomalías de altura neopotencial en el sur de Sudamérica". *Revista Brasileira de Meteorología*, (22) 2, 273-285.
- BITAN, A. (ed.) (1982): "The impact of climate on planning and building". *Proceedings of an International Symposium. Herzliya-on-Sea, Israel, November 4-7, 1980*.
- BÖHM, R. (1998): "Urban bias in temperature time series –a case study for the city of Vienna, Austria". *Climatic Change*. 38. 113-128.
- BÖHNER, J., SCHLABING, D., SEIDEL, J. et al. (2016): "Mobile measurement techniques for local and micro-scale studies in urban and topo-climatology", *DIE ERDE, Journal of the Geographical Society of Berlin* 147, 1, 1-26. Disponible a <<https://www.researchgate.net/publication/299338420>>.
- BONAN, G. 2002. Urban ecosystems. *Dins BONAN, G. Ecological Climatology. Concepts and Applications*, 547-587.

- BORNSTEIN, R. (1968): "Observations of the urban heat island effect in New York city". *Journal of Applied Meteorology*, 7, 575-582.
- BORNSTEIN, R., LIN, Q. (2000): "Urban heat islands and summertime convective thunderstorms in Atlanta: three case studies", *Atmospheric Environment*, 34, 507-516.
- BOTTYÁN, Z., BALÁZS, T., GÁL, T., BORAY, Z. (2003): "A statistical approach for estimating mean maximum urban temperature excess". *Acta Climatologica et Chronologica*, 36-37, 17-26.
- BRÁDZIL, R., BUDIKOVÁ, M. (1999): "An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, The Czech Republic". *Atmospheric Environment*, 33, 4211-4217.
- BRETZ, S., AKBARI, H., ROSENFELD, A. (1998): "Practical issues for using solar-reflective materials to mitigate urban heat islands". *Atmospheric Environment*, (32), 3, 95-101.
- BRUNET INDIA, M. (1989): "Los efectos de la urbanización en el clima local. Un ensayo de Climatología urbana: el caso de Tarragona". Tesis doctoral inédita. Universitat de Tarragona.
- BRUNET INDIA, M. (1992): "La magnitud y fluctuaciones de la "isla de calor" en Tarragona". *Tarraco. Cuadernos de Geografía*, (7), 19-29.
- BRUNET INDIA, M. (1998): "El debate de la influencia urbana sobre las tendencias térmicas globales". *Dins Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*. 549-562. Ed. Parteluz.
- BULUT, Y., TOU, S., IRAMKM M.A., YILMAZ, H., YILMAZ, S. (2008): "Urban-rural climatic differences over a 2-year period in the city of Erzurum, Turkey". *Atmósfera*, 21 (2), 121-133.
- BURIAN, S. J., SHEPHERD, J. M. (2005): "Effects of urbanization on the diurnal rainfall pattern in Houston". *Hydrological processes*, 19 (5), 1089–1103. DOI: 10.1002
- BUSATO, F., LAZZARIN, R., NORO, M. (2014): Three years of study of the Urban Heat Island in Padua: Experimental results. *Sustainable Cities and Society*. 10. 251–258. 10.1016/j.scs.2013.05.001.
- CABALLERO, E. (2004): "Microclimas urbanos: la importancia de los materiales". *Dins El clima, entre el Mar y la Montaña*. AEC. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Serie A. (4). 571-581.
- CALBÓ, J., SÁNCHEZ LORENZO, MARTÍN VIDE, J., BRUNETTI, M. (2008): "Aspectos climatológicos y evolución temporal de la nubosidad en la Península Ibérica. 1961-2004". *Dins Sigró Rodríguez, J., Brunet India, M., Aguilar Anfrons, E. (eds.). Cambio climático regional y sus impactos*. Tarragona: Asociación Española de Climatología, 2008, p. 57-67, Disponible a <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8552>.

.....

CAMILLONI, I., BARROS, V. (1996): "Potential errors in estimating the urban heat island effect during warming periods". Dins International Conference on Urban Climatology. Book of Abstracts. Essen.

CANET MOLLÁ, J., PÉREZ CUEVA, A. (1998): "Anàlisis del confort climático en Valencia ". Dins Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas. 343-356. Ed. Parteluz.

CANO, J.L., MAQUEDA, G. (1984): "Estudio de las modificaciones locales del régimen de viento motivadas por la construcción de edificios". Revista de Geofísica, 40, 93-100.

CAÑADA TORRECILLA, M.R., ALMENDROS, M.A. (1998): "Relación entre la intensidad de la isla de calor de Madrid y las variables del sondeo". Dins Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas. 257-269. Ed. Parteluz.

CAPOZZI, V., PICCIOTTI, E., BUDILLON, G., MARZANO, F. (2014): "X-band weather radar monitoring of precipitation fields in Naples urban areas: data quality, comparison and analysis". 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology. ERAD 2014. Disponible a https://www.researchgate.net/publication/264941893_X-band_weather_radar_monitoring_of_precipitation_fields_in_Naples_urban_areas_data_quality_comparison_and_analysis. Descarregat el 10 de desembre de 2021.

CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., DETUERTO, R., SANTILLAN, E. (1983): "Bioclimatología de Galicia". La Coruña.

CARRERAS, C., MARÍN, M., MARTÍN VIDE, J., MORENO, M.C., SABÍ, C. (1990): "Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona". Documents d'Anàlisi Geogràfica. 17, 51-77.

CASELLES, V., LÓPEZ, M.J., MELIÀ, J., PÉREZ CUEVA, A. (1991): "Analysis of the heat-island effect of the city of Valencia, Spain, through air temperatura transects and NOAA Satellite data". Theoretical and Applied Climatology. 43. 195-203.

CAYAN, D.R., DOUGLAS, A.V. (1984): "Urban influence on surface temperatures in southwestern United States during recent decades". Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, 1520-1530.

CHANGNON, S.A., SHEALY, A.R.T., SCOTT, R.W. (1991): "Precipitation changes in fall, winter, and spring caused by St. Louis". Journal of Applied Meteorology, 30, 126-134.

CHUNG, U., CHOI, Y., YUN, Y.I. (2004): "Urbanization effect on the observed change in mean monthly temperatures between 1951-1980 and 1971-2000 in Korea". Climatic Change, 66, 127-136.

COUTTS, A.M., BERINGER, J., TAPPER, N.J. (2007): "Impact of increasing urban density on local climate: spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Australia". Journal of Applied Meteorology and Climatology, 46, 477-493.

CROFT, P.J., SHULMAN, M.D. (1989): "A five-year radar climatology of convective precipitation for New Jersey". International Journal of Climatology, 9, 581-600.

CUADRAT PRATS, J.M. (2004): "Patrones temporales de la isla de calor urbana de Zaragoza". Dins Aportaciones geográficas en homenaje al profesor A. Higuera Arnal. Universitat de Saragossa, 63-70.

CUADRAT PRATS, J.M., VICENTE SERRANO, S.M., SAZ SANCHEZ, M.A. (2005) : "Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): la isla de calor y sus factores condicionantes". Boletín de la A.G.E., 40, 311-327.

CUADRAT PRATS, J.M., SAZ, M.A., VICENTE, S. (2003): "Surface wind direction influence on spatial patterns of urban heat island in Zaragoza (Spain)". Geophysical Research Abstracts. 5. European Geophysical Society.

CUADRAT PRATS, J.M., SAZ, M.A., VICENTE, S. (2005): "Clima urbano y calidad ambiental de la ciudad de Zaragoza". Monografía núm.10. Zaragoza. Agenda Local 21. Ajuntament de Saragossa.

CUADRAT PRATS, J.M., VICENTE SERRANO, S.M. (2008). "Características espaciales del clima en la Rioja modelizadas a partir de sistemas de información geográfica y técnicas de regresión espacial". Zubía, 20, 119-142. Logroño.

CUADRAT PRATS, J.; SERRANO-NOTIVOLI, R., BARRAO S, SAZ, M.A. TEJEDOR, E. (2021): "Variabilidad temporal de la isla de calor urbana de la ciudad de Zaragoza (España)". Cuadernos de Investigación Geográfica. DOI: 10.18172/cig.5022. Disponible a https://www.researchgate.net/publication/355157658_Variabilidad_temporal_de_la_isla_de_calor_urbana_de_la_ciudad_de_Zaragoza_Espana. Descarregat el 7 de desembre de 2021.

CUI, Y.Y., DE FOY, B. (2012): "Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico city". Journal of Applied Meteorology and Climatology, (51), 855-868.

DEMUZERE, M., TRIGO, R.M., VILA-GUERAU DE ARELLANO, J., VAN LIPZIG, N.P.M. (2009). "The impact of weather on atmospheric circulation on O3 and PM10 levels at a rural mid-latitude site". Atmospheric Chemistry and Physics, 9, 2695-2714.

DETWILLER, J. (1970): "Incidence possible de l'activité industrielle sur les précipitations à Paris". Dins WMO: Urban Climates (Tech. Note Núm. 108), 361-362.

DIXON, P.G., MOTE, T.L. (2003): Patterns and causes of Atlanta's urban heat island-initiated precipitation. Journal of Applied Meteorology, 42, 1273-1284.

DOBI, I., MIKA, J., OLAH, B.A., LELOVICS, E., DEZSO, Z., PONGRACZ, R., BARTHOLY, J. (2009): "Cold and hot events in urban environment". The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June- 3 July 2009, Yokohama, Japan, 4

DOICK, K., HUTCHINGS, T. (2013): "Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure". Forest Research, 10 pp. Millorar ressenya. ISBN: 978-0-85538-878-2.

- DOMINGUEZ, P. (1995): "Inversiones de temperatura en el valle del Guadalquivir. Un factor climático de gran influencia en el medio ambiente urbano de Córdoba". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 15, 281-288.
- DOMINGUEZ, P. (1999): "Clima, medio ambiente y urbanismo en Córdoba. Contribución a la planificación ambiental en ciudades del ámbito mediterráneo". Diputación de Córdoba.
- DOMINGUEZ, P. (2002): "Clima regional y microclimas urbanos en la provincia de Córdoba". Diputación de Córdoba. Servicio de Publicaciones. Universitat de Córdova.
- ELIASSON, I, HOLMER, B. (1990): "Urban heat island circulation in Göteborg, Sweden". *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 187-196.
- ELIASSON, I. (1994): "Urban-suburban-rural air temperature differences related to street geometry". *Physical Geography*, 15, 1-22.
- ELIASSON, I. (1996a): "Intra-urban nocturnal temperature differences: A multivariate approach". *Climate Research*, 7, 21-30.
- ELIASSON, I. (1996b): "Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use". *Atmospheric Environment*, (30) 3, 379-392.
- ELIASSON, I., UPMANIS, H. (2000): "Nocturnal airflow from urban parks. Implications for city ventilation". *Theoretical and Applied Climatology*, 95-107.
- ESCOURROU, G. (1981): "L'influence de l'urbanisation et de la pollution". Dins *Climat et environnement. Les facteurs locaux du climat*, 124-166, Ed. Masson, Paris.
- ESCOURROU, G. (1991). "Le climat et la ville". *Geographie d'aujourd'hui*. Nathan Université. Luçon.
- FABRE, J. (1986): "Com s'ha format Girona". Ajuntament de Girona. Servei Municipal de Publicacions. 228 pp
- FALCONER, P.D. (1984): "A radar-based climatology of thunderstorm days across New York state". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 10, 1115-1129.
- FELIU, J., ROCA, A., MARTÍ LLAMBRICH, C. (2008): "Atlas del Gironès". Barcelona. Institut Cartogràfic de Catalunya.
- FERNÁNDEZ CÓRDOBA, J., GARCÍA MILLÁN, N. (2013): "Caracterización de islas frescas urbanas -IFU- en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia". *Entorno Geográfico*, 9, 122-144.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1990): "La influencia de la ciudad sobre las precipitaciones: el caso de Madrid". *Estudios Geográficos*, 199-200. 397-411.
- FERNANDEZ GARCIA, F. (1994): "Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos". *Serie Geográfica*, 4, 109-125.

.....

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2002): "El clima urbano de Madrid y su influencia sobre el confort térmico", Boletín de la Real Sociedad Geográfica, (CXXXVII-CXXXVIII), 169-185.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2009): Ciudad y cambio climático: Aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. Investigaciones Geográficas, 49, 173-195.

FERNANDEZ GARCIA, F. (1982): Intensidad del viento en Madrid y sus alrededores. Estudios Geográficos, XIVIII, 166, 17-32.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F., ALMENDROS COCA, M.A., LÓPEZ GÓMEZ, A. (1996): "La influencia del relieve en la isla de calor de Madrid: Las vaguadas del Manzanares y del Abroñigal". Estudios Geográficos, (LVII), 224, 473-494.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F., GALÁN, E., CAÑADA (coord.) (1998): "Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas". Editorial Parteluz. Madrid. 660.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F., RASILLA, D. (2009): "Urban enhancement of the heat waves in Madrid and its metropolitan area". Dins Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-6123, 2009. EGU General Assembly 2009. 6th Annual Meeting of the EMS/6th ECAC.

FIGUEROLA, P.I., MAZZEO, N.A. (1998): "Urban-rural temperature differences in Buenos Aires. International Journal of climatology". 18, 1709-1723.

FISCHER, E.M., OLESON, K.W., LAWRENCE, D. (2012): "Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change". Geophysical Research Letters, (39), L03705.

FREY, C.M., PARLOW, R. (2012a): "Flux measurements in Cairo. Part 2: On the determination of the spatial radiation and energy balance using ASTER Satellite Data". Remote Sensing, 4, 2636-2360.

FREY, C.M., RIGO, G., PARLOW, E. (2012b): "Investigation of the daily urban cooling island (UCI) in two coastal cities in an arid environment: Dubai and Abu Dhabi (U.A.E)". 25th EARSELL Symposium Global Developments in Environmental Earth Observation from Space

Porto, Portugal, 6-11 June 2005. Disponible a <https://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-W27/frey.pdf>.

FUJIBE, F. (2009): "Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan". International Journal of Climatology. International Journal of Climatology, 29 (12), 1811-1822.

GAL, T., LINDBERG, F., UNGER, J. (2009): "Computing continuous sky view factors using 3D urban raster and vector databases: comparison and application to urban climate". Theoretical and Applied Climatology, 95, 111-123.

GALAN GALLEGO, E. (1997): "Técnicas estadísticas y Sistemas de Información Geográfica en la climatología española: estado de la cuestión y ejemplos de aplicación". Lurralde, 20, 135-168-

.....

GALLO, K.P., MCNAB, A.L., KARL, T.R, BROWN, J.F., HOOD, J.J., KARPLEY, J.D. (1993): "The use of NOAA AVHRR data for the meteorology". *Journal of Applied Meteorology*. 32. 899-908.

GANHO, N. (1995): "La isla de calor de Coimbra bajo diferentes condiciones de tiempo de verano". *Estudios Geográficos*, (LVI) 219, 285-316.

GARCÍA, J.M., ORTIGOSA, L.M., ARNÁEZ, J., GÓMEZ, A. (1989): "Organización espacial de las temperaturas en la ciudad de Logroño". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, (15) 1-2, 87-98, Logroño.

GARCIA BARRON, L., GONZÁLEZ, M.I., RAMIREZ, A. (2004): "Influencia del efecto urbano: inhomogeneidad y sistema de conversión de las series de temperatura en Badajoz". *Revista de Climatología*, 4, 1-7.

GARCÍA CUETO, O.R. (2007): "Detection of the urban heat island in Mexicali, B.C., México and its relationship with land use". *Atmósfera*, 20 (2), 111-131.

GARCIA MANUEL, A., SANCHEZ LORENZO, A., MARTÍN VIDE, J., MORENO GARCIA, M.C. (2009): "Modificación de la temperatura en una ciudad de tamaño medio: La isla de calor de Vic (Barcelona). Ritmos diarios y cambios debidos a la expansión urbanística". V Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología, 8-11 octubre de 2009. Pòster.

GEERTS, B. (2002): "On the effects of irrigation and urbanisation on the annual range of monthly-mean temperatures". *Theoretical and Applied Climatology*, 72, 157-163.

GEIGER, R. (1950): "City Climate" Dins *The climate near the ground*. 488-494. Harvard University.

GIL OLCINA, A., PÉREZ CUEVA, A., OLCINA CANTOS, J., RICO AMORÓS, A., MONTÓN CHIVA, E. (2000): "Climatic warming in the Spanish Mediterranean: Natural Trend or Urban Effect". *Climatic Change*, (46) 4, 225-237.

GIVATI, A., ROSENFELD, D. (2004): "Quantifying precipitation suppression due to air pollution". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 43. 1038-1056. 10.1175/1520-0450(2004)043<1038:QPSDTA>2.0.CO;2.

GIVATI, A., ROSENFELD, D. (2005): "Separation between cloud seeding and air pollution effects", *J. Appl. Meteorol.*, 44, 1298–1314.

GIVATI, A., ROSENFELD, D. (2007): "Possible impacts of anthropogenic aerosols on water resources of the Jordan River and the Sea of Galilee", *Water Resources Researc.*, 43, W10419.

GIVATI, A., ROSENFELD, D. (2009): "Comments on ``Does Air Pollution Really Suppress Precipitation in Israel?"". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 48. 1733-1750. 10.1175/2009JAMC1902.1.

GIVONI, B. (1976): "Man, climate and architecture". Applied Science Publishers. London.

-
- GIVONI, B. (1991): "Impact of planted areas on urban environmental quality: a review". *Atmospheric Environment*. (25) 3, 289-299.
- GOH, K.C., CHANG, C.H. (1999): "The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22:00 h for Singapore". *International Journal of Climatology*, 19, 1011-1023.
- GOLDEN, J.S., HARTZ, D., BRAZEL, A., LUBER, G., PHELAN, P. (2008): "A biometeorology study of climate and heat-related morbidity in Phoenix from 2001 to 2006". *International Journal of Biometeorology*, 52, 471-480.
- GOLDREICH, Y. (1984): "Urban topoeclimatology". *Progress in Physical Geography*, 3 (8), 336-364.
- GOLDREICH, Y. (1992): "Urban climate studies in Johannesburg, a subtropical city located on a ridge –A Review." *Atmospheric Environment*, (26 B), 3, 407-420.
- GÓMEZ LOPERA, F. (2005): "Las zonas verdes como factor de calidad de vida de las ciudades". *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*. (XXXVII) 144, 417-436.
- GONZÁLEZ, J.A., MEJÍAS, J.L., CALBÓ, J. (2001): "Aplicación de métodos basados en medidas radiativas de banda ancha a la determinación de la turbidez atmosférica en Girona. Pérez Cueva, A.J., López Baeza, E. y Tamayo Carmona, J. (Eds.). *El tiempo del clima*. Valencia: Asociación Española de Climatología, 2001, p. 467-475
- GREENFACTS, (2008): "Glosario del IPCC para el cambio Climático". Disponible a <<http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm>>.
- GRIEND, A., OWE, M. (1993): "On the Relationship between Thermal Emissivity and the Normalized Difference Vegetation Index for Nature Surfaces". *International Journal of Remote Sensing*, 14, 1119-1131. <https://DOI.org/10.1080/01431169308904400>
- GRIMMOND, C.J.B., POTTER, S.K., ZUTTER, H.N., SUCH, C. (2001): "Rapid methods to estimate Sky-View factors applied to urban areas". *International Journal of Climatology*. 21. 903-913.
- GRIMMOND, C.S.B. (2006): "Progress in measuring and observing the urban atmosphere". *Theoretical and Applied Climatology*, 84 (1), 3-22.
- GUO, X., FU, D., WANG, J. (2006): "Mesoscale convective precipitation system modified by urbanization in Beijing city". *Atmospheric Research*, 82, 112-116. <https://DOI.org/10.1016/j.atmosres.2005.12.007>.
- HAN, J-Y., BAIK, J-J., LEE, H. (2014): "Urban impacts on precipitation". *Asia-Pacific Journal of the Atmospheric Sciences*. 50. DOI: 10.1007/s13143-014-0016-7. Disponible a https://www.researchgate.net/publication/262992470_Urban_impacts_on_precipitation. Consultat el 6 de maig de 2016.
- HAND, M., SHEPHERD, J.M. (2009): "An Investigation of Warm-Season Spatial Rainfall Variability in Oklahoma City: Possible Linkages to Urbanization and Prevailing Wind". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 8 (2), 251-269.

- HAWKINS, T.W., BRAZEL, A.J., STEFANOV, W.L., BIGLER, W., SAFFELL, E, (2004): "The role of rural variability in urban heat island determination for Phoenix, Arizona". *Journal of Applied Meteorology*, 43, 476-486.
- HEINO (1999): "Homogeneity of the long-term urban data records". *Atmospheric Environment*, (33) 24-25, 3879-3883.
- HERNÁNDEZ, R. (2001): "Comparación de métodos de Kriging multivariante para la estimación espacial de la temperatura del aire". *Estudios Geográficos*, 243, 285-306.
- HJELMFELT, M.R. (1982): Numerical Simulation of the effects of St. Louis on mesoscale boundary-layer airflow and vertical air motion: Simulations of urban vs non-urban effects. *Journal of Applied Meteorology*, 21, 1239-1257.
- HOBBS, P.V., RADKE, L.F., SHUMWAY, S.E. (1970): "Cloud condensation nuclei from industrial sources and their apparent influence on precipitation in Washington State", *Journal of Atmospheric Sciences*, 27, 81-89.
- HOLMER, B., ELIASSON, I. (1999): "Urban-rural vapor pressure differences and their role in the development of urban heat islands". *International Journal of Climatology*, 19, 989-1009.
- HOUGH, M. (1995): "Clima: realizando conexiones". En *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. 241-281. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- HUANG, Y.J., AKBARI, H., TAHA, H., ROSENFELD, A.H. (1987): "The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, 1103-1116.
- HUEBNER, W.F., KILLEN, R.M., BOICE, D.C. (1994): "Reciprocity between the urban heat island effect and air pollution". Dins *KOLOTRONI d' Urban Air Pollution*. Volume 1. 266-288.
- HUFF, F.A., VOGEL, J.L. (1978): "Urban, topographic and diurnal effects on rainfall in the St. Louis region". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 565-577.
- HUFF, F.A., CHANGNON, S.A. (1986): "Potential urban effects on precipitation in the winter and transition seasons at St. Louis, Missouri". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25, 1887-1907.
- HUGGET, R., CHEESMAN, J. (2002): "Topography and the Environment". Prentice Hall. Harlow.
- HUTH, R., BECK, C., PHILIPP, A., DEMUZERE, M., USTRNUL, Z., CAHYNOVÁ, M., KISELÝ, J., TVEITO, O.E. 2008. Classifications of Atmospheric Circulation Patterns. *Recent Advances and Applications. Trends and directions in climate research*, 105-152.
- ICHINOSE, T., SHIMODOZONO, K., HANAOKI, K, (1999): "Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo". *Atmospheric Environment*. 33, 3897-3909.

INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA (2002): «Mapa topogràfic del Gironès. Escala 1:25000». Generalitat de Catalunya.

JARENIA, C. (2011): "Geotecnología espacial aplicada al estudio del clima urbano: Análisis térmico superficial en la ciudad de Caracas-Venezuela". *Revista Geográfica Venezolana*, (52), 31-46.

JÁUREGUI, E. (1993): "La isla de calor urbano de la ciudad de México a finales del siglo XIX". *Investigaciones Geográficas*, 26, 31-40, Universidad Nacional Autónoma de México.

JÁUREGUI, E. (1995): "Algunas alteraciones de largo periodo del clima de la ciudad de México debidas a la urbanización". *Investigaciones Geográficas*, 31, 9-44.

JÁUREGUI, E. (1995): "Algunas alteraciones del clima de la ciudad de México debidas a la urbanización". *Revisión y Perspectivas. Investigaciones Geográficas*, 31, 9-44.

JÁUREGUI, E. (1997): "Heat island development in Mexico City". *Atmospheric Environment*, (31) 22, 3821-3831.

JAUREGUI, E., ROMALES, E. (1996): "Urban effects on convective precipitation in Mexico city". *Atmospheric Environment*, (30), 20, 3383-3389.

JAZCILEVICH, A., FUENTES, V., JAUREGUI, E., LUNA, E. (2000): "Simulated urban climate response to historical land use modification in the Basin of Mexico". *Climatic Change*, 44, 515-536.

JAZCILEVICH, A., FUENTES, V., JAUREGUI, E., LUNA, E. (2000): "Simulated urban climate response to historical land use modification in the Basin of Mexico". *Climatic Change*. 44. 515-536.

JIN, M., SHEPERD, J.M., KING, M.D. (2005): "Urban aerosols and their interaction with clouds and rainfall: A case study for New York and Houston". *Journal of Geophysical Research*. In press.

JOHANSSON, E. (2006): "Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco". *Building and Environment*, Volum 41, Número 10, 2006, pàg.1326-1338.

JOHNSON, P. (2004): "Vegetation as an urban climate control in the subtropical city of Gaborone, Botswana". *International Journal of Climatology*, 24, 1307-1322.

JONES, P.D., KELLY, P.M., GOODESS, C.M. (1989): "Notes and Correspondence. The effect of urban warming on the northern hemisphere temperature average". *Journal of Climate*, 2, 285-290.

KARENIA, C. (2011): "Geotecnología espacial aplicada al estudio del clima urbano: Análisis térmico superficial en la ciudad de Caracas-Venezuela". *Revista Geográfica Venezolana*, (52), 31-46.

- KARENIA, C. (2011): "Geotecnología espacial aplicada al estudio del clima urbano: Análisis térmico superficial en la ciudad de Caracas-Venezuela". *Revista Geográfica Venezolana*, (52), 31-46.
- KARL, T.R., DIAZ, H.F., KUKLA, G. (1988): "Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record". *Journal of Climate*, (1) 11, 1099-1123
- KHAIN, A., ROSENFELD, D., POKROVSKY, A. (2005): "Aerosol impact on the dynamics and microphysics of deep convective clouds". *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 131, 2639-2663. DOI:10.1256/qj.04.62.
- KIM, Y-H., BAIK, J-J. (2004): "Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea". *Theoretical and Applied Climatology*, 79, 151-164.
- KLYSIK, K., FORTUNIAK, K. (1999): "Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Łódź, Poland". *Atmospheric Environment*, 33, 3885-3895.
- KOLOKOTRONI, M., GIRIDHARAN, R. (2008): "Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer". *Solar Energy*, 82, 986-988.
- KOZUCHOWKI, J., TREPINSKA, J., WIBIG, J. (1994): "The air temperature in Cracow from 1826 to 1990: persistence, fluctuations and the urban effect". *International Journal of Climatology*, 14, 1035-1049.
- KOZUCHOWKI, J., TREPINSKA, J., WIBIG, J. (1994): "The air temperature in Cracow from 1826 to 1990: persistence, fluctuations and the urban effect". *International Journal of Climatology*. 14. 1035-1049.
- KUKLA, G., GAVIN, J., KARL, T.R. (1986): "Urban warming". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, (25), 1265-70.
- KUKLA, G., GAVIN, J., KARL, T.R. (1986): "Urban warming". *Journal of Climate and Applied Meteorology*. (25). 1265-70. *American Meteorological Society*.
- LADOCHY, STEVE. (2005). *The Disappearance of Dense Fog in Los Angeles: Another Urban Impact? Physical Geography - PHYS GEOGR*. 26. 177-191. 10.2747/0272-3646.26.3.177.
- LAMARQUE, P. JOURDAIN, S. (1994): "Élaboration de longues series climatologiques homogènes pour l'étude de l'évolution climatique". *La Météorologie*, 8e série, Núm. 7, 61-67.
- LANDSBERG, H.E. (1981): "City climate" Dins "World Survey of Climatology. General Climatology". 3., 299-334, Elsevier Scientific Publishing Company.
- LANDSBERG, H.E. (1981): "The urban climate", Academic Press. Nova York.
- LAWRENCE, E.N. (1971): "Urban climate and day-of-the-week". *Atmospheric Environment*, 5, 935-948.

LAZZARINI, M., MARPU, P.R., GHEDIRA, H. (2013): "Temperature-land cover interactions: The inversion of urban heat island phenomenon in desert city areas". *Remote Sensing of Environment*, 130, 136-152.

LEE, D.O. (1977): "Urban influence on wind directions over London". *Weather*, 32(5), 162-170.

LEE, D.O. (1979). "The influence of atmospheric stability and the urban heat island on urban-rural wind speed differences". *Atmospheric Environment*, 13(8), 1175-1180.

LI, W., et al. (2004): "GIS Analysis of the Climatic Evaluation of 3D Urban Geometry. The Development of GIS Analytical Tools for Sky View Factor." Disponible a www.gisdevelopment.net/proceedings/gisdeco/2004/poster/li.pdf.

LI, LW., CHENG, W-L. (2009): "Air quality influenced by urban heat island coupled with synoptic weather patterns". *Science of The Total Environment*, 407 (8), 2724-2733.

LI, D., BOU-ZEID, E. (2013): "Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52 (9), 2051-2064. DOI: 10.1175/JAMC-D-13-02.1.

LIN, C.Y., CHEN, W.C., CHANG, P.L., SHENG, Y.F. (2011): "Impact of the Urban Heat Island Effect on Precipitation over a Complex Geographic Environment in Northern Taiwan". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50 (2) 339-353.

LINDBERG, F., ELIASSON, I., HOLMER, B. (2003): "Urban geometry and temperature variations". Dins Fifth International Conference on Urban Climate. Lodz. Disponible a www.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/text/O_14_1.pdf.

LIU, J., NIYOGI, D. (2019). Meta-analysis of urbanization impact on rainfall modification. *Scientific Reports*. 9. 10.1038/s41598-019-42494-2.

LOPES, A. M. S. (2003): "Modificações no Clima de Lisboa como Consequência do Crescimento Urbano – Vento, Ilha de Calor de Superfície e Balanço Energético". Tesi de doctorat en Geografia Física, Facultat de Lletres, Universitat de Lisboa: 217-321.

LOPES, A., ALVES, E., ALCOFORADO, M. J., MACHETE, R. (2013): "Lisbon urban heat island updated: New highlights about the relationships between thermal patterns and wind Regimes". *Advances in Urban Biometeorology*. Article ID 487695. 11 pg., <https://DOI.org/10.1155/2013/487695>.

LOPEZ GOMEZ, A., FERNANDEZ GARCIA, F. (1984): "La isla de calor en Madrid. Avance de un estudio de clima urbano". *Estudios Geográficos*, XLV (174), 5-21.

LÓPEZ GÓMEZ, A., MORENO JIMÉNEZ, A., FERNÁNDEZ GARCÍA, F., PALOU F. (1990): "La temperatura diurna en la aglomeración de Madrid mediante imágenes remotas". *Estudios Geográficos*, LI (201), 705-731.

LÓPEZ GÓMEZ, A., FERNÁNDEZ GARCÍA, F., ARROYO, F., MARTÍN VIDE, J., CUADRAT, J.M. (1993a): "El clima de las ciudades españolas". Ediciones Cátedra. Madrid.

.....

LÓPEZ GÓMEZ, A., LÓPEZ GÓMEZ J., FERNÁNDEZ GARCÍA, F., MORENO JIMÉNEZ, A. (1993b): "El clima urbano. Teledecepción de la isla de calor en Madrid". Serie Monografías. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

LOWRY, W.P. (1975): "El clima de las ciudades" Dins El Hombre y la Exosfera. 202-210. Scientific American/Blume.

LOWRY, W.P. (1977): "Empirical estimation of urban effects on climate: a problem analysis". Journal of Applied Meteorology, 16 (2), 129-135.

LOWRY, W.P. (1998): "Urban effects on precipitation amount". Progress in Physical Geography, 22, 477-520.

LYONS, W.F., BONELL, M. (1994): "Regionalization of daily mesoscale rainfall in the tropical wet/dry climate of the Townsville, area of north-east Queensland during the 1988-1989 wet season". International Journal of Climatology, 14, 1135-1163.

MACKEY, C.W., LEE, X., SMITH, R.B. (2012): "Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island". Building and Environment, 49, 348-358.

MANOLA, I., STEENEVELD, R., ULJLENHOET, A., HOLSTAG, A.M. (2019): "Analysis of urban rainfall from hourly to seasonal scales using high-resolution radar observations in the Netherlands". International Journal of Climatology, 40 (2), 822-840. <https://DOI.org/10.1002/joc.6241>

MARTÍN VIDE, J., GARCÍA, M.C. (2013): "La difícil determinación de la evolución el número de días de tormenta en España. El caso de Barcelona". Polígonos. Revista de Geografía. 77-94. DOI: 10.18002/pol.v0i24.842.

MARTÍN VIDE, J. (2015a): "Las islas de calor urbanas o dónde acaba la ciudad". GeocritiQ. 20 de diciembre de 2015, 189. Disponible a <http://www.geocritiq.com/2015/12/las-islas-de-calor-urbanas-o-donde-acaba-la-ciudad/>. Consultat el 17 d'abril de 2017.

MARTÍN VIDE, J., SARRICOLEA, P., MORENO-GARCÍA, M.C. (2015b): "On the definition of urban heat island intensity: the "rural" reference". Frontiers in Earth Science, 2015, 3 (24). DOI: 10.3389/feart.2015.00024

MARTÍN VIDE, J., MORENO GARCIA, M.C. (2020): "Probability values for the intensity of Barcelona's urban heat island (Spain)". Atmospheric Research, 240. DOI: 104877. DOI: 10.1016/j.atmosres.2020.104877. Disponible a https://www.researchgate.net/publication/338814246_Probability_values_for_the_intensity_of_Barcelona%27s_urban_heat_island_Spain. Descarregat el 15 d'agost de 2021.

MATZARAKIS, A., MAYER, H. (1991): "The extreme heat wave in Athens from the point of view of human biometeorology". Atmospheric Environment, 25, 203-211.

MENDONCA, F. (2009): "Urban heat and cool islands: Influences of vegetation and soil surface in some cities, southern Brazil". The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June- 3 July 2009, Yokohama, Japan, 4 pp.

MIAO, S., CHEN, F.L, LI, Q., FAN, S. (2011): "Impacts of Urban Processes and Urbanization on Summer Precipitation: A Case Study of Heavy Rainfall in Beijing on 1 August 2006". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50 (4), 806-825.

MIKEL, K.M., NELSON, F.E., KLENNE, A.E., BELL, J.H. (2003): "The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. *International Journal of Climatology*, 23 (15), 1889-1905.

MILLS, G. (2006): "Progress towards Sustainable Settlements: A Role for Urban Climatology." *Theoretical and Applied Climatology*, 84 (1), 69-76.

MIRAGAYA VERAS, A. (2003): "Medio ambiente urbano en A Coruña: El papel de la dinámica atmosférica y de los factores locales". Tesis doctoral, Universitat de Santiago de Compostela.

MORENO GARCIA, M.C. (1988): "Frecuencias de la precipitación según los días de la semana en Barcelona". *Revista de Geografía*, XXI-XXII, 5-10.

MORENO GARCIA, M.C. (1990a): "Estudio del clima urbano de Barcelona: "la isla de calor". Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, Facultat de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional.

MORENO GARCIA, M.C. (1990b): "La cartografía del fenómeno de la isla de calor". *Notes de Geografia Física*, 19, 73-81. Universitat de Barcelona.

MORENO GARCIA, M.C. (1994): "Intensity and the form of the urban heat island in Barcelona". *International Journal of Climatology*, 14, 705-710.

MORENO GARCÍA, M.C. (1999a): "Climatología Urbana". Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona.

MORENO GARCIA, M.C. (2001): "Climas urbanos y variabilidad climática". Dins MARTÍN Vide, J., Olcina Cantos, J. (coord.) *Climas y tiempos de España*. pp. 153-176. Alianza Editorial. ISBN: 84-206-5777-8.

MORENO GARCIA, M.C. i MARTÍN VIDE, J. (2002): "Algunas ideas propias de la Climatología Urbana de cara a la planificación urbana y rural". Dins *Aportaciones geográficas en memoria del profesor L. Miguel Yetano*. 395-400. Universitat de Saragossa.

MORRIS, C.J.G., SIMMONDS, I., PLUMMER, (2001): "Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city". *Journal of Applied Meteorology*, 40, 169-182.

MÜLLER, N., KUTTLER, W., BARLAG, A-B. (2014): "Analysis of the subsurface urban heat island in Oberhausen, Germany". *Climate Research*, 58, 247-256.

MUÑOZ, D., RODRIGO, F.S. 2002. Análisis cluster para el estudio de la relación NAO-precipitaciones de invierno en el sur de la Península Ibérica. Dins GUIJARRO, J.A. *El Agua y el Clima*, Publicaciones de la AEC, Serie A, 3, 283-293, Palma de Mallorca.

NAJJAR, G., KASTENDEUCH, P.P., STOLL, M-P., COLIN, J.R., NERRY, F., BERNARD, J., DE HATTEN, A., LUHAHE, R., VIVLLE, D. (2004): "Le Project Reclus. Tédédéction, rayonnement et bian d'énergie en climatologie urbaine à Strasbourg". La Météorologie, 46, pp. 44-50.

NOTO, K. (1996): "Dependence of heat island phenomena on stable stratification and heat quantity in a calm environment". Atmospheric Environment, 30, 475-485.

NUÑEZ, M., OKE, T.R. (1977): "The energy balance of an urban canyon". Journal of Applied Meteorology, 16, 11-19.

OKE, T.R. (1973): "City size and the urban heat island". Atmosphere, 14, 268-277.

OKE, T.R. (1976): "The distinction between canopy and boundary layer urban heat islands". Atmosphere, 14, 268-277.

OKE, T.R. (1977): "The urban energy balance. Progress in Physical Geography, 12, 471-508.

OKE, T.R. (1981): "Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations". Journal of Climatology, 11, 237-254.

OKE, T.R. (1987): "Boundary Layer Climates", Routledge, London.

OKE, T.R. (1988): "Street design and urban canopy layer climate". Energy and Buildings, 11, 103-113.

OKE, T.R. (1997): "Urban Climates and Global Environmental Change" Dinsn Applied Climatology. 273-287. Rouledge.

OKE, T.R. (1998): "Observing urban weather and climate". Proc. WMO Tech. Conf. on Meteorology and Environmental Instruments and Methods of Observation. Geneve. World Meteorological Organization. WMO-TD- Núm. 877.1-8.

OKE, T.R. (2004): "Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Instruments and observing methods". Report 81. TD-No. 1250.

OKE, T.R. (2006): "Towards better scientific communication in urban climate". Theoretical and Applied Climatology, 84 (1), 179-190.

OLCINA CANTOS, J., RICO AMORÓS, A., MIRÓ PÉREZ, J.J. (1998): "El factor climático en los documentos de ordenación urbana. Propuesta de método de análisis del clima en el planeamiento municipal". Dins "Clima y Ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas". 381-397. Parteluz.

OLCINA CANTOS, J., SERRANO-NOTIVOLI, R., MIRÓ, J., MESEGUER RUIZ, O. (2019): "Tropical nights in the Spanish Mediterranean coast: recent evolution (1950–2014)". Climate Research. DOI: 10.3354/cr01569. Disponible a https://www.researchgate.net/publication/334541171_Tropical_nights_in_the_Spanish_Mediterranean_coast_recent_evolution_1950-2014. Descarregat el 12 de març de 2021.

OLIVEIRA, S., ANDRADE, H., VAZ, T. (2011): "The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon". *Building and Environment*, 46, 2186-2914.

OLIVER, J.E. (2005): "Encyclopedia of World Climatology". Springer.

ORTEGA VILLAZAN, M.T. MORALES RODRIGUEZ, C. (2005): "Clima y crecimiento urbano en Valladolid". *Dins Clima y cartografía. Representación gráfica y modelización como base de la investigación climática. VIII Reunión Nacional de Climatología: Valladolid 24-26 de juny de 2004.* 127-161. Universitat de Valladolid.

ORTIGOSA, L., SOBRON, I., GOMEZ, A. (2001): "Microclima térmico invernal de Logroño. Aportación al análisis del confort climático". *Berceo*, 141. 163-182.

PAGENKOPF, A. (2006): "The spatiotemporal structure of precipitation in Berlin and its surrounding regions between 1951 and 1990". *Sixth International Conference on Urban Climate.* 842-845. ICUC 6. Goteborg.

PAGÉS, D., CALBÓ, J., GONZÁLEZ, J.A. (2001): "Método para el análisis de la cobertura nubosa. Aplicación a Girona". *Dins Pérez Cueva, A.J., López Baeza, E. y Tamayo Carmona, J. (Eds.). El tiempo del clima. Valencia: Asociación Española de Climatología, 2001, p. 187-197 II*

PAJARES, M.S. et al. (1997): "Mortalidad diaria en la comunidad de Madrid (1986-1991) para el grupo de 45 a 64 años: su relación con la temperatura del aire". *Revista Española de Salud Pública*, 71 (2), 149-160.

PARK, H.S. (1987): "Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments." *Environmental Research Center. Papers 11. The University of Tsukube. Ibaraki.*

PEARLMUTTER, D., BERLINER, P., SHAVIV, E. (2007): "Urban climatology in arid regions: current research in the Negev desert". *International Journal of Climatology*, 27 (14), 1875-1885

PEÑA RABADÁN, J.C., RASO NADAL, J.M. (2010): "Aviso de riesgo de frío emitido por el Servei Meteorològic de Catalunya". *Dins "Clima, ciudad y ecosistemas". Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, AEC. Serie A, 7, 373-3282.*

PÉREZ CUEVA. A.J. (1993): "Brisas e isla térmica en Valencia". *Dins Aportaciones en homenaje al profesor Luis Miguel Albentosa, Diputació de Tarragona, Dept. de Geografia i Història, URV, 193-204.*

PÉREZ CUEVA, A. J (2001): "Clima y confort en las ciudades: la ciudad de Valencia". *Mètode. Universitat de Valencia.*

PÉREZ GONZÁLEZ, M.E., GARCÍA RODRÍGUEZ, M.P., GUERRA ZABALLOS, A. (2003): "Análisis del clima urbano a partir de imágenes de satélite en el centro peninsular español". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 23, 187-206.

.....

PESQUER MAYOS, L., MASÓ PAU, J., PONS FERNÁNDEZ, X. (2005.): "Integración de SIG y meteorología. Aplicaciones de importación y gestión". Dins COMÍN BASCÓN, J.L. et al. De lo local a lo global: nuevas tecnologías de la información geográfica para el desarrollo. 187-201. Servicio de Publicaciones. Universidad de Extremadura.

PETERSON, T.C., EASTERLING, D.R. and Coauthors (1998): "Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climates data: A review". *International Journal of Climatology*, 18. 1493-1517.

PETERSON, T.C. (2003): "Assessment of urban versus rural in situ surface temperatures in the contiguous United States: No difference found". *Journal of Climate*, 16 (8), 2941-2959.

PETERSON, T.C., OWEN, T.W. (2005): "Urban heat island assessment: Metadata are important". *Journal of Climate*, 18, 2637-1646.

PETERSON T.C. (2006): "Examination of potential biases in air temperature caused by poor station locations". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87, 8, 1073-1080.

PIELKE, R.A., ADEGOKE, J., BELTRAN-PRZEKURAT, A., HIEMSTRAE, C.A., LIN, J., NAIR, U.S., NIGOYI, D., NOBIS, T.E. (2007): "An overview of regional land-use and land-cover impacts on rainfall". *Tellus B. Chemistry Physics Meteorology*, 50, 587-601. DOI: 10.1111/j.1600-0889.2007.00251.x.

PIGEON, G., LEMONSU, A., MASSON, V., HIDALGO, J. (2008): "De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville". *La Météorologie*, 62, 39-47.

PORTMAN, D.A. (1993): "Identifying and correcting urban biases in regional time series: Surface temperature in China's northern plains". *Journal of Climate*, 6. 2298-2308.

POTCHTER, O., COHEN, P., BITAN, A. (2006): "Climatic behaviour of various urban parks during hot and humid summer in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel". *International Journal of Climatology*, 26 (12), 1695-1711.

QIAO, Z., TIAN, G., ZHANG, L., XU, X. (2014): "Influences of urban expansion on urban heat island in Beijing during 1989-2010". *Advances in Meteorology*, Article ID 187169, <<http://dx.Doi.org/10.1155/2014/187169>>, 11 pg.

QUEREDA SALA, A, GIL OLCINA, A., PÉREZ CUEVAS, A., RICO AMORÓS, A., OLCINA CANTOS, J., MONTÓN, E. (2000): "Climatic warming in the Spanish Mediterranean: natural trend or urban effect". *Climatic Change*, 46 (4), 473-483. DOI: 10.1023 / A: 1005688608044

QUEREDA SALA, J., MONTON CHIVA, E., ESCRIG BARBERÀ, J., RUESCAS ORIENT, A.B., MOLÀ CANTAVELLA, B. (2003): "La detección del efecto térmico urbano a través de las imágenes NOAA". *Cuadernos de Geografía*, 73-74, 343-362.

RAMIRO ROCA, E. (2006): "Una isla que se mueve". *Didáctica Geográfica*, 8, 33-50

.....

RASILLA ALVAREZ, D.F. (2004): "Interacción entre procesos atmosféricos: La evolución de la precipitación invernal en el suroeste de Europa durante el siglo XX". Dins FERNANDEZ GARCIA, F. Historia, clima y paisaje. Estudios Geográficos en memoria del profesor A. López Gómez. Universitat de Valencia. Universitat Autònoma de Madrid. Universitat d'Alacant.

RASILLA, D., FERNANDEZ GARCIA, F., ALLENDE ÁLVAREZ, F., MARTILLI, A. (2018): "Estancamiento atmosférico e inversiones térmicas en la meseta meridional". Disponible a <http://aeclim.org/wp-content/uploads/2019/07/363-RASILLA.pdf>. Descarregat el 6 de març de 2020.

RASO NADAL, J.M. (1999): "Temperaturas extremas y mortalidad en Barcelona". Dins La climatología española en los albores del siglo XXI. 458-468. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, 1. I Congreso de la Asociación Española de Climatología.

RICHMAN, M.B. (1993): "Comments on: The effect of domain shape on principal component analyses". International Journal of Climatology, 13, 203-218.

RIZWAN, A. M., LEUNG DENNIS, Y. C., CHUNHO, L. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Science, 20(1), 120–128.

ROBERTS, S.M., OKE, T.R., GRIMMOND, C.S.B., VOOGT, J.A. (2006): "Comparison of four methods to estimate urban heat storage". Journal of Applied Meteorology and Climatology, 45, 1766-1780.

ROCHA, J., TENEDÓRIO, J.A., ESTANQUEIRO, R., P.M. SOUSA, 2007. Classificação de uso do solo urbano através da análise linear de mistura espectral com imagens de satélite. Finisterra, XLII (83), 47-62.

ROYÉ, D., SERA, F., TOBIAS, A., LOWE, R., GASPARRINI, A. PASCAL, M, DE'DONATO, F., NUNES, B., TEIXEIRA, J. (2021): "Effects of Hot Nights on Mortality in Southern Europe". Epidemiology. 32. 487-498. 10.1097/ede.0000000000001359. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/346426533_Effects_of_Hot_Nights_on_Mortality_in_Southern_Europe. Descarregat el 9 de desembre de 2021.

ROSENFELD, D. (2000): "Suppression of rain and snow by urban air pollution. Science", 287, 1793–1796.

ROSENFELD, D. (2008): "Urban and Industrial Aerosols Impacts on Precipitation". 16th Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification. PL.

RUESCAS, A.B., QUEREDA, J., MONTÓN, E., ESCRIG, J., MOLLÀ, B. (2003): "La detección del efecto térmico urbano a través de las imágenes NOAA". Cuadernos de Geografía, 73-74, 343-362.

RUNNALLS, K.E., OKE, T.R. (2000): "Dynamics and controls of the near-surface heat island of Vancouver, British Columbia". Physical Geography, 21 (4), 283-304.

- RYU, Y.H., BAIK, J.J. (2011): "Quantitative analysis of factors contributing to urban heat island". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, (51), 842-854.
- SALVO, A.E., SÁNCHEZ PRADOS, J.M., VALDÉS, M.R., (1993): "Apuntes para la valoración sistemática del verde urbano en una ciudad mediterránea: Málaga". *Dins Naturaleza urbanizada*. 129-152.
- SALVO, A.E., WERNER, P. (1989): "Naturaleza en las ciudades". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- SAN PEDRO MENDOZA, F. (1994): "Aproximación al análisis de los climas urbanos sobre series urbanas". *Serie Geográfica*, 4, 99-106,
- SANTAMOURIS, M. (2000): "Energy and Climate in the Urban Built Environment". James, James.
- SANTAMOURIS, M., PAPANIKOLAOU, N., LIVADA, I., KORONAKIS, I., GEORGAKIS, C., ARGIRIOU, A., ASSIMAKOPOULOS, D.N. (2001): "On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings". *Solar Energy*, (70), 3, 201-216.3
- SARRAT, C., LEMONSU, A., MASSON, V., GUEDALIA, D. (2006): "Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution". *Atmospheric Environment*, 40, 1743-1758.
- SARRICOLEA, P., ALISTE, E., CASTRO, P., ESCOBEDO, C. (2008): "Análisis de la máxima intensidad de la isla de calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos". *Revista de Climatología*, 8, 71-84.
- SCHATZ, J., KUCHARIK, C.J. (2014): "Seasonality of the urban heat island effect in Madison, Wisconsin". *Journal of Applied Meteorology and Climatology* (53), 2371-2386.
- SCHERER, D., FEHRENBACH, U., BEHA, J.D., PARLOW, E. et al. (1999): "Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes". *Atmospheric Environment*, 33 (24-25), 4185-4193.
- SCHULTZ, D.M., MIKKONEN, S., LAAKSONEN, A., RICHMAN, M.B. (2007): "Weekly precipitation cycles? Lack of evidence from United States surface stations", *Geophysical Research Letters*, (34), L22815-22818. DOI: 10.1029/2007GL031889.
- SCHULTZ, D.M., MIKKONEN, S., LAAKSONEN, A., RICHMAN, M.B. (2008): "Weekly patterns of aerosol in the United States". *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 2729-2739.
- SEMONIN, R.G., HUFF, F.A. (1975): "A hypothesis for urban rainfall anomalies". *Journal of Applied Meteorology*, 15 (6), 544-560. DOI: 10.1175/1520-0450(1976)015<0544:AHFURA>2.0.CO;2
- SHASHUA-BAR, L., TZAMIR, Y., HOFFMAN, M.E. (2004): "Thermal effects of building geometry and spacing on the urban canopy layer microclimate in a hot-humid climate in summer". *International Journal of Climatology*, 24 (13), 1729-1742.

.....

SHEPHERD, J.M., PIERCE, H., NEGRI, A.J. (2002): "Rainfall modification by major urban areas: Observations from spaceborne rain radar on the TRMM satellite". *Journal of Applied Meteorology*, 41, 689-701.

SHEPHERD, J.M. (2005): "A review of current investigations of urban-induced rainfall and recommendations for the future", *Earth Interactions*, 9 (12), 1-27.

SHI, C., ROTH, M., ZHANG, H., AND LI, Z. (2008): "Impacts of urbanization on long-term fog variation in Anhui Province, China", *Atmospheric Environment*, 42, 8484-8492, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.08.002>.

SHIGUANG MIAO, FEI CHEN, QINGCHUN LI AND SHUIYONG FAN (2011): Impacts of Urban Processes and Urbanization on Summer Precipitation: A Case Study of Heavy Rainfall in Beijing on 1 August 2006. *journal of applied meteorology and climatology*

SILVA, M.R., et al. (2000): "Characteristics of C-Band meteorological radar echoes at Petrolina, north-east Brazil". *International Journal of Climatology*, 20, 279-298.

SMITH, C., LINDLEY, S., LEVERMORE, G. (2009): "Estimating spatial and temporal patterns of urban anthropogenic heat fluxes for UK cities: the case of Manchester". *Theoretical and Applied Climatology*, 98, 19-35.

SOLER TEMPRANO, X. (1998): "Avance sobre la isla de calor en Girona". *Dins El clima urbano de las ciudades ibéricas e iberoamericanas*. 281-291. Parteluz.

SOULE, P.T, SUCKLING, P.W. (1995): "Variations in heating and cooling degree-days in the South-Eastern USA, 1960-1989". *International Journal of Climatology*, 15, 355-367.

SPIEGEL, M.R., STEPHENS, L.J. (2001): "Estadística". 541 Mc Graw-Hill. México.

STALLINS, J., BENTLEY, MACE. (2006). Urban lightning climatology and GIS: An analytical framework from the case study of Atlanta, Georgia. *Applied Geography*. 26. 242-259. [10.1016/j.apgeog.2006.09.008](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2006.09.008).

STANHILL, G., KALMA, J.D. (1995): "Solar dimming and urban heating at Hong Kong". *International Journal of Climatology*, 15 (8), 933-941.

STATHOPOULOU, M., CARTALIS, C., CHRYSOULAKIS, N. 2006. Using midday surface temperature to estimate cooling degree-days from NOAA-AVHRR thermal infrared data: An application for Athens, Greece. *Solar Energy*, 80, 414-422.

STEVE LADOCHY (2005): "The Disappearance of Dense Fog in Los Angeles: Another Urban Impact?". *Physical Geography*, 26:3, 177-191, DOI: [10.2747/0272-3646.26.3.177](https://doi.org/10.2747/0272-3646.26.3.177). <https://DOI.org/10.2747/0272-3646.26.3.177>. Consultat el 5 de març de 2013.

STEWART, I.D., OKE, T.R. (2009): "Classifying urban climate field sites by "local climate zones. The case of Nagano, Japan". The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan. Disponible a http://www.megujuloenergiapark.hu/docs/mekut/11_385055-1-090515165722-002.pdf

STEWART, I.D., OKE, T.R. (2012): "Local Climate Zones for Urban Temperature Studies". Bulletin of the American Meteorological Society, 93, 1879-1900. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

STEWART, I.D., OKE, T.R., KRAYENHOFF, E.S. (2013): "Evaluation of the "local climate zone" scheme using temperature observations and model simulations". International Journal of Climatology, 34 (4), 1062-1080.

STONE, B. (2007): "Urban and rural temperature trends in proximity to large US cities: 1951-2000". International Journal of Climatology, 27, 1801-1807.

SUN, R., LU, Y., CHEN, L., YANG, L., CHEN, A. (2013): "Assessing the stability of annual temperatures for different urban functional zones". Building and Environment, 65, 90-98.

SUNDBORG, A. (1951): "Climatological studies in Uppsala". Geographica. 22. Uppsala University. Dept of Geography

SVENSSON, M.K., ELIASSON, I., HOLMER, B. (2002): "A GIS based empirical model to simulate air temperature variations in the Göteborg urban area during the night". Climate Research, 22, 215-226.

SVOMA, B., BRAZEL, A. (2010). "Urban effects on the diurnal temperature cycle in Phoenix, Arizona". Climate Research, 41, 21-29.

SZYMANOWSKI, M. (2005): "Interaction between thermal advection in frontal zones and the urban heat island of Wroclaw, Poland". Theoretical and Applied Climatology, 82, 207-224.

TAULÉ CODINACH, G. (2008): "L'illa de calor urbana de Girona". I Jornades de Meteorologia i Climatologia de la Mediterrània Occidental. Pòster. Barcelona, 28 de novembre de 2008.

TAULÉ CODINACH, G. (2018): "Anàlisi de les diferències tèrmiques observades en 2 termochrons situats a la intempèrie i dins d'una gàbia meteorològica". XXIV Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè. Barcelona. Pòster.

TAYANÇ, M., HÜSEYİN, T. (1997): "Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey". Climatic Change. 35. 501-524.

TEJEDOR, E., CUADRAT PRATS, J.M., SAZ, M., SERRANO-NOTIVOLI, R. LÓPEZ, N., ALADRÉN, M. (2016): "Islas de calor y confort térmico en Zaragoza durante la ola de calor de julio de 2015". DOI: 10.14198/XCongresoAECALicante2016-13. Disponible https://www.researchgate.net/publication/308966776_Islas_de_calor_y_comfort_termico_en_Zaragoza_durante_la_ola_de_calor_de_julio_de_2015. Consultat el 15 de maig de 2019.

THOMAS L. BELL, TROSENFELD, D. KIM, D. et al. (2008): "Midweek increase in U.S. summer rain and storm heights suggests air pollution invigorates rainstorms". Journal of Geophysical Research, 113, D2209.

.....

TOMITA, T., KUSAKA, H., AKIYOSHI, R., IMASATO, Y. (2007): "Thermal and geometric controls on the rate of surface air temperature changes in a medium-sized, mid-latitude city". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46, 241-247.

TOMLINSON, C.J., CHAPMAN, L., THORNES, J.E., BAKER, C.J. (2011): "Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK". *International Journal of Health Geographics*, 10 (42), 1-12.

TOY, S., YILMAZ, S. (2010): "Evaluation of urban-rural bioclimatic urban-rural bioclimatic comfort differences over a ten-year period in the simple of Erzincan city reconstructed after a heavy earthquake". *Atmósfera*, 23 (4), 387-402.

TYSON, P.D., TOIT, W.J.F., FUGGLE, R.F. (1972): "Temperature structure above cities: review and preliminary findings from the Johannesburg urban heat island project". *Atmospheric Environment*, 6, 533-542.

TZENKOVA, A., KANDJOV, I., IVANCHEVA, J. (2003): "Some biometeorological aspects of urban climate in Sofia". *Fifth International Conference on Urban Climate*. Lodz. Disponible a <http://meteo.geo.uni.lodz.pl/icuc5/text/P_1_9.pdf>

UNGER, J. (1996): "Heat island intensity with different meteorological conditions in a medium-sized town: Szeged, Hungary". *Theoretical and Applied Climatology*, 54, 147-151.

UNGER, J., SÜMEGUY, Z., GULYÁS, A., BOTTYÁN, Z., MUCSI, L. (2001): "Land-use and meteorological aspects of the urban heat island". *Meteorological Applications*, 8, 189-194.

UNGER, J. (2004): "Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach". *Climate Research*, 27, 253-264.

UNGER, J., MAKRA, L. (2007): "Urban-rural difference in the heating demand as a consequence of the heat island". *Acta Climatologica et Chorologica*, 40-41, 155-162.

UPMANIS, H., ELIASSON, I., LINDQUIST, S. (1998): "The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden)". *International Journal of Climatology*, 18 (6), 681-700.

URBAN, A., DAVIDKOVOVA, H., KYSELÝ, J. (2014): "Heat- and cold-stress effects on cardiovascular mortality and morbidity among urban and rural populations in the Czech Republic". *International Journal of Biometeorology*, 58, 1057-1068.

VALOR, E., CASELLES, V., COLL, C., SANCHEZ, F., RUBIOME., SOSPEDRA, F. (2000): "Análisis comparativo del efecto de isla térmica de la ciudad de Valencia con imágenes TM, MUST y AVHRR". *Revista de Teledetección*, 14, 5-10.

VAN DER GRIEND, A., OWE, M. (1993): "On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces". *International Journal of Remote Sensing*, 14 (6), 1119-1131.

VARIS AUTORS (1981): "Enciclopèdia catalana". Volum 12. Barcelona.

VARIS AUTORS (2007): "Enciclopèdia catalana". Barcelona.

VICENTE, J., CASTAÑER, M., BOVER, J. (coords.) (1996): "L' àrea urbana de Girona: un espai per al futur". Progrup. Ajuntament de Girona. Universitat de Girona.

VOGEL, J.L, HUFF, F.A. (1978): "Relation between the St. Louis Urban Precipitation Anomaly and Synoptic Weather Factors". Journal of Applied Meteorology. 17. 1141-1152.

W.M.O. (1970): "Urban climates". Tech. Note 109. núm. 254. World Meteorological Organization. Geneve.

W.M.O. (2004): "Urban observations. Guide to meteorological instruments and methods of observation". Geneve.

WAGNER, BD. (1999): "Assessment of the probability of extreme weather events and their potential effects in large conurbations". Atmospheric Environment, 33, 4151-55.

WANG, K., YE, H., CHEN, F., XIONG, Y., WANG, C. (2011): "Urbanization effect on the diurnal temperatura range: Different roles under solar dimming and brightening". Journal of Climate, (25), 1024-1929.

WANG, J., FENG, J., YAN, Z., HU, Y., JIA, G. (2012): "Nested high-resolution modeling of the impact of urbanization on regional climate in three vast urban agglomerations in China". Journal of Geophysical Research, 117. D21103. <https://doi.org/10.1029/2012JD018226>.

WANG, J., JINMING, F., ZHONGWEI, Y. (2018). "Impact of extensive urbanization on summertime rainfall in the beijing region and the role of local precipitation recycling." Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 123. DOI: 10.1002/2017JD027725. Disponible a https://www.researchgate.net/publication/322729635_Impact_of_Extensive_Urbanization_on_Summertime_Rainfall_in_the_Beijing_Region_and_the_Role_of_Local_Precipitation_Recycling. Consultat el 7 de juny de 2020

WANNER, H., HERTIG, J-A. (1984): "Studies of urban climates and air pollution in Switzerland". Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, 1614-1625.

WENBIN, Z., AIFENG, L., SHAOFENG, J. (2013): "Estimation of daily maximum and minimum air temperatura using MODIS land surace temperature products". Remote Sensing of Environment, 130, 62-73.

WIGLEY, T.M.L., JONES, PLD. (1988): "Do large-area-average temperature series have an urban warming bias?". Climatic Change, 12, 313-319.

WILBY, R.L., TOMLINSON, O.J. (2000): "The "Sunday Effect" and weekly cicles of winter"- Weather, 55, 214-222.

WILBY, R.L. (2008): "Constructing climate change scenarios of urban heat island intensity and air quality". *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35, 902—919.

WINGUTH, A.M.E., KELP, B. (2013): "The urban heat island of the north-central Texas región and its relation to the 2011 severe Texas drought". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, (52), 2418-2433.

YANG, P., REN, G.-Y., YAN, P.-C. (2017): "Evidence for a strong association of short-duration intense rainfall with urbanization in the Beijing urban área". *Journal of Climate*, 30(15), 5851–5870. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0671.1>

YE, HENGCHUN. (2009). The influence of air temperature and atmospheric circulation on winter fog frequency over Northern Eurasia. *International Journal of Climatology*. 29. 729 - 734. DOI: 10.1002/joc.1741.

ANNEX

Taula 1. Dies amb intensa illa de calor analitzats per fer els patrons sinòptics a partir de l'anàlisi de components principals

Patró sinòptic/Data								
1	1	2	3	4	5	6	7	8
08/11/02	30/11/06	28/01/03	03/01/04	15/12/03	27/02/05	08/12/02	22/11/02	29/11/01
30/11/02	06/12/06	21/06/03	26/01/05	09/02/04	25/02/06	12/12/02	21/10/06	05/03/09
04/12/02	14/12/06	28/12/03	29/01/05	13/02/04	04/04/08	08/03/04	06/02/07	
28/12/02	21/12/06	29/12/03	30/01/05	02/03/04		10/10/04	02/05/08	
15/01/03	03/01/07	28/01/04	17/02/05	18/03/05		02/11/04	01/08/08	
10/12/03	06/01/07	22/09/04	26/06/05	17/06/05		13/03/06	13/06/09	
12/12/03	12/01/07	28/09/04	11/07/05	01/02/06		05/05/06	14/11/09	
24/12/03	17/01/07	16/11/04	20/07/05	27/12/06		13/10/06	27/12/09	
05/01/04	20/01/07	19/11/04	22/01/06	18/10/07		28/09/07		
10/01/04	09/02/07	18/12/04	02/11/06	13/02/09		04/01/08		
12/01/04	15/02/07	04/03/05	18/12/06			07/05/08		
16/01/04	17/02/07	28/05/05	21-12-06			06/06/08		
31/01/04	02/03/07	28/11/05	27/01/07			29/05/09		
19/03/04	08/03/07	16/12/05	26/04/07			23/10/09		
03/04/04	12/03/07	22/12/05	24/05/07			11/12/09		
17/09/04	13/03/07	25/12/05	05/09/07					
26/09/04	07/05/07	28/12/05	22/07/08					
02/10/04	12/05/07	20/05/06	04/01/09					
03/10/04	21/05/07	19/03/07	07/01/09					
05/10/04	22/10/07	18/11/07	21/03/09					
22/10/04	06/12/07	01/02/08	25/09/09					
25/11/04	10/12/07	02/03/08						
30/11/04	14/12/07	14/03/08						
23/12/04	28/12/07	20/03/08						
31/12/04	31/12/07	12/06/08						
01/01/05	07/01/08	20/06/08						
02/01/05	12/01/08	30/10/08						
04/01/05	18/01/08	06/02/09						
07/01/05	24/01/08	27/03/09						
11/01/05	15/08/08	07/10/09						
14/01/05	29/08/08	20/12/09						
11/02/05	05/10/08							
23/06/05	06/10/08							

Taula 2. Transsectes pedestres del matí. Sarrà de Ter-Girona.

Data	Situació sinòptica	Pressió (hPa)	Vent (Bf.)	Cel	Int. màx (°C)	Màx. tèrmic	Punt d'observació	Mín. tèrmic	Punt	Hor a
16-10-13	Adv. W anticiclònica	1017	Calma	1/8 Ac	5,5	15	Bisbe Lorenzana-Barcelona	9,5	Monestir Sant Daniel	7,03
17-10-13	Anticicló	1020	Calma	1/8 St	5,7	16,4	Juli Garreta-Bisbe Lorenzana	10,7	Monestir Sant Daniel	7,38
18-10-	Adv. S	1015	Calma	7/8 St	4,3	16,4	Plaça Joaquim Pla	12,1	Monesti	7,07

13									r Sant Daniel	
22-10-13	Adv. SW	1012	Calma	7/8 St, Ci	4,2	17,2	Plaça Joaquim Pla	13,0	Monestir Sant Daniel	7,02
23-10-13	Adv. W	1010	S 2	8/8 Ns	2,2	20,8	Plaça Miquel Santaló	18,6	Monestir Sant Daniel	5,43
24-10-13	Adv. S anticiclònica	1017	Calma	6/8 Ci	6,0	15,3	Ciudadans-Llebre	9,3	Pont Xuncla	6,57
25-10-13	Adv. SW	1012	Calma	7/8 St, Ci	5,3	18,3	Ciudadans	13,0	Monestir Sant Daniel	7,36
26-10-13	Anticicló	1018	Calma	Boira	5,2	17,9	Ciudadans	12,7	Pont Xuncla	7,28
28-10-13	Adv. W anticiclònica	1014	SW 1	0/8	9,8	18,9	Plaça Poeta Marquina	9,1	Monestir Sant Daniel	6,24
29-10-13	Adv. NW	1014	N 1-2	8/8 Sc	2,1	15,8	Ciudadans	13,7	Centre Cívic Pedret	7,07
1-11-13	Anticicló	1024	Calma	4/8 Ci	6,3	9,5	Ciudadans-Llebre	3,2	Monestir Sant Daniel	6,20
2-11-13	Adv. W anticiclònica	1017	Calma	6/8 Ci, St	5,4	11,9	Auriga i Ultònia-Migdia	6,5	Monestir Sant Daniel	6,22
3-11-13	Adv. W anticiclònica	1018	Calma	1/8 Ci, St	5,2	13,3	Auriga	8,1	Monestir Sant Daniel	6,47
4-11-13	Adv. W	1015	Calma	7/8 As, Sc, Ac	5,2	15,1	Bailén-Barcelona	9,9	Monestir Sant Daniel	7,15
5-11-13	Adv. NW	1005	Calma	7/8 As, Ci	4,8	10,2	Auriga i Pl. Marquès de Campsç	5,4	Monestir Sant Daniel	6,50
6-11-13	Adv. NW	1013	Calma	1/8 Ac	6,0	12,9	Pl. Marquès de Camps	6,9	Monestir Sant Daniel	6,07
8-11-13	Adv. W	1014	Calma	Boira. 8/8 St.	2,5	14,1	Auriga	11,6	Font del Bisbe	7,03
10-11-13	Adv. NW	1018	Calma	8/8 As, Ac	3,4	10,5	Auriga	7,1	Pont de l'Aigua	7,03
11-11-13	Adv. NE	1018	SW 1	1/8 Ac, Ci	4,3	10,8	Juli Garreta Bisbe Lorenzana	6,5	Pont riera Xuncla	7,08
12-11-13	Adv. NE	1020	Calma	1/8 Ac	8,3	9,6	Plaça Poeta Marquina	1,3	Monestir Sant Daniel	6,29
15-11-13	Adv. N	1020	Calma	1/8 Cu	7,3	6,4	Alvárez de Castro-Barcelona	-0,9	Monestir Sant Daniel	6,50
22-11-13	Adv. NE	1002	Calma	1/8 Ac	5,5	5,4	Pl. Marquès de Camps	-0,1	Monestir Sant Daniel	7,41
25-11-13	Adv. NE anticiclònica	1019	Calma	0/8	5,1	4,2	Bisbe Lorenzana-Barcelona	-0,9	Monestir Sant Daniel	7,14
26-11-13	Adv. NE	1002	Calma	1/8 Ac	5,6	6,3	Plaça del Vi	0,7	Monestir Sant Daniel	7,35
27-11-13	Adv. NE	1025	Calma	2/8 Sc	5,8	0,4	Plaça del Vi i Pl. Poeta Marquina	-5,4	Monestir Sant Daniel	6,05
29-11-13	Anticicló	1029	Calma	0/8	5,3	0,6	Jutjats-Av. Ramon Folch	-4,7	Monestir Sant Daniel	7,00
3-12-13	Anticicló	1028	Calma	1/8 Ac	7,0	7	Bonastruc-Miquel Blay	0,0	Monestir Sant Daniel	7,42
4-12-13	Anticicló	1028	Calma	0/8	4,6	2,1	Clínica Girona	-2,5	Monestir Sant Daniel	6,44

5-12-13	Anticicló	1026	Calma	0/8	6,1	2,3	Bonastruc-Miquel Blay	-3,8	Monestir Sant Daniel	6,50
7-12-13	Anticicló	1025	Calma	0/8	6,6	2,5	Bonastruc-20 de juny	-4,1	Monestir Sant Daniel	7,41
9-12-13	Anticicló	1032	Calma	0/8	6,5	2,3	Bonastruc-Miquel Blay	-4,2	Monestir Sant Daniel	7,34
11-12-13	Anticicló	1035	Calma	1/8 St. Boira a Sant daniel.	3,8	3,8	Sèquia	0,0	Monestir Sant Daniel	7,34
12-12-13	Anticicló	1031	Calma	0/8	6,4	4,0	Plaça del Vi	-2,4	Monestir Sant Daniel	7,55
13-12-13	Anticicló	1027	Calma	1/8 Ci	6,1	4,0	Bailén-Barcelona	-2,1	Monestir Sant Daniel	7,51
17-12-13	Anticicló	1032	Calma	7/8 St	4,4	8,3	Bonastruc-Col·legi Bruguera	3,9	Monestir Sant Daniel	8,00
23-12-13	Anticicló	1026	Calma	7/8 Ci, Cs	4,8	4,4	Plaça Poeta Marquina	-0,4	Monestir Sant Daniel	7,37
27-12-13	Adv. SW	1015	Calma	7/8 As, Ci	4,7	4,7	Bonastruc-Ronda Ferran Puig	0,0	Monestir Sant Daniel	8,25
30-12-13	Anticicló	1029	Calma	1/8 Ci	7,0	4,1	Bailén-Barcelona	-2,9	Monestir Sant Daniel	8,19
8-1-14	Anticicló	1023	Calma	8/8 St	2,1	11,1	Bailén-Barcelona	9,0	Monestir Sant Daniel	8,15
3-2-14	Adv. NW	1015	Calma	1/8 St	5,5	1,8	Bisbe Lorenzana-Barcelona	-3,7	Monestir Sant Daniel	7,45

Taula 3. Hores de precipitació mitjanes estacionals a la zona indiferent. Període 2001-2014.

	0-6	6-12	12-18	18-24
Hivern	26,5	27,0	18,9	27,6
Primavera	19,1	18,2	25,4	37,2
Estiu	12,7	14,3	33,4	39,5
Tardor	31,4	24,5	16,8	27,2
Any	22,4	21,0	23,6	32,9

Taula 4. Hores de precipitació mitjanes estacionals a la zona de sobrevent. Període 2001-2014.

Percentatge de precipitació. Zona de sobrevent.				
	0-6	6-12	12-18	18-24

Hivern	23,8	21,7	27,9	31,1
Primavera	19,1	16,0	34,0	29,7
Estiu	16,1	14,7	33,0	31,3
Tardor	22,7	19,9	24,6	29,2
Any	20,2	17,8	30,3	30,4

A l'àrea de sotavent la precipitació és més elevada a les hores en què s'observa la màxima intensitat de l'illa de calor, 18-24 hores i 0-6 hores. L'increment es deixa notar més a l'estiu i a la primavera que a la resta de l'any. Per tant les tempestes donen més precipitació en hores de final de tarda i nocturnes en la zona de sotavent que a sobrevent. Per tant l'efecte de l'illa de calor es manifesta amb un increment de la precipitació a l'àrea de sotavent a final de la tarda i a la nit. Durant la nit (0-6 hores) la zona de sotavent rep més pluja que sobrevent, especialment a la tardor (31,4 % i 22,7 % respectivament a la tardor). A l'estiu en canvi plou més a sobrevent que a sotavent en aquest interval horari. En les hores amb la temperatura més elevada (migdia i primeres hores de la tarda) s'observa una precipitació més elevada en la zona de sobrevent que a sotavent (30,3 % enfront 23,6 %). No obstant a l'estiu la diferència es fa molt dèbil, l'efecte urbà afavoreix la reactivació de les tempestes a l'àrea de sotavent.

Taula 5. Hores de precipitació mitjanes estacionals a la zona de sotavent. Període 2001-2014.

	0-6 h	6-12 h	12-18 h	18-24 h
Hivern	23,7	25,2	22,6	28,5
Primavera	22,9	21,4	25,6	30,1
Estiu	18,3	18,2	24,3	39,2
Tardor	27,2	23,0	19,4	30,3
Any	23,0	22,0	23,0	32,0

Taula A. 3. Hores de precipitació mitjanes estacionals a la zona de sobrevent. Període 2001-2014.

Percentatge d'hores de precipitació. Zona de sobrevent.

	0-6	6-12	12-18	18-24
Hivern	24,2	25,2	25,4	30,2
Primavera	25,0	19,1	26,0	29,9
Estiu	24,2	19,9	25,5	30,4
Tardor	24,8	23,2	19,9	23,8
Any	24,4	21,5	24,4	28,8

També el percentatge d'hores de precipitació dels intervals esmentats és més elevat a sotavent respecte sobrevent. Així hi ha més probabilitat de precipitació a sotavent en hores de final de tarda i hores nocturnes respecte l'àrea de sobrevent. La màxima influència urbana es dona a l'interval 18-24 hores de l'estiu (39,2 % de percentatge a sotavent enfront el 30,4 % de sobrevent). Per tant la probabilitat de precipitació associada a tempesta és més elevada a la zona de sotavent que a sobrevent a finals de la tarda i primeres hores de la nit (18-24 hores). En canvi la probabilitat de precipitació és més dèbil a la zona de sotavent enfront de sobrevent en hores de nit avançada i matinada (0-6 hores), especialment a l'estiu, 18,3 % a sotavent i 24,2 % a sobrevent. Cal remarcar que les diferències que eren molt marcades entre sobrevent i sotavent pel que fa a la quantitat de precipitació a les hores de la tarda (12-18 hores) són força dèbils pel que fa al nombre d'hores de precipitació (23,0 % enfront 24,4 %). Això ens fa pensar en una intensitat de precipitació més important a sobrevent que a sotavent en l'interval 12-18 hores.

Taula 6.. Hores de precipitació mitjanes estacionals en diferents zones d'observació. Període 2001-2014.

	Urbana	Suburbana	Rural	Sobrevent	Sotavent	Indiferent
Hivern	177,7	149,7	199,3	175,6	164,6	177,7
Primavera	164,0	160,8	165,9	151,3	181,1	164,0
Estiu	38,2	68,4	75,2	73,9	73,2	38,2
Tardor	97,7	127,6	184,2	152,0	155,7	97,7
Any	477,5	506,5	624,6	552,8	574,6	477,5

L'àrea rural té més hores de precipitació que les zones urbanes i suburbanes. Cal remarcar el déficit d'hores de precipitació de l'àrea urbana a l'estiu en comparació amb les altres zones (38,2 hores enfront 68,4 a la zona suburbana i 75,2 a l'àrea rural).

No obstant s'observa un increment de les hores de precipitació de sotavent respecte sobrevent. Aquesta persistència més elevada de la precipitació de sotavent és més important a la primavera en què hi ha una diferència de +29,8 hores, també a la tardor (+3,7 a sotavent), en canvi a l'hivern hi ha més hores de precipitació a sobrevent (+11), mentres a l'estiu el nombre és idèntic (+0,3). La zona indiferent que coincideix amb la zona urbana té menys hores de precipitació, especialment a l'estiu.

Taula 7.. Percentatge d'hores de precipitació mitjanes estacionals en diferents zones d'observació. Període 2001-2014.

	Urbana	Suburbana	Rural	Sobrevent	Sotavent	Indiferent
Hivern	37,2	29,5	31,9	31,6	28,6	37,2
Primavera	34,3	31,9	27,4	28,3	31,7	34,3
Estiu	8,0	13,6	12,0	13,5	12,7	8,0
Tardor	20,5	25,0	28,6	26,6	27,0	20,5
Any	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

El percentatge d'hores de precipitació de la zona urbana és clarament més dèbil a l'estiu i tardor, respecte els altres tipus d'àrea i més elevat a l'hivern i a la primavera. L'àrea de sotavent té la precipitació més persistent que a sobrevent durant la primavera i la tardor i en canvi té menys hores de precipitació a l'estiu i especialment a l'hivern.

Taula 8. Mitjana anual i estacional de dies de precipitació compresos entre 0,1 i 1 mm segons la zona en relació al vent predominant en dies de pluja. Període 1998-2014.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	22,4	26,7	15,6	25,3	90,0
Sotavent	24,8	28,3	18,3	27,0	97,1
Indiferent	21,6	26,7	15,9	21,0	84,7
Sotavent/respecte sobrevent (%)	110,6	105,8	117,4	106,6	107,9

Taula 9. Dies de precipitació de 0,1-1 mm. Mitjana anual i estacional de dies de precipitació incloent els dies amb precipitació inapreciable segons la zona en relació al vent predominant en dies de pluja. Període 1998-2014.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
--	--------	-----------	-------	--------	-----

Sobrevent	10,0	8,2	4,9	10,6	33,7
Sotavent	9,9	8,6	5,7	9,7	32,8
Indiferent	7,4	7,8	5,2	7,4	27,4
Sotavent/respecte sobrevent (%)	99,1	105,6	117,7	91,1	97,3

Taula 10. Mitjana anual i estacional de dies de precipitació compresos entre 1,1 i 10,0 mm estacional segons la zona en relació al vent predominant en dies de pluja.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	7,6	12,9	6,7	9,6	36,8
Sotavent	9,3	13,8	7,9	11,2	42,4
Indiferent	9,3	12,8	6,5	8,6	37,2
Sotavent/respecte sobrevent (%)	122,5	106,7	118,1	117,1	115,5

Taula 11. Mitjana anual i estacional de dies de precipitació compresos entre 10,1 i 30,0 mm estacional segons la zona en relació al vent predominant en dies de pluja.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	3,6	4,7	3,4	3,8	15,6
Sotavent	4,1	4,9	4,0	4,5	17,3
Indiferent	3,9	4,9	3,5	3,6	16,0
Sotavent/respecte sobrevent (%)	112,3	103,0	117,6	118,6	110,7

Taula 12. Mitjana anual i estacional de dies de precipitació superior a 30 mm segons la zona en relació al vent predominant en dies de pluja.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	0,9	0,6	0,5	0,9	2,8
Sotavent	1,0	0,7	0,4	0,9	3,0
Indiferent	0,8	0,9	0,5	1,2	3,3
Sotavent/respecte sobrevent (%)	114,8	108,3	92,4	107,7	107,1

Taula 13. Mitjana anual i estacional de dies de precipitació superior a 50 mm segons la zona en relació al vent predominant en dies de pluja.

	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Any
Sobrevent	0,3	0,3	0,1	0,4	1,1
Sotavent	0,4	0,3	0,2	0,6	1,4
Indiferent	0,1	0,3	0,2	0,2	0,8
Sotavent/respecte sobrevent (%)	51,5	114,3	130,6	51,2	132,2

Taula 14. Intensitat de precipitació mitjana segons el desplaçament de les cèl·lules de precipitació convectiva segons la composició del radar del Servei Meteorològic de Catalunya

	Girona-Palau	Girona-Montjuic	Girona-Oficina	Sarrià de Ter-Aigües	Cassà	Vilablareix	Fornells	Girona-Bombers
N	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
NE	31,2	53,8	99,8	56,8	1,2	25,2	SD	SD
E	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
SE	21,8	26,9	25,0	28,1	1,8	20,7	45,0	SD
S	45,3	50,4	60,8	104,5	0,0	9,0	0,6	4,2
SW	35,37	42,19	44,10	51,87	26,20	39,47	22,60	31,00
W	64,0	49,3	58,2	42,6	18,2	33,2	34,4	65,4
NW	34,35	58,8	43,7	39	26,4	27,6	50,4	44,4

Taula 15 Freqüència absoluta i relativa del màxim de reflectivitat de les pluges convectives en funció del quadrant geogràfic en relació amb el centre de Girona

Quadrant geogràfic	Freqüència absoluta (dies)	Freqüència relativa (%)
Uniforme	12	41,4
N	0	0,0
NE	1	3,4
E	1	3,4
SE	1	3,4
S	0	0,0
SW	2	6,9

W	1	3,4
NW	1	3,4
Centre	2	6,9
NW-SE	1	3,4
N-S	1	3,4
NE-S	1	3,4
S-SW	1	3,4
S-SE	1	3,4
W-centre	1	3,4
NE-SW-SE	1	3,4
NW-SW-Centre	1	3,4

El sud-oest de la ciutat de Girona, que es troba inclòs dins la zona de sobrevent, té una freqüència més elevada de reflectivitats elevades, juntament amb el centre. Tot i això la diferència és molt dèbil mb les altres zones . Hi ha molts dies en què la reflectivitat màxima és idèntica, el màxim relatiu és uniforme. Per tant segons l'anàlisi de les imatges radar probablement no hi hauria una influència urbana en la precipitació.

Taula 16 Freqüència absoluta i relativa del màxim de reflectivitat de les pluges convectives en funció del quadrant en relació amb el centre de Girona

Zona del màxim	Freqüència absoluta (dies)	Freqüència relativa (%)
Uniforme	12	41,4
Sobrevent	6	20,7
Sotavent	2	6,9
Indiferent	7	24,1
Sobrevent i sotavent	1	3,4
Indiferent i sobrevent	1	3,4

Si considerem el màxim de reflectivitat en funció del vent és uniforme en dotze casos, es produeix el 20,7 % de les observacions a sobrevent i el 6,9 % a sotavent. Per tant sembla que la precipitació no es troba influenciada per la urbanització almenys segons aquest mètode.

Taula 17 Freqüència absoluta i relativa del màxim de reflectivitat de les pluges convectives en funció del quadrant en relació amb el centre de Girona

Reflectivitat mitjana segons la direcció de les taques de precipitació
--

Vent/Zona	NW	N	NE	W	Centre	E	SW	S	SE
N	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
NE	32,5	35,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
E	32,5	27,5	27,5	27,5	32,5	27,5	27,5	27,5	27,5
SE	32,5	30,8	30,8	31,7	30,8	31,7	31,7	31,7	34,2
S	34,2	34,2	35,8	34,2	34,2	35,8	34,2	34,2	35,8
SW	36,3	36,0	37,9	36,1	36,0	37,4	38,6	38,0	38,3
W	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
NW	40,8	39,7	39,7	40,3	41,9	39,7	43,1	40,3	41,4

Amb vent del nord-est la reflectivitat és idèntica, mentre que amb un desplaçament de llevant el màxim es dona al nord-oest, en una zona de sotavent. Si les cèl·lules vénen de xaloc el màxim es dona a sotavent, per tant amb un màxim a sotavent. Amb vent relatiu del sud el màxim es dona tant a sotavent, zona del NE, com a sobrevent, zona del SE, com en una zona indiferent, a l'est de la ciutat. Quan el moviment aparent és del sud-oest el màxim es dona a sobrevent, al sud-oest de Girona. Amb un desplaçament dels nuclis de reflectivitat de l'oest la reflectivitat és uniforme. Si tenim un vent del nord-oest el màxim es dona al centre.

Fenòmens meteorològics

Taula 17. Dies de tempesta

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Aeroport	0,3	0,2	1,5	2,2	2,9	2,2	3,2	4,9	4,0	3,0	0,8	0,3	25,4
Girona-Sant Daniel	0,4	1,1	1,3	2,4	3,9	3,3	3,8	3,3	3,0	4,6	1,5	0,5	29,3
Sarrià de Ter	0,3	0,4	0,6	1,9	2,1	2,7	3,0	3,6	3,3	2,3	0,6	0,4	21,1
Girona-N.Xifra	0,3	0,4	0,6	1,9	2,1	2,7	3,0	3,6	3,3	2,3	0,6	0,4	21,1
Girona-Sèquia	0,4	0,8	1,5	2,4	3,8	3,0	3,7	3,5	2,9	2,4	1,2	0,9	26,4
Salt-centre	0,5	0,9	1,1	2,0	3,8	3,6	3,9	3,7	4,4	2,2	1,1	0,5	27,7
Fornells-XOM	0,6	0,2	0,8	2,2	2,0	2,6	3,0	3,8	3,4	1,2	0,2	1,0	21,0
Girona-Montjuïc	0,0	0,3	0,6	0,9	1,9	1,8	1,7	3,0	2,9	0,9	0,4	0,1	14,3
Girona-Bell-lloc	0,4	0,8	-0,5	1,4	1,3	4,0	2,0	5,1	5,9	4,7	3,2	0,9	31,1

Les tempestes són més freqüents a la zona de sobrevent, Salt i Girona-Bell-lloc, que a la zona de sotavent, Sarrià de Ter, no obstant si considerem Sant Daniel el nombre de dies de tempesta, 29 a l'any, és molt similar al de la zona de sobrevent. Cal remarcar que el nombre de dies de tempesta és inferior a l'aeroport de Girona que al centre urbà

de la ciutat, aquesta menor diferència probablement s'explica per la menor temperatura estiuenca de l'aeroport, especialment de dia. Així el menor escalfament diürn disminueix la velocitat dels moviments d'ascens d'aire, s'observa un descens de la convecció de la plana de la Selva en comparació amb el pla de Girona. Aquest fet ve corroborat per la menor freqüència de dies de tempesta a Fornells de la Selva, lloc amb màximes lleugerament inferiors al centre de Girona.

Taula 18. Dies de gebrada

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Aeroport	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Girona-Sant Daniel	18,7	11,6	7,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	9,6	14,2	63,4
Sarrià de Ter	13,3	6,7	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	7,3	32,3
Girona-N.Xífra	10,8	5,5	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,7	7,3	30,6
Girona-Sèquia	8,2	4,8	2,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	5,9	24,0
Salt-centre	9,8	7,1	2,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	8,0	30,4
Fornells-XOM	10,6	10,1	6,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	5,6	11,1	45,8
Girona-Montjuïc	8,0	5,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	7,0	24,0
Girona-Bell-lloc	SD.	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Girona-Aeroport	20,3	15,3	11,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	9,5	18,0	79,3

SD: Sense dades

La quantitat de gebrades és menor a Girona, 22, que als afores, 66 a Sant Daniel o 79 a les Deveses d Salt. També al municipi de Salt enregistra menys gebrades el casc urbà que els afores, fins i tot un lloc poc allunyat del Barri Vell de Salt com és l'observatori de Salt-Xom va enregistrar 40 gebrades l'hivern 2000-2011, quan el centre de Salt (Plaça Sant Cugat) només en va tenir 25.

Taula 19. Dies de rosada,

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any
Girona-aeroport	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Girona-Sant Daniel	2,6	7,4	10,3	15,4	18,1	17,9	16,2	14,1	17,6	16,1	11,6	6,2	153,5
Sarrià de Ter	3,3	6,7	12,0	6,7	10,3	7,0	5,3	6,7	8,3	7,7	11,3	7,0	92,3
Girona-N.Xifra	15,0	9,0	14,0	8,0	16,0	12,0	5,0	2,0	1,0	14,0	13,0	9,0	118,0
Girona-Sèquia	12,3	12,7	15	14,4	15,3	14,5	11,5	11,2	13,5	16,5	14,5	10,6	162
Salt-centre	10,1	11,5	15,5	17,9	17,7	19,1	18,8	16,5	20,8	18,5	17,4	11,6	195,4
Fornells-XOM	13,0	11,0	16,3	19,5	25,7	21,3	9,6	12,6	16,3	22,1	16,0	13,0	196,4
Girona-Bell-lloc	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Girona-Montjuïc	10,7	8,4	13,1	14,9	12	11,4	10,6	8,4	16,9	13,6	13,2	8,0	141,2

La rosada és un hidrometeor que es produeix especialment per un refredament de l'aire en contacte amb el sòl. Aquesta definició ens pot donar una pista molt favorable per delimitar el nombre i distribució de les rosades a l'àrea urbana de Girona. Així les rosades són més habituals als afores que al centre de Girona o de Salt. No obstant, trobem l'excepció dels mesos d'hivern en què el fenomen de la rosada és poc habitual als afores ja que les gebrades són freqüents, i en canvi als centres urbans de Salt o de Girona la rosada és habitual com a conseqüència de les mínimes més altes. Cal remarcar el baix nombre de dies de rosada de l'observatori de Montjuïc. Aquesta menor freqüència de les rosades s'ha d'atribuir probablement a la menor meticulositat de l'observador meteorològic a l'hora d'observar aquest fenomen més que no pas a una freqüència menor real del fenomen.

Taula 20. Dies de boira

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-aeroport	5,4	5,7	4,8	3,1	4,9	3,0	2,1	2,0	4,2	4,9	4,7	6,2	50,4
Girona-Sant Daniel	2,1	3,6	2,6	2,6	1,9	0,8	0,5	-0,3	0,5	3,6	2,4	2,5	19,0
Sarrià de Ter	2,6	2,0	1,4	1,3	0,7	0,3	0,3	0,2	0,8	2,2	1,7	2,8	16,3
Girona-N.Xifra	1,7	1,9	1,7	1,7	1,0	0,5	0,0	0,3	1,0	3,2	0,7	2,5	16,1

Girona-Sèquia	1,5	1,7	2,0	1,3	1,2	1,0	0,1	0,4	0,7	2,5	2,0	2,6	16,9
Salt.centre	1,1	2,0	1,3	0,7	0,7	0,4	0,1	0,2	0,5	2,7	1,3	1,2	12,1
Fornells-XOM	4,7	4,9	5,5	2,8	2,3	1,0	0,9	0,4	1,7	3,3	3,1	4,1	34,8
Girona-Montjuïc	1,2	2,4	2,7	0,7	0,6	0,1	0,1	0,0	1,2	2,3	1,0	1,2	13,5
Girona-Bell-lloc	4,2	3,1	0,8	0,8	0,2	0,0	0,4	1,3	1,8	2,0	2,7	3,7	21,0

El nombre de dies de boira és inferior en les zones urbanes que als camps pròxims. Això es deu al fenomen de l'illa de calor urbana. Així la urbanització d'un entorn agrari, com era antany les rodalies de Girona provoca un escalfament durant les nits, el fenomen de l'illa de calor, que provoca una disminució de la humitat relativa, per això el nombre de dies de boira a Girona actualment és molt menor que a la dècada dels 70 del segle passat. En aquella dècada la mitjana fou de 70 dies a Girona, mentres que en el període 1998-2010 la mitjana és de 17 dies. Cal remarcar que el nombre de dies de boira davalla clarament de nord a asud, així les zones més emboirades són les que es troben al bell mig de la plana de la Selva, Fornells de la Selva i l'aeroport de Girona, mentres que el miunicipi menys emboirat, és el de Salt, amb només 13 dies de boira. Així Salt presenta menys dies de boira a Girona, una relativa anomalia, ja que la humitat relativa de les 21 i 8 hores és més alta a Salt que a Girona-Sèquia.

Taula 21. Dies de calamarsa

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-aeroport	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Girona-Sant Daniel	0,2	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,0	0,0	0,2	0,3	2,3
Sarrià de Ter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Girona-N.Xifra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Girona-Sèquia	0,2	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,0	0,0	0,2	0,3	2,3
Salt.centre	0,1	0,4	0,5	0,4	0,2	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	2,0
Fornells-XOM	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
Girona-Montjuïc	0,0	0,2	0,6	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	2,1
Girona-Bell-lloc	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2

El nombre de dies de calamarsa és clarament inferior en l'aeroport de Girona respecte la zona urbana de Girona. L'explicació d'aquesta diferencia rau probablement en la influència urbana sobre les tempestes. La major temperatura que s'assoleix a la zona urbana, amb temperatures màximes entre 1-2°C més altes que al'aeroport afavoreix una convecció més intensa que pot ajudar a que els moviments d'ascens de l'aire en els cumulonimbes sigui més intensa i per tant pugui precipitar en forma de calamarsa. També una altra explicació és que l'aeroport de Girona es troba al sud de l'àrea

urbana, en una zona més pròxima al mar, i per això els fenòmens convectius són menys violents en aquesta zona.

Dies de neu

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Aeroport	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Girona-Sant Daniel	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Sarrià de Ter	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Girona-N.Xifra	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Girona-Sèquia	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Salt	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Fornells-XOM	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5
Girona-Montjuïc	0,6	0,6	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,6
Girona-Bell-lloc	0,5	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1,5

Taula 23. Intensitat mitjana de la precipitació segons la direcció del vent

	Girona-Palau-Aigües	Girona-Montjuïc-Aigües	Girona-Ciutadans-Aigües	Sarrià de Ter-Aigües	Cassà de la Selva - SMC	Vilablareix (SMC)	Fornells de la Selva (SMC)	Girona-Bombers (SMC)
N	58,2	50,4	40,6	33,3	17,8	17,2	26	32,4
NE	40,6	94,1	71,8	68,6	38,4	22,8	50,4	SD
E	23,9	63,8	23,9	85,8	31,2	28,4	15,6	16,8
SE	24,2	38,1	43,7	31,3	16,1	33,3	37,6	44,4
S	63,2	39,5	57,9	69,4	13,8	33,2	7,2	17,4
SW	SD	80,6	53	68,6	21,6	28,8	21,6	SD
W	60,8	30,2	57,7	31,2	12,3	42,3	44,4	65,4
NW	40,6	94,1	71,8	68,6	38,4	22,8	50,4	SD

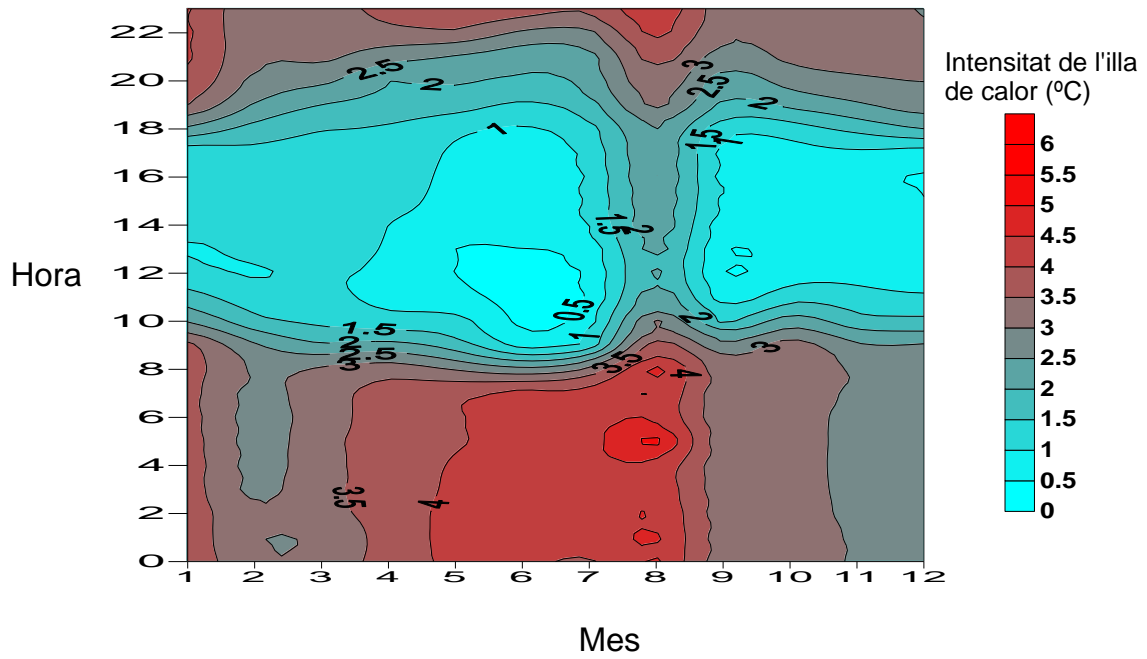


Figura 1. Intensitat mitjana de l'illa de calor. Diferència tèrmica horària i mensual entre Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva-SMC. Període 2003-2007.

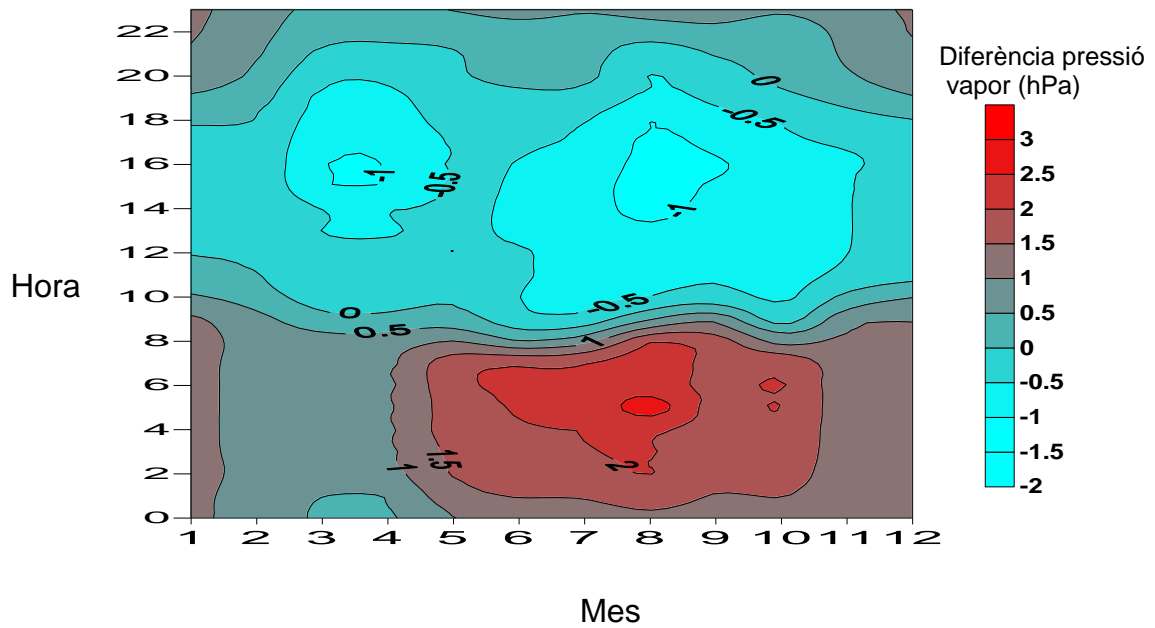


Figura 2. Diferència tèrmica horària i mensual entre la pressió de vapor parcial de Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva-SMC. Període 2003-2007.

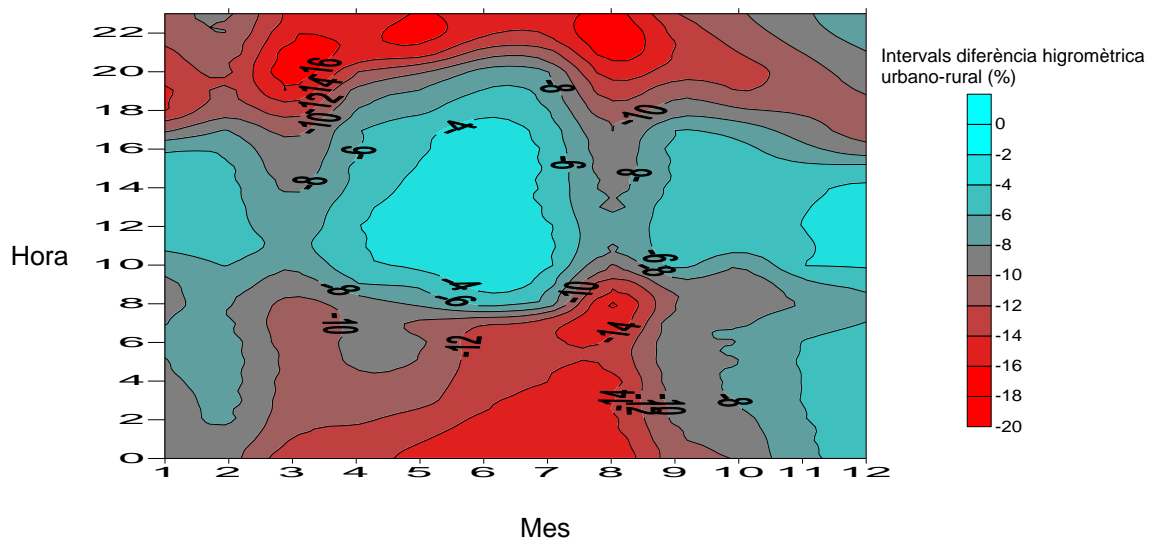


Figura 3. Diferència higromètrica horària i mensual entre la pressió de vapor parcial de Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva-SMC. Període 2003-2007.

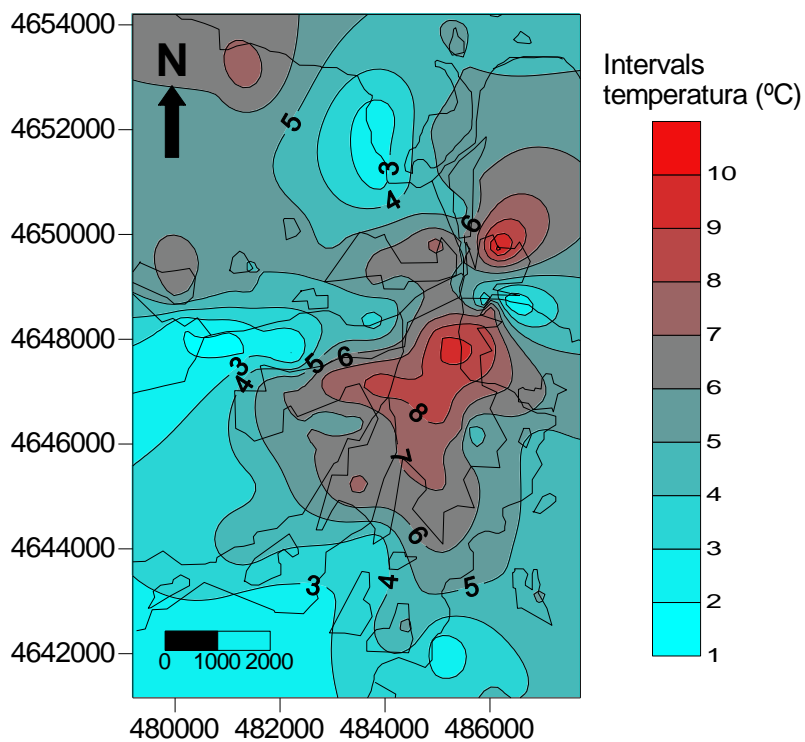


Figura 4. Mapa d'isotermes del 27 de desembre 2016 a les 20,30 hores. Màxim tèrmic: 10,2° (Montjuïc), mínim tèrmic 1,4°C (Pas d'en Prats). Llocs comparables: 9,6°C (Gran Via-Sèquia). Illa de calor: 8,2°C.

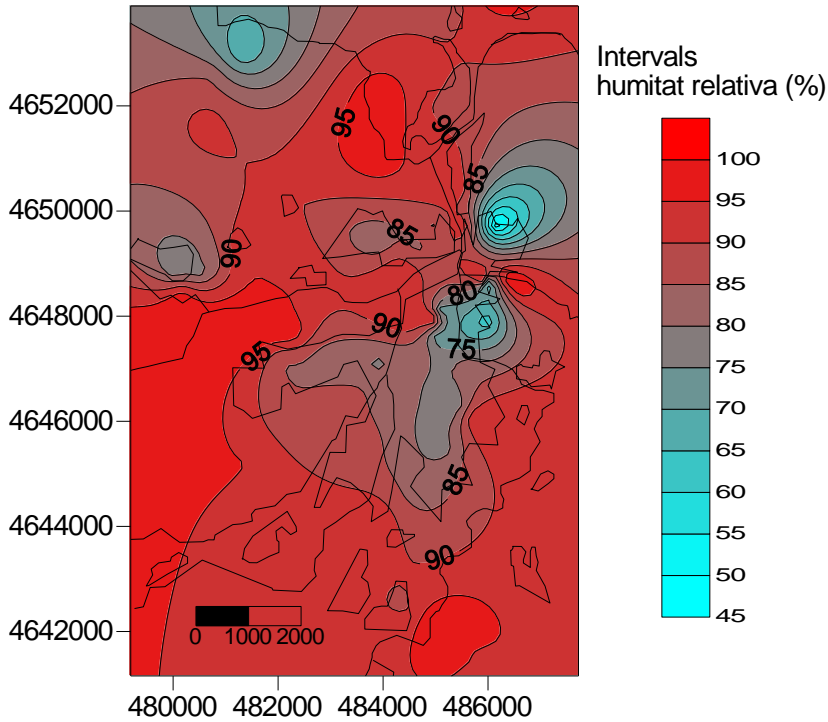


Figura 5. Mapa d'isolínies de la humitat relativa del 27 de desembre 2016 a les 20,30 hores. Mínim higromètric: 47 % (Montjuïc), màxim higromètric 98 %C (Pas d'en Prats). Llocs comparables: 77 % (Gran Via-Sèquia). Illa de sequedatr: 21 %.

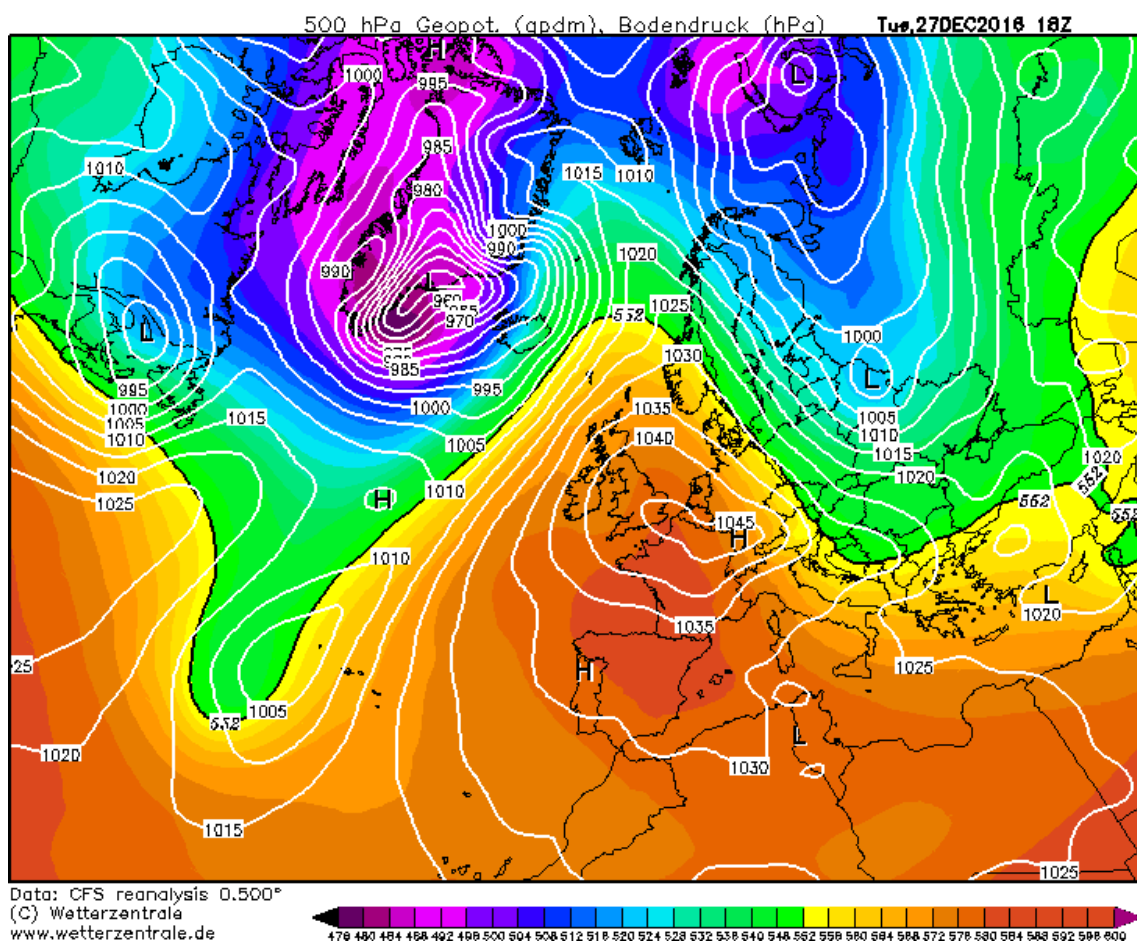


Figura 6. Mapa isobàric i geopotencial a 500 hPa del 27 de desembre 2016. 18 hores locals. Font: www.wetterzentrale.de.
<https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2016&maand=12&dag=27&uur=1800&var=1&map=1&model=cfsr>

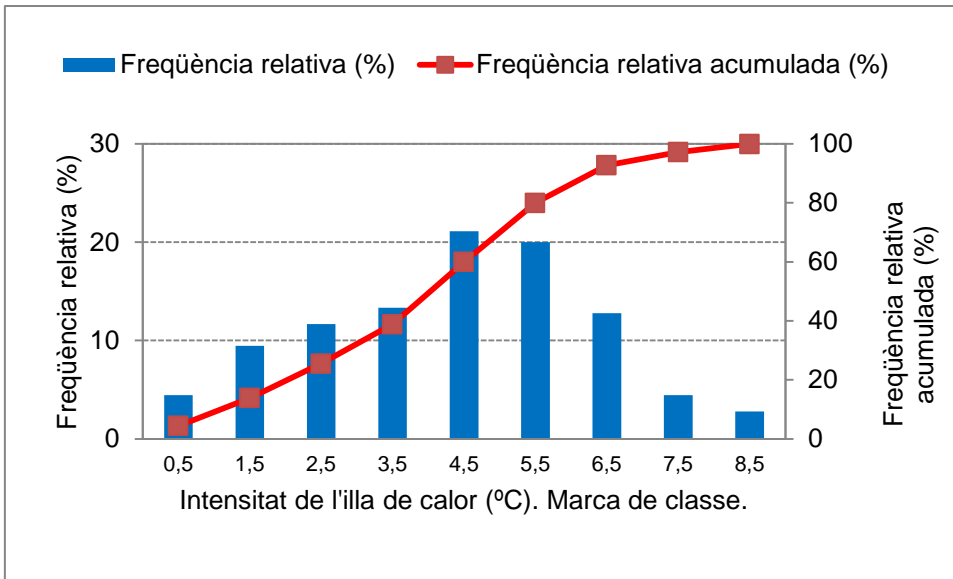


Figura 5. Histograma de les intensitats dels transectes matí

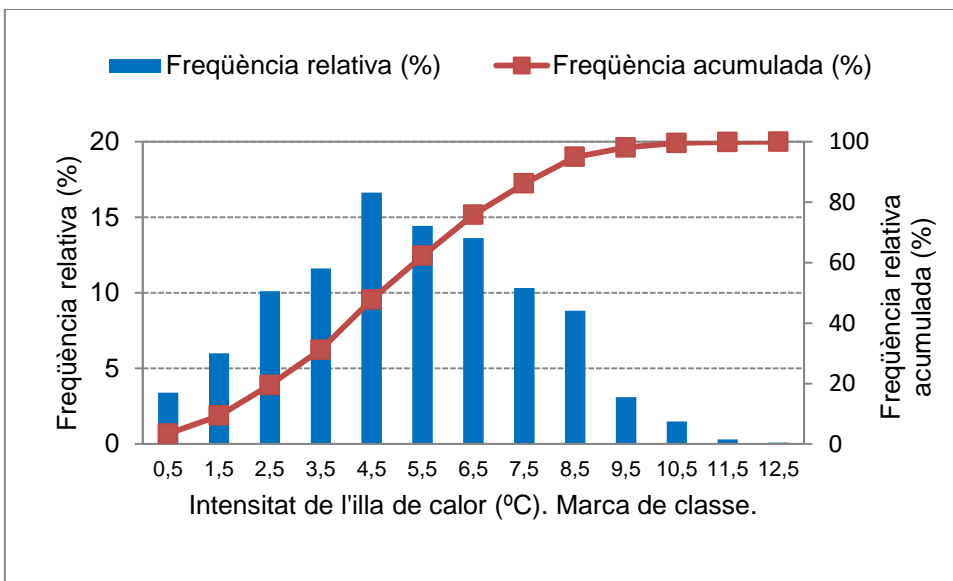


Figura 6. Histograma de les intensitats dels transectes nocturns.

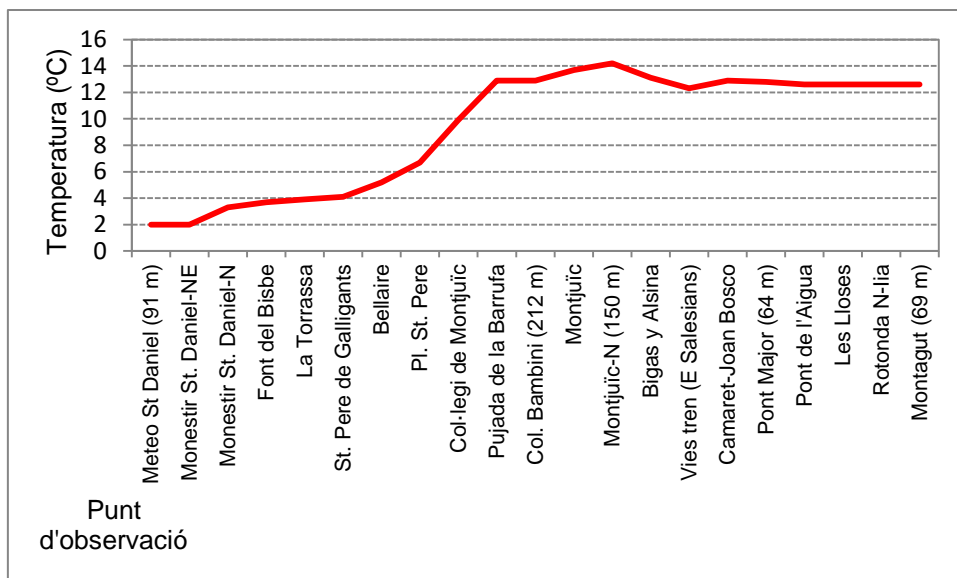


Figura 7. Transsecte nocturn tipus 6+2. 12 de gener de 2015. Mínim tèrmic: Monestir Sant Daniel, 2,°C. Màxim tèrmic: 14,1°C (Montjuïc). Inversió tèrmica de 12,1°C.

Força inversió tèrmica pel vent del SW que provocava unafilla de calor asimètrica, amb una temperatura més elevada a la vall del Ter (Sarrià de Ter i barri de Pont Major de Girona) que a la Vall de Sant Daniel (13°C versus 2°C).

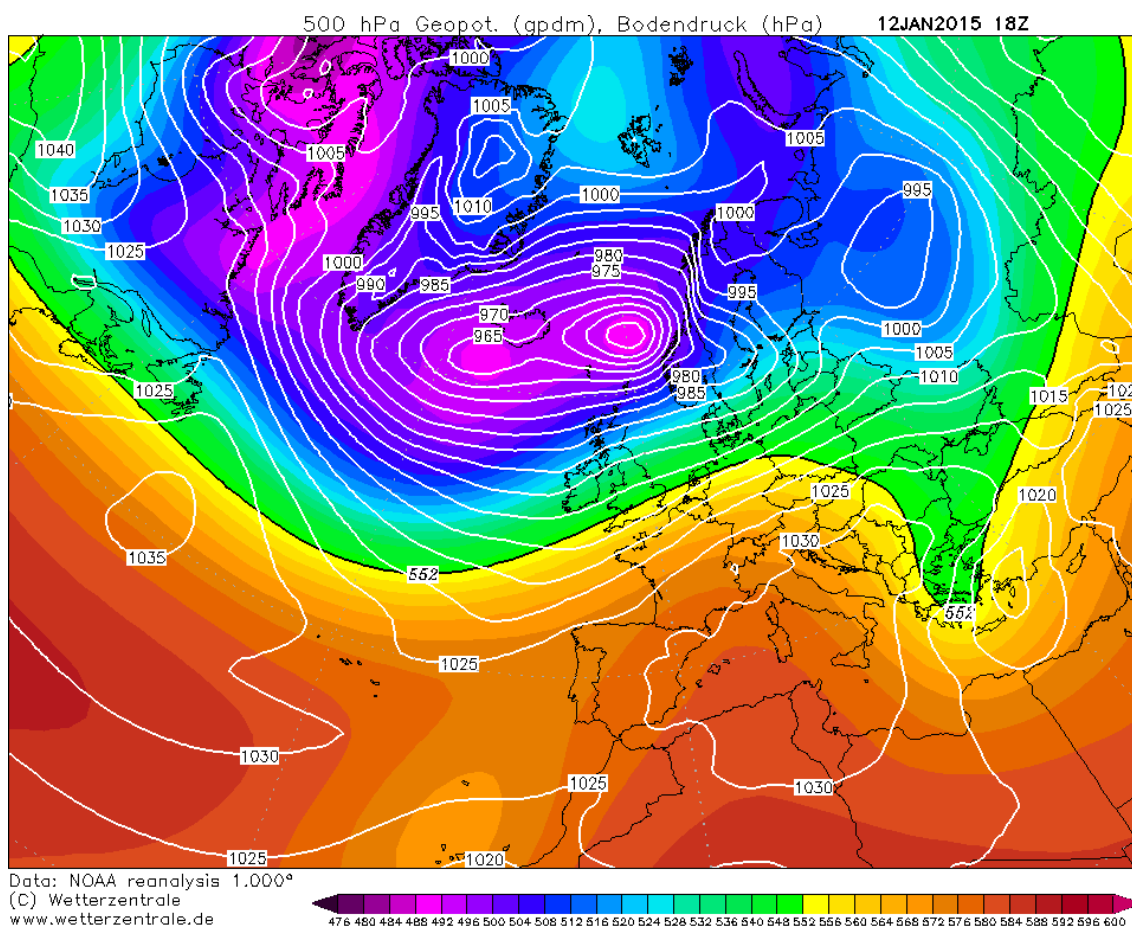


Figura 8. Mapa isobàric i geopotencial a 500 hPa del 12 de gener de 2015. 18 hores locals. Font: www.wetterzentrale.de.
<https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2015&maand=1&dag=12&uur=1800&var=1&map=1&model=noaa>

2 de març de 2017		
Situació sinòptica	Anticicló	
Pressió (hPa)	1018 hPa	
Vent (E. Beaufort)	Calma	
Nuvolositat (octes)	0/8	
Horari transsecte	19,27-20,10 h	
Màxim tèrmic	Sèquia	14,0
Mínim tèrmic	Meteo-Sant Daniel	7,0
Mín. Devesa Girona	Camp Joventut	10,5
Illa de calor (°C)		7,0

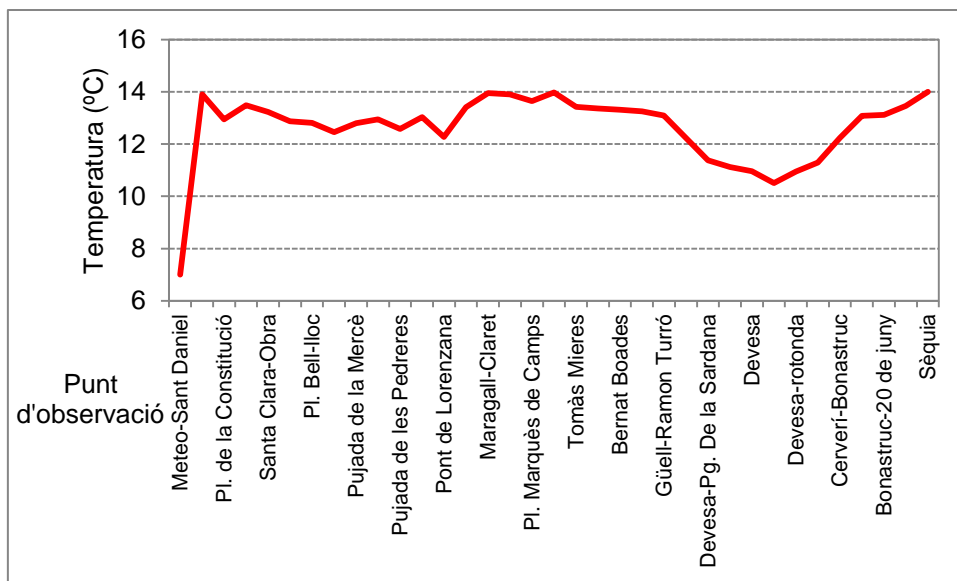
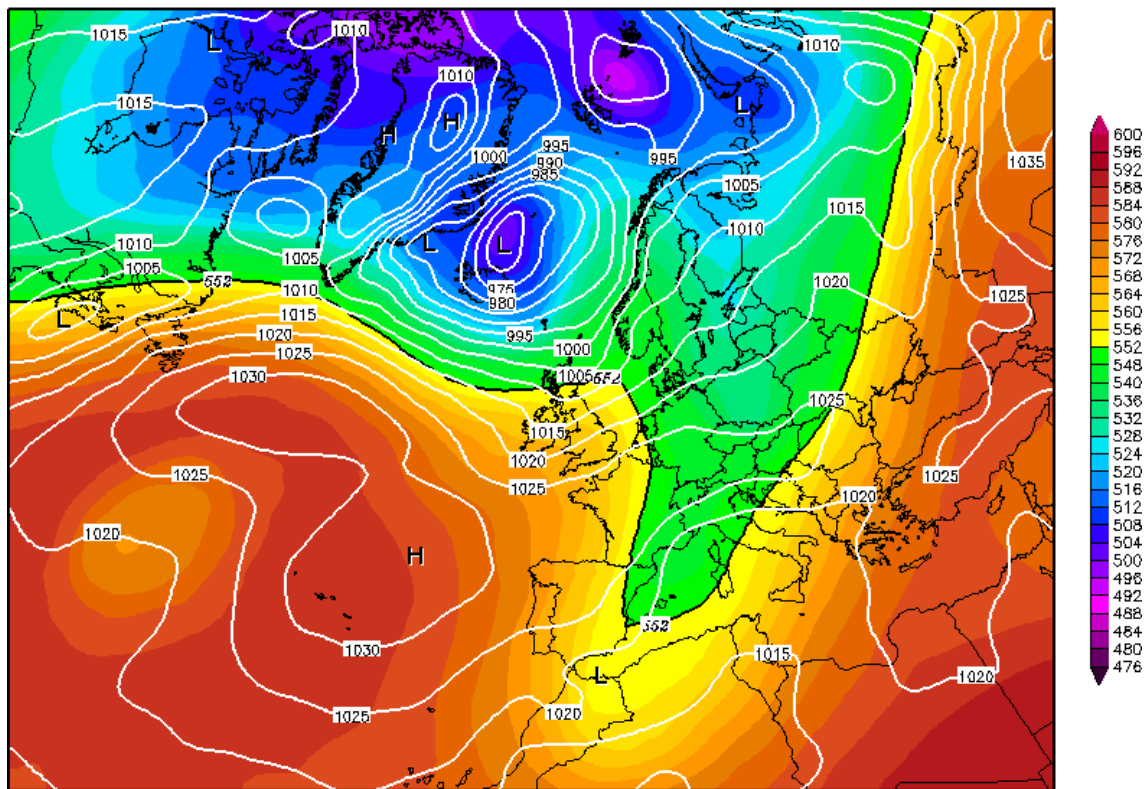


Figura 9. Transsecte nocturn. 23 de novembre de 2015. Mínim tèrmic: Monestir Sant Daniel, 7,0°C. Màxim tèrmic: 14,1°C carrer Sèquia, Eixample de Girona. Illa de calor de 7°C.

23 de novembre de 2015		
Nuvolositat	0/8	
Vent	N f. 1 (3 Km/h)	
Situació sinòptica	Adv. N anticiclònica	
Pressió (hPa)	1022	
Màxim tèrmic	Sibil·la de Fortià	6,5
Mínim tèrmic	Carretera de Sant Medir	-2,2
Illa de calor (°C)		8,7
Horari	19,24 h-20,36 h	31,1 Km

Mon,23NOV2015 18Z
500 hPa Geopot. (gpm) und Bodendruck (hPa)



Data: CFS reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Font:

Figura 10. Mapa isobàric i geopotencial a 500 hPa del 23 de novembre de 2015. 18

hores

locals.

Font:

www.wetterzentrale.de.

<https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2015&maand=11&dag=23&uur=1800&var=1&map=1&model=cfsr>

<https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2017&maand=1&dag=17&uur=1800&var=1&map=1&model=cfsr>

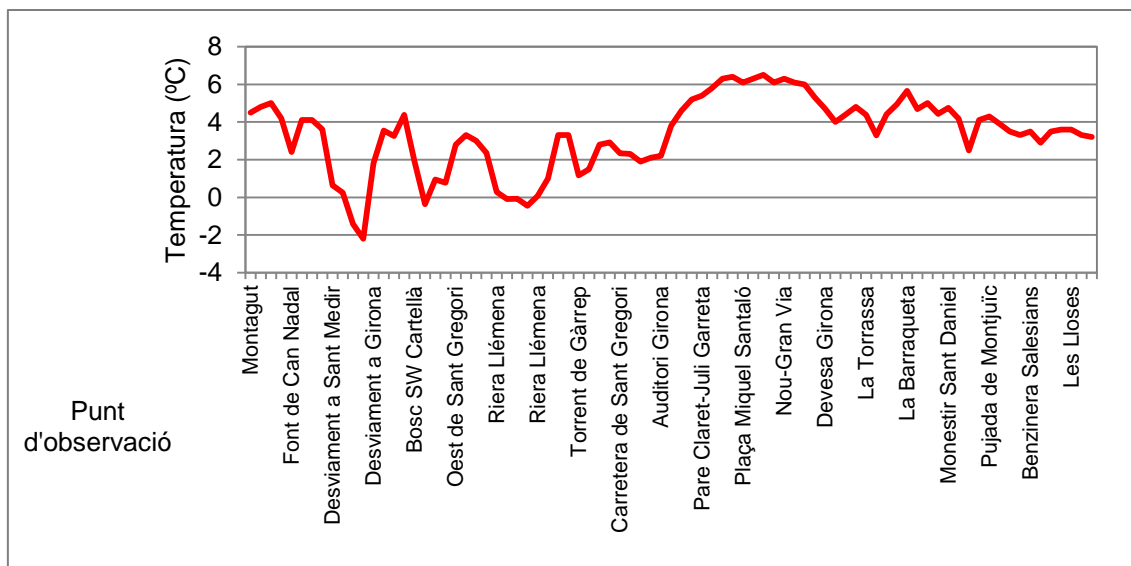


Figura 11. Transsecte 4 b. 23 de novembre de 2015. Màxim tèrmic: Plaça Miquel Santaló 6,2°C. Mínim tèrmic: -2,4°C (Vall riera Xuncla, límit Sarrià de Ter i Sant Gregori).

Diumenge, 17 de gener de 2016	19,10-20,20 h		
Anticicló	9,4	Illa de calor	
1023,5 mb	6,6	Plaça Joaquim Pla i Dalmau	Màxim tèrmic
Calma	-2,8	Pas d'en Prats	Mínim tèrmic
1/8 Ac inici	7/8 Ac final		
19,10 h	20,20 h		

L'illa de calor és intensa a les 20,20 hores, 9,4°C el diumenge 17 de gener de 2016, i en aquest cas la distribució tèrmica no està alterada pel vent com el dia anterior. El màxim tèrmic es localitza en un lloc habitual, al centre de l'Eixample de Girona, a la Plaça Joaquim Pla, amb 6,6°, mentre que el mínim tèrmic se situa a les Deveses de Salt, amb -2,8 al Pas d'en Prats. El mínim tèrmic del municipi de Girona s'enregistra a

la part baixa de la Torrassa, $-0,5^{\circ}$, a la part baixa de la Vall de Sant Daniel, en un lloc poc habitual, ja que el mínim tèrmic d'aquesta cubeta se situa en una zona més oriental, prop del monestir de Sant Daniel. Les temperatures a la part septentrional del transsecte varien lleugerament en funció de la localització geogràfica i del grau de urbanització, així a prop de la vessant inferior occidental muntanya de Can Simon (a l'est del Pont Major) tenim un mínim al carrer Jordi de Sant Jordi, $2,5^{\circ}\text{C}$, valor idèntic a Campdorà . En canvi al nord del barri de Pont Major la temperatura és de $4,1^{\circ}\text{C}$, i tenim el mateix valor tèrmic al punt d'observació del carrer Montagut que és l'últim del transsecte

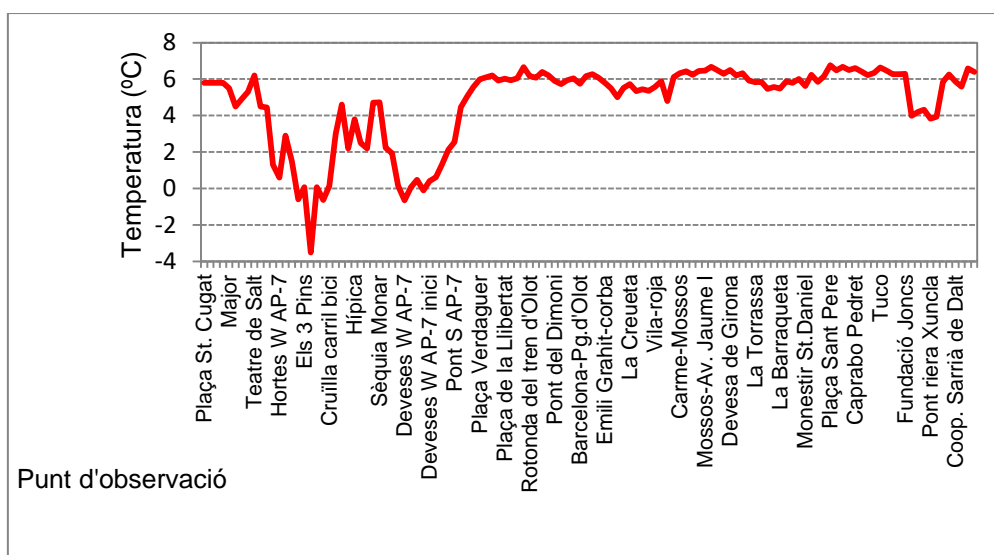


Figura 12. Transsecte 11. 17 de gener de 2017. Illa de calor asimètrica, $9,4^{\circ}\text{C}$ a les 20,20 hores.

La temperatura mínima es produeix al Pas d'en Prats, a les Deveses de Salt, $-3,5^{\circ}$, temperatura força inferior als voltants, així en un altre indret de les Deveses de Salt la temperatura és de $0,6^{\circ}$. L'illa de calor és asimètrica, molt intensa a Salt, on el vent és encalmat a les Deveses i débil al centre urbà, i en canvi és débil a Girona on el vent de tramuntana bufa amb una força Beaufort 2. La intensitat màxima de l'illa de calor és de $10,2^{\circ}$ a Salt, amb el màxim tèrmic de $6,7^{\circ}\text{C}$ a la benzinera del Passeig dels Països Catalans, a la cruïlla amb el carrer Rosa Leveroni, a l'est de la ciutat. D'altra banda, a la ciutat de Girona el màxim tèrmic és idèntic al de la ciutat de Salt, $6,7^{\circ}\text{C}$ i aquest màxim es troba en un indret gens habitual a la Plaça de Sant Pere, al barri de Pedret. S'ha remarcat que a la Vall de Sant Daniel el vent del nord provoca que les temperatures baixin molt poc en comparació amb altres transsectes amb cel serè i vent encalmat. El mínim tèrmic de la Vall de Sant Daniel és al punt d'observació de la Barraqueta,

5,5°C, 140 metres al sud-est de l'estació meteorològica oficial de Girona-Sant Daniel, i la temperatura més baixa del transecte al municipi de Girona és al carrer del Carme, al sud-est de la ciutat, amb 4,8°C. Per tant només hi ha una illa de calor de 1,9°C al municipi de Girona. La intensitat de l'illa de calor és més intensa al municipi de Sarrià de Ter (2,8°C) en comparació de Girona, tot i el vent moderat del nord a gran part del municipi, perquè trobem àrees arrecerades del vent com la vall de la riera Xuncla sota el viaducte de l'AP-7, en una zona al SW de Sarrià de Dalt, on la temperatura és relativament baixa, 3,8°C. El màxim tèrmic de Sarrià de Ter és al Pla dels Vinyers, 6,6°C. En general gran part del transecte les temperatures són molt homogènies, varien molt poc, entre 4,8°C i 6,7°C, com a conseqüència del vent que evita la formació de la inversió tèrmica a les àrees rurals. Hi ha una clara illa de calor asimètrica en aquest transecte. Tot i la forta illa de calor del transecte l'illa de calor de Girona té forma d'altiplà.

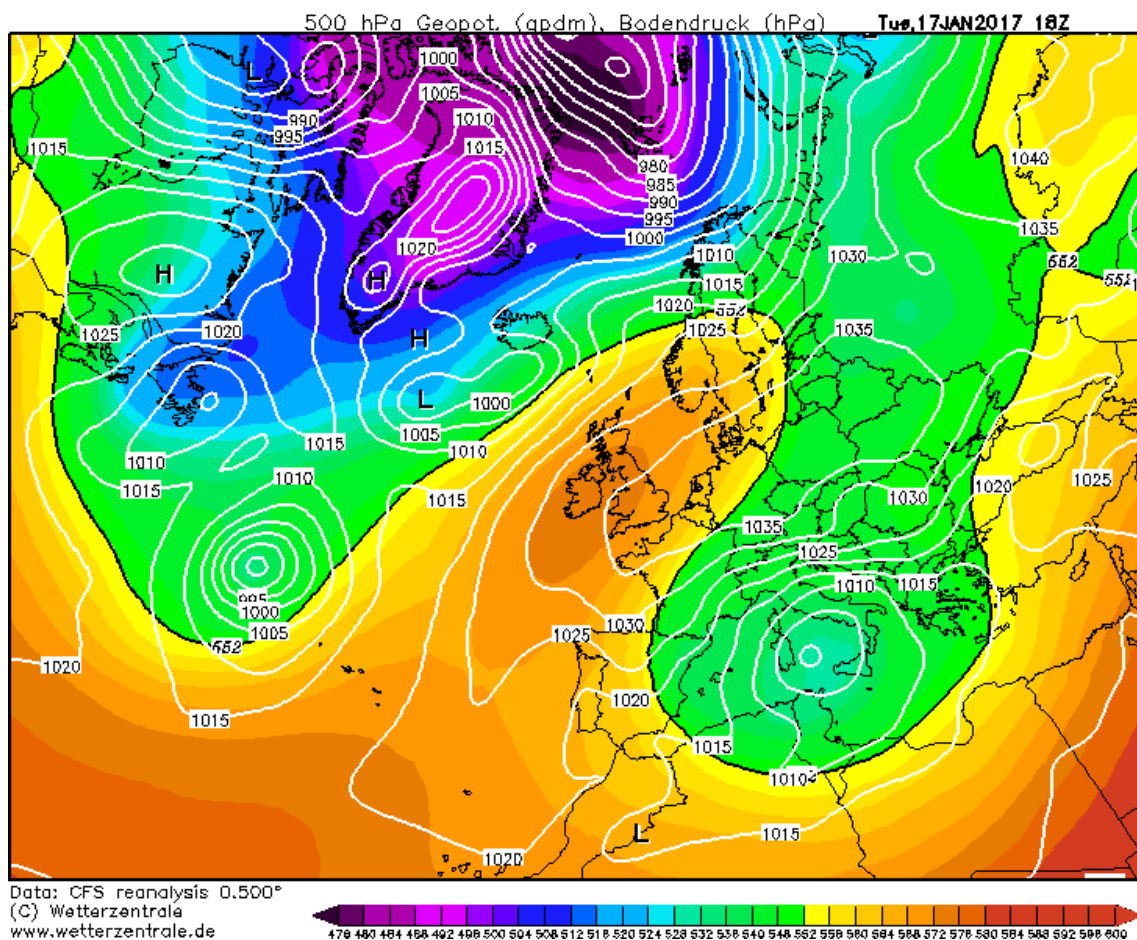


Figura 12. Mapa isobàric i geopotencial a 500 hPa del 17 de gener de 2017. 18 hores locals. Font: www.wetterzentrale.de.

<https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2015&maand=11&dag=23&uur=1800&var=1&map=1&model=cfsr>

Dissabte, 16 de gener de 2016	Illa de calor asimètrica		Illa de calor: 10,2° (19 hores)	
Adv. NE anticiclònica	Màxim tèrmic	6,8		
0/8	Mínim tèrmic	-3,5		
Calma Deveses N 2 Girona	Illa de calor		10,3	
N 1 Salt				
1026 hPa				

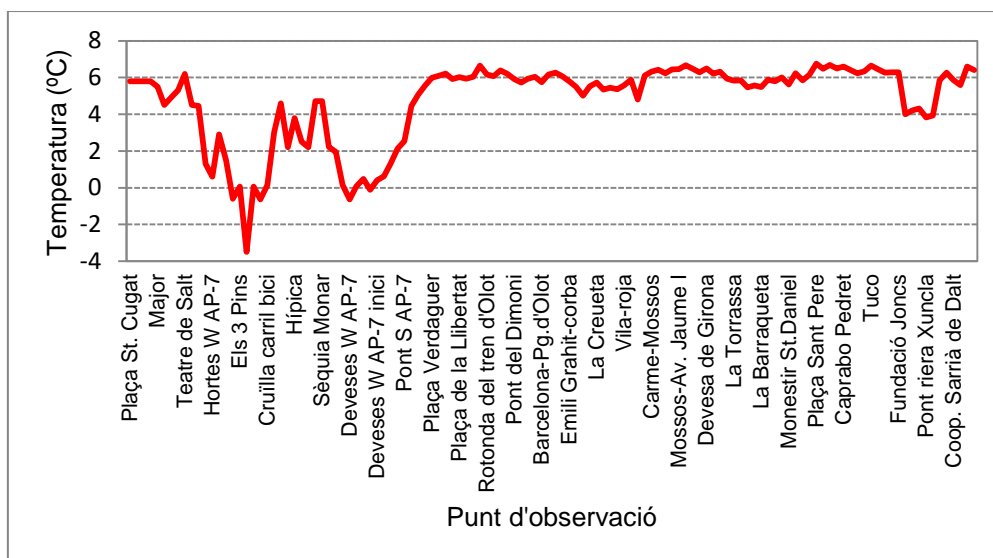


Figura 13. Transsecte 16 de gener de 2016. Transsecte 11.

S'observa una clara diferència entre el transsecte del dia anterior i el d'aquest dia. Mentre que en l'anterior dia la velocitat del vent que varia en funció de la zona provoca un important canvi en la distribució de la temperatura respecte al patró habitual, amb unes temperatures similars a les zones rurals i una asimetria tèrmica important. En aquest recorregut no s'observa unes fortes diferències tèrmiques entre la Vall de Sant Daniel (-0,6) i les Deveses de Salt (-2,8°C) com el dia anterior, i l'illa de calor urbana de Girona té una forma de punxa. En el dia anterior només s'observa la forma de punxa al municipi de Salt.

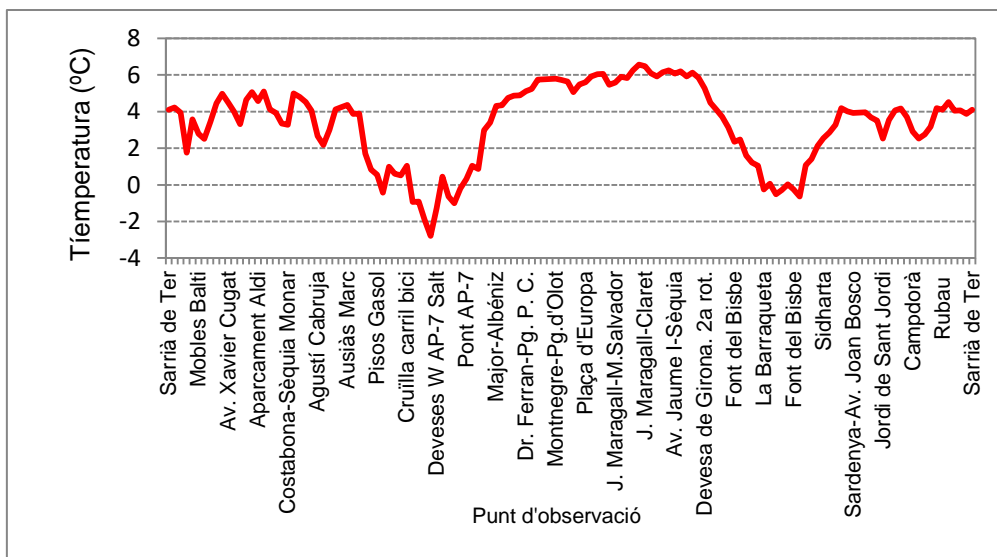


Figura 14. Transsecte 16 de gener de 2016. Transsecte 12.

.Taula 24. Diferència tèrmica urbano-rural entre Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva (SMC). Mitjana horària període 2001-7.

Hora local	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
0	4,05	3,72	3,44	3,80	3,98	4,23	3,85	3,70	3,60	3,47	3,78	3,64	3,77
1	3,99	3,71	3,53	3,82	4,01	4,35	4,00	3,73	3,59	3,48	3,74	3,62	3,80
2	3,97	3,65	3,74	3,80	4,04	4,41	4,04	3,80	3,55	3,42	3,62	3,56	3,80
3	3,91	3,53	3,71	3,79	3,97	4,45	4,09	3,78	3,63	3,31	3,62	3,53	3,78
4	3,89	3,40	3,64	3,82	3,91	4,41	4,08	3,76	3,56	3,29	3,57	3,51	3,74
5	3,84	3,41	3,60	3,78	3,87	4,33	4,08	3,78	3,52	3,31	3,51	3,45	3,71
6	3,82	3,39	3,56	3,81	3,93	4,29	4,05	3,83	3,52	3,32	3,55	3,48	3,71
7	3,83	3,41	3,56	3,79	3,80	3,63	3,72	3,81	3,64	3,33	3,47	3,48	3,62
8	3,83	3,53	3,36	3,66	2,95	1,83	2,46	3,37	3,50	3,42	3,25	3,47	3,22
9	3,61	3,25	2,40	2,79	1,71	0,37	1,08	2,15	2,49	3,11	2,91	3,31	2,43
10	2,80	2,36	1,64	1,84	1,22	0,02	0,72	1,37	0,92	2,07	2,13	2,51	1,63
11	1,93	1,88	1,33	1,45	0,91	-0,08	0,56	0,88	0,28	1,30	1,34	1,60	1,11
12	1,27	1,61	1,28	1,33	0,83	0,24	0,54	0,77	0,17	0,90	0,92	1,22	0,92
13	1,04	1,55	1,39	1,32	0,77	0,54	0,82	0,87	0,27	0,74	0,73	1,06	0,93
14	1,01	1,47	1,51	1,36	0,93	0,83	0,86	0,93	0,41	0,87	0,88	1,01	1,01
15	1,23	1,39	1,58	1,57	0,99	0,89	1,16	1,06	0,62	0,92	0,87	0,99	1,10
16	1,21	1,28	1,62	1,58	1,07	0,96	1,12	1,23	0,73	0,88	0,67	0,79	1,10
17	1,39	1,57	1,74	1,62	1,16	1,16	1,28	1,22	0,86	0,90	0,96	1,29	1,26

18	2,35	1,96	1,96	1,63	1,35	1,43	1,45	1,46	1,22	1,33	2,27	2,66	1,76
19	3,52	2,69	2,30	2,01	1,86	1,79	1,87	1,94	1,95	2,12	3,21	3,59	2,40
20	4,04	3,19	2,95	2,16	2,13	2,33	2,14	2,25	2,34	2,70	3,50	3,83	2,80
21	4,25	3,47	3,56	2,70	2,55	2,75	2,44	2,59	2,97	3,13	3,71	3,88	3,17
22	4,27	3,54	3,41	3,19	3,42	3,38	3,01	3,12	3,41	3,28	3,79	3,85	3,47
23	4,20	3,65	3,47	3,56	3,89	3,93	3,52	3,51	3,55	3,41	3,75	3,80	3,69

Taula 25. Tipus d'usos del sòl. Transsecte 3.

Punt d'observació	Industrial	Verd	Asfalt	Edifici	Aigua
Montagut (Sarrià de Ter)	1,7	6,4	77,2	18,9	0,0
Pla de l'Horta	0,0	51,0	38,0	11,0	0,0
Sarrià de Dalt	7,9	38,8	44,3	8,8	0,1
Molí d'en Xuncla	0,0	68,8	28,5	2,8	0,0
Camí del Molí	0,0	81,5	26,7	1,3	0,0
Pont riera Xuncla	0,8	45,1	41,6	1,7	10,8
Hinojosa Sarrià de Ter	41,3	17,6	29,1	2,7	9,4
Pont de l'Aigua	5,8	43,9	31,3	10,3	8,7
C/Pont Major	1,4	34,8	51,5	12,2	0,1
Benzinera	0,0	36,6	40,2	23,2	0,0
Ronda Pedret	2,9	83,3	8,0	2,3	3,5
Centre Cívic Pedret	0,0	43,2	38,5	5,0	13,3
Ronda Pedret	0,0	61,5	10,2	11,6	16,7
Pont Pedret	0,0	23,4	49,0	18,0	9,6
La Torrassa	0,0	72,1	8,7	19,2	0,0
C/ Sant Daniel	0,0	83,1	10,1	6,8	0,0
Plaça de la Sardana	0,0	97,5	1,5	1,0	0,0
Monestir St. Daniel	0,0	83,1	10,1	6,8	0,0
La Torrassa	0,0	72,1	8,7	19,2	0,0
Pont Pedret	0,0	23,4	49,0	18,0	9,6
Devesa de Girona	0,0	39,9	33,1	22,5	4,6
Avinguda Jaume I	0,0	5,3	30,4	64,3	0,0
C/ Juli Garreta	0,0	2,8	47,8	47,4	0,0

C/ La Salle	0,0	3,5	31,5	64,9	0,1
C/ Migdia	0,0	13,1	59,4	27,5	0,0
Els Químics	0,0	9,1	59,4	31,5	0,0
Pujada Creu Palau	0,0	27,1	58,3	14,3	0,4
Pujada Creu Palau	0,0	27,1	58,3	14,3	0,4
Col.legi Les Alzines	0,0	58,5	23,0	18,4	0,1
Club Tennis Girona	0,0	47,4	46,3	5,8	0,4
Masl Amat	0,0	51,1	44,9	3,8	0,2
C/Aragó-C/BCN	9,0	29,0	52,2	9,7	0,0
PC City	10,3	21,9	66,7	1,2	0,0
Vial Accés AP-7	20,6	9,7	69,7	0,0	0,0
Carretera Sta.Coloma	28,4	2,6	66,3	2,7	0,0
Plaça de Salt	9,4	17,7	47,8	25,1	0,1
C/ Salt	7,4	29,3	61,7	1,5	0,0
Hosp.Sta.Caterina	5,6	65,4	13,0	16,0	0,0
La Maçana	0,0	39,9	33,1	22,5	4,6
Benzinera de Salt	0,0	39,9	55,5	4,6	0,0
Pg.P.Catalans	0,0	7,8	43,3	48,9	0,0
C/ Joaquim Ruyra	2,5	10,6	44,7	42,0	0,2
Plaça de la Vila	14,8	5,3	45,9	34,0	0,0
Hípica	3,3	81,9	10,1	1,7	3,0
Deveses de Salt	0,0	99,9	0,1	0,0	0,0
Pas d'en Prats	0,0	89,7	0,0	0,0	10,3

Taula 6.k Font: Elaboració pròpia a partir de l'Ortoimatgemapa del Gironès escala 1:5000

(Institut Cartogràfic de Catalunya, 2014)

Taula 26. Percentatge d'usos del sòl a les estacions meteorològiques

	Indústria	Verd	Asfalt	Edifici	Aigua
Girona-la vall de St.Daniel	0,0	75,2	6,1	11,0	0,1
Aeroport de Girona	0,0	11,3	73,9	3,9	0,0
Vilablareix	0,0	93,4	0,0	0,8	0,0
Fornells (SMC)	0,0	94,0	0,0	0,5	0,0
Sant Gregori	0,0	20,1	13,5	16,6	0,1

Fornells (centre)	0,0	55,6	22,5	14,9	0,2
Sarrià de Ter (SMC)	0,0	15,3	43,3	20,6	0,0
Girona-N.Xifra	0,0	65,3	21,2	10,8	0,0
Salt-AEMET	14,8	5,3	39,5	34,0	0,0
Girona-Bell-lloc	0,0	22,1	52,2	5,0	0,6
Girona-Universitat	0,0	36,3	31,6	27,9	0,0
Girona-Maristes	0,0	54,0	25,2	18,8	0,8
Girona-Parc de Bombers (SMC)	31,4	12,8	42,9	0,0	0,0
Girona-Montjuïc	0,0	64,4	17,0	18,4	0,3
Girona-Vicens Vives	0,0	14,3	61,5	16,8	0,1
Girona-Sèquia	0,0	11,3	27,1	58,7	0,0
Girona-Frances Roges	0,0	6,9	37,2	51,9	0,1
Salt-centre	0,0	14,4	35,3	38,7	0,0
Girona-Bonastruc	0,0	14,9	33,8	47,8	0,0
Girona-BarriVell	0,0	26,9	23,9	37,2	8,9

Taula 6.I Font: Elaboració pròpia a partir de l'Ortoimatgemapa del Gironès escala 1:5000

(Institut Cartogràfic de Catalunya, 2014)

Taula 27. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 1.

Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	Pla dels Vinyers	6	12	0,71
0,5	Pla de l'Horta	60	400	0,96
1	Sarrià de Dalt	6	20	0,86
1,5	Sarrià de Dalt	6	200	1,00
2	Camí del Molí	50	300	0,95
2,5	Pont riu Xuncla	6	200	1,00
3	Torras Hostench	6	200	1,00
3,5	Pont de l'Aigua	12	20	0,64
4	Pont Major	12	150	0,99
4,5	Av. Joan Bosco	12	10,6	0,40
5	Caprabo Pedret	6	42,4	0,96
5,5	Pedret	6	42,4	0,96

6	Pedret	12	100	0,97
6,5	Plaça Sant Pere	12	100	0,97
7	La Torrassa	6	16,7	0,81
7,5	C/ Sant Daniel	6	16,3	0,81
8	Sant Daniel	6	66	0,98
8,5	La Torrassa	6	16,3	0,81
9	Plaça de Sant Pere	40	300	0,97
9,5	Devesa de Girona	25	150	0,95
10	Avinguda Jaume I	22,5	24	0,47
10,5	Av.-Jaume I-Alvarez de Castro	22,5	25	0,49
11	Joan Maragall-la Salle	19,5	15,6	0,37
11,5	Carme	18	123,8	0,96
12	Carme	15	13,3	0,41
12,5	Carretera de Sant Feliu	9	72	0,97
13	Cementiri	6	200	1,00
13,5	Carretera de Sant Feliu	6	72	0,99
14	Carretera de Sant Feliu	6	72	0,99
14,5	Vila-roja	12	29	0,77
15	Carretera de Sant Feliu	6	200	1,00
15,5	La Creueta	9	10	0,49
16	Emili Grahit	6	200	1,00
16,5	Emili Grahit	6	200	1,00
17	Emili Grahit	6	200	1,00
17,5	Pl. Països Catalans	6	200	1,00
18	Emili Grahit-Migdia	6	200	1,00
18,5	Plaça d'Europa	19,5	121	0,95
19	Pont del Dimoni	18	102,5	0,94
19,5	Agudes-Pg. d'Olort	15	20	0,55
20	Pg. Països Catalans	15	20	0,55
20,5	Pg. Països Catalans	31,5	24	0,36
21	Plaça Sant Cugat	7,5	30	0,89
21,5	Joaquim Ruyra	15	30	0,71
22	Hortes de Salt	12	200	0,99

22,2	Deveses de Salt	12	180	0,99
22,7	Deveses de Salt (Pas d'en Prats)	12	60	0,93

Taula 29. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 2.

Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 2.				
Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	Plaça de Sant Cugat (Salt)	7,5	30	0,89
0,5	Pg. P.Catalans	31,5	24	0,36
1	Pg. Països Catalans	15	20	0,55
1,5	Pg. d'Olot	15	20,6	0,57
2	Pont del Dimoni	18	102,5	0,94
2,5	Escola Hosteleria	12	60	0,93
3	Joan Vayreda	9	17	0,69
3,5	Sala de Ball	25	60	0,77
4	Devesa de Girona	40	250	0,95
4,5	Pont de Pedret	12	100	0,97
5	Ronda Pedret	12	100	0,97
5,5	C.Cívica Pedret	12	100	0,97
6	Caprabo	12	100	0,97
6,5	Av. Joan Bosco	6	16,7	0,81
7	Pont Major	6	16,3	0,81
7,5	Pont Aigua	6	66,00	0,98
8	Torras Hostench	6	16,3	0,81
8,5	Pont del riu Xuncla	40	300	0,97
9	Sarrià de Dalt	25	150	0,95
9,5	Camí del Molí	50	300	0,95
10	Sarrià de Dalt	6	20	0,86
10,5	Pla de l'Horta	60	400	0,96

11,0	Sarrià de Ter (C/Montagut)	6	12	0,71
------	----------------------------	---	----	------

Taula 30. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 3.

Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 3.				
Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	C/Montagut (Sarrià de Ter)	6	12	0,71
0,5	Pla de l'Horta	60	400	0,96
1	Sarrià de Dalt	6	20	0,86
1,5	Sarrià de Dalt	6	200	1,00
2	Camí del Molí	50	300	0,95
2,5	Pont riu Xuncla	6	200	1,00
3	Torras Hostench	6	200	1,00
3,5	Pont de l'Aigua	12	20	0,64
4	C/Pont Major (D.Gerunda)	12	150	0,99
4,5	Benzinera	12	10,6	0,40
5	C/Pedret (Centre Cívic)	6	42,4	0,96
5,5	C/Pedret	6	42,4	0,96
6	Plaça Sant Pere	12	100	0,97
6,5	La Torrassa	12	100	0,97
7	C/ Sant Daniel	6	16,7	0,81
7,5	Camí de la Font Fita	6	16,3	0,81
8	Monestir de Sant Daniel	6	66	0,98
8,5	La Torrassa	6	16,3	0,81
9	Plaça de Sant Pere	40	300	0,97
9,5	Devesa de Girona	25	150	0,95
10	Gran Via Jaume I	22,5	24	0,47
10,5	Gran Via Jaume I	22,5	24	0,47
11	Juli Garreta	16,5	10,7	0,31
11,5	Migdia-Creu	21	14,7	0,33
12	Migdia	12	17,6	0,59
12,5	Químics	18	16,6	0,42
13	Pujada de la Creu de Palau	6	40	0,96

13,5	Pujada de la Creu de Palau	6	40	0,96
14	Col.legi Les Alzines	6	33,7	0,94
14,5	Club Tennis Girona	6	40	0,96
15	Cal Amat	4	60	0,96
15,5	Aragó-BCN	9	35	0,89
16	PC City	9	40	0,91
16,5	Vial d'accés a AP-7	12	100	0,97
17	Carretera de Sta. Coloma	9	38,7	0,91
17,5	Plaça de Salt	9	60	0,96
18	Col.legi Bell-lloc	6	100	0,94
18,5	Hospital Sta. Caterina	6	100	0,99
19	La Maçana	6	100	0,99
19,5	Benzinera de la Maçana	6	100	0,99
20	Pg. Països Catalans	7,5	30	0,89
20,5	C/ Joaquim Ruyra	18	13	0,34
21	Plaça de la Vila	15	30	0,71
21,5	Hortes de Salt	12	200	0,99
22	Deveses de Salt	12	180	0,99
22,2	Deveses de Salt (Pas d'en Prats)	12	60	0,93

Taula 31. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 4.

Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	C/Montagut (Sarrià de Ter)	6	12	0,71
0,5	Pla de l'Horta	60	400	0,96
1	Sarrià de Dalt	6	20	0,86
1,5	Sarrià de Dalt	6	200	1,00
2	Camí del Molí	50	300	0,95
2,5	Pont riu Xuncla	6	200	1,00
3	Antiga A-2	6	50	0,97
3,5	Can Salvatella	6	200	1,00
4	Av. Josep Tarradellas	6	52	0,97
4,5	Pavelló de Fontajau	12	100	0,97

5	Domeny	6	12	0,71
5,5	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
6	Nestlé	12	200	0,99
6,5	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
7	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
7,5	La Gironina	1	200	1,00
8	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
8,5	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
9	Sant Gregori	6	12	0,71
9,5	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
10	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
10,5	La Gironina	15	100	0,96
11	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
11,5	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
12	Nestlé	12	200	0,99
12,5	Carretera de Sant Gregori	1	200	1,00
13	Domeny	6	12	0,71
13,5	Pavelló de Fontajau	12	100	0,97
14	Pont Fontajau	1	200	1,00
14,5	Maristes	12	60	0,93
15	Can Ninetes	12	15	0,53
15,5	Agudes-Pg.Olot	15	20,6	0,57
16	Pg. Països Catalans	15	20	0,55
16,5	Pg. Països Catalans	31,5	24	0,36
17,0	Plaça Sant Cugat	7,5	30	0,89

Taula 32. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 5.

Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada(m)	SVF
0,00	Deveses de Salt (Pas d'en Prats)	12	60	0,93
0,15	Els 3 Pins	12	12	0,45
0,30	Canyissar	4	12	0,83
0,45	Cantó riu Ter	12	100	0,97
0,60	Deveses	12	50	0,90

0,75	Deveses	12	50	0,90
0,90	Pont N AP-7	12	100	0,97
1,05	Deveses	12	30	0,78
1,20	Safareig de les Dones	12	20	0,64
1,35	Hortes E (AP-7)	9	200	1,00
1,50	Fàbrica Gasol	9	30	0,86
1,65	C/St.Joan	9	5,5	0,29
1,80	Teatre	9	20	0,74
1,95	Plaça Verdaguer	9	30	0,86
2,10	Angel Guimerà-Pg.M Camps	18	10	0,27
2,25	C/A. Guimerà-Pacheco	18	12	0,32
2,40	C/A. Guimerà-Sambola	15	12	0,37
2,55	Pg. Països Catalans	31,5	24	0,36
2,70	C/Francesc Macià	22	125	0,94
2,85	C/Folch i Torres	6	20	0,86
3,00	Av. de la Pau	6	200	1,00
3,15	La Maçana	2	200	1,00

Taula 33. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 6.

Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	Monestir Sant Daniel	6	300	1,00
0,2	Font del Bisbe	6	66	0,98
0,4	La Torrassa	6	16,7	0,81
0,6	Monestir St. Pere Galligants	9	8	0,41
0,8	Barca	15	5,9	0,19
1	Calderers	15	4,9	0,16
1,2	Ballesteries	15	5,3	0,17
1,4	Ciudadans	15	5,6	0,18
1,6	Plaça del Vi	15	20	0,55
1,8	Plaça Catalunya	15	75,5	0,93
2	Av.St. Francesc	16,5	14,6	0,40
2,2	Avinguda Jaume I	22,5	25	0,49

Taula 34. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 7.

Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 7.				
Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	Sarrià de Ter	6	12	0,71
0,5	Pla de l'Horta	60	400	0,96
1	Sarrià de Dalt	6	20	0,86
1,5	Sarrià de Dalt	6	200	1,00
2	Camí del Molí	50	300	0,95
2,5	Pont riu Xuncla	6	200	1,00
3	Torras Hostench	6	200	1,00
3,5	Pont de l'Aigua	12	20	0,64
4	Av. Joan Bosco	12	150	0,99
4,5	Benzinera	12	10,6	0,40
5	Ronda de Pedret	6	42,4	0,96
5,5	Ronda de Pedret	6	42,4	0,96
6	Pont Pedret	12	100	0,97
6,5	La Torrassa	12	100	0,97
7	Sant Daniel	6	16,7	0,81
7,5	Pl.Sardana	6	16,3	0,81
8	Sant Daniel	6	66	0,98
8,5	La Torrassa	6	16,3	0,81
9	Pont Pedret	40	300	0,97
9,5	Devesa de Girona	25	150	0,95
10	Sala de Ball	15	100	0,96
10,5	Ronda Ferran Puig	13,4	12	0,41
11	Av.Sant Narcís	15	15,4	0,46
11,5	Av.Sant Narcís	15	100	0,96
12	Av.Sant Narcís	15	15,5	0,46
12,5	Col.legi Bell-lloc	6	32,4	0,94
13	Av.de la Pau	6	100	0,99
13,5	Hospital Sta. Caterina	6	100	0,99

14	IES Vallvera	6	100	0,99
14,5	Benzinera de la Maçana	6	100	0,99
15	Pg.Paisos Catalans	7,5	30	0,89
15,5	C/ Joaquim Ruyra	18	13	0,34
16	Plaça de la Vila	15	30	0,71
16,5	Hortes de Salt	12	200	0,99
17	Deveses de Salt	12	180	0,99
17,2	Deveses de Salt	12	60	0,93

Taula 35. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 8.

Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 8.				
Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0,5	Sarrià de Ter	6	12	0,71
1	Pla de l'Horta	60	400	0,96
1,5	Sarrià de Dalt	6	20	0,86
2	Sarrià de Dalt	6	200	1,00
2,5	Camí del Molí	50	300	0,95
3	Pont riu Xuncla	6	200	1,00
3,5	Torras Hostench	12	20	0,64
4	Pont Aigua	12	150	0,99
4,5	Pont Major	12	10,6	0,40
5	Avinguda Joan Bosco	6	42,4	0,96
5,5	Pedret	6	42,4	0,96
6	C.Cívic Pedret	12	100	0,97
6,5	Pedret	12	100	0,97
7	Bellaire	6	16,7	0,81
7,5	La Torrassa	6	16,3	0,81
8	Sant Daniel	6	66	0,98
8,5	Plaça Sardana			0,70
9	Sant Daniel	6	66	0,98
9,5	La Torrassa	6	16,3	0,81
10	Plaça de Sant Pere	6	16,7	0,81
11	Sala de Ball	25	150	0,95
11,5	Ronda Ferran Puig	13,4	12	0,41

12	Barcelona	19,5	22,4	0,50
12,5	Barcelona	9	22,4	0,78
13	Parc del Migdia	15	22,4	0,60
13,5	Barcelona	15	30,7	0,72
14	Bauhaus	12	100	0,97
14,5	PC City	9	40	0,91
15	Barcelona	6	29,4	0,93
15,5	Fornells Park	12	100	0,97
16	Accés a l'estació	12	200	0,99
16,5	Estació de Mercaderies	12	200	0,99

Taula 36. Factor de visió del cel (SVF). Transsecte 9.

Qm	Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
0	Dev. Salt (Pas d'en Prats)	12	60	0,93
0,5	Deveses de Salt	12	180	0,99
1,0	Hortes de Salt	12	200	0,99
1,5	Fleming-Major	11,5	13,40	0,53
2,0	Major	15	20	0,56
2,5	Major	10,5	25	0,77
3,0	Can Ninetes	13	13	0,45
3,5	Sta. Eugènia	12	15	0,53
4,0	Sta. Eugènia	15	15,4	0,46
4,5	Ronda Ferran Puig	13,4	12	0,41
5,0	Devesa de Girona	25	150	0,95
5,5	Bellaire	25	25	0,45
6,0	La Torrassa	6	16,7	0,81
6,5	Monestir Sant Daniel	6	100	0,99

Taula 37. Temperatura mitjana de les màximes. Període 1998-2020. Àrea urbana de Girona.

Temperatura mitjana de les màximes. Període 1998-2020. Àrea urbana de Girona.													
Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Any

Girona-Sant Daniel	14,2	15,3	18,8	20,3	24,4	29,8	31,6	32,4	27,8	23,0	17,1	13,5	22,4
Aeroport de Girona	13,6	14,4	17,7	19,1	23,3	28,5	30,1	30,8	26,3	22,2	16,4	13,4	21,3
Vilablareix	14,0	14,7	18,4	20,1	24,4	29,3	30,6	31,1	26,5	22,3	16,4	13,5	21,8
Fornells (SMC)	13,8	14,1	17,6	19,2	24,1	28,9	30,5	30,6	27,1	22,8	17,2	13,8	21,6
Fornells (centre)	12,9	13,8	17,6	19,3	23,9	29,1	30,1	30,4	26,1	21,8	15,8	12,6	21,1
Sant Gregori	13,0	14,1	16,8	18,3	22,8	28,1	29,6	30,3	27,4	22,6	16,7	13,0	21,1
Sarrià de Ter (SMC)	14,2	15,5	18,6	19,3	24,0	29,5	31,1	30,7	27,5	23,6	17,5	15,2	22,2
Girona-N.Xifra	13,7	15,3	19,1	20,1	24,5	29,5	32,4	32,3	27,6	23,4	16,9	14,0	22,4
Girona-Bell-lloc	13,7	14,8	18,2	19,7	24,0	29,1	30,8	31,9	26,9	22,6	16,8	13,6	21,8
Salt-Barri Vell	11,6	12,7	18,4	19,9	24,4	29,4	30,9	31,6	26,1	21,9	15,6	11,6	21,2
Salt-AEMET	13,3	14,4	18,3	19,8	24,3	29,5	31,0	31,7	27,0	22,8	16,5	13,3	21,8
Girona-SMC	14,2	14,9	18,7	20,3	24,6	29,9	31,4	31,7	27,2	23,0	17,0	13,9	22,2
Girona-Maristes	13,9	14,7	18,3	19,7	24,1	29,2	30,3	30,7	26,7	22,3	16,8	13,9	21,7
Girona-Montjuic	13,3	14,6	18,7	20,3	24,8	30,2	31,7	31,9	26,7	22,0	15,7	13,0	21,9
Girona-Sèquia	14,1	15,2	18,6	20,0	24,8	29,6	31,5	32,2	27,8	23,1	17,2	13,6	22,4
Salt (centre)	13,3	14,4	18,3	19,8	24,3	29,5	31	31,7	27	22,8	16,5	13,3	21,8
Girona-F.Roges	13,3	15,0	18,8	20,4	25,1	30,2	31,8	32,6	27,9	22,9	16,3	12,9	22,3
Girona-Devesa	13,9	15	18,3	19,8	24,3	29,5	31	31,7	27,3	23,1	16,8	13,5	22,0
Girona-B.Vell	13,7	14,8	18,3	19,8	24,3	29,2	30,7	31,4	27,3	23,1	16,8	13,6	21,9
Mitjana zona rural	13,9	14,3	17,8	19,4	23,9	29,0	30,3	30,7	26,5	22,3	16,5	13,3	21,5
Mitjana zona suburbana	13,3	14,6	18,4	19,7	24,2	29,4	31,1	31,5	27,1	22,8	16,7	13,5	21,9
Mitjana zona urbana	13,8	14,8	18,4	19,9	24,5	29,5	31,1	31,7	27,3	22,9	16,7	13,4	22,0
Dif.mitjana	-0,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	1,0	0,8	0,6	0,2	0,0	0,5
Dif.màxima	0,3	0,9	1,2	1,3	1,8	1,7	1,7	2,0	1,6	0,9	0,4	0,2	0,9

Taula 38. Temperatura mitjana de les màximes. Període 1998-2020. Àrea urbana de Girona.

Temperatura mitjana de les mínimes. 1998-2014. Àrea urbana de Girona.

Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-St.Daniel	-	0,7	3,3	5,7	9,6	13,2	15,9	15,8	12,7	10,0	3,6	0,5	8,2
Aeroport de Girona	0,8	1,4	4,1	6,3	10,5	14,8	17,0	16,7	13,9	10,9	4,3	1,3	9,1
Vilablareix	0,8	1,2	4,1	6,0	10,1	14,5	16,0	16,0	12,8	10,0	3,6	1,1	8,6
Fornells (SMC)	-	-	2,3	4,6	8,9	12,7	15,2	15,3	11,9	9,7	2,4	-	7,3
Sant Gregori	1,6	1,9	4,7	6,9	11,1	15,2	17,2	17,2	14,2	11,0	4,7	2,1	9,6
Fornells (centre)	1,9	2,0	4,8	7,0	11,2	15,3	17,4	17,4	14,6	11,4	5,1	2,2	9,8
Sarrià de Ter (XVPCA)	1,2	1,7	4,8	6,6	11,4	15,5	17,3	17,3	14,6	11,3	4,8	1,9	9,7
Girona-N.Xifra	0,9	1,2	4,3	6,1	10,8	15,0	17,0	17,0	13,9	10,8	4,4	1,3	9,2
Girona-Bell-lloc	0,7	1,4	4,2	6,8	10,6	15,2	17,3	16,9	13,9	10,6	3,9	1,0	9,2
Salt-AEMET	1,2	1,9	4,7	7,2	11,1	15,2	17,4	17,2	14,3	11,3	4,7	1,7	9,6
Girona-Parc de Bombers SMC	2,4	2,9	6,1	8,6	12,8	17,0	19,1	18,7	15,6	12,6	4,9	2,6	11,0
Girona-Maristes	0,8	1,4	4,1	6,3	10,5	14,8	17,0	16,7	13,9	10,9	4,3	1,3	9,1
Girona-Universitat	1,2	1,9	4,8	6,8	11,2	15,4	17,5	17,4	14,3	11,2	4,7	2,0	9,7
Girona-Montjuïc	3,4	3,5	6,2	8,0	12,1	16,5	18,3	18,7	15,1	12,2	6,6	4,2	11,0
Girona-V.Vives	2,7	2,8	5,7	8,1	12,3	16,6	18,6	18,4	15,1	12,2	5,9	3,3	10,8
Girona-Sèquia	3,5	3,5	6,1	8,5	12,8	17,0	18,9	19,0	15,6	13,0	6,7	3,8	11,3
Girona-F.Roges	2,9	3,1	6,0	7,9	12,0	16,1	18,1	18,2	15,6	12,1	6,0	3,3	10,7
Salt-centre	2,2	2,7	5,4	7,8	11,8	16,0	18,1	17,8	15,0	11,8	5,4	2,5	10,4
Girona-Devesa	2,6	2,9	5,7	7,9	12,1	16,2	18,2	18,2	15,1	11,9	5,6	3,1	10,6
Girona-B.Vell	3,3	3,3	5,9	8,3	12,6	16,6	18,6	18,6	15,3	12,1	5,8	3,6	10,9
Mitjana zona rural	0,1	0,7	3,4	5,7	9,8	13,9	16,0	16,0	12,8	10,1	3,5	0,6	8,3
Mitjana zona suburbana	1,5	1,8	4,7	6,9	11,2	15,4	17,5	17,3	14,4	11,2	4,5	1,7	9,7
Mitjana zona urbana	2,9	3,1	5,8	8,1	12,3	16,4	18,4	18,4	15,3	12,2	5,9	3,3	10,4
Dif.mitjana urbano-rural	2,8	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,1	2,4	2,6	2,1
Dif.màxima urbano-rural	4,6	3,9	3,8	3,9	3,9	4,3	3,7	3,7	3,7	3,3	4,3	4,1	4,0

Taula 39. Amplitud tèrmica mitjana diària. Període 1998-2020. Àrea urbana de Girona.

Amplitud tèrmica mitjana. Període 1998-2014. Àrea urbana de Girona.													
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Sant Daniel	14,3	14,6	15,5	14,6	14,8	16,6	15,7	16,6	15,1	13,0	13,5	13,0	14,8

Aeroport de Girona	12,8	13,0	13,6	12,8	12,8	13,7	13,1	14,1	12,4	11,3	12,1	12,1	12,8
Vilablareix	13,2	13,5	14,3	14,1	14,3	14,8	14,6	15,1	13,7	12,3	12,8	12,4	13,8
Fornells de la Selva (SMC)	14,9	14,5	15,3	14,6	15,2	15,9	15,3	15,3	15,2	13,1	14,8	14,1	14,9
Fornells (centre)	11,3	11,9	12,9	12,4	12,8	13,9	12,9	13,2	11,9	10,8	11,1	10,5	12,1
Sant Gregori	11,1	12,1	12,0	11,3	11,6	12,8	12,2	12,9	12,8	11,2	11,6	10,8	11,9
Sarrià de Ter (XVPCA)	13,0	13,8	13,8	12,7	12,7	14,0	13,7	13,5	12,9	12,2	12,7	13,3	13,2
Girona-N.Xifra	12,8	14,1	14,8	14,0	13,7	14,5	15,4	15,3	13,7	12,6	12,5	12,7	13,8
Girona-Bell-lloc	13,0	13,4	14,0	12,9	13,4	13,9	13,5	15,0	13,0	12,0	12,9	12,6	13,3
Salt-AEMET	12,1	12,5	13,6	12,6	13,2	14,3	13,6	14,5	12,7	11,5	11,8	11,6	12,8
Girona-SMC	11,8	12,0	12,6	11,7	11,8	12,9	12,3	13,0	11,6	10,4	12,1	11,3	12,0
Girona-Maristes	13,1	13,3	14,2	13,4	13,6	14,4	13,3	14,0	12,8	11,4	12,5	12,6	13,2
Girona-Universitat	12,9	13,3	13,8	13,2	13,6	14,2	14,0	14,8	13,5	11,9	12,5	11,6	13,3
Girona-Montjuïc	9,9	11,1	12,5	12,3	12,7	13,7	13,4	13,1	11,6	9,7	9,2	8,9	11,5
Girona-V.Vives	11,4	12,4	12,9	11,9	12,5	13,0	12,9	13,8	12,7	10,9	11,3	10,3	12,2
Girona-Sèquia	10,7	11,7	12,4	12,0	12,7	13,1	13,2	13,5	12,7	10,9	10,6	9,5	11,9
Salt (centre)	10,6	11,6	12,6	11,7	12,0	12,9	12,4	13,3	11,9	10,6	10,6	10,0	11,7
Girona-F.Roges	9,8	11,5	12,7	11,9	12,3	13,2	12,9	13,6	12,3	9,9	9,6	9,1	11,6
Girona-Bonastruc	11,0	11,9	12,3	11,9	12,3	13,4	12,9	13,5	11,7	11,0	10,8	10,2	11,9
Girona-B.Vell	11,5	12,1	12,9	12,0	12,5	13,2	12,6	13,6	12,3	11,3	11,4	11,1	12,2
Mitjana zona rural	13,8	13,9	14,7	14,0	14,3	15,3	14,7	15,3	14,1	12,4	13,3	12,9	14,1
Mitjana zona suburbana	12,1	12,9	13,6	12,8	13,0	13,9	13,5	14,0	12,7	11,5	12,2	11,9	12,2
Mitjana zona urbana	10,9	11,9	12,7	11,9	12,3	13,2	12,8	13,6	12,2	10,8	10,9	10,1	11,9
Dif.mitjana urbano-rural	-2,9	-2,0	-2,0	-2,1	-1,9	-2,1	-1,8	-1,7	-1,9	-1,6	-2,4	-2,8	-2,2
Dif.màxima urbano-rural	-5,1	-3,1	-3,2	-2,9	-3,2	-3,7	-3,3	-3,3	-3,5	-3,2	-5,2	-5,0	-3,3

Taula 40. Mitjana anual de dies de glaçada. Període 1998-2020. Àrea urbana de Girona.

Mitjana de dies de glaçada. Període 1998-2014. Àrea urbana de Girona.													
Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Sant Daniel	18,2	11,9	7,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	14,5	61,5
Aeroport de Girona	13,2	11,9	4,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	12,5	47,9
Vilablareix	15,2	12,6	3,9	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	12,7	50,6
Fornells (SMC)	25,1	20,8	10,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	23,4	88,5

Fornells (centre)	11,5	9,4	3,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	10,2	39,5
Sant Gregori	11,9	7,4	3,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	9,2	35,6
Girona-Belllloc	15,1	11,9	4,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	13,1	53,0
Sarrià de Ter	12,0	10,7	5,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	11,7	44,3
Girona-N.Xifra	14,5	12,2	5,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	13,3	51,9
Salt (AEMET)	12,7	9,6	3,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	12,3	42,8
Salt-Barri Vell	13,0	8,8	3,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	11,2	40,5
Maristes	11,8	10,1	4,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	14,0	45,5
Universitat	12,5	7,9	2,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	10,5	39,5
Girona-SMC	8,3	4,4	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	8,1	24,5
Girona-Montjuïc	4,8	3,1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,8	14,6
Girona-V.Vives	8,2	2,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	6,8	20,8
Girona-Sèquia	4,5	1,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	6,2	15,5
Salt (centre)	10,3	5,9	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	8,6	28,8
Girona-F.Roges	6,4	4,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	7,9	17,9
Girona-Devesa	5,0	4,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	6,7	20,8
Girona-Barri Vell	8,0	5,5	2,8	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	7,6	27,4
Mitjana zona rural	17,9	14,3	6,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	15,8	62,1
Mitjana zona suburbana	11,6	8,7	3,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	10,7	39,3
Mitjana zona urbana	8,6	5,6	2,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	8,5	27,6
Dif.mitjana urbano-rural	-9,3	-8,7	-3,9	-1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,3	-7,3	-34,5
Dif.màxima urbano-rural	-20,6	-18,9	-10,2	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,8	-17,2	-73,0

Taula 41. Mitjana anual de nombre de nits tropicals. Període 1998-2020. Àrea urbana de Girona.

Mitjana de nits tropicals (temperatura mínima igual o superior a 20°C)													
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Girona-Sant Daniel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,6	1,0	0,0	0,0	0,0	4,4
Aeroport de Girona	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,5	2,4	0,3	0,0	0,0	0,0	4,8
Vilablareix	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	1,4	0,3	0,0	0,0	0,0	2,2
Fornells (SMC)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Fornells (centre)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,5	2,9	0,6	0,0	0,0	0,0	5,4
Sant Gregori	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	2,2	0,3	0,0	0,0	0,0	4,3
Girona-Bell-Illoc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	4,0	0,5	0,1	0,0	0,0	6,5

Sarrià de Ter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,1	4,6	0,3	0,0	0,0	0,0	7,6
Girona-N.Xifra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,1	2,8	0,3	0,0	0,0	0,0	5,8
Salt-AEMET	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	3,5	4,2	0,3	0,0	0,0	0,0	9,6
Girona-Maristes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	4,5	3,4	0,3	0,0	0,0	0,0	9,8
Girona-Universitat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,0	3,9	0,3	0,0	0,0	0,0	7,8
Girona-SMC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	9,0	9,7	1,9	0,0	0,0	0,0	24,7
Girona-Montjuïc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	7,3	10,0	0,6	0,0	0,0	0,0	18,3
Girona-V.Vives	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	7,7	6,8	0,7	0,0	0,0	0,0	18,3
Girona-Sèquia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	10,3	10,8	2,0	0,1	0,0	0,0	27,7
Salt-centre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	4,6	6,7	0,7	0,0	0,0	0,0	14,2
Girona-F.Roges	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	5,0	3,9	0,3	0,0	0,0	0,0	10,8
Girona-Devesa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	4,6	6,7	0,3	0,0	0,0	0,0	13,8
Girona-Barri Vell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	7,8	7,7	0,5	0,1	0,0	0,0	20,1
Mitjana rural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	1,4	0,4	0,0	0,0	0,0	2,9
Mitjana suburbana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,6	4,8	0,5	0,0	0,0	0,0	10,0
Mitjana urbana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	6,7	7,1	0,7	0,0	0,0	0,0	17,5
Dif.mitjana urbano-rural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dif.màxima urbano-rural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 42. Necessitats de calefacció (graus-dia)- Àrea urbana de Girona. Període 1998-2020.

Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Salt-Plaça St.Cugat	223,2	177,7	105,4	40,9	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	118,0	213,9	900,8
Girona-F. Roges	213,3	166,4	84,0	42,2	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	114,0	213,9	851,8
Girona-Sèquia	192,2	157,9	86,1	33,7	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	71,0	186,1	742,5
Girona-Bonastruc	207,8	171,7	104,7	39,5	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	95,0	198,3	839,4
Girona-Barri Vell	201,5	163,3	95,4	39,7	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	92,0	189,2	800,5
Girona-Bell-lloc	241,8	197,4	117,8	57,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	141,0	229,4	1012,1
Girona-Parc de Bombers (SMC)	207,7	172,6	80,6	35,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	120,0	207,7	843,9
Girona-N.Xifra	238,7	189,3	104,5	55,8	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	129,0	226,3	964,3
Girona-Montjuïc	207,7	169,5	84,1	42,8	7,2	0,9	0,0	0,0	0,2	16,2	115,0	198,4	842,0

Salt-AEMET	241,8	197,4	111,0	53,5	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	122,4	229,1	982,1
Sarrià de Ter	227,4	181,1	105,7	60,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	115,8	202,2	910,3
Fornells-centre	235,6	200,2	126,2	50,4	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	138,0	235,6	1011,7
Univ. de Girona	222,5	194,6	120,0	42,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	129,0	223,2	952,8
Sant Gregori	241,8	186,2	132,2	52,4	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	150,0	235,6	1026,1
Girona-Maristes	231,0	188,9	110,3	53,1	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	126,0	217,0	950,3
Fornells-SMC	278,0	226,5	166,9	74,5	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9	165,0	266,6	1218,7
Aeroport Girona	241,8	200,9	127,1	72,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	138,0	235,6	1045,6
Girona-St. Daniel	254,2	197,4	132,8	56,4	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	138,0	248,0	1058,7
Vilablareix	232,5	198,1	122,9	53,4	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	147,0	232,5	1015,3
Deveses de Salt	273,5	223,1	157,3	70,8	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	150,7	275,2	1196,5
Mitjana z.urbana	207,6	167,4	95,1	39,2	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	98,0	200,3	827,0
Mitjana z.suburbana	229,6	187,7	109,2	50,2	8,2	0,1	0,0	0,0	0,0	15,4	128,6	220,5	949,6
Mitjana z.rural	256,0	209,2	141,4	65,4	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	147,7	251,6	1107,0

Taula 43. Necessitats de refrigeració (graus-dia)- Àrea urbana de Girona. Període 1998-2020.

Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Salt-Plaça St.Cugat	0,0	0,0	0,3	4,1	29,7	144,0	204,6	220,1	97,0	32,9	0,2	0,0	733,0
Girona-F. Roges	0,0	0,0	0,3	3,5	58,6	156,0	217,0	229,4	108,0	38,4	0,2	0,0	811,4
Girona-Sèquia	0,0	0,0	0,4	5,1	64,2	159,0	223,2	235,6	111,0	57,0	0,3	0,0	855,7
Girona-Bonastruc	0,0	0,0	0,3	3,2	54,2	155,0	213,7	229,4	107,0	37,4	0,2	0,0	800,4
Girona-Barri Vell	0,0	0,0	0,3	3,1	57,5	147,0	213,7	229,4	107,0	49,0	0,2	0,0	807,2
Girona-Bell-lloc	0,0	0,0	0,2	1,3	34,0	123,0	182,9	207,7	69,0	16,5	0,2	0,0	634,8
Girona-Parc de Bombers (SMC)	0,0	0,0	0,4	1,7	43,0	165,0	223,2	229,4	102,0	0,0	0,2	0,0	764,9
Girona-N.Xifra	0,0	0,0	0,2	2,6	43,2	133,3	207,7	207,7	86,8	19,0	0,2	0,0	700,7
Girona-Montjuïc	0,0	0,0	0,2	5,0	55,0	162,5	217,7	227,0	81,8	16,8	0,2	0,0	766,2
Salt-AEMET	0,0	0,0	0,3	1,4	28,9	139,5	189,1	204,6	80,4	22,1	0,2	0,0	666,4
Sarrià de Ter-XVPCA	0,0	0,0	0,2	3,6	43,5	128,3	210,8	229,4	78,3	8,2	0,2	0,0	702,5
Fornells-centre	0,0	0,0	0,1	4,0	55,0	130,2	204,6	201,5	86,8	16,8	0,2	0,0	699,2
Universitat de Girona	0,0	0,0	0,3	1,3	28,9	145,7	204,6	213,9	96,1	22,1	0,2	0,0	713,1

Sant Gregori	0,0	0,0	0,3	1,6	22,9	132,5	205,3	217,7	66,8	13,8	0,1	0,0	661,0
Girona-Maristes	0,0	0,0	0,3	1,5	29,4	123,0	179,8	186,0	80,9	19,0	0,2	0,0	620,1
Fornells-SMC	0,0	0,0	0,0	0,3	8,4	93,0	142,0	148,0	53,4	12,8	0,0	0,0	457,8
Aeroport Girona	0,0	0,0	0,0	0,6	25,0	110,5	170,3	182,7	82,6	20,5	0,1	0,0	592,2
Girona-St. Daniel	0,0	0,0	0,0	0,6	25,0	107,2	179,6	186,0	82,6	20,5	0,1	0,0	601,5
Vilablareix	0,0	0,0	0,0	0,7	18,8	117,0	164,3	176,7	49,6	11,2	0,0	0,0	538,3
Deveses de Salt	0,0	0,0	0,0	0,3	8,6	107,8	164,5	146,7	54,3	13,3	0,0	0,0	495,5
Mitjana z.urbana	0,0	0,0	0,3	3,8	52,8	152,2	214,4	228,8	106,0	42,9	0,2	0,0	801,5
Mitjana z.suburbana	0,0	0,0	0,3	2,4	38,4	138,3	202,6	212,5	82,9	15,4	0,2	0,0	692,9
Mitjana z.rural	0,0	0,0	0,0	0,5	17,1	107,1	164,1	168,0	64,5	15,6	0,0	0,0	537,1

Taula 44. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-Bell-lloc. Període 1973-2004.

TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES A GIRONA-BELL-LLOC (1973-2004)													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1973	12,3	12,3	15,2	17,5	23,8	27,7	29,4	31,6	27,3	20,5	16,7	12,5	20,6
1974	15	13,2	15,3	16,1	21,5	25,3	29,2	28,9	24,5	17,8	16,8	14,8	19,9
1975	15,2	12,9	13,3	18,4	21	24,2	30	29,3	25	21,2	16	12	19,9
1976	14,7	14,6	17,4	16,2	22,3	29,9	29,8	28,4	24,4	20,3	15,9	12,7	20,6
1977	13,2	16,9	18,5	18,1	19,1	23,7	26,7	25,5	25,3	21,9	16,1	13,7	19,9
1978	11,9	14,5	17,3	15,9	20,9	23,9	28,1	29,2	27,8	22,3	17,3	14,6	20,3
1979	13,6	14,6	17	18,5	22,4	28,5	31,1	28,3	25,4	20,8	15,7	13,8	20,8
1980	11,8	15	15,9	17	20,3	24,7	28,3	30,6	27,6	22,2	15,1	11,4	20,0
1981	12,9	12,3	17,9	18,1	20,7	27,8	29,2	30,3	27,6	23,6	18,1	14,7	21,1
1982	14,7	13,8	14,7	19,1	22,6	28,1	32,7	27,7	27,4	21,2	16,9	14,5	21,1
1983	14,8	11,3	16,8	19,5	22,6	28,8	35,5	29,6	28,8	24,1	17,2	14,1	21,9
1984	13,2	12,4	14,5	19	19,2	26,1	31,6	28,4	26,1	22,2	18,6	14,4	20,5
1985	9,9	16,2	15,4	20,8	20,2	27	33,1	31,3	31,6	24,6	14,8	16,1	21,8
1986	13,2	11,9	16,4	16,7	26,3	28,7	33,3	32	28,7	22,6	18,6	14,2	21,9
1987	11	13,8	15,1	20,5	21,6	26,5	30,2	30,7	30,8	22,2	16,7	15,6	21,2
1988	15	15,2	17,9	18,7	21,9	26	30,4	30,7	27,9	23,2	17	15	21,6
1989	14,4	16,7	19	18,4	24,4	26,7	32,4	30,8	26,2	23,9	17,6	16,1	22,2
1990	14,8	18,3	19,1	18,3	24,7	26,7	32,2	31,8	26,4	22,4	16,3	11,7	21,9

1991	12,7	13,8	17,4	18,7	21,3	26,3	31,8	32,6	28,7	20,4	16,2	12,8	21,1
1992	12,8	14,3	17,4	20,7	24,7	23,1	28,5	31,4	25,8	19,1	18,3	13,8	20,8
1993	14,7	13,2	15,8	18,6	22,7	27	29,1	31,6	25,9	19,8	14,8	14,5	20,6
1994	14,1	14,7	20,4	18,5	25	28,8	32,9	32,5	25,2	21	19,1	14,9	22,3
1995	13,7	17,1	16,6	21,3	23,2	25,8	28,5	30,8	25,2	25	18,2	14,1	21,6
1996	14,3	13,3	15,4	19,4	22,6	28,2	30,6	29,5	24,5	20,7	16,5	13,6	20,7
1997	12,7	17,2	21,2	21,1	24,6	25,8	28,5	30,8	28,2	24,6	17,3	13,3	22,1
1998	14,1	16,6	18,8	19,3	24,3	27,3	31,4	31,3	26,6	22	16	13,1	21,7
1999	13,4	14,7	17,7	20,2	24,5	27,8	30,6	31,7	28	22,8	15,5	12,8	21,6
2000	12,8	17	19,6	19,5	24,7	28,1	29,1	32,4	27,7	21	16,9	15,5	22,0
2001	14,7	16	20,8	19,9	25	29,4	30,7	32,3	25,6	25,3	16,3	12,2	22,4
2002	14,3	16,5	18,7	19,9	22	29,1	29,4	28,5	26,2	22,7	18,4	14,1	21,7
2003	13,2	12	18,3	20,9	25,2	33,2	33,5	35,6	26,7	19,7	17,2	13,8	22,4
2004	13,7	13,7	15,5	18,5	22,2	29	30,8	31,7	27,9	25,1	17	13,8	21,6
MITJ.	13,5	14,6	17,2	18,9	22,7	27,2	30,6	30,6	26,9	22,1	16,8	13,9	21,2

Taula 45. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-Vicens Vives. Període 1971-77 i 2004-2007.

TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES. GIRONA-VICENS VIVES. PERÍODES 1971-7 I 2004-07.													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1971	13	15,4	13,7	19,8	21,5	25,8	30,9	31,2	25,7	22,6	15	13,9	20,2
1972	12,2	13,9	17	18,4	21,7	23,9	28,9	26,9	22,6	20,1	17,6	13,4	19,7
1973	13,2	13,1	16	18,7	24,6	27,6	30,4	31	27,3	22,1	17,2	13,3	20,3
1974	15,3	13,8	15,8	16,7	22,6	26	30,1	29,5	24,8	17,4	16,5	15,1	20,3
1975	15,9	15,1	14,6	19,5	20,9	25,3	30,8	30,1	25,6	21,2	16,1	12,5	20,6
1976	14,2	14,6	17,4	17,5	22,7	29,9	30,2	29	24,5	19,9	15,8	13,4	20,8
1977	13,2	17,1	18,3	19	19,4	24,5	26,8	26,3	25,7	22,5	16,1	14,2	20,3
MTJ. 1971-77	13,9	14,7	16,1	18,5	21,9	26,1	29,7	29,1	25,2	20,8	16,3	13,7	20,3
2004		14,5	16,3	19,1	22,8	29,3	31,4	32,4	28,8	25,8	17,3	13,6	
2005	13,7	12,4	16,9	20,1	25,4	31,1	32,3	30,4	27,2	22,5	16,2	12,3	21,7
2006	12,6	15,2	18,8	22,7	26,5	30,9	35	29,2	27,1	24,7	20,1	15,2	23,2

2007	16,2	17,5	18	22	25,1	28,8	30,4	29,4	27,9	22,7			
MTJ. 2004-7	14,2	14,9	17,5	21,0	25,0	30,0	32,3	30,4	27,8	23,9	17,9	13,7	22,4

Taula 46. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-aeroport. Període 1973-2004.

TEMPERATURA MITJANA DE LES MÀXIMES A L'AEROPORT DE GIRONA (1973-2004)													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1973	12,5	12,5	14,9	17,5	23,3	26,6	29,6	30,5	25,8	20,8	16,6	12,3	20,2
1974	14,2	13,1	14,9	15,8	21,8	25,1	28,9	28,3	23,7	16,4	15,5	14,0	19,3
1975	14,7	14,1	13,3	18,4	20,1	23,9	28,8	28,4	24,2	20,2	15,3	11,8	19,4
1976	13,1	13,3	15,8	16,2	21,4	28,4	28,3	27,3	23,2	18,9	14,6	12,7	19,4
1977	11,9	15,8	16,8	17,4	18,1	22,9	25,4	25,2	24,1	21,4	15,4	13,0	19,0
1978	10,9	13,2	15,7	15,1	19,6	22,8	26,8	27,4	26,4	20,7	15,7	14,0	19,0
1979	11,2	13,7	15,9	16,1	21,0	26,2	29,8	27,5	24,4	20,1	15,4	13,6	19,6
1980	11,3	14,2	15,0	16,0	19,0	23,2	25,9	28,8	26,5	21,3	14,7	11,3	18,9
1981	12,3	11,8	16,9	17,5	19,9	26,3	26,8	28,8	26,0	22,2	17,5	14,4	20,0
1982	14,4	13,4	14,4	18,7	21,7	26,3	30,9	27,7	26,2	20,4	16,2	13,6	20,3
1983	14,1	10,6	16,2	18,6	21,4	26,6	32,9	27,7	27,2	22,8	16,8	13,6	20,7
1984	12,6	12,1	14,0	17,7	18,2	24,4	29,2	27,0	23,3	20,8	17,3	13,8	19,2
1985	8,9	15,0	14,4	19,6	19,1	24,2	30,4	28,5	28,7	22,7	14,0	14,3	20,0
1986	11,7	10,5	15,4	15,3	24,2	25,9	29,8	29,4	26,8	21,2	17,3	13,3	20,1
1987	10,6	12,6	14,0	19,2	20,3	24,8	28,7	29,6	28,9	21,0	15,8	14,5	20,0
1988	14,3	14,3	16,8	17,6	20,8	24,3	28,8	29,7	26,1	21,7	16,0	14,2	20,4
1989	13,7	7,0	17,8	17,0	22,9	25,3	30,6	29,5	25,3	22,8	16,8	15,2	21,1
1990	14,2	17,2	18,2	17,0	23,8	24,9	30,6	30,2	25,4	21,6	15,9	11,1	20,8
1991	12,3	12,5	16,3	17,2	19,8	25,3	30,3	31,2	27,5	19,5	15,1	11,9	19,9
1992	11,7	13,6	16,2	19,6	23,2	21,9	27,4	29,8	24,8	18,1	17,8	12,7	19,7
1993	13,8	12,8	15,3	17,6	22,3	26,6	28,4	30,8	24,4	19,1	14,0	13,5	19,9
1994	13,7	14,1	19,1	17,3	23,5	27,7	32,3	32,1	24,7	20,4	18,8	14,6	21,5
1995	13,6	16,6	16,2	20,2	22,4	25,0	31,0	29,2	23,5	23,4	17,5	14,0	21,1
1996	13,9	12,9	14,7	18,6	22,0	27,2	29,7	28,3	23,9	20,6	15,2	13,1	20,0
1997	12,4	16,8	20,5	20,2	23,9	25,0	28,0	29,7	27,3	23,4	17,1	13,1	21,5
1998	13,4	16,2	18,5	18,9	23,0	26,2	30,2	30,5	26,1	21,2	15,4	13,3	21,1

1999	13,5	14,1	17,2	19,3	23,6	26,6	30,1	30,3	27,2	22,2	15,0	13,3	21,0
2000	13,0	16,4	18,1	18,8	23,5	27,2	28,0	31,0	26,7	20,4	16,6	15,1	21,2
2001	14,4	15,1	20,1	19,0	24,0	28,2	29,5	31,5	24,5	24,4	15,9	12,0	21,6
2002	13,8	15,9	17,9	18,8	20,5	27,6	27,9	27,0	25,3	22,7	18,6	14,6	20,9
2003	13,5	12,1	18,1	20,6	25,2	33,1	32,9	35,5	26,4	19,6	17,4	13,9	22,4
2004	13,8	13,8	15,2	18,0	21,6	28,3	30,3	31,5	27,8	25,5	16,9	13,3	21,3
MITJANA	12,9	13,7	16,4	18,0	21,7	25,9	29,3	29,4	25,7	21,2	16,2	13,4	20,3

Taula 47. Temperatura mitjana de les mínimes a Girona-Belll-lloc. Període 1973-2004.

TEMPERATURA MITJANA DE LES MÍNIMES A GIRONA-BELL-LLOC (1973-2004)													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1973	1,0	-2,2	-1,0	3,0	9,7	13,4	15,4	16,7	12,7	6,9	2,7	0,7	6,6
1974	1,8	1,8	5,6	6,2	10,6	14,0	14,9	16,1	13,2	5,2	3,6	-0,3	7,7
1975	-0,6	2,0	3,1	5,2	8,8	14,0	16,4	16,8	12,8	8,0	3,4	1,9	7,7
1976	-1,7	1,8	2,2	5,7	9,9	13,7	16,7	15,7	12,6	8,3	2,1	3,7	7,6
1977	3,3	3,0	5,2	6,0	9,7	12,7	15,9	14,8	13,0	12,3	4,5	3,9	8,7
1978	0,2	2,9	3,4	5,7	9,4	11,9	15,0	15,0	12,2	7,1	1,6	1,9	7,2
1979	1,9	2,6	3,2	3,3	8,4	12,8	15,3	16,2	11,9	9,9	1,0	-0,2	7,2
1980	0,4	3,0	2,8	4,1	7,8	12,3	13,3	16,6	14,6	7,9	3,6	-2,7	7,0
1981	-1,6	-1,4	6,0	7,1	8,6	13,2	13,3	15,1	14,2	8,9	3,2	1,1	7,3
1982	3,1	3,9	4,2	5,4	8,6	14,7	17,8	15,9	13,9	9,2	5,7	2,3	8,7
1983	-2,1	0,4	3,4	4,3	8,2	13,7	17,4	16,1	13,4	9,1	8,4	1,0	7,8
1984	0,7	1,0	2,3	5,0	7,3	12,0	15,5	14,9	11,9	8,2	7,4	0,3	7,2
1985	-3,1	1,7	1,6	5,8	8,0	13,1	16,6	14,6	12,6	9,7	2,6	0,4	7,0
1986	-0,9	-0,8	3,1	3,2	8,8	12,0	14,4	15,7	13,8	10,9	5,7	-0,4	7,1
1987	-0,6	2,0	4,6	6,5	8,1	12,3	16,4	16,9	15,9	12,1	5,3	3,2	8,6
1988	3,8	0,8	2,8	8,0	11,9	13,9	16,4	17,0	13,7	11,5	7,0	-0,5	8,9
1989	1,0	0,9	4,8	5,0	10,3	14,5	16,8	16,4	14,4	9,3	7,0	6,4	8,9
1990	1,0	4,4	4,0	5,3	10,4	14,8	17,0	16,1	15,6	11,7	5,5	-1,0	8,7

1991	1,7	2,2	4,1	5,1	8,4	14,6	17,9	18,7	15,9	8,4	5,6	1,7	8,7
1992	0,5	1,3	4,3	6,4	11,9	13,6	17,3	19,0	14,4	9,8	5,8	3,4	9,0
1993	-0,6	1,2	3,8	7,4	10,7	15,2	15,9	16,6	13,1	8,7	4,7	0,8	8,1
1994	-0,3	2,7	5,0	4,7	10,4	13,9	18,5	18,5	13,4	11,4	8,0	2,8	9,1
1995	0,2	3,4	2,6	5,4	9,7	14,1	17,7	16,9	12,2	12,7	5,0	4,6	8,7
1996	5,2	1,4	4,4	7,0	9,5	13,4	15,7	16,7	10,9	8,0	4,4	6,7	8,6
1997	2,7	1,6	2,8	5,6	9,9	14,0	15,5	17,2	12,9	10,3	6,1	1,1	8,3
1998	2,1	1,7	4,0	5,4	10,0	14,2	17,2	16,8	14,0	8,1	1,5	0,1	7,9
1999	1,1	-0,5	3,1	6,0	11,5	13,6	17,0	17,5	13,5	9,5	1,3	-0,4	7,8
2000	-1,5	1,0	2,2	5,8	10,9	14,0	15,1	15,3	12,6	9,1	3,6	4,5	7,7
2001	4,3	2,2	7,7	6,4	11,8	15,5	17,2	18,4	13,3	12,2	4,3	-1,2	9,3
2002	0,9	2,1	5,5	8	9,9	14,8	16,8	16	13,1	10,2	5,8	2,9	8,8
2003	-0,4	1,1	4,2	7,5	11,9	17,6	18,6	19	14,1	9,9	6,7	2,6	9,4
2004	1,1	2,5	3,9	6,6	8,6	16,4	17,5	18,7	15,5	12,5	4,2	2,3	9,2
MITJANA	0,8	1,6	3,7	5,7	9,7	13,9	16,3	16,6	13,5	9,6	4,6	1,7	8,1

Taula 48. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-Vicens Vives. Període 1971-77 i 2004-2007.

TEMPERATURA MITJANA DE LES MÍNIMES. GIRONA-VICENS VIVES. PERÍODES 1971-77 I 2004-7.													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJ.
1971	-0,6	-0,2	1,5	7	10,4	12	16,4	17,7	13,8	10,6	2,6	3,8	7,9
1972	2	3,2	4,3	5,6	8,1	12,9	15,2	14	11,6	8,8	7,2	2,9	8,0
1973	2,2	-0,7	1	3,8	10,5	13,6	16,5	16,7	13,5	7,1	3,7	1,6	7,5
1974	2,3	2,6	5,2	6	9,6	12,9	15,7	16	13,1	4,6	4,1	0,4	7,7
1975	0,7	2,4	2,9	4,5	9	13,6	16,6	17,2	13,7	6,8	3,9	0,8	7,7
1976	-1,6	2,6	2,4	5,4	9,9	14,2	16,5	15,3	12,3	7,9	1,6	3,8	7,5
1977	2,9	3,3	5,3	5,9	9	12,1	14,6	13,9	13	11,6	4,3	4,3	8,4
MTJ. 1971-77	1,1	1,9	3,2	5,5	9,5	13,0	15,9	15,8	13,0	8,2	3,9	2,5	7,8
2004		4	5,3	8,2	10,5	17	18,6	19,7	16,5	13,4	5,4	4,7	
2005	0,3	0,7	4,2	8,1	12,3	17,2	19,5	17,4	15,2	13,6	6,5	1	9,7
2006	3	3,7	7	9,1	12,8	16,3	20,5	17,2	16,3	14,4	8,8	3,8	11,1
2007	3,3	5	5,7	10,2	11,9	16,2	17,9	17,6	15,2	11,2			
MTJ. 2004-07	2,2	3,4	5,6	8,9	11,9	16,7	19,1	18,0	15,8	13,2	6,9	3,2	10,7

Taula 49. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-aeroport. Període 1973-2004.

TEMPERATURA MITJANA DE LES MÍNIMES A L'AEROPORT DE GIRONA (1973-2004)													
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1973	2,0	0,0	0,4	3,9	10,2	13,0	16,1	16,9	13,7	6,5	3,2	1,0	7,2
1974	1,4	1,8	4,8	5,8	9,6	13,3	15,7	16,0	13,2	4,7	3,8	0,2	7,5
1975	0,3	2,3	2,7	4,5	8,9	13,9	16,6	17,2	13,9	8,3	3,8	1,5	7,8
1976	-2,1	2,1	2,5	5,7	10,6	14,4	17,0	15,6	12,5	8,0	1,7	3,7	7,6
1977	2,9	3,3	5,4	6,0	9,5	12,7	15,5	14,3	13,4	12,1	4,6	4,4	8,7
1978	-0,2	3,6	3,8	5,6	9,6	12,7	15,3	15,8	13,6	8,0	3,2	4,0	7,9
1979	2,7	3,1	4,7	5,0	9,9	14,4	16,7	16,3	13,3	10,6	2,3	0,9	8,3
1980	0,6	2,9	3,1	5,1	8,7	12,9	14,2	17,1	15,0	7,8	3,6	-2,2	7,4
1981	-1,3	-0,7	6,3	7,6	9,2	14,4	14,6	15,8	14,8	9,8	3,9	2,5	8,1
1982	3,5	3,7	4,1	6,0	9,4	15,2	18,6	16,6	14,7	9,7	5,8	2,6	9,2
1983	-1,5	1,0	3,1	5,8	9,5	14,3	18,4	17,1	14,7	9,8	8,9	1,4	8,5
1984	1,4	0,9	2,7	5,9	8,6	13,0	17,1	15,6	12,8	9,1	8,0	0,9	8,0
1985	-2,1	2,8	2,8	6,5	8,7	14,2	17,8	16,2	14,7	11,2	3,4	1,4	8,1
1986	0,4	0,9	4,9	4,6	11,2	14,1	16,1	17,5	16,0	12,3	5,6	0,8	8,7
1987	0,0	2,5	5,1	7,4	8,8	12,9	17,3	17,7	16,6	12,7	5,0	4,1	9,2
1988	5,2	1,0	3,2	8,2	12,1	14,1	17,1	17,3	13,9	11,6	5,4	0,2	9,1
1989	1,2	1,8	5,8	5,5	10,8	14,3	18,2	18,2	14,7	9,6	7,9	6,7	9,6
1990	1,6	5,1	4,6	5,7	10,9	14,9	17,3	17,9	15,7	11,4	5,8	-0,9	9,2
1991	2,4	2,0	6,9	4,9	8,1	13,9	17,3	18,2	15,2	7,9	4,9	1,7	8,6
1992	0,2	0,6	4,0	5,5	11,9	13,0	16,8	17,9	14,4	9,4	5,3	3,2	8,5
1993	-0,7	1,2	3,5	6,1	10,4	14,9	16,3	16,4	13,1	9,0	4,7	1,1	8,0
1994	0,0	2,9	4,5	5,0	10,9	13,3	18,1	18,3	13,2	10,9	7,6	2,5	8,9
1995	0,9	3,5	2,3	5,4	9,3	13,7	17,6	16,9	12,0	12,4	5,2	4,9	8,7
1996	4,9	1,2	4,3	6,7	9,2	14,0	16,0	16,0	11,5	9,0	5,3	5,1	8,6
1997	3,8	2,5	3,4	6,6	10,6	14,3	15,7	17,3	13,0	10,7	6,5	1,7	8,8
1998	2,1	1,5	4,0	5,1	9,9	14,2	16,9	16,6	13,8	8,6	2,4	1,2	8,0
1999	1,0	0,5	3,7	6,1	11,7	14,0	17,2	18,1	14,5	10,6	2,0	0,3	8,3
2000	-0,8	2,1	3,0	5,8	11,5	14,5	15,6	16,1	13,3	10,3	5,0	4,0	8,4
2001	3,6	1,7	6,6	5,2	11,3	14,6	16,7	17,9	13,1	12,5	4,1	-1,2	8,8

2002	1,0	1,8	5,0	7,5	9,2	14,3	16,5	15,5	13,3	10,8	6,2	3,4	8,7
2003	0,5	1,5	4,9	6,5	11,6	16,7	17,9	18,5	13,8	9,6	6,6	2,2	9,2
2004	1,3	2,3	3,5	6,2	8,7	15,0	16,6	17,6	14,8	11,9	3,4	3,0	8,7
MITJ.	1,1	2,0	4,1	5,9	10,0	14,0	16,7	16,9	13,9	9,9	4,8	2,1	8,4

Taula 50. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-aeroport. Període 1973-2004.

TEMPERATURA MITJANA A GIRONA-BELLLOC (1973-2004)													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1973	6,6	5,0	7,1	10,2	16,8	20,6	22,4	24,2	20,0	13,7	9,7	6,6	13,6
1974	8,4	7,5	10,4	11,2	16,0	19,6	22,0	22,5	18,8	11,5	10,2	7,2	13,8
1975	7,3	7,4	8,2	11,8	14,9	19,1	23,2	23,0	18,9	14,6	9,7	7,0	13,8
1976	6,5	8,2	9,8	11,0	16,1	21,8	23,2	22,0	18,5	14,3	9,0	8,2	14,1
1977	8,2	10,0	11,8	12,0	14,4	18,2	21,3	20,2	19,2	17,1	10,3	8,8	14,3
1978	6,0	8,7	10,4	10,9	15,3	17,9	21,6	22,1	20,0	14,7	9,5	7,7	13,7
1979	7,7	8,8	10,2	10,9	15,4	20,6	23,4	22,2	18,6	15,4	8,3	6,7	14,0
1980	6,0	8,9	9,9	10,5	14,0	17,7	20,7	23,6	21,1	15,2	9,3	4,4	13,4
1981	5,3	5,1	11,7	12,6	14,6	20,5	21,2	22,6	21,3	16,2	10,7	8,4	14,2
1982	8,5	8,8	9,4	12,2	15,5	21,4	25,2	21,8	20,8	16,2	10,6	8,2	14,9
1983	6,3	5,8	10,1	11,9	15,4	21,3	26,4	22,8	21,2	16,6	12,8	7,5	14,8
1984	7,0	6,7	8,4	12,0	13,2	19,0	23,6	21,6	19,0	15,2	13,0	7,4	13,8
1985	3,4	9,0	8,5	13,3	14,1	20,0	24,8	23,0	22,1	17,2	8,7	8,2	14,4
1986	6,2	5,6	9,8	10,0	17,6	20,4	23,8	23,8	21,2	16,8	12,2	6,9	14,5
1987	5,2	7,9	9,8	13,5	14,8	19,4	23,3	23,8	23,4	17,2	11,0	9,4	14,9
1988	9,4	8,0	10,4	13,4	16,9	20,0	23,4	23,8	20,8	17,1	11,5	7,2	15,2
1989	7,7	8,8	11,9	11,7	17,4	20,6	24,6	23,6	20,3	16,6	12,3	11,2	15,6
1990	7,9	11,4	11,6	11,8	17,6	20,8	24,6	24,0	21,0	17,0	10,9	5,4	15,4
1991	7,2	8,0	12,4	11,9	14,8	20,4	24,8	25,6	22,3	14,4	10,9	7,2	15,0
1992	6,6	7,8	10,8	13,6	18,3	18,4	22,9	25,2	20,2	14,4	12,0	8,6	14,9

1993	7,0	7,2	9,8	13,0	16,7	21,1	22,5	24,1	19,5	14,2	9,8	7,6	14,4
1994	6,9	8,7	12,7	11,6	17,7	21,4	25,7	25,5	19,3	16,2	13,6	8,8	15,7
1995	7,0	10,2	9,6	13,4	16,4	20,0	24,8	23,6	18,0	18,2	11,4	9,6	15,2
1996	9,8	7,4	9,9	13,2	16,0	20,8	23,2	23,1	17,7	14,4	11,0	10,2	14,7
1997	7,7	9,4	12,0	13,4	17,2	19,9	22,0	24,0	20,6	17,4	11,7	7,2	15,2
1998	8,2	9,2	11,4	12,4	17,2	20,8	24,3	24,0	20,3	15,0	8,8	6,6	14,9
1999	7,2	7,1	10,4	13,1	18,0	20,7	23,8	24,6	20,8	16,2	8,4	6,2	14,7
2000	5,6	9,0	10,9	12,6	17,8	21,0	22,1	23,8	20,2	15,0	10,2	10,0	14,9
2001	9,5	9,1	14,2	13,2	18,4	22,4	24,0	25,4	19,4	18,8	10,3	5,5	15,9
2002	7,6	9,3	12,1	13,9	15,9	22,0	23,1	22,3	19,7	16,5	12,1	8,5	15,3
2003	6,4	6,5	11,3	14,2	18,6	25,4	26,0	27,3	20,4	14,8	12,0	8,2	15,9
2004	7,4	8,1	9,7	12,5	15,4	22,7	24,2	25,2	21,7	18,8	10,6	8,0	15,4
MITJ.	7,1	8,1	10,5	12,3	16,2	20,5	23,5	23,6	20,2	15,8	10,7	7,8	14,7

Taula 51. Temperatura mitjana de les màximes a Girona-Vicens Vives. Període 1971-77 i 2004-2007.

TEMPERATURA MITJANA. GIRONA (VICENS VIVES). 1971-77 i 2004-07.													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1971	6,3	7,6	7,6	13,4	16,1	18,9	23,6	24,5	19,8	16,5	8,7	8,8	14,3
1972	7,0	8,6	10,6	11,9	15,1	18,4	21,9	20,5	17,1	14,5	12,4	8,0	13,8
1973	7,7	6,2	8,4	11,3	17,6	20,6	23,5	23,9	20,4	14,4	10,5	7,5	14,3
1974	8,8	8,4	10,5	11,3	15,5	19,4	22,9	22,7	18,9	10,9	10,3	7,8	14,0
1975	8,3	8,7	8,7	12	14,9	19,5	23,5	23,6	19,6	13,5	10	7,3	14,1
1976	6,4	8,5	9,9	11,5	16,3	22	23,4	22,1	18,4	16,1	8,6	8,6	14,3
1977	8	10,3	11,8	12	14,2	18,3	20,8	20,1	19,3	17	9,6	8,8	14,2
MITJ. (1971-7)	7,5	8,3	9,6	11,9	15,7	19,6	22,8	22,5	19,1	14,7	10,0	8,1	14,2
2004		9,3	10,8	13,7	16,7	23,2	25,0	26,1	22,7	19,6	11,4	9,2	
2005	7,0	6,6	10,6	14,1	18,9	24,2	25,9	23,9	21,2	18,1	11,4	6,7	15,7
2006	7,8	9,5	12,9	15,9	19,7	23,6	27,8	23,2	21,7	19,6	14,5	9,5	17,1
2007	9,8	11,3	11,9	16,1	18,5	22,5	24,2	23,5	21,6	17,0			
MITJ. (2004-7)	8,2	9,1	11,5	14,9	18,4	23,4	25,7	24,2	21,8	18,5	12,4	8,4	16,6

TEMPERATURA MITJANA A L' AEROPORT DE GIRONA													
ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MITJANA
1973	7,3	6,3	7,7	10,8	16,8	19,8	22,9	24	19,8	13,6	9,9	6,6	13,8
1974	7,9	7,5	9,9	11	15,6	19,3	22,3	22,2	18,5	10,5	9,7	8,8	13,6
1975	7,6	8,4	8	11,6	14,4	19,3	22,5	22,8	19,1	14,3	9,6	6,7	13,7
1976	5,5	7,7	9,1	11	16	21,4	22,7	21,7	17,9	13,5	8,1	8,2	13,6
1977	7,5	9,6	11,1	11,7	13,8	17,8	20,5	19,8	18,8	16,6	10	8,1	13,8
1978	5,4	8,3	9,7	10,9	14,6	17,8	21,1	21,7	20	14,3	9,5	9	13,5
1979	6,9	8,4	10,3	11,7	15,4	20,2	23,2	21,9	18,8	15,5	8,9	7,3	14,0
1980	6	8,5	9	10,5	13,9	18,1	20,1	23	20,7	14,6	9,2	4,6	13,2
1981	5,7	5,5	11,7	12,6	14,6	20,4	20,7	22,3	20,5	16	10,7	8,6	14,1
1982	9	8,6	9,3	12,3	15,5	20,8	24,7	21,6	20,5	15,2	11	8,1	14,7
1983	6,3	5,8	9,7	12,2	15,5	20,4	25,7	22,4	20,9	16,3	12,8	7,5	14,6
1984	6,9	6,5	8,4	11,8	13,4	18,7	23,1	21,2	18	14,9	12,7	7,3	13,6
1985	3,4	8,9	8,6	13,1	13,9	19,2	24	22,3	21,7	16,9	8,8	7,8	14,1
1986	6,1	5,5	9,6	10	17,5	20,3	23,8	23,9	21,4	16,7	11,3	7	14,4
1987	5,2	7,5	9,5	13,3	14,4	18,9	23	23,7	22,8	16,8	10,6	9,3	14,6
1988	9,8	7,6	10	12,9	16,5	19,2	23,1	23,6	20	16,7	10,6	7,2	14,8
1989	7,5	8,9	11,8	11,3	16,9	19,8	24,4	24,6	20	16,8	12,4	11	15,5
1990	7,9	11,2	11,5	11,4	17,3	20,2	23,4	23,8	20,5	16,5	10,5	5,2	15,0
1991	7,5	7,8	12,1	11	13,8	19,8	23,8	24,7	21,4	13,7	10	6,8	14,4
1992	5,9	7,1	10	12,6	17,2	17,4	22,1	23,8	19,6	13,8	11,6	7,9	14,1
1993	6,6	6,8	9,3	11,8	16,2	20,7	22,4	23,4	18,6	14,1	9,4	7,3	13,9
1994	6,9	8,7	11,8	11,2	17,1	20,5	25,2	25,1	19	15,7	12,9	8,7	15,2
1995	7,1	10	9,1	12,8	15,9	19,3	24,2	23,1	17,8	18	11,4	9,4	14,8
1996	9,4	6,9	9,4	12,7	15,6	20,6	22,8	22,2	17,7	14,8	10,2	9,2	14,3
1997	8,1	9,6	11,9	13,4	17,3	19,7	21,9	23,5	20,2	17,1	11,8	7,4	15,2
1998	7,8	8,9	11,2	12	16,5	20,2	23,6	23,6	20	14,9	8,9	7,3	14,6
1999	7,3	7,3	10,4	12,7	17,6	20,3	23,7	24,2	20,8	16,4	8,5	6,8	14,7
2000	6,1	9,3	10,6	12,3	17,5	20,9	21,8	23,6	20	15,4	10,8	9,6	14,8
2001	9	8,4	13,4	12,1	17,7	21,4	23,1	24,7	18,8	18,5	10	5,4	15,2
2002	7,4	8,9	11,5	13,2	14,9	21	22,2	21,2	19,3	16,8	12,4	9	14,8
2003	7	6,8	11,5	13,6	18,4	24,9	25,5	27	20,1	14,2	12	8,1	15,8

2004	8,1	8,1	9,4	12,1	15,2	21,9	23,5	24,6	21,3	18,7	10,2	8,2	15,1
MITJ.	7,1	8,0	10,2	12,0	15,8	20,0	23,0	23,2	19,8	15,6	10,5	7,8	14,4

Taula 52. Diferència tèrmica urbano-rural entre Girona-Parc de Bombers (SMC) i Fornells de la Selva (SMC). Mitjana horària període 2001-2007.

Hora local	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
0	4,05	3,72	3,44	3,80	3,98	4,23	3,85	3,70	3,60	3,47	3,78	3,64	3,77
1	3,99	3,71	3,53	3,82	4,01	4,35	4,00	3,73	3,59	3,48	3,74	3,62	3,80
2	3,97	3,65	3,74	3,80	4,04	4,41	4,04	3,80	3,55	3,42	3,62	3,56	3,80
3	3,91	3,53	3,71	3,79	3,97	4,45	4,09	3,78	3,63	3,31	3,62	3,53	3,78
4	3,89	3,40	3,64	3,82	3,91	4,41	4,08	3,76	3,56	3,29	3,57	3,51	3,74
5	3,84	3,41	3,60	3,78	3,87	4,33	4,08	3,78	3,52	3,31	3,51	3,45	3,71
6	3,82	3,39	3,56	3,81	3,93	4,29	4,05	3,83	3,52	3,32	3,55	3,48	3,71
7	3,83	3,41	3,56	3,79	3,80	3,63	3,72	3,81	3,64	3,33	3,47	3,48	3,62
8	3,83	3,53	3,36	3,66	2,95	1,83	2,46	3,37	3,50	3,42	3,25	3,47	3,22
9	3,61	3,25	2,40	2,79	1,71	0,37	1,08	2,15	2,49	3,11	2,91	3,31	2,43
10	2,80	2,36	1,64	1,84	1,22	0,02	0,72	1,37	0,92	2,07	2,13	2,51	1,63
11	1,93	1,88	1,33	1,45	0,91	-0,08	0,56	0,88	0,28	1,30	1,34	1,60	1,11
12	1,27	1,61	1,28	1,33	0,83	0,24	0,54	0,77	0,17	0,90	0,92	1,22	0,92
13	1,04	1,55	1,39	1,32	0,77	0,54	0,82	0,87	0,27	0,74	0,73	1,06	0,93
14	1,01	1,47	1,51	1,36	0,93	0,83	0,86	0,93	0,41	0,87	0,88	1,01	1,01
15	1,23	1,39	1,58	1,57	0,99	0,89	1,16	1,06	0,62	0,92	0,87	0,99	1,10
16	1,21	1,28	1,62	1,58	1,07	0,96	1,12	1,23	0,73	0,88	0,67	0,79	1,10
17	1,39	1,57	1,74	1,62	1,16	1,16	1,28	1,22	0,86	0,90	0,96	1,29	1,26
18	2,35	1,96	1,96	1,63	1,35	1,43	1,45	1,46	1,22	1,33	2,27	2,66	1,76
19	3,52	2,69	2,30	2,01	1,86	1,79	1,87	1,94	1,95	2,12	3,21	3,59	2,40
20	4,04	3,19	2,95	2,16	2,13	2,33	2,14	2,25	2,34	2,70	3,50	3,83	2,80
21	4,25	3,47	3,56	2,70	2,55	2,75	2,44	2,59	2,97	3,13	3,71	3,88	3,17
22	4,27	3,54	3,41	3,19	3,42	3,38	3,01	3,12	3,41	3,28	3,79	3,85	3,47
23	4,20	3,65	3,47	3,56	3,89	3,93	3,52	3,51	3,55	3,41	3,75	3,80	3,69

Taula 6.j Font: Elaboració pròpia a partir de les dades tèrmiques horàries de Girona (SMC) i Fornells de la Selva (SMC). Període 2001-7.

18 de novembre de 2021			
Anticicló	1028,8 hPa	Calma	0/8
Màxim tèrmic	12,7	Escola de Música	
Mínim tèrmic	5,7	Monestir St. Daniel-NE	
Illa de calor	7,0	Recorregut:9,1 km	
(19,50 h)			
Inici	19,18 h	Final	19,50 h

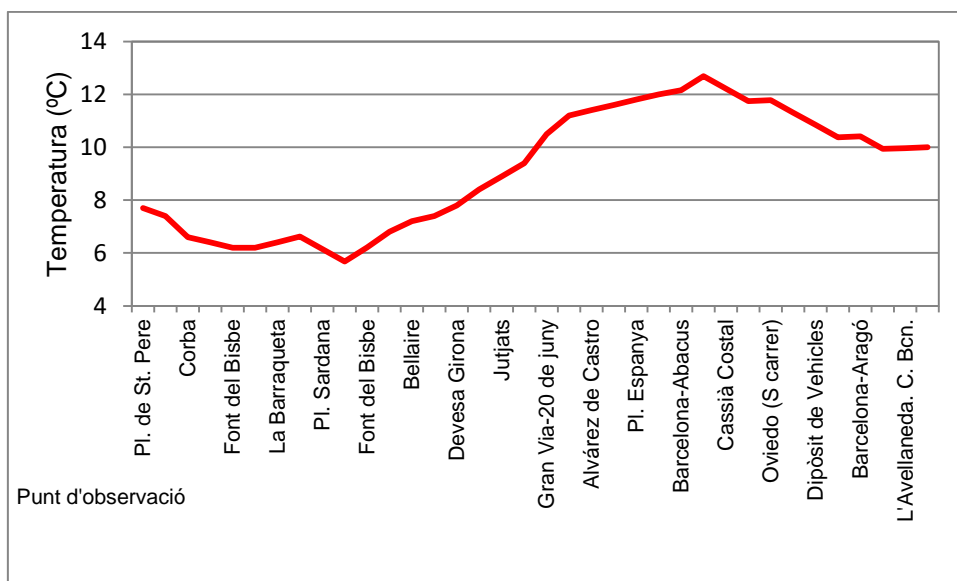


Figura 15. Transsecte Pl. St. Pere de Galligants-l'Avellaneda. 18 de novembre de 2021. Intensitat màxima de l'illa de calor:7,0°C. Màxim tèrmic: Escola de la Música-carrer Barcelona. Mínim tèrmic: 5,7°C Monestir de Sant Daniel-NE.

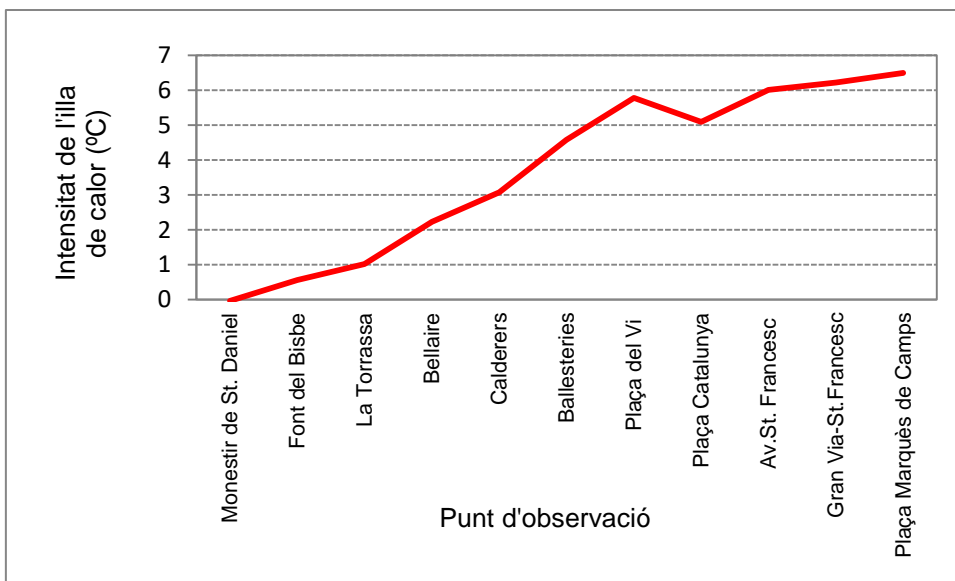


Figura 16. Intensitat mitjana de l'illa de calor. Transsecte 6. Monestir de Sant Daniel-Plaça Marquès de Camps.

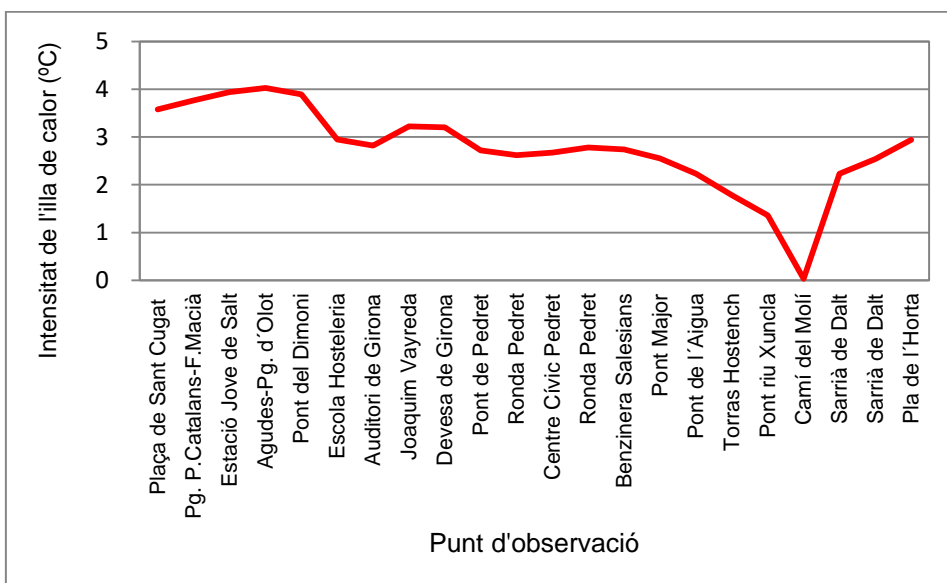


Figura 17. Intensitat mitjana de l'illa de calor. Transsecte 2. Plaça Sant Cugat (Salt)-carrer Montagut (Sarrià de Ter).

Taula 53. Transsecte 2. Salt-Plaça Sant Cugat-Sarrià de Ter-Montagut.

	8/11	7/10	28/05	31/11	4/2	12/12	12/18	3/9	23/11	22/11	8/12	25/12	10/03	3/06	2/07	30/07	22/10	16/11	6/12	28/12	
Data/Punt	4,2	4,05	2,05	5,05	3,05	4,05	4,05	4,05	4,05	5,05	6,05	5,05	4,06	5,06	4,07	1,07	4,07	4,07	4,07	5,07	5,07
Intensitat(9	6	7	8	3	4	3	4	4	5,2	5	5,5	9	9	3	3	4,4	4,5	4	5,6	Mi tja

°C)																					na
Plaça de Sant Cugat	13,5	6,8	4,2	3,2	9,0	6,9	23,0	23,8	17,8	7,5	11,9	5,1	10,4	16,8	13,7	9,2	13,9	2,2	10,3	13,9	11,2
Pg. P.Catalans-F.Macià	13,7	7,1	3,6	3,4	9,3	7,1	23,4	24,0	18,3	7,9	12,1	5,3	10,8	17,0	14,0	9,4	14,2	2,5	9,8	14,2	11,4
Estació Jove de Salt	13,9	7,4	3,9	3,6	9,5	7,3	23,4	24,4	18,4	8,4	12,3	5,5	11,2	17,0	14,4	9,2	14,5	2,8	9,4	14,2	11,5
Agudes-Pg. d'Olot	14,1	7,8	4,2	4,8	9,7	7,3	23,5	24,8	18,6	7,1	12,5	5,7	11,0	17,3	14,8	9,1	14,8	2,6	8,7	14,2	11,6
Pont del Dimoni	14,2	7,8	3,3	5,3	9,5	7,2	23,6	24,8	18,7	6,8	12,3	5,5	10,9	17,0	14,9	8,5	14,5	2,6	7,4	14,0	11,5
Escola Hosteleria	13,3	6,8	3,3	3,8	8,3	5,3	21,0	23,9	18,4	4,3	9,6	5,5	10,1	14,8	14,2	8,6	14,2	1,4	5,5	13,6	10,5
Auditori de Girona	12,7	6,8	3,3	3,8	8,3	5,3	21,0	23,9	18,4	4,3	9,6	5,5	10,1	14,8	14,7	8,4	14,0	0,8	10,0	12,5	10,4
Joaquim Vayreda	14,0	7,8	4,0	3,8	8,5	7,0	23,4	22,7	17,2	4,4	11,5	5,9	8,2	14,6	15,6	8,6	13,3	2,4	8,8	13,5	10,8
Devesa de Girona	12,9	6,6	3,7	5,3	8,8	5,6	22,7	23,3	17,5	6,9	10,9	5,2	9,1	14,6	14,7	8,6	15,3	1,5	8,8	12,2	10,8
Pont de Pedret	12,4	5,5	3,4	3,0	8,7	5,6	21,7	23,0	17,1	6,7	9,7	4,0	8,9	14,3	13,7	9,2	14,8	1,0	9,9	12,5	10,3
Ronda Pedret	12,6	6,1	3,2	2,5	8,8	4,5	21,2	23,3	17,3	6,8	9,6	4,0	9,1	14,6	13,4	9,0	14,3	1,3	9,9	11,8	10,2
Centre Cívic Pedret	12,6	6,7	3,4	3,2	8,2	5,2	21,4	23,4	17,5	6,9	9,6	3,0	9,1	14,8	13,8	8,9	14,2	1,2	4,4	11,6	10,2
Ronda Pedret	12,8	6,9	3,5	3,5	8,0	5,0	21,7	23,5	17,7	7,0	9,6	3,2	9,0	15,0	14,8	8,8	14,3	1,3	7,7	11,6	10,3
Benzinera Salesians	12,8	6,7	3,7	3,7	8,5	5,5	21,7	23,5	17,6	7,3	8,9	2,7	9,1	14,6	14,8	8,6	14,3	1,3	7,7	11,6	10,3
Pont Major	12,8	6,4	3,5	3,7	8,6	5,4	21,7	23,4	17,6	7,3	8,7	2,7	8,6	14,2	14,3	8,5	14,3	1,3	7,1	11,5	10,1
Pont de l'Aigua	12,5	5,9	3,5	3,0	8,5	5,1	21,5	23,0	17,5	6,7	9,7	2,4	8,7	14,5	13,5	8,4	13,9	0,6	5,0	11,0	9,7
Torras Hostench	12,0	5,1	3,2	2,4	8,3	5,0	21,2	22,0	17,0	6,2	9,7	2,3	8,1	13,7	11,2	8,3	13,6	0,0	3,3	10,8	9,3
Pont riu Xuncla	11,2	3,4	2,4	1,2	8,0	5,0	20,8	21,5	16,0	5,1	9,8	2,0	7,5	13,5	11,2	8,2	12,7	1,3	5,0	10,7	8,8
Camí del Molí	9,3	3,2	1,5	0,5	6,4	3,0	17,7	20,0	14,4	3,2	9,4	0,2	6,3	11,4	10,2	8,1	10,9	-1,7	7,1	8,6	7,4
Sarrià de Dalt	12,0	6,0	2,7	2,4	8,3	3,9	20,7	22,16	18,6	6,5	9,4	3,0	8,9	14,3	13,3	8,2	13,4	1,7	6,6	11,0	9,7
Sarrià de Dalt	12,5	6,5	2,9	2,6	8,5	4,5	21,2	22,7	17,1	6,9	9,6	3,5	9,3	14,6	13,5	8,3	13,9	1,9	1,1	11,2	10,1
Pla de l'Horta	13,0	6,9	3,5	4,8	8,5	21,7	23,0	17,4	7,3	9,7	4,0	8,9	14,8	14,0	8,4	14,3	2,2	4,4	11,5	10,5	
Montagut	13,0	6,9	3,5	4,7	8,1	21,7	23,0	17,4	7,3	9,7	4,0	8,8	14,9	14,0	8,4	14,3	2,2	4,4	11,5	10,5	

Taula 54. Usos del sòl del transsecte 3.

Punt d'observació	Industrial	Verd	Asfalt	Edifici	Aigua
Montagut	1,7	6,4	77,2	18,9	0,0
Pla de l'Horta	0,0	51,0	38,0	11,0	0,0
Sarrià de Dalt	7,9	38,8	44,3	8,8	0,1
Molí d'en Xuncla	0,0	68,8	28,5	2,8	0,0
Camí del Molí	0,0	81,5	26,7	1,3	0,0
Pont riera Xuncla	0,8	45,1	41,6	1,7	10,8
Hinojosa Sarrià de Ter	41,3	17,6	29,1	2,7	9,4
Pont de l'Aigua	5,8	43,9	31,3	10,3	8,7

Pont Major	1,4	34,8	51,5	12,2	0,1
Benzinera Salesians	0,0	36,6	40,2	23,2	0,0
Ronda Pedret	2,9	83,3	8,0	2,3	3,5
Centre Cívic Pedret	0,0	43,2	38,5	5,0	13,3
Ronda Pedret	0,0	61,5	10,2	11,6	16,7
Pont Pedret	0,0	23,4	49,0	18,0	9,6
La Torrassa	0,0	72,1	8,7	19,2	0,0
Monestir St. Daniel	0,0	83,1	10,1	6,8	0,0
Plaça de la Sardana	0,0	97,5	1,5	1,0	0,0
Monestir St. Daniel	0,0	83,1	10,1	6,8	0,0
La Torrassa	0,0	72,1	8,7	19,2	0,0
Pont Pedret	0,0	23,4	49,0	18,0	9,6
Devesa de Girona	0,0	39,9	33,1	22,5	4,6
Gran Via Jaume I-Sèquia	0,0	5,3	30,4	64,3	0,0
C/ Juli Garreta	0,0	2,8	47,8	47,4	0,0
C/ La Salle	0,0	3,5	31,5	64,9	0,1
C/ Migdia	0,0	13,1	59,4	27,5	0,0
Els Químics	0,0	9,1	59,4	31,5	0,0
Pujada Creu Palau	0,0	27,1	58,3	14,3	0,4
Pujada Creu Palau	0,0	27,1	58,3	14,3	0,4
Col.légi Les Alzines	0,0	58,5	23,0	18,4	0,1
Club Tennis Girona	0,0	47,4	46,3	5,8	0,4
Cal Amat	0,0	51,1	44,9	3,8	0,2
C/Aragó-C/BCN	9,0	29,0	52,2	9,7	0,0
PC City	10,3	21,9	66,7	1,2	0,0
Vial Accés AP-7	20,6	9,7	69,7	0,0	0,0
Carretera Sta.Coloma	28,4	2,6	66,3	2,7	0,0
Plaça de Salt	9,4	17,7	47,8	25,1	0,1
Av. de la Pau	7,4	29,3	61,7	1,5	0,0
Hosp.Sta.Caterina	5,6	65,4	13,0	16,0	0,0
La Maçana	0,0	39,9	33,1	22,5	4,6
Benzinera de Salt	0,0	39,9	55,5	4,6	0,0
Pg.P.Catalans	0,0	7,8	43,3	48,9	0,0
Joaquim Ruyra	2,5	10,6	44,7	42,0	0,2
Plaça de la Vila	14,8	5,3	45,9	34,0	0,0
Hípica	3,3	81,9	10,1	1,7	3,0
Deveses de Salt	0,0	99,9	0,1	0,0	0,0
Pas d'en Prats	0,0	89,7	0,0	0,0	10,3

Taula 55. Amplada i altura dels punts d'observació dels transectes del migdia, nit, matí i altres carrers de Girona i Salt. Valor del factor de visió del cel (SVF)-

Punt d'observació	Altura (m)	Amplada (m)	SVF
Travessia Auriga	15,0	3,0	0,08
Nou del Teatre	15,0	6,0	0,20
Anselm Clavé	18,0	7,6	0,21

Gran Via-Artillers	18,0	26,1	0,59
Pont de Sant Agustí	15,0	144,0	0,98
Ferrerries Velles	15,0	4,1	0,14
Peixateries Velles	15,0	3,3	0,11
Ciudadans	15,0	6,6	0,21
Cort Reial	15,0	4,5	0,15
Plaça de l'Oli	15,0	19,3	0,54
Pujada Rei Martí	15,0	3,2	0,11
Ferran El Catòlic-Banys Àrabs	15,0	13,3	0,41
Nou	18,0	9,3	0,25
La Farinera	18,0	34,0	0,69
Plaça d'Espanya	6,0	32,7	0,94
Voltes d'en Rosés	15,0	8,7	0,28
Plaça Miquel Santaló	18,0	56,4	0,84
Juli Garreta	18,0	9,1	0,25
Montnegre-Pg.d'Olot	18,0	45,4	0,78
Av.St.Narcís-Pg.d'Olot	20,5	39,0	0,69
Creu-Barcelona	19,3	42,1	0,74
Francesc Ciurana	18,8	49,0	0,79
La Salle-Migdia	19,8	48,0	0,77
Rutlla-Bisbe Lorenzana	18,8	47,0	0,78
Casa de Cultura de Girona	23,2	33,0	0,58
Pl. Catalunya (Girona)	23,3	224,2	0,98
Rambla de la Llibertat	21,0	42,0	0,71
Pont de Pedra	22,3	39,0	0,66
Nou	21,7	41,3	0,69
Nou-Gran Via	23,2	37,8	0,63
Pl. Marquès de Camps	23,3	35,5	0,61
La Farinera	24,6	32,0	0,55
La Punxa	21,7	33,8	0,61
Pl. Rodona	23,3	34,0	0,59
Sta. Eugènia-Ferreteria Tall fi	21,5	32,7	0,61
Autoscola FPC	23,2	33,0	0,58
Garrotxa-Santa Eugènia	21,5	33,5	0,61
Can Ninetes	21,5	33,2	0,61
Maçana-Bassegoda	22,3	35,5	0,62
Pl. Santa Eugènia	22,0	36,0	0,63
Trav. Sta. Eugènia	23,2	35,0	0,60
Pl. Catalunya (Salt)	21,3	38,0	0,67
Estació Jove de Salt	24,8	31,3	0,53
Pg.Paisos Catalans, 50 m est F. Macià	25,3	31,0	0,52
Francesc Macià-Pg. Paisos Catalans	23,3	32,5	0,57
3 de març-Pg. Paisos Catalans	21,5	34,0	0,62
X.Montsalvatge-Pg. Paisos Catalans	23,8	35,0	0,59

Taula 56. Precipitació mitjana anual segons diferents zones de l'àrea urbana de Girona en relació amb l'ús del sòl predominant. Període 1998-2014. Dades homogeneïtzades.

	Rural bosc	Rural agrícola	Industrial	Urbà poc dens	Urbà dens	Urbà molt dens
Màxima	872,1	719,5	698,4	691,9	724,7	817,2
Mínima	721,0	630,3	628,4	628,3	647,1	615,9
Mitjana	746,7	653,6	671,5	669,3	685,9	653,9
Desv.típica	1493,3	2637,5	2014,5	6127,9	1361,2	647,1

Taula 57. Correlació entre la intensitat de l'illa de calor urbana (diferència entre les temperatures mitjanes mínimes mensuals entre Girona-Sèquia i Girona-Sant Daniel). Període maig 2002-març 2012. Elaboració pròpia a partir de la reanàlisi de NCEP-NCAR i la nuvolositat a l'observatori de Salt-Plaça Sant Cugat.

	Hores de sol	Nuvolositat (octes)	Temperatura 850 hPa	Geop. 500 hPa
Primavera	0,66	-0,53	0,25	0,24
Estiu	0,37	-0,08	0,04	0,02
Tardor	0,29	-0,63	-0,25	-0,17
Hivern	0,54	-0,56	0,23	0,45
Any	0,32	-0,48	0,01	0,06

Taula 58. Dies d'estiu amb un determinat moviment de la tempesta a l'àrea urbana de Girona segons l'anàlisi del moviment de les cèl·lules convectives. Període 2004-2009.

Moviment tempesta	Dies (període 2004-2009)
N	0
NE	0
E	1
SE	2
S	1
SW	14
W	7
NW	11

Taula 59. Precipitació mitjana acumulada en un període de 120 minuts en una tempesta tipus. Dades per als hietogrames.

Minuts	Girona-Bombers	Vilablareix	Fornells-SMC	Girona-Palau	Sarrià de Ter	Girona-Montjuïc	Girona-Bonastruc	Girona-Ciutadans	Girona-Hortes de Santa Eugènia
5	7,1	8,7	7,7	6,4	7,9	8,8	7,0	7,9	5,5
10	12,1	15,7	14,5	11,2	14,0	13,1	11,5	13,0	8,8

15	15,1	19,0	18,3	13,9	18,4	16,8	14,6	16,9	11,3
20	17,6	21,8	21,6	15,5	21,2	19,4	17,1	19,3	13,3
25	19,1	23,5	23,3	16,9	23,0	20,9	19,0	21,2	14,6
30	20,9	24,9	25,0	17,9	24,6	21,8	20,6	22,4	15,6
35	22,1	25,9	26,3	18,7	26,0	22,3	22,0	23,0	16,4
40	23,1	26,8	27,5	19,3	27,0	23,2	23,3	23,8	16,2
45	23,7	27,3	28,7	19,9	27,9	24,1	24,4	24,4	17,0
50	24,2	27,8	29,8	20,1	28,6	24,8	25,6	25,1	17,7
55	24,4	28,5	30,4	20,3	29,2	25,1	27,1	25,7	18,1
60	24,7	29,3	31,1	20,3	30,1	25,9	27,6	25,6	18,5
65	25,0	29,6	31,8	20,5	30,3	26,2	27,3	26,0	19,2
70	25,2	29,9	32,5	20,6	30,6	26,5	27,7	27,5	19,8
75	25,4	30,2	32,8	20,6	30,8	26,9	28,0	28,3	20,4
80	25,6	30,4	33,1	20,7	31,1	27,5	26,8	29,2	20,2
85	25,7	30,6	33,3	20,7	31,5	27,8	27,7	29,6	21,8
90	25,8	30,7	33,5	20,7	31,7	27,9	28,2	30,0	22,1
95	25,8	30,9	33,6	20,8	31,8	28,0	29,6	34,8	23,7
100	25,8	31,0	33,7	20,9	32,0	28,2	29,7	35,4	23,9
105	25,9	31,0	33,8	20,9	32,2	28,4	30,2	36,4	25,8
110	25,9	31,0	33,9	20,9	32,4	28,5	31,4	37,2	25,9
115	25,9	31,2	34,0	20,9	32,5	28,6	32,0	41,5	25,9
120	25,9	31,3	34,1	21,0	32,6	28,6	32,8	42,3	25,9



Ortoimatge Aeroport de Girona feta l'any 2008, igualment com les properes ortoimatges. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya)

a



Ortoimatge Girona-Barri Vell



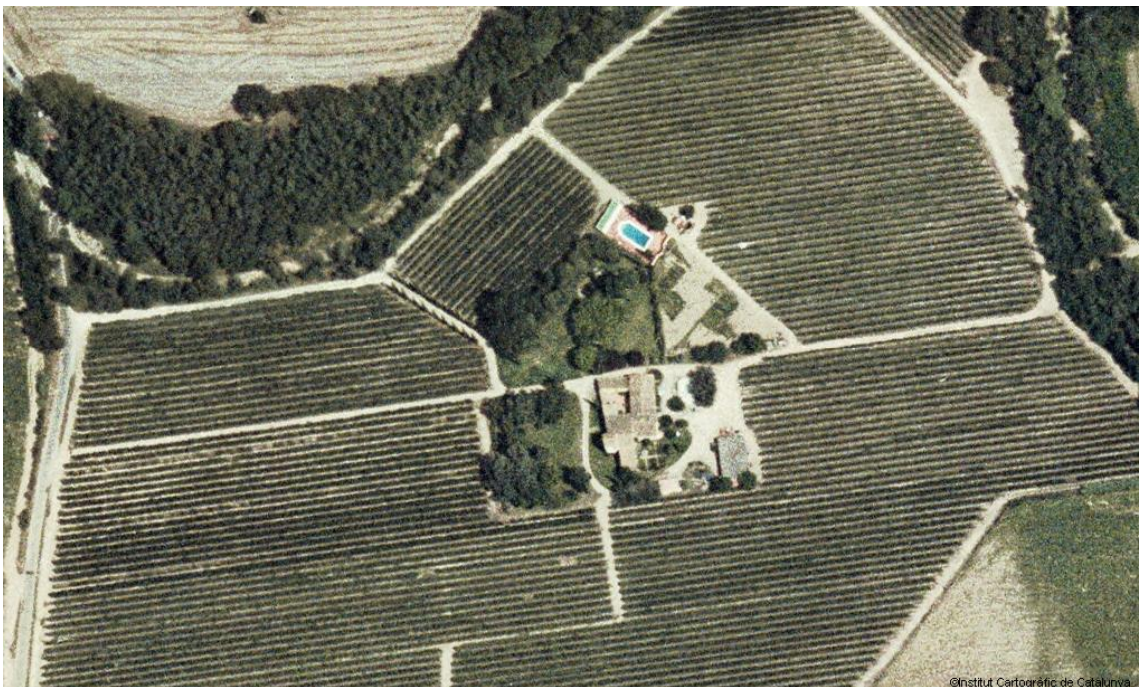
Ortoimatge Girona-Barri Vell



Ortoimatge Girona-Bell-lloc



Ortoimatge Girona-Cal Amat



Ortoimatge Fornells de la Selva-SMC



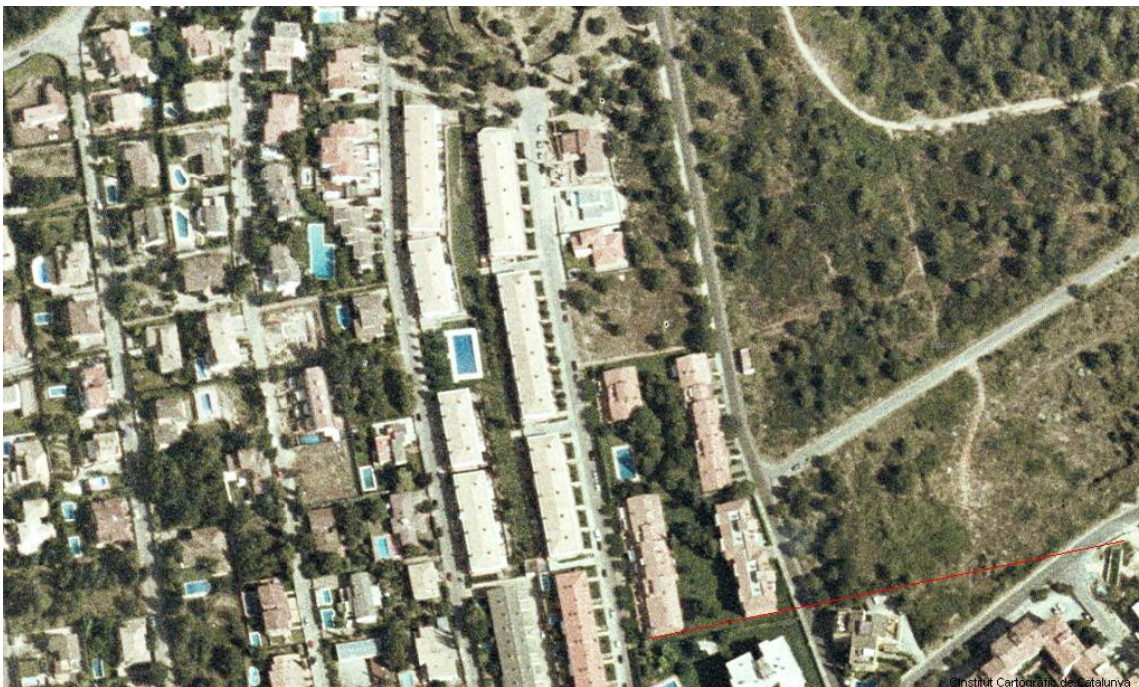
Ortoimatge Fornells de la Selva-centre



Ortoimatge Girona-Bonastruc



Ortoimatge Girona-Parc de Bombers



Ortoimatge Girona-Montjuïc



Ortoimatge Girona-la Vall de Sant Daniel



Ortoimatge Sant Gregori



Ortoimatge Sarrià de Ter-XVPCA



Ortoimatge Girona-Sèquia



Ortoimatge Girona-Universitat



Ortoimatge Vilablareix-SMC



Fotografia Girona.Barri Vell (Plaça Sant Agustí)



Fotografia Girona-Universitat



Fotografía Girona-Parc del Migdia



Fotografia Girona-Parc del Migdia



Fotografia Girona-Bonastruc



Fotografia Girona-Barri Vell



Fotografia Sant Gregori



Figura. Fotografia Girona-Parc del Migdia



Fotografia Girona-Vicens Vives



Fotografia Girona-Sant Daniel



Figura A. Ortoimatge de l'àrea urbana de Girona. Any 2008. Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.





Fotografia cotxe i sensor dels transsectes

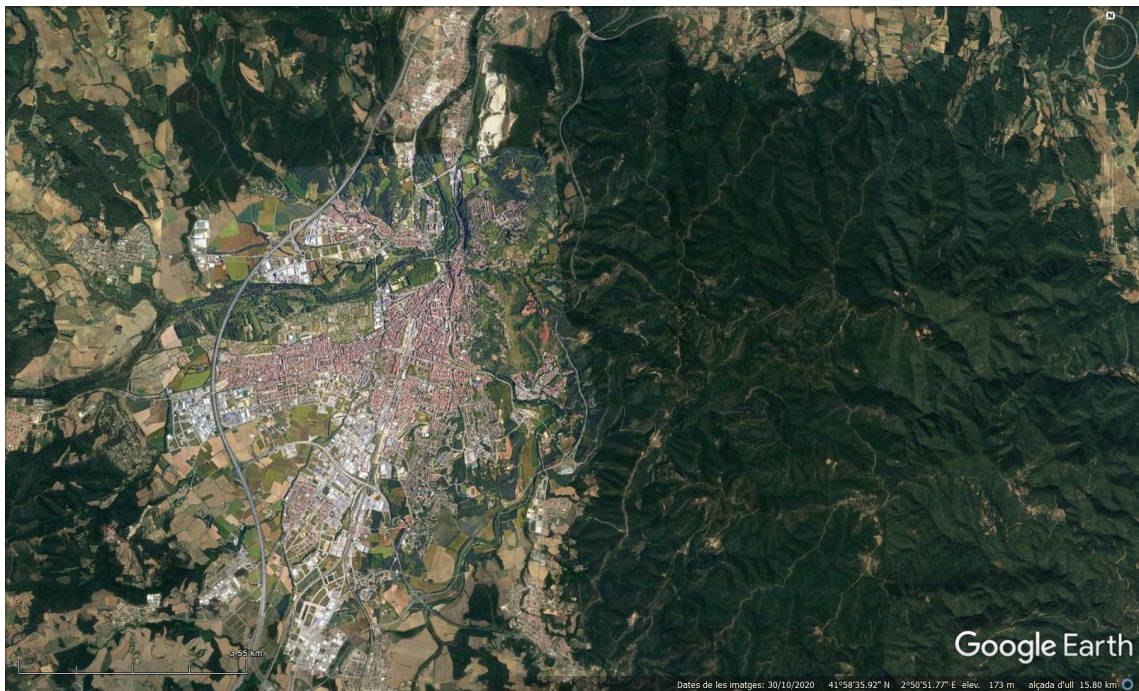


Figura 19. Imatge satel·lital de l'àrea urbana de Girona. Dia 30 de maig de 2019. Font: Google Earth.



Figura. Imatge satel·lital dels voltants de l'observatori de Girona-Bell-lloc. Dia 30 de maig de 2019. Font: Google Earth.

a

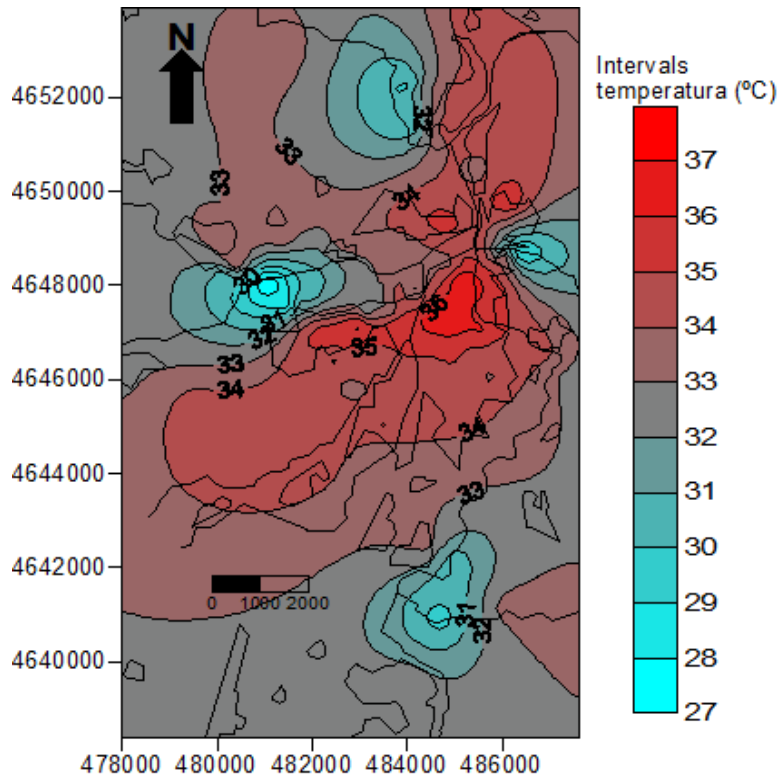


Figura 20. Onada calor del 28 de juny de 2019. Mapa de la temperatura de les 21,20 hores (posta de sol).

Màxim tèrmic: 37,7°C Rotonda tren d'Olot (límit Salt-Girona, barri de Santa Eugènia).
Mínim tèrmic: 27,2°C Deveses de Salt (Pas d'en Prats).. Intensitat màxima de l'illa de calor: 10,5°C.

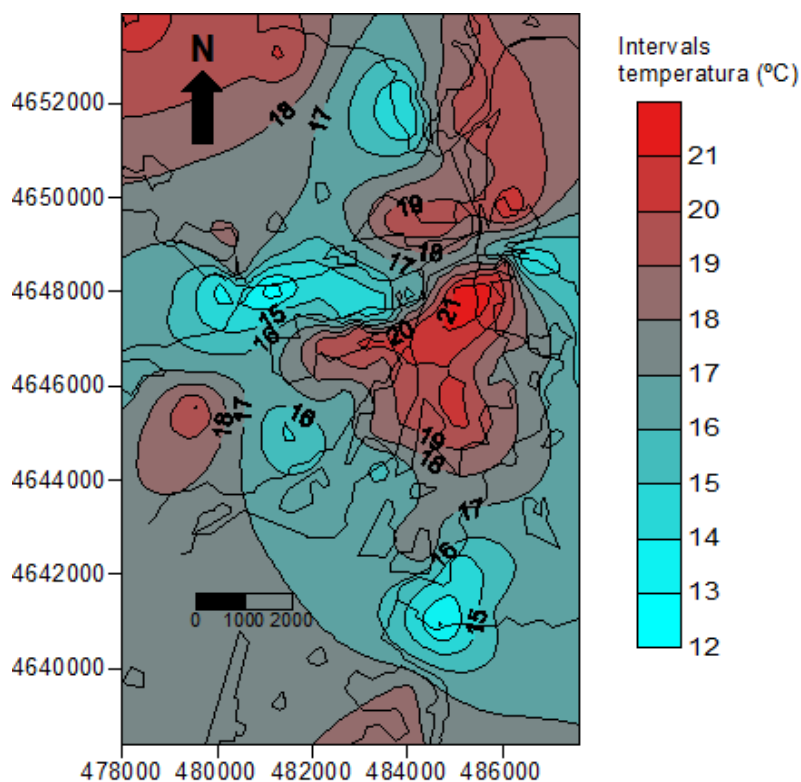


Figura 21. Onada calor del 28 de juny de 2019. Mapa d'isotermes de la temperatura màxima. Màxim tèrmic: 43,9°C Girona-Parc del Migdia. Mínim tèrmic: Deveses de Salt (est de l'AP-7): 40,2°C.

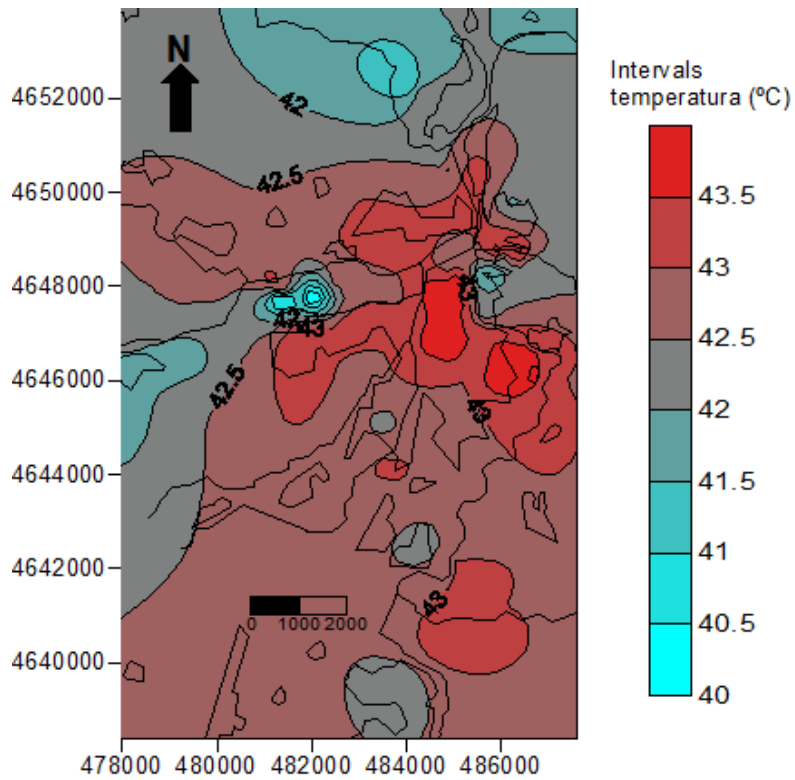


Figura 21. Onada calor del 28 de juny de 2019. Mapa de la temperatura màxima.

Màxim tèrmic: 43,9°C Girona-Parc del Migdia. Mínim tèrmic: Deveses de Salt (est de l'AP-7): 40,2°C.

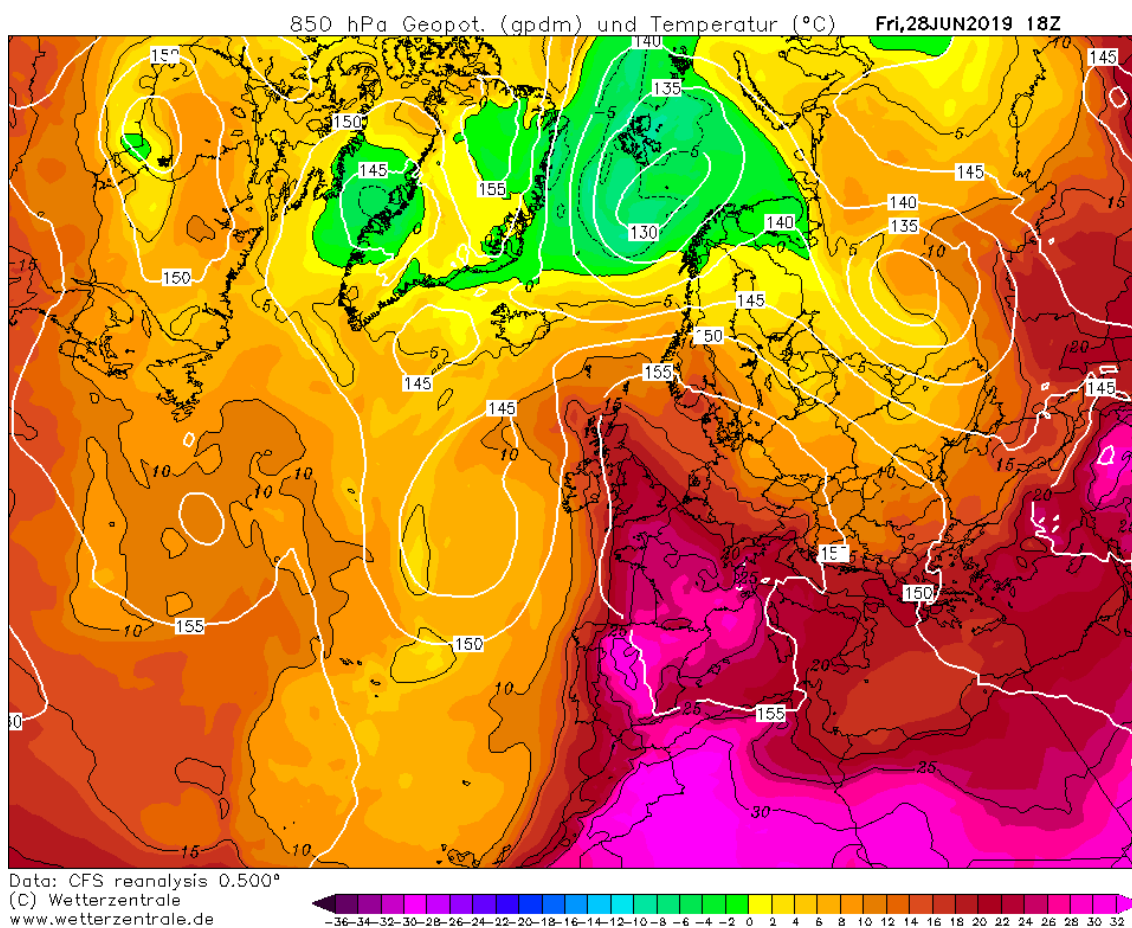


Figura 22. Topografia de 850 HPa. 28 de juny de 2019. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

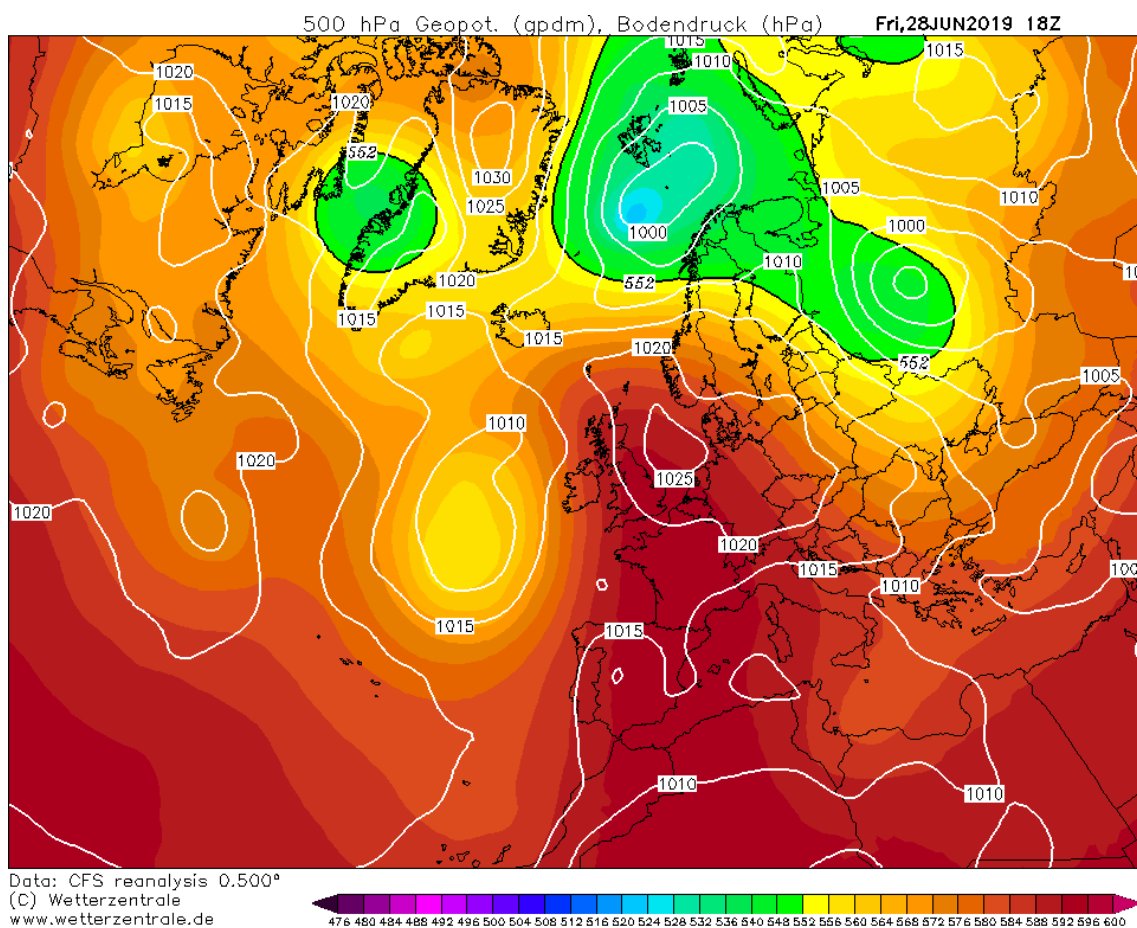


Figura 23. Mapa isobàric de superfície. 28 de juny de 2019. 18 hores solars. Font: www.wetterzentrale.de

Precipitació

Girona (Ferrocarril)		Situació: Plaça al cantó de l'actual estació de ferrocarril											
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
1906													264,3
1907	63,3	42,8	0	139,8	95,7	93,2	60,7	2,5	184,2	184,2	81,1	12,4	959,9
1908	85,6	6,3	54,4	152,2	13,1	77,5	33,5	54,5	74,3	74	231,9	80,2	937,5
1909	36,2	34,8	67,6	38,1	92,5	141,6	16,9	80,1	72,6	22,4	100,4	34,9	738,1
1910	9,5	14,9	76,5	70,8	138,1	26,9	69,1	68,9	26,6	100,4	21,3	47,9	670,9
1911	85,8	15,4	96,3	59,9	99,6	74	4,7	11	12,2	117	37,4	11	624,3
1912	86,9	11,4	18,5	136,4	67,3	59,1	43,9	26,9	26,6	43,7	17,4	32	570,1
1913	64,4	87,8	50,7	164,8	52,9	30,8	103,8	115,3	125,9	85	6,8	3,5	891,7
1914	30,1	26,8	27,8	28,3	138,2	107,9	92,9	77,4	20,2	91,4	113,4	4,9	759,3
1915	26,3	14,1	42,4	133,6	165,8	283,8	11	54,9	93,5	134,4	34,5	44,2	1038,5
1916	57,2	252,9	39,5	43,8	105,1	96,4	49,2	41,7	42,2	35	16,2	191,7	970,9
1917	49,2	41,7	42,2	35	16,2	191,7	13,5	2	168,4	127,9	73,6	83,7	845,1
1918	13,5	2	168,4	127,9	73,6	83,7	22,6	50,3	70,2	140,4	141,8	7,5	901,9
1922	11,8	34,5	30,4	81,4	34,7	102,5	18	32	69	88	1	2	505,3
1923	4	30,3	74,8	153,2	88,6	116,9	38,2	4	47,2	30,5	52	25,1	664,8
1924	20,2	80	45	14,8	54,6	40,5	57	55,2	55,1	89,4	90,3	17,1	619,2
1925	4,5	27,5	47,7	55,9	77,1	89,4	33,7	57,1	32,1	132,1	81	22,2	660,3
1926	12,8	16	12	72,1	77,8	64,4	21,4	16	125,9	30,9	51,4	94,4	595,1
1927	10	19	28,1	12	15,6	3,4	5,5	12,4	13,3	40	78,5	139,3	377,1
1928	17	56,7	100,2	43,9	105,6	1,3	2	0	24	120,9	73,5	17,7	562,8
1929	22,1	9,7	7,7	30,3	12,7	27,2	9,5	72,4	92,9	63,8	51,6	13,3	413,2
1930	140,6	166,8	127,8	39,7	82,5	66,7	45	22	55,1	87,3	9,2	13	855,7
1931	1,5	23,5	143,9	81,6	59,9	14,9	18,1	83,3	54,5	141,3	73	13,1	708,6
1932	8,5	35,6	133,7	52	159,4	81,1	102,6	43,8	50,9	8,8	224	338	1238,4
1933	6,4	29,8	73,5	103,1	46,5	100,1	0	0	73,4	57,5	144,1	95,6	730
Mitjana	36,1	45	62,9	77,9	78	82,3	36,4	41	67,1	85,3	75,2	56	743,3
Girona-Institut Vell		Situació: A dalt de l'Institut Vell, carrer Força, Barri Vell											

ANY	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
1906													272,3
1907	63,3	42,8	0	139,8	95,7	93,2	60,7	2,5	184,2	231,9	12,4	12,4	938,9
1908	48,5	6,7	56,5	138,2	11	60,1	36	4,7	70,5	65,4	174,8	109,1	781,5
1909	36,2	34,8	67,6	38,1	92,5	141,6	16,9	80,1	72,6	22,4	100,4	34,9	738,1
1910	9,5	14,9	76,5	70,8	138,1	26,9	69,1	68,9	26,6	100,4	21,3	47,9	670,9

1911	85,8	15,4	96,3	59,9	99,6	67,3	4,7	11	12,2	117	37,4	11	617,6
1912	27	72,5	46,3	89,3	13,8	165,5	47	8,3	46,9	35,3	9,4	3,6	564,9
1913	52,6	93	63,8	144,4	86,3	31	72,8	129,5	184	87	5	4,2	953,6
1914	41,2	27,2	26,4	17,2	134,2	108,3	93,3	67	9	90,1	108,9	2	724,8
1915	34,6	13,6	37,8	123,6	157,4	268,6	12	70,8	81,6	137,8	31,8	43,4	1013
1916	0	113,4	41	97,8	38,8	18,2	35	26	108,8	43,6	61,6	117	701,2
1917	44,2	270,8	37,2	46,4	117	75	65,4	42,6	43	34	19,8	198,4	993,8
1918	26,2	2,2	174,7	106,7	59,2	78,6	13,4	42,8	54,6	140,4	141,8	7,5	848,1
1922	14,6	33,3	45,6	63,3	39,1	103,1	16,7	47,2	74,4	98,8	0,5	1,9	538,5
1923	4,4	28,6	71,6	170,5	89,2	72	42,1	3	53,1	20,5	61,2	31,9	648,1
1924	22,8	27,7	45,1	31,5	68,9	37,2	51,9	55,6	53,5	84,4	79,1	19,7	577,4
1925	4,3	27,9	52	64,2	111,5	86,9	45	80,6	32,6	92,1	145,2	24,3	766,6
1926	62,2	12	20	117,8	163,7	81,7	45,3	28,3	125,9	52,2	68,6	24,7	802,4
1927	33	57,5	48,3	20,6	62,5	16,9	19,3	13,1	48	42,7	74,7	133,5	570,1
1928	13,1	38,3	117,6	35,8	94,4	2,5	5,8	0,2	21,9	93,2	93,9	13,5	530,2
1929	29,9	12,9	12,7	29,7	23	34	16,1	84,2	94	59	54,5	14,2	464,2
1930	266	204	163	40	87	62	39	17	60	100	8	16	1062
1931	0,6	25,9	228,4	81,5	70	9,3	21	87,9	60,4	140,7	74,4	14,4	814,5
1932	7,1	85,9	96,8	70,5	166,7	120,4	96,1	44,1	73,4	15	240,7	517	1533,7
1933	71,5	29,8	73,5	103,1	46,8	120,8	2,6	1,2	134,7	61	128,5	135,8	909,3
Mitjana	41,6	53,8	70,8	79,2	86,1	78,4	38,6	42,4	71,9	81,9	73,1	64,1	781,8
	39,7	59,5	76	71,8	90	76,2	36,5	41,9	66,4	76,8	82	77,4	794

Diferència 1907-33

Obs. Girona	GEN.	FEB.	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JUL.	AGOST	SET.	OCT.	NOV.	DES.	ANY
Institut Vell	41,6	53,8	70,8	79,2	86,1	78,4	38,6	42,4	71,9	81,9	73,1	64,1	781,8
Ferrocarril	36,1	45	62,9	77,9	78	82,3	36,4	41	67,1	85,3	75,2	56	743,3
Dif.Ferr-I.Vell	-5,5	-8,8	-7,9	-1,3	-8,1	3,9	-2,3	-1,4	-4,8	3,4	2,1	-8,1	-38,5
Ferr./I. Vell	0,87	0,84	0,89	0,98	0,91	1,05	0,94	0,97	0,93	1,04	1,03	0,87	0,95

Diferència de precipitació entre Girona (Ferrocarril) i Girona (Institut Vell)

Dif.	Mitjana	l	Perc.Dif. (%)
Hivern	-22,3	159,5	-14
Primavera	-17,2	236,1	-7,3
Estiu	0,3	159,4	0,2
Tardor	0,7	226,9	0,3

Desviació estàndard

Valor de z	-1,64<z>1,64 (90 %)	-1,96<z>1,64 (95 %)	-2,58<z>2,58 (99 %)		
Període	2004-14	2004-14	2004-14	2004-14	
Observatori	Girona-Palau	Girona-Ciutadans	Girona-Montjuïc	Sarrià de Ter	
G	-0,16	0,31	0,62	0,62	
F	-1,56	-1,09	-0,93	-0,31	
M	-0,31	0,47	0,16	0,47	
A	-0,47	0,16	0,62	-0,31	
M	0,16	-0,31	0,00	0,47	
J	0,00	0,31	0,00	0,00	
J	0,00	0,93	1,56	1,56	
A	-1,09	0,00	0,00	0,31	
S	0,47	0,31	0,78	1,56	
O	-0,62	-0,78	-0,31	-0,62	
N	1,09	1,71	1,71	1,87	
D	-1,09	-0,71	-0,78	-0,70	
Any	-0,58	0,31	0,00	0,00	
Primavera	-1,40	-0,16	-0,16	0,00	
Tardor	-0,47	0,47	1,09	1,25	
Estiu	1,09	1,87	1,87	1,71	
Hivern	-1,56	-0,93	-1,25	-0,47	

1998-2014	2006-19	2002-14	2006-19	1998-2014	1998-2014
Girona-aeroport	Girona-Bonas	Vilablareix (S)	St. Gregori	Celrà	Bescanó
-1,61	-0,55	-0,18	-0,33	-0,87	0,14
-0,12	0,11	-1,28	0,55	0,29	0,50
1,94	-1,64	0,43	-1,42	1,94	0,89
-0,54	0,93	-0,06	0,44	0,04	0,86
0,00	1,15	0,43	1,15	0,95	0,14
-0,54	1,26	0,43	0,44	-0,12	0,32
-0,04	0,49	0,43	0,22	1,11	1,44
0,50	-0,22	-0,06	0,22	1,11	1,58
-0,91	0,11	0,67	1,75	-0,04	-0,05
0,04	0,77	-0,55	1,31	-0,29	0,14
1,03	0,55	1,89	0,00	0,95	1,08
-1,77	-0,44	-1,04	-0,38	-1,19	-0,32
0,12	0,22	0,06	0,66	1,36	1,85
0,62	0,33	0,18	0,22	1,44	0,86
1,11	0,00	0,31	0,00	1,52	2,21
0,87	1,53	1,16	1,64	1,11	0,95
-2,10	-0,44	-1,77	-0,11	-1,19	-0,05

19 de març de 2012

7/8 As 1020 hPa Calma

Adv. NW

Vent en calma Illa de calor_4,2°C (20,25 h.)

Transecte 7b 8b

Màxim tèrmic 12,5 Gran Via-Alvarez de Castro

Mínim tèrmic 8,3 Pas d'en Prats

Illa de calor 4,2

Punt d'observació Temperatura (°C)

Montagut 11,0

N-2 10,8

Pont Aigua 11,0

Pont Major (estanc) 11,1

Pont Major (Monges) 11,1

Pont Major (Grup) 10,9

Benzinera Salesians 10,6

Caprabo Pedret 11,0

Taller Ramiro 11,0

Centre Cívic Pedret 11,2

Sala del Cel 11,1

Pont de Pedret 11,1

Plaça Sant Pere 10,6

Monestir Sant Pere 10,0

La Torrassa 9,8

Font del Bisbe 9,3

Monestir Sant Daniel 8,4

Plaça de la Sardana 8,6

Monestir Sant Daniel 8,4

La Torrassa 9,6

Monestir Sant Pere 9,6

Plaça Sant Pere 9,9

Pont de Pedret 10,1

Devesa de Girona (rota) 10,8

Devesa de Girona (rellc) 11,5

Jutjats 11,8

Gran Via-col.legi Brugu 12,1

Gran Via-Sèquia 12,3

Gran Via-Alvarez de Ca 12,5

Ferran Agulló 12,2

Juli Garreta-Bisbe Lorei 12,2

Francesc Ciurana 12,2

Creu-Barcelona 12,3

Creu-Migdia 12,3

Emili Grahit-Migdia 12,2

Migdia 12,2

Parc del Migdia 12,3

Caldes de Montbui-Miç 12,3

Migdia-S 12,0

Reggio Emilia 11,8

Accés a Salt i AP-7	11,8
Aragó-Barcelona	11,8
Fornells (Park)	11,4
Estació de mercaderies	10,9
Pont TGV (part elevada)	11,0
Part baixa pont TGV	11,1
Centre Logística (W)	11,2
Polígon (S)	11,2
Corba Polígon (200 m a	11,2
El Perelló	11,1
El Perelló	11,1
Final El Perelló	11,0
Pont Ap-7	11,0
Mas Aliu	10,9
Riu Marroc	10,5
100 m després	10,7
Km 1	10,9
Desviament 1,5 km cap	10,2
Barri Església de Vilabl	10,1
Camí dels Carlins	10,1
La Mirona	10,6
Pont Ap-7	10,8
Centre Comercial	11,1
Benzinera la Maçana	11,2
Pg. M.Camps	11,2
Rest.Vilanova-Pg.M.Ca	11,3
Consum	11,3
Pg. Països Catalans-J.Ri	11,3
Pl. Vila	11,0
Hortes de Salt	9,2
Deveses de Salt	8,6
Pas d'en Prats	8,3

Data	Hora inici	Hora final	Màxim tèrmic Punt màxim	Punt mínim	Mínim tèrmic	Intensitat illa (
21-12-11	19,37	20,44	9,2 Torras i Bages-Pacheco	3,1	Pas d'en Prats	6,1
13-2-12	19,45	20,45	4,7 Pl. St. Cugat	-2,5	Pas d'en Prats	7,5
15-2-12	20,34	21,29	7,1 Juli Garreta-La Salle	-0,9	Pont Onyar Fornells	8
15-2-12	18,25	19	8,2 Pl. St. Cugat	2,2	Monestir Sant Daniel	6
12-3-12	20,17	21,25	14,3 Juli Garreta-La Salle	6,5	Pont Onyar Fornells	7,8
12-3-12	18,1	19,1	18 Pl. St. Cugat	12,3	Pas d'en Prats	5,7
19-3-12	20,19	21,27	12,8 Juli Garreta-Bisbe Lorenzana	6,4	Pont Onyar Fornells	6,4
19-3-12	20,19	21,27	12,5 Pl.St.Cugat	9,6	Pas d'en Prats	2,9
23-3-12	20,35	21,43	12,7 Juli Garreta-Bisbe Lorenzana	8,4	Pont Onyar Fornells	4,3
13-4-12	20,33	21,39	12,5 Ferran Agulló	7,8	Pont Onyar Fornells	4,7
23-7-12	20,26	21,25	25,7 Estanc (c/Major)	19	Pas d'en Prats	6,7
24-7-12	22,06	23,31	24,4 Rellotge Devesa	21,2	Monestir Sant Daniel	3,2
20-9-12	20,3	21,3	20,4 Gran Via-Nou	16	Pont Onyar Fornells	4,4
23-11-12	20,27	21,26	13,1 Gran Via-Nou	10,4	Monestir Sant Daniel	2,7
23-11-12	18	19,1	15,3 Santa Clara	11,5	Monestir Sant Daniel	3,8
26-2-13	19,2	20,31	8,6 Migdia-la Salle	-0,2	Pont Onyar Fornells	8,8
2-3-13	20	21,15	10,5 Creu-Barcelona	3,8	Plaça Sardana Sant Daniel	6,7
8-3-13	19,47	21,05	14,9 Emili Grahit-Migdia	8,7	Plaça Sardana Sant Daniel	6,2
15-3-13	19,46	21,09	9,8 Plaça de l'Hospital	1,7	Pont Onyar Fornells	8,1
12-4-13	20,25	21,41	18,3 Plaça Poeta Marquina	13,8	Plaça Sardana Sant Daniel	4,5
13-4-13	20,08	21,09	17,7 Plaça Marquès de Camps	10,9	Pitch Putt Fornells	6,8
17-4-13	20,04	21,2	21,6 Plaça Marquès de Camps	17,3	Plaça Sardana Sant Daniel	4,3
3-5-13	19,55	21,02	18,4 Migdia-Emili Grahit	13,8	Pl. Sardana	4,6
6-5-13	20,18	21,13	20,5 Migdia-Emili Grahit	17,5	Pl.Sardana	3
13-5-13	20,09	21,21	19,3 Plaça Poeta Marquina	16,3	Pl.Sardana	3
22-5-13	20,17	21,31	20,5 Plaça Espanya	14,7	Font Fita	5,8
4-12-13	20,08	21,27	8,7 Pl. Lleó	0	Monestir Sant Daniel	8,7
4-12-13	14,46	15,21	19,5 La Farinera	13,5	Pl. Catalunya Salt	0,3
4-12-13	16,07	16,28	18,1 Salt-XOM	11,5	Pl. Guifré el Pelòs	6
2-1-14	19,41	20,53	12,7 Pl. Marquès de Camps	6,8	Pont Onyar Fornells	5,9
10-1-14	20,15	21,15	11,8 Migdia-Creu	8,5	Monestir Sant Daniel	3,3
14-2-14	20,03	21,17	17,1 Bonastruc-20 de juny	12,3	Monestir Sant Daniel	4,8

12-3-14	19,11	20,29	13 Plaça Marquès de Camps	7,3 Monestir Sant Daniel (SE)	5,7
17-8-14	6,04	7,39	18,9 Auriga	13,3 Monestir Sant Daniel (SE)	5,6
18-8-14	14,4	15	30,8 Pont de Pedra	27,5 Auriga	0,5
2-9-14	14,39	15,15	33,3 Manuel de Falla-Pg.P.Catalans	28 Bonastruc-col-legi Bruguera	1,9
3-9-14	13,3	14,15	28,9 Emili Grahit-Migdia	27,5 Creu-Migdia	0
10-9-14	14,09	15,43	33,5 Plaça Marquès de Camps	26,2 Auriga	1,5
20-9-14	14,4	15,22	32,6 Mossèn Sebastià Puig	29,3 Plaça de Catalunya de Salt	1,1
27-9-14	7,38	8,42	13,5 Bailén-Barcelona	7 Monestir Sant Daniel (SE)	6,5
10-11-14	22,22	22,35	11,3 Estació Jove de Salt	9,2 Pont riu Xuncla	2,1
14-11-14	20,01	20,58	18,1 Plaça Marquès de Camps	15,7 Pont Onyar Fornells	2,4
16-11-14	18,43	19,59	14,9 Plaça Marquès de Camps	10,7 Monestir Sant Daniel (SE)	4,2
18-11-14	13,12	13,44	19,1 Emili Grahit-Rutlla	13,9 Auriga	0
11-12-14	14,29	15,18	18,7 La Farinera	12,7 Auriga	2,3
19-12-14	20,02	21,17	14,4 Creu-Migdia	11,1 Sant Daniel	3,3
24-12-14	19,02	19,53	8,6 Plaça Poeta Marquina	2,6 Pont riu Xuncla	6
26-12-14	20,14	21,06	7,6 Joan Maragall-Gran Via	3 Monestir Sant Daniel	4,6
26-12-14	22,09	22,23	5,7 Estació Jove de Salt	3,9 Pont riu Xuncla	1,8
28-12-14	14,4	15,22	13 La Farinera	8,4 Bonastruc-meteo	1,6
29-12-14	14,42	15,3	12,5 La Farinera	9,2 Bonastruc-meteo	2,3
29-12-14	1,1	2,12	3 Auriga	-3,8 Pont riu Xuncla	6,8

Data	Intensitat illa	Nuvolositat	Vent	Situació sinòp	Pressió (hPa)
21-12-11		0/8	Calma	Adv. N	1020
13-2-12		7/8 Ci	Calma	Adv. N	1018
15-2-12		0/8	Calma	Adv. N	
15-2-12		0/8	Calma	Adv. N	
12-3-12		0/8	Calma	Anticicló	1025
12-3-12		0/8	Calma	Anticicló	1025
19-3-12		2/8 Sc	NE 2	Anticicló	1031
19-3-12		8/8 Ns	NE 2	Anticicló	1031
23-3-12		0/8	Calma	Anticicló	1025
13-4-12		4/8 Ac	N 2	Adv. N	1003
23-7-12		4/8 Sc	S 1	Anticicló	
24-7-12		0/8	Calma		
20-9-12		1/8 Ci	Calma	Anticicló	1018
23-11-12		3/8 Ci	S 2	Adv. S	1020
23-11-12		3/8 Ci	S 3	Adv. S	1020
26-2-13		3/8 Ac, Ci	Calma	Anticicló	1018
2-3-13		0/8	Calma	Anticicló	1017
8-3-13		0/8	N 1	Adv. SW	1005
15-3-13		1/8 Ci	SW 3 Km/h	Anticicló	1018
12-4-13		3/8 Sc	NE 1	Anticicló	
13-4-13		3/8 Ci	S 2	Anticicló	1023
17-4-13		6/8 Ci	S 2	Anticicló	1019,5
3-5-13		5/8 Cu, Sc	S 1	Anticicló	1017
6-5-13		7/8 Ci	Calma	Anticicló	
13-5-13		1/8 Sc, St		Anticicló	1017
22-5-13		1/8 Ac, Ci	S 1	Adv. N	1014
4-12-13		0/8	Calma	Anticicló	1027
4-12-13	5,7	1/8 Ci	Calma	Anticicló	1028
4-12-13	6,2	0/8	Calma	Anticicló	1027
2-1-14		6/8 As, Ac, Ci, SW	1	Adv. SW	1014
10-1-14		7/8 St	Calma	Adv. S	1019
14-2-14		2/8 Ci	SW 3 Km/h		1008

12-3-14	1/8 Cu	Calma	Anticicló	
17-8-14	0/8	Calma	Pantà baromè	1014
18-8-14	2,8 3/8 Cu, Ci	S 2	Pantà baromè	1010
2-9-14	2,3 1/8 Cu	S 1	Pantà baromè	1010
3-9-14	1,7 1/8 Cu, Sc	S 1	Pantà baromè	1011,8
10-9-14	6,1 1/8 Cu, Sc	S 1	Pantà baromè	1010
20-9-14	2,2 4/8 Cu, Ci	S 1	Adv. S	1015
27-9-14	0/8	Calma	Anticicló	1025
10-11-14	1/8 Sc	Calma		
14-11-14	2/8 Sc	W 4	Adv. W	
16-11-14	2/8 Ac, Ci	SW 3 (12 Km/	Adv. W	1007
18-11-14	-5,2 3/8 Cu, Ci	Calma	Adv. S	1013
11-12-14	3,7 1/8 Cu	Calma	Anticicló	1026
19-12-14	8/8 St	Calma	Anticicló	1029,5
24-12-14	0/8	Calma	Anticicló	
26-12-14	0/8	Calma	Anticicló	1029
26-12-14	7/8 Ci	Calma	Anticicló	1029
28-12-14	1,5 1/8 Cu	N 2	Adv. NE	1015
29-12-14	1,1 1/8 Ci	N 5	Adv. NE	1020
29-12-14	0/8	Calma	Adv. NE	1030

	16/10/2013	18/10/2013	22/10/2013	24/10/2013	26/10/2013	28/10/2013	01/11/2013	03/11/2013
Punt d'observació (Tr. matinal Sarrià de Ter a Girona per Pont Major)								
Montagut	12,9	14,4	15,5	12,2	15,9	15,6	6,1	10,9
Rotonda N-lia	12,9	14,3	15,4	11,8	15,9	15,6	6,9	10,9
Les Lloses	12,5	13,9	15,4	11,9	15,9	15,1	5,7	10,4
W Pont Aigua	12,1	14,2	15,2	12,1	15,7	15,1	5,5	10,9
E Pont Aigua	12,8	14,2	15,0	12,1	15,2	15,1	4,7	10,4
Pont Major (estanc)	12,8	14,4	15,3	11,1	14,6	16,1	3,8	9,7
Pont Major (església)	13,4	14,9	15,8	10,5	13,5	16,9	3,8	9,4
Cantó riu Ter, davant Torras Papel	12,4	13,3	14,8	9,5	13,5	14,4	3,8	9,0
FC Pontenc	12,1	13,1	14,3	9,5	13,5	13,4	3,8	8,2
Devesa Pont Major	11,6	12,9	13,8	10,0	13,5	12,7	3,8	9,4
Plaça Tomàs Baraut	12,3	13,9	14,1	10,7	14,5	13,8	3,8	9,8
IES Narcís Xifra	12,3	14,1	14,9	12,0	15,0	15,7	3,8	9,6
Benzinera Salesians	12,4	14,2	15,0	12,3	15,5	16,4	5,8	10,4
Caprabo Pedret	12,3	14,2	15,0	12,8	16,0	15,7	5,9	10,4
Taller Ramiro	12,3	14,1	14,9	12,5	16,4	15,3	6,4	10,9
Centre Cívic Pedret	12,1	13,8	14,6	12,9	16,9	13,3	6,2	10,7
Sidharta	13,1	13,6	14,4	11,9	16,8	12,5	6,9	11,0
C/Pedret	12,4	14,9	14,1	12,4	16,8	17,5	6,2	10,9
Plaça Sant Pere	11,3	14,9	15,5	12,9	16,8	17,0	6,4	10,6
Rosa	11,4	14,2	16,2	13,4	16,5	16,7	6,9	10,4
Monestir Sant Pere	11,2	13,8	15,9	13,3	16,1	15,8	7,5	10,1
La Torrasa	10,6	13,6	15,7	14,3	15,9	14,5	7,9	9,7
Font del Bisbe	9,5	12,7	13,1	14,8	15,4	11,4	8,3	9,2
Monestir Sant Daniel (SE)	10,8	12,1	14,6	14,8	15,0	8,7	8,5	8,1
Font del Bisbe	12,6	12,7	13,1	14,4	15,4	8,7	8,3	9,2
La Torrasa	13,6	13,6	14,4	14,8	15,8	10,5	8,5	9,7
Monestir Sant Pere	13,6	13,8	15,1	14,4	15,0	11,5	8,5	10,1
Bellaire	13,6	14,1	15,4	14,4	16,8	14,5	6,4	10,1
Barca	13,6	14,4	15,8	15,1	16,5	15,1	8,5	10,7
Plaça Sant Feliu	14,2	14,7	16,1	14,4	16,7	16,8	8,5	10,7
Calderers	14,4	15,1	15,8	14,9	16,8	16,5	9,0	11,3
Pujada de Sant Feliu	14,4	15,1	16,1	14,9	16,8	17,1	8,8	11,8
Ballesteries	14,3	15,4	16,1	14,9	16,8	17,1	8,6	12,5
4 Cantons	14,6	15,6	16,4	14,1	17,0	17,2	8,8	12,9
Cort Reial	14,8	15,6	16,8	14,7	17,2	17,3	8,6	13,1
Plaça de l'Oli	13,9	15,6	16,8	14,9	17,2	17,3	8,4	13,1
Ciutadans	14,4	15,7	17,0	14,8	17,3	17,6	7,1	13,3
Plaça del Vi	14,6	15,9	17,1	15,3	17,9	17,7	9,4	12,9
Plaça Bell-lloc	14,6	16,0	17,1	14,7	17,8	17,5	9,2	13,1
Auriga	14,4	16,1	16,9	14,4	17,6	17,4	8,9	13,1
Plaça de Catalunya	14,3	15,3	16,8	14,2	17,5	17,3	9,2	11,0
Joan Maragall-edifici Generalitat	14,9	15,6	15,8	13,2	16,5	14,8	9,4	11,9
Sibil·la de Fortià	15,3	16,0	16,4	12,2	16,8	15,7	9,5	11,9
Joan Maragall-Claret	14,8	16,1	16,6	12,5	17,0	16,7	9,0	12,3
Plaça Miquel Santaló	14,6	16,2	16,9	12,2	17,3	17,0	9,3	12,3

Clínica Girona	15,2	16,1	17,1	12,2	17,1	17,4	9,0	12,6
Plaça Joaquim Pla	15,2	16,7	16,9	12,2	17,0	17,0	7,1	13,0
Juli Garreta- La Salle	14,8	16,3	17,5	12,2	16,5	17,1	7,5	13,0
Bisbe Lorenzana	14,4	16,5	17,1	12,2	16,7	17,3	7,0	12,9
Bisbe Lorenzana-Barcelona	14,8	16,3	17,1	11,9	16,7	18,3	6,6	13,0
Bailén-Barcelona	14,8	16,5	16,9	11,6	16,6	18,8	6,5	13,0
Plaça Poeta Marquina	14,6	16,1	17,1	10,8	16,6	18,0	6,2	12,6
Pl.Marquès Camps	14,3	16,1	17,3	10,3	16,8	17,8	5,8	13,0
Sèquia	14,1	16,5	17,1	9,5	16,6	17,8	4,4	13,0
Bonastruc-F. Puig	14,3	16,5	17,3	10,8	16,0	17,7	5,2	12,9
Bonastruc-20 de juny	14,6	16,1	17,3	12,7	15,6	17,6	5,8	12,4
Bonastruc (meteo)	14,6	15,6	16,3	12,9	16,0	17,8	6,7	12,1
Bonastruc-Miquel Blay	14,6	15,5	15,7	13,1	16,6	17,6	7,3	12,1
Bonastruc-C.Bruguera	14,6	15,8	15,9	13,1	16,6	17,8	7,1	12,4
Jutjats-Av. Ramon Folch	14,6	15,8	16,2	13,1	16,1	17,8	7,1	12,9
Temperatura mínima estacions meteorològiques								
Girona-Sèquia	13,0	15,0	15,8	13,2	16,0	15,1	6,7	11,9
Girona-la vall de Sant Daniel	9,6	12,2	13,9	9,1	14,1	8,1	3,1	8,2
Deveses de Salt	10,0	10,0	8,0	10,5	10,5	11,0	6,0	5,0
Girona-Hortes de Santa Eugènia	10,0	13,1	12,1	9,0	13,8	10,4	2,3	7,9
Girona-Devesa	12,3	14,0	14,7	12,3	15,0	14,6	6,0	11,1
Fornells-centre	11,8	14,5	14,5	10,9	15,7	11,2	5,5	9,7
Fornells-SMC	9,8	12,4	12,9	8,3	13,8	7,8	2,5	6,8
Vilablareix	11,2	11,1	12,2	12,9	13,2	9,5	7,7	7,4
Bescanó	11,5	13,8	13,4	12,7	14,6	11,0	6,3	10,0
Celrà	12,8	13,8	15,9	13,1	14,1	13,6	6,2	9,4
Sant Gregori	11,8	14,6	13,7	11,8	15,2	11,9	5,9	10,8
Salt-Pl. St. Cugat	12,5	14,7	15,1	13,2	15,7	13,5	6,3	11,0
Aeroport de Girona	11,2	14,3	13,3	11,1	16,0	11,3	4,8	9,9
Girona-Parc del Migdia	12,6	14,6	15,3	12,4	15,5	13,6	6,5	10,9
Sarrià de Ter-Montagut	12,6	14,2	15,2	12,3	15,1	14,4	5,8	10,3
Girona-Escola de musica	13,7	15,5	15,9	13,6	16,2	15,2	7,4	12,0

	04/11/2013	05/11/2013	06/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	25/11/2013	26/11/2013
Punt d'observació (Tr. matinal Sarrià de Ter a Girona per Pont Major)								
Montagut	12,0	7,6	10,8	12,4	3,2	2,9	0,7	4,4
Rotonda N-lia	11,8	8,0	10,8	12,4	3,1	2,9	0,5	3,4
Les Lloses	11,7	8,2	10,6	12,4	3,2	2,7	0,2	3,4
W Pont Aigua	11,3	7,6	10,1	12,2	3,4	2,7	0,2	3,2
E Pont Aigua	11,7	7,8	10,2	12,3	3,2	2,7	0,4	3,4
Pont Major (estanc)	11,9	8,0	10,9	12,5	3,7	2,7	0,7	3,9
Pont Major (església)	10,5	8,2	10,7	12,6	4,1	2,7	1,1	1,1
Cantó riu Ter, davant Torras Papel	10,5	7,2	10,0	12,3	1,2	2,7	1,1	1,7
FC Pontenc	10,5	6,5	9,5	12,0	0,2	2,7	1,1	1,8
Devesa Pont Major	10,5	7,2	9,4	12,0	1,2	2,7	1,1	3,0
Plaça Tomàs Baraut	11,0	8,0	9,4	12,3	3,0	3,0	0,7	2,2
IES Narcís Xifra	11,3	7,8	9,7	12,4	3,2	3,4	1,2	2,6
Benzinera Salesians	11,8	7,8	10,2	12,6	2,8	3,2	1,4	1,7
Caprabo Pedret	12,0	7,8	10,2	12,4	2,8	2,8	1,8	2,1
Taller Ramiro	11,8	7,7	9,9	12,4	2,5	2,6	2,6	2,7
Centre Cívic Pedret	11,7	7,8	9,8	12,4	2,8	2,7	2,0	3,4
Sidharta	13,4	7,6	10,4	12,4	2,2	3,0	1,8	3,1
C/Pedret	13,5	8,2	10,4	12,4	2,7	3,4	1,3	2,8
Plaça Sant Pere	13,1	8,4	10,1	12,6	4,1	3,2	0,7	2,5
Rosa	12,8	8,6	9,8	12,5	3,6	2,8	0,5	1,8
Monestir Sant Pere	12,3	8,2	10,1	12,4	3,2	2,6	-0,9	2,1
La Torrassa	11,4	7,8	9,8	12,3	2,9	1,5	-0,1	0,7
Font del Bisbe	10,5	7,3	8,8	12,0	1,7	1,7	0,5	2,5
Monestir Sant Daniel (SE)	9,9	6,2	8,4	11,8	-0,9	-0,1	-0,9	0,7
Font del Bisbe	10,5	5,4	6,9	11,6	-0,9	1,1	1,5	2,4
La Torrassa	11,4	6,2	7,8	11,8	1,3	1,5	2,2	3,2
Monestir Sant Pere	12,3	7,3	8,4	12,0	2,3	3,3	3,0	4,6
Bellaire	9,9	7,8	6,9	11,6	3,1	3,1	2,8	5,1
Barca	13,2	8,1	9,1	12,6	3,6	2,1	3,2	4,9
Plaça Sant Feliu	13,2	8,7	9,7	12,9	4,3	-0,1	3,0	5,2
Calderers	13,2	8,7	9,9	12,8	4,6	3,2	3,2	6,0
Pujada de Sant Feliu	13,6	9,3	10,4	12,9	5,1	3,6	3,5	6,0
Ballesteries	14,1	9,6	10,7	13,1	5,3	3,6	3,5	6,2
4 Cantons	14,3	9,9	11,3	13,3	5,5	3,8	3,3	6,2
Cort Reial	14,3	10,0	11,6	13,4	5,3	4,4	3,0	5,9
Plaça de l'Oli	14,3	9,8	11,7	13,6	5,1	4,3	3,2	5,9
Ciutadans	13,9	10,1	11,4	14,0	6,0	4,2	3,6	6,2
Plaça del Vi	13,8	9,6	11,9	13,4	4,8	4,0	3,4	6,3
Plaça Bell-lloc	13,7	9,8	11,6	13,8	6,0	4,2	2,4	4,6
Auriga	13,7	10,2	12,1	14,1	6,2	4,2	2,8	5,0
Plaça de Catalunya	12,4	9,8	11,0	12,8	4,7	4,4	3,0	5,2
Joan Maragall-edifici Generalitat	13,0	8,7	11,5	13,1	5,6	4,7	3,2	5,6
Sibil·la de Fortià	13,8	9,5	11,2	13,4	5,3	4,5	3,2	5,8
Joan Maragall-Claret	14,0	9,1	11,8	13,5	5,3	3,3	2,9	5,8
Plaça Miquel Santaló	14,0	9,3	12,3	13,6	5,4	4,3	3,5	5,6

Clínica Girona	14,1	9,5	12,5	13,6	5,4	4,3	3,9	5,9
Plaça Joaquim Pla	14,5	9,0	12,3	13,6	5,4	4,5	4,2	6,2
Juli Garreta- La Salle	14,9	9,2	12,3	13,5	5,1	4,6	3,8	5,9
Bisbe Lorenzana	14,8	9,3	12,4	13,4	5,4	4,7	3,5	5,7
Bisbe Lorenzana-Barcelona	14,6	9,3	12,5	13,1	6,3	4,7	4,2	5,9
Bailén-Barcelona	15,1	9,4	12,9	13,1	5,9	4,5	3,3	6,1
Plaça Poeta Marquina	14,8	9,8	12,4	13,1	6,2	4,8	3,7	5,9
Pl.Marquès Camps	14,3	10,2	12,9	13,0	6,4	5,4	3,7	5,9
Sèquia	13,5	9,0	12,1	12,8	5,6	4,9	3,0	5,7
Bonastruc-F. Puig	13,5	9,4	12,4	12,6	5,8	4,9	2,7	6,0
Bonastruc-20 de juny	13,1	9,3	12,1	12,9	5,8	4,4	3,0	5,8
Bonastruc (meteo)	13,1	9,6	12,2	13,1	5,7	5,2	2,7	5,6
Bonastruc-Miquel Blay	13,1	10,1	12,1	12,9	5,5	5,2	2,7	5,0
Bonastruc-C.Bruguera	13,1	9,8	11,8	12,7	5,5	4,8	2,4	5,4
Jutjats-Av. Ramon Folch	13,1	9,6	11,6	12,6	5,1	4,0	2,7	5,1
Temperatura mínima estacions meteorològiques								
Girona-Sèquia	10,4	8,1	10,8	12,0	3,4	3,1	2,0	1,0
Girona-la vall de Sant Daniel	8,0	5,1	7,5	10,8	-0,7	-0,4	-1,6	-2,5
Deveses de Salt	6,0	5,5	3,5	7,0	-3,0	-2,0	-3,0	-3,0
Girona-Hortes de Santa Eugènia	6,9	5,2	7,6	10,9	-1,1	-0,1	-1,7	-2,4
Girona-Devesa	9,6	7,3	9,8	11,1	2,5	2,0	0,8	0,3
Fornells-centre	10,2	6,9	9,2	10,4	2,7	2,0	0,2	0,2
Fornells-SMC	6,1	4,7	6,3	8,1	-1,4	-0,8	-2,8	-3,5
Vilablareix	5,0	7,9	7,4	5,3	6,5	-1,2	-2,5	-3,8
Bescanó	8,3	6,1	9,3	9,1	0,9	1,7	0,4	-1,2
Celrà	8,9	7,9	10,6	11,9	3,5	2,7	0,9	0,0
Sant Gregori	8,6	7,1	9,7	10,4	2,5	2,3	-0,1	0,1
Salt-Pl. St. Cugat	10,0	7,3	9,9	11,3	3,1	2,7	0,6	0,2
Aeroport de Girona	8,9	5,8	8,7	8,4	1,9	2,2	-0,8	-0,9
Girona-Parc del Migdia	9,7	7,8	9,9	11,9	3,8	2,6	0,9	0,3
Sarrià de Ter-Montagut	9,4	7,6	9,9	12,3	2,6	1,9	0,4	-0,1
Girona-Escola de musica	10,9	8,6	11,2	12,1	4,4	3,8	2,0	1,8

	28/11/2013	29/11/2013	04/12/2013	05/02/2013	07/12/2013	09/12/2013	11/12/2013	12/12/2013
Punt d'observació (Tr. matinal Sarrià de Ter a Girona per Pont Major)								
Montagut	-1,9	-2,6	-1,3	-0,4	0,2	-0,7	2,0	0,4
Rotonda N-lia	-2,2	-2,8	-0,8	0,3	0,6	-0,3	2,0	0,8
Les Lloses	-2,4	-2,8	-1,2	-0,1	0,2	-0,7	1,8	0,4
W Pont Aigua	-2,4	-3,0	-1,6	-1,3	-0,6	-1,0	1,0	0,0
E Pont Aigua	-2,4	-3,0	-1,6	-1,3	-0,6	-0,8	1,8	0,4
Pont Major (estanc)	-1,8	-1,8	-0,8	0,1	0,4	-0,3	3,6	0,8
Pont Major (església)	-3,0	-3,7	-2,5	-1,3	0,3	-2,0	1,0	-1,2
Cantó riu Ter, davant Torras Paper	-4,0	-4,5	-2,3	1,8	-0,8	-2,2	1,0	-1,4
FC Pontenc	-3,8	-3,7	-1,6	-1,8	-0,3	-1,8	1,8	-0,7
Devesa Pont Major	-3,2	-3,0	-1,0	-1,8	-0,7	-1,4	2,3	-0,2
Plaça Tomàs Baraut	-2,3	-3,2	-1,6	-1,3	-0,3	-1,8	2,1	-0,5
IES Narcís Xifra	-2,8	-2,7	-1,6	-1,3	-0,7	-1,4	2,3	-0,3
Benzinera Salesians	-2,3	-2,7	-1,9	-0,3	-0,5	-1,1	2,3	-0,7
Caprabo Pedret	-2,1	-2,7	-1,1	-1,0	-0,5	-0,6	2,3	-0,3
Taller Ramiro	-1,9	-2,5	-0,9	-0,6	-0,3	-0,8	2,3	0,1
Centre Cívic Pedret	-1,9	-1,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,9	2,3	0,7
Sidharta	-1,4	-1,9	0,1	-0,3	-0,3	-0,9	2,3	0,9
C/Pedret	-1,7	-2,1	-1,3	-0,5	-0,7	-1,3	1,9	0,9
Plaça Sant Pere	-2,0	-2,9	-0,5	-0,2	-0,8	-2,0	1,4	0,7
Rosa	-3,2	-3,1	-0,7	-0,5	-1,2	-2,5	1,2	0,5
Monestir Sant Pere	-3,7	-3,5	-0,4	-0,7	-2,0	-2,8	1,0	-0,5
La Torrassa	-4,0	-3,9	0,3	-1,4	-2,3	-3,1	0,4	-0,9
Font del Bisbe	-5,4	-4,4	0,8	-2,1	-3,1	-4,2	0,0	-1,1
Monestir Sant Daniel (SE)	-5,4	-4,4	-1,3	-2,4	-4,1	-3,8	0,0	-2,4
Font del Bisbe	-0,7	-4,4	1,2	-3,8	-2,1	-2,2	0,5	-2,4
La Torrassa	-1,2	-4,4	1,3	-2,6	-1,9	-1,0	0,0	-0,8
Monestir Sant Pere	-1,0	-4,0	1,8	-2,2	-1,1	0,1	0,1	-0,6
Bellaire	-1,2	-4,7	1,2	-2,0	-1,1	-0,9	0,0	-0,3
Barca	-1,5	-3,9	1,5	-1,6	-0,2	-0,5	2,0	-0,5
Plaça Sant Feliu	-0,6	-3,5	1,8	-1,6	0,0	-0,4	3,3	1,5
Calderers	-0,3	-3,1	2,0	-0,9	0,3	-0,2	2,2	1,6
Pujada de Sant Feliu	-0,2	-2,9	1,6	-0,7	0,5	-0,9	2,2	1,8
Ballesteries	-0,2	-2,9	-0,3	-0,5	1,1	-0,5	2,4	2,1
4 Cantons	-0,1	-2,5	0,3	-0,1	1,4	1,0	2,6	2,8
Cort Reial	-0,3	-1,8	0,6	1,2	1,5	0,8	1,8	3,0
Plaça de l'Oli	-0,1	-1,1	1,0	0,9	1,7	1,1	2,3	3,3
Ciutadans	0,2	-1,4	1,2	1,0	1,7	1,3	3,0	3,2
Plaça del Vi	0,4	-1,4	1,1	1,2	1,0	0,9	3,1	4,0
Plaça Bell-lloc	-0,9	-1,5	1,3	1,5	1,2	1,7	3,2	3,2
Auriga	0,2	-1,1	1,1	1,5	1,4	0,7	3,3	3,3
Plaça de Catalunya	-0,1	-0,8	1,5	1,0	1,3	0,9	3,4	3,4
Joan Maragall-edifici Generalitat	0,2	-1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	3,7	3,7
Sibil·la de Fortià	0,3	-1,4	1,5	1,6	-0,3	1,5	3,4	3,4
Joan Maragall-Claret	0,3	-1,4	1,9	1,8	0,1	1,3	3,3	2,2
Plaça Miquel Santaló	0,0	-1,2	1,7	1,6	0,6	-0,3	3,4	2,6

Clínica Girona	0,2	-0,7	2,1	-0,1	0,9	0,2	3,5	3,1
Plaça Joaquim Pla	0,1	-0,6	1,1	0,3	1,1	0,7	3,3	3,1
Juli Garreta- La Salle	0,4	-0,2	1,5	0,8	1,4	0,9	2,9	3,4
Bisbe Lorenzana	0,4	-0,5	0,9	1,0	1,5	1,0	3,3	3,5
Bisbe Lorenzana-Barcelona	0,4	-0,4	1,5	1,2	1,3	1,3	3,3	3,9
Bailén-Barcelona	0,4	-0,2	0,9	1,5	1,4	1,3	3,0	3,4
Plaça Poeta Marquina	0,2	-0,8	0,9	1,3	1,5	1,0	3,2	3,3
Pl.Marquès Camps	0,4	0,0	-0,2	1,5	1,8	1,2	3,4	3,0
Sèquia	0,0	0,2	-0,5	1,3	2,0	1,2	3,8	3,0
Bonastruc-F. Puig	0,4	0,5	-0,5	1,7	2,1	1,4	3,5	3,4
Bonastruc-20 de juny	0,3	-0,1	-0,9	2,1	2,5	1,8	3,3	3,4
Bonastruc (meteo)	-0,6	-0,9	-1,1	2,2	2,0	2,1	3,3	3,6
Bonastruc-Miquel Blay	-0,6	-0,2	-1,4	2,3	2,2	2,3	3,1	3,3
Bonastruc-C.Bruguera	-0,8	0,3	-1,0	1,5	1,8	1,4	3,5	3,4
Jutjats-Av. Ramon Folch	-0,8	0,6	-0,2	2,3	2,5	1,8	3,0	3,0
Temperatura mínima estacions meteorològiques								
Girona-Sèquia	-1,6	-1,9	0,0	0,8	0,2	-0,3	2,9	1,8
Girona-la vall de Sant Daniel	-4,7	-4,4	-4,2	-3,3	-3,4	-3,7	0,7	-2,1
Deveses de Salt	-5,0	-5,0	-6,0	-5,0	-2,5	-5,5	-3,0	-4,0
Girona-Hortes de Santa Eugènia	-4,4	-4,4	-4,5	-3,5	-3,5	-3,9	-1,0	-2,7
Girona-Devesa	-2,2	-2,6	-0,8	-0,1	-0,6	-1,2	1,8	0,6
Fornells-centre	-3,0	-2,7	-1,8	-2,0	-2,9	-2,0	3,5	0,0
Fornells-SMC	-3,9	-5,1	-5,4	-4,6	-4,4	-3,8	1,0	-2,1
Vilablareix	-4,3	-2,4	-3,0	-2,4	-2,4	1,5	-1,5	-2,3
Bescanó	-2,7	-3,3	-0,1	-0,2	-0,3	-1,4	0,7	-0,8
Celrà	-2,1	-2,5	-0,6	0,3	1,0	-1,0	1,5	0,7
Sant Gregori	-2,3	-2,9	-1,1	-0,4	-1,1	-1,2	1,0	0,4
Salt-Pl. St. Cugat	-1,3	-1,8	-1,1	-0,5	-0,7	-1,2	1,8	0,9
Aeroport de Girona	-1,9	-2,8	-2,5	-1,7	-2,0	-3,0	1,7	0,2
Girona-Parc del Migdia	-2,2	-2,3	-1,2	-0,5	-0,7	-1,4	1,9	0,7
Sarrià de Ter-Montagut	-2,8	-2,8	-1,7	-0,2	0,2	-1,0	1,5	0,3
Girona-Escola de musica	-0,9	-1,1	0,3	0,9	0,5	0,0	2,8	1,9

	17/12/2013	23/12/2013	27/12/2013	30/12/2013	08/01/2014	Temperatura mitjana (°C)	Intensitat mitjana de l'illa de calor (°C)
Punt d'observació (Tr. matinal Sarrià de Ter a Girona per Pont Major)							
Montagut	5,5	1,1	1,9	-0,2	9,6	5,9	2,0
Rotonda N-lia	5,9	1,4	1,9	-0,2	9,7	6,0	2,1
Les Lloses	5,4	1,1	1,8	-0,6	9,7	5,7	1,8
W Pont Aigua	4,8	1,0	1,7	-1,2	9,6	5,5	1,6
E Pont Aigua	5,4	1,0	1,6	-1,0	9,6	5,5	1,6
Pont Major (estanc)	5,8	2,0	2,1	-0,8	10,1	5,9	2,0
Pont Major (església)	4,4	0,5	1,6	-1,9	10,2	5,2	1,3
Cantó riu Ter, davant Torras Paper	3,9	0,1	1,3	-2,2	9,9	4,8	0,9
FC Pontenc	4,4	0,9	1,2	-1,6	10,0	4,7	0,8
Devesa Pont Major	5,1	1,6	1,1	-0,9	10,0	4,9	1,0
Plaça Tomàs Baraut	4,9	1,5	1,4	-0,3	10,0	5,2	1,3
IES Narcís Xifra	5,3	1,9	1,7	-0,9	10,0	5,5	1,6
Benzinera Salesians	4,9	1,7	1,9	-0,8	10,0	5,7	1,8
Caprabo Pedret	5,3	1,6	2,2	-0,8	10,1	5,7	1,8
Taller Ramiro	5,5	1,6	2,3	-0,3	10,0	5,8	1,9
Centre Cívic Pedret	5,7	1,5	2,5	-0,1	10,4	5,8	1,9
Sidharta	5,9	1,4	2,5	0,0	9,8	5,9	2,0
C/Pedret	6,3	1,6	2,4	0,4	9,7	6,0	2,1
Plaça Sant Pere	5,9	1,5	2,0	-0,1	9,5	5,9	2,0
Rosa	5,5	1,7	1,7	-0,3	9,4	5,7	1,8
Monestir Sant Pere	5,3	0,7	1,5	-1,1	9,2	5,4	1,5
La Torrassa	5,2	0,5	0,8	-1,5	9,0	5,1	1,2
Font del Bisbe	4,9	0,3	0,6	-1,9	9,2	4,6	0,7
Monestir Sant Daniel (SE)	4,6	-0,4	0,0	-2,9	9,0	3,9	0,0
Font del Bisbe	4,9	0,1	0,6	-1,7	9,4	4,6	0,7
La Torrassa	5,1	0,7	0,8	-0,9	9,5	5,2	1,3
Monestir Sant Pere	5,2	0,9	1,1	-0,7	9,7	5,7	1,8
Bellaire	5,4	0,9	1,5	-0,4	10,0	5,7	1,8
Barca	5,6	1,3	1,7	-0,2	9,9	6,2	2,3
Plaça Sant Feliu	6,0	2,1	2,4	0,9	10,2	6,6	2,7
Calderers	6,1	2,2	2,4	0,7	10,3	6,8	2,9
Pujada de Sant Feliu	6,4	2,5	2,9	0,9	10,6	7,0	3,1
Ballesteries	6,6	2,7	3,1	1,1	10,6	7,1	3,2
4 Cantons	7,0	3,1	3,6	2,3	10,5	7,5	3,6
Cort Reial	7,2	3,1	3,6	2,5	10,5	7,6	3,7
Plaça de l'Oli	7,2	3,2	4,0	2,5	10,5	7,6	3,7
Ciutadans	7,2	3,3	4,1	2,6	10,6	7,7	3,8
Plaça del Vi	7,5	3,5	4,2	3,0	10,5	7,8	3,9
Plaça Bell-lloc	7,1	3,7	4,3	3,2	10,4	7,7	3,8
Auriga	7,2	3,7	4,3	3,2	10,4	7,8	3,9
Plaça de Catalunya	7,3	2,2	2,5	1,1	10,6	7,4	3,5
Joan Maragall-edifici Generalitat	7,6	2,5	2,7	2,3	10,5	7,4	3,5
Sibil·la de Fortià	7,3	2,8	2,9	2,9	10,6	7,5	3,6
Joan Maragall-Claret	6,7	3,0	3,1	3,0	10,6	7,5	3,6
Plaça Miquel Santaló	6,9	3,2	3,3	3,1	10,6	7,6	3,7

Clínica Girona	7,1	3,3	3,6	3,1	10,7	7,7	3,8
Plaça Joaquim Pla	7,3	3,4	3,7	3,0	10,4	7,6	3,7
Juli Garreta- La Salle	7,4	3,1	3,5	2,8	10,4	7,7	3,8
Bisbe Lorenzana	7,7	3,0	3,9	3,1	10,6	7,7	3,8
Bisbe Lorenzana-Barcelona	7,9	3,6	3,9	3,8	10,9	7,9	4,0
Bailén-Barcelona	7,5	3,9	3,8	4,1	11,1	7,8	3,9
Plaça Poeta Marquina	7,6	4,4	4,1	3,4	10,9	7,7	3,8
Pl.Marquès Camps	7,8	4,0	3,9	3,8	10,9	7,8	3,9
Sèquia	7,6	4,0	4,1	3,6	10,6	7,5	3,6
Bonastruc-F. Puig	7,8	3,6	4,7	3,9	10,7	7,6	3,7
Bonastruc-20 de juny	8,1	3,8	4,4	3,7	10,6	7,6	3,7
Bonastruc (meteo)	8,1	3,9	4,6	3,6	10,7	7,6	3,7
Bonastruc-Miquel Blay	7,8	3,3	3,9	2,8	10,6	7,5	3,6
Bonastruc-C.Bruguera	8,3	2,6	4,6	2,6	10,6	7,5	3,6
Jutjats-Av. Ramon Folch	7,4	2,5	4,4	2,4	10,6	7,5	3,6
Temperatura mínima estacions meteorològiques							
Girona-Sèquia	5,6	1,9	1,4	0,6	7,8	6,1	2,2
Girona-la vall de Sant Daniel	1,7	-1,7	-2,1	-3,1	4,9	2,7	-1,2
Deveses de Salt	0,0	-3,0	-3,5	-4,0	6,5	1,4	-2,5
Girona-Hortes de Santa Eugènia	2,0	-1,9	-2,2	-3,5	6,4	2,6	-1,3
Girona-Devesa	4,6	0,8	0,2	-0,1	7,9	5,2	1,3
Fornells-centre	3,2	-0,8	-1,0	-2,0	7,5	4,5	0,6
Fornells-SMC	1,8	-2,5	-2,5	-3,8	6,8	2,2	-1,7
Vilablareix	2,4	8,0	4,4	-3,2	2,1	3,7	-0,2
Bescanó	5,2	1,1	-0,2	0,3	7,8	4,6	0,7
Celrà	3,8	1,6	0,8	-0,7	7,2	5,4	1,5
Sant Gregori	4,6	0,6	0,1	-0,6	8,2	4,9	1,0
Salt-Pl. St. Cugat	4,8	0,6	0,7	-0,4	8,4	5,4	1,5
Aeroport de Girona	4,2	-0,7	-0,5	-2,2	6,7	4,2	0,3
Girona-Parc del Migdia	3,8	0,9	0,9	-0,2	8,3	5,4	1,5
Sarrià de Ter-Montagut	4,6	0,6	0,0	-0,2	8,7	5,2	1,3
Girona-Escola de musica	5,8	2,0	1,8	1,0	9,0	6,5	2,6

	01/11/2013	03/11/2013	12/11/2013	27/11/2013	03/12/2013	24/10/2013	Temperatura mitjana (°C)	Intensitat mitjana de l'illa de calor (°C)
Punt (Tr. matinal Sarrià de Ter a Girona per Sarrià de Dalt)								
Montagut	6,9	10,9	6,9	-1,4	3,2	11,8	6,4	2,6
Rotonda N-lia	5,7	10,4	5,7	-2,3	3,2	11,9	5,8	2,0
Les Lloses	5,5	10,9	5,4	-2,3	2,9	12,1	5,8	2,0
W Pont Aigua	4,7	9,7	5,4	-2,3	2,2	11,1	5,1	1,3
E Pont Aigua	4,2	9,0	4,9	-2,3	1,2	10,5	4,6	0,8
Pont Major (estanc)	6,9	9,4	4,9	-1,7	1,2	10,5	5,2	1,4
Pont Major (església)	6,9	9,4	4,7	-1,7	1,2	10,6	5,2	1,4
Cantó riu Ter, davant Hinojosa Sarrià de Ter	4,6	9,8	5,2	-3,5	2,0	11,9	5,0	1,2
FC Pontenc	5,8	9,6	5,7	-3,0	2,6	12,3	5,5	1,7
Devesa Pont Major	5,9	10,4	5,3	-2,6	2,8	12,8	5,8	2,0
Plaça Tomàs Baraut	6,4	10,4	4,7	-1,9	2,2	12,5	5,7	1,9
IES Narcís Xifra	6,2	10,9	5,8	-2,0	3,6	12,9	6,2	2,4
Benzinera Salesians	6,9	10,7	5,3	-1,8	3,6	11,9	6,1	2,3
Caprabo Pedret	6,2	11,0	5,7	-2,1	3,5	12,4	6,1	2,3
Taller Ramiro	6,4	10,9	4,8	-1,7	3,1	11,9	5,9	2,1
Centre Cívic Pedret	6,9	10,6	5,4	-1,4	3,3	11,6	6,1	2,3
Sidharta	7,5	10,4	5,7	-1,4	3,6	10,8	6,1	2,3
C/Pedret	7,9	10,1	5,1	-2,7	2,9	11,1	5,7	1,9
Plaça Sant Pere	8,3	9,7	4,8	-3,0	2,7	10,8	5,6	1,8
Rosa	7,9	10,1	5,1	-2,7	2,9	11,1	5,7	1,9
Monestir Sant Pere	8,3	9,7	4,8	-3,0	2,7	10,8	5,6	1,8
La Torrassa	8,3	8,8	4,3	-4,0	1,7	9,5	4,8	1,0
Font del Bisbe	8,5	8,6	3,8	-4,0	1,3	8,7	4,5	0,7
Monestir Sant Daniel (SE)	8,5	8,1	1,3	-5,1	0,0	10,0	3,8	0,0
Font del Bisbe	8,5	8,6	3,8	-4,0	1,3	8,7	4,5	0,7
La Torrassa	8,5	8,6	3,8	-4,0	1,3	8,7	4,5	0,7
Monestir Sant Pere	8,3	9,7	4,8	-3,0	2,7	10,8	5,6	1,8
Bellaire	7,9	10,1	5,1	-2,7	2,9	11,1	5,7	1,9
Barca	7,5	10,4	5,7	-1,4	3,6	10,8	6,1	2,3
Plaça Sant Feliu	8,6	10,7	5,9	0,6	3,2	14,9	7,3	3,5
Calderers	8,6	11,3	7,4	0,7	4,6	14,7	7,9	4,1
Pujada de Sant Feliu	8,4	11,8	8,0	0,2	5,1	14,9	8,1	4,3
Ballesteries	7,1	12,5	8,8	0,8	5,2	14,8	8,2	4,4
4 Cantons	9,4	12,9	9,1	0,1	5,2	15,3	8,7	4,9
Cort Reial	9,2	13,1	8,8	0,4	5,2	14,7	8,6	4,8
Plaça de l'Oli	8,9	13,1	9,5	0,0	6,0	14,4	8,7	4,9
Ciutadans	9,2	13,3	8,8	0,6	5,5	14,2	8,6	4,8
Plaça del Vi	9,4	12,9	9,0	0,7	5,6	13,2	8,5	4,7
Plaça Bell-lloc	9,5	13,1	9,1	0,7	5,8	12,2	8,4	4,6
Auriga	9,0	13,3	9,2	0,6	5,9	12,5	8,4	4,6
Plaça de Catalunya	9,3	11,0	8,9	-0,5	5,8	12,2	7,8	4,0
Joan Maragall-edifici Generalitat	9,0	11,9	7,6	0,6	4,6	12,2	7,7	3,9
Sibil·la de Fortià	7,1	11,9	8,1	1,1	5,2	12,2	7,6	3,8
Joan Maragall-Claret	7,5	12,3	8,6	0,9	5,4	12,2	7,8	4,0
Plaça Miquel Santaló	7,0	12,3	8,8	0,8	5,8	12,2	7,8	4,0

Clínica Girona	6,6	12,6	9,1	0,8	6,0	11,9	7,8	4,0
Plaça Joaquim Pla	6,5	13,0	9,2	1,2	6,2	11,6	8,0	4,2
Juli Garreta- La Salle	6,2	13,0	9,4	0,8	6,2	10,8	7,7	3,9
Bisbe Lorenzana	5,8	12,9	9,4	0,4	6,2	10,3	7,5	3,7
Bisbe Lorenzana-Barcelona	5,6	13,0	9,2	0,2	6,6	9,5	7,4	3,6
Bailén-Barcelona	5,2	13,0	9,6	0,2	6,6	9,5	7,4	3,6
Plaça Poeta Marquina	4,4	12,6	9,3	-0,3	6,6	10,8	7,2	3,4
Pl.Marquès Camps	3,2	13,0	9,1	-0,9	6,5	11,3	7,0	3,2
Sèquia	4,4	13,0	8,6	-1,2	6,5	12,1	7,2	3,4
Bonastruc-F. Puig	5,2	12,9	9,2	-1,6	6,2	12,4	7,4	3,6
Bonastruc-20 de juny	5,8	12,4	9,0	-2,4	6,5	12,7	7,3	3,5
Bonastruc (meteo)	6,7	12,1	8,9	-2,7	7,0	12,9	7,5	3,7
Bonastruc-Miquel Blay	7,3	12,1	8,9	-3,0	6,5	13,1	7,5	3,7
Bonastruc-C.Bruguera	7,1	12,9	9,1	-3,4	6,5	13,9	7,7	3,9
Jutjats-Av. Ramon Folch	7,1	12,9	9,1	-3,4	6,5	13,9	7,7	3,9

km	Punt d'observació (Transsecte 1)	28-12-02	12-1-04	16-1-04	28-1-04	9-2-04	13-2-04	26-3-04	22-12-04	24-7-04	23-9-04	22-12-04	3-1-05	11-1-05
0	C/Montagut	9,4	5,7	8,3	4,8	7,7	7,0	10,2	1,6	26,4	21,8	1,6	5,6	1,4
0,5	Pla de l'Horta	9,0	5,2	8,0	3,9	7,6	6,6	10,0	1,0	26,0	21,5	1,0	5,6	1,0
1	Sarrià de Dalt	8,5	4,8	7,5	3,2	7,4	6,2	10,0	0,3	25,6	21,2	0,3	5,4	0,4
1,5	Fundació Els Joncs	7,4	4,4	7,0	3,0	7,2	5,7	9,9	0,2	25,4	21,0	0,3	4,0	0,0
2	Camí del Molí	5,4	2,0	4,3	1,2	5,6	3,1	9,8	-0,4	23,2	18,9	-0,5	1,9	-3,0
2,5	Sarrià de Dalt	8,0	4,0	6,5	2,4	7,2	5,3	10,0	0,0	25,8	20,6	0,0	3,2	-1,0
3	Pont riera Xuncla	8,0	4,0	6,5	2,4	7,2	5,3	10,0	0,0	25,8	20,6	0,0	3,2	-1,0
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	8,5	5,1	7,3	4,4	7,5	6,0	10,1	0,2	25,8	21,0	0,4	5,3	0,4
4	Pont de l'Aigua	9,0	5,5	7,9	3,8	7,7	6,5	10,3	1,3	25,4	21,6	1,9	5,6	1,0
4,5	C/Pont Major	9,4	5,7	8,3	4,7	7,8	7,0	10,5	1,9	25,4	21,9	2,1	6,2	1,4
5	Camaret-Av. Joan Bosco	9,0	5,7	8,3	4,2	7,8	7,0	10,4	2,3	25,3	21,9	2,3	6,2	1,4
5,5	Caprabo Pedret	8,5	5,3	8,1	3,7	7,8	6,8	10,1	2,1	25,2	21,7	2,2	6,3	1,3
6	Centre Cívic Pedret	8,5	5,2	7,8	3,7	7,6	6,6	10,3	1,9	24,7	21,7	2,0	6,5	1,1
6,5	Palafrugell	8,5	4,9	7,4	3,7	7,6	6,4	10,1	1,9	24,5	21,6	1,8	6,3	0,9
7	Pont de Pedret	8,6	4,7	7,3	3,7	7,6	6,4	9,8	0,9	24,5	21,5	1,5	6,2	0,7
7,5	La Torrassa	7,0	4,6	7,3	2,1	5,5	4,2	9,5	-0,1	24,2	21,5	0,5	4,3	-1,8
8	Monestir Sant Daniel	5,4	2,1	5,3	0,1	3,8	3,2	8,6	-1,4	22,7	20,0	-1,4	1,7	-3,2
8,5	Pl.Sardana	5,4	1,1	4,3	0,0	3,8	3,2	8,7	-1,4	22,8	19,0	-1,4	2,4	-3,2
9	Monestir St. Daniel	5,4	1,1	4,3	0,1	3,8	3,2	8,6	-1,4	22,7	19,0	-1,4	1,7	-3,2
9,5	La Torrassa	7,0	1,1	4,3	2,1	5,5	4,2	9,5	-0,1	24,2	19,0	0,5	4,3	-1,8
10	Pont de Pedret	8,6	2,1	5,3	3,7	7,6	6,4	9,8	0,9	24,5	20,0	1,5	6,2	0,7
10,5	Devesa de Girona	10,5	4,6	7,3	4,9	7,9	7,0	10,2	1,5	25,6	21,5	2,7	6,5	1,6
11	Gran Via Jaume I-Artillers	12,0	4,9	7,8	6,6	10,1	9,3	10,5	4,1	26,3	21,7	4,1	8,7	6,5
11,5	Plaça del Lleó	13,1	7,0	10,1	6,4	11,2	9,5	11,0	5,1	26,8	23,3	5,0	8,7	6,1
12	Carme	12,0	6,9	10,3	5,8	11,4	9,4	10,8	4,5	26,0	23,3	5,0	8,2	5,6
12,5	Carme	11,2	6,8	10,2	5,2	10,1	9,3	10,7	4,0	25,8	23,1	3,9	7,7	4,4
13	Carretera de Sant Feliu	11,0	6,5	9,7	4,4	8,9	8,8	10,5	2,1	25,6	22,8	3,2	6,7	3,3
13,5	Carretera de Sant Feliu	11,5	5,8	8,8	3,6	8,4	7,4	10,3	1,5	25,3	22,4	2,7	6,3	1,4
14	Cementiri	9,8	5,2	7,5	3,3	8,1	6,6	10,0	1,3	25,0	21,8	2,2	5,8	0,0
14,5	Vila-roja	8,3	4,8	6,5	3,0	7,5	5,7	9,5	0,6	24,8	21,3	1,4	5,2	-1,0
15	Carretera de Sant Feliu	9,0	4,1	5,8	3,0	6,7	4,8	9,0	-0,3	24,6	20,6	0,7	4,4	-1,5
15,5	La Creueta	7,4	3,6	5,3	1,4	5,4	4,0	8,6	0,6	24,1	20,0	0,0	2,9	-1,9
16	Emili Grahit	8,3	4,1	5,8	1,8	6,1	4,8	8,9	1,0	24,4	20,6	0,3	3,2	-1,5
16,5	Emili Grahit	9,0	4,7	6,6	2,0	6,7	5,4	9,2	1,3	24,7	21,3	0,7	4,0	0,2
17	Plaça dels Països Catalans	9,6	5,3	7,3	2,4	7,3	6,3	9,4	1,5	25,0	21,8	1,1	5,0	1,3
17,5	Emili Grahit-Migdia	13,0	6,8	10,0	6,7	10,7	8,8	10,6	5,1	26,6	23,1	4,8	8,5	6,1
18	Plaça d'Europa	12,8	6,7	10,0	6,6	11,0	9,0	10,7	4,8	26,5	23,2	4,8	8,5	6,3
18,5	Pont del Dimoni	12,5	6,4	9,8	6,3	10,7	8,8	10,6	4,6	26,3	23,0	4,3	8,3	6,1
19	C/Agudes-Pg. d'Olot	12,3	6,1	9,6	5,9	10,2	8,6	10,4	4,1	26,0	22,8	4,2	8,1	5,7
19,5	Estació Jove de Salt	12,0	5,9	9,5	5,4	9,4	8,3	10,2	3,6	25,9	22,5	4,1	7,9	5,3
20	Consum	11,8	5,7	9,3	5,0	8,7	8,0	10,1	3,2	25,8	22,2	3,8	7,7	5,0
20,5	Joaquim Ruyra	11,8	5,7	9,3	4,8	8,4	8,0	10,1	2,6	25,8	22,1	3,4	7,4	4,8
21	Plaça de la Vila	10,9	5,1	8,4	4,0	7,5	6,9	9,8	2,0	25,4	21,7	2,5	6,4	3,5
21,5	Hortes de Salt	7,0	3,1	6,6	1,6	5,3	5,4	9,5	0,8	24,7	20,5	0,8	3,9	-1,7
22	Deveses de Salt	4,6	0,8	4,5	-0,9	3,1	3,1	8,9	-1,8	23,3	18,7	-2,1	1,5	-4,0
22,5	Pas d'en Prats	3,4	-0,2	3,3	-2,0	1,8	2,0	8,6	-2,9	22,7	17,7	-3,0	0,7	-5,4

km	Punt d'observació (Transsecte 1)	12-1-05	31-1-05	4-2-05	9-2-05	18-2-05	23-2-05	4-3-05	3-4-05	28-12-05	20-1-06	12-1-07	18-11-07	6-12-07
0	C/Montagut	5,7	4,0	8,9	7,3	2,8	3,2	3,1	12,3	0,4	10,9	10,0	3,6	10,3
0,5	Pla de l'Horta	5,3	2,6	8,7	7,1	2,7	3,0	2,6	11,9	-0,1	10,8	9,5	3,1	9,8
1	Sarrià de Dalt	5,1	2,4	8,5	6,8	3,0	2,7	1,8	11,5	-0,6	10,7	9,1	2,6	9,4
1,5	Fundació Els Joncs	4,6	2,0	8,0	6,5	2,5	1,8	0,8	11,2	-1,2	10,4	8,0	2,0	8,7
2	Camí del Molí	2,0	-0,5	6,6	5,7	1,1	0,5	-0,5	9,1	-3,6	9,6	6,2	-1,5	7,4
2,5	Sarrià de Dalt	3,0	1,2	7,8	6,0	2,5	2,2	-0,4	11,0	-2,0	10,3	6,5	0,9	9,5
3	Pont riera Xuncla	3,0	1,2	7,8	6,0	2,5	2,2	-0,4	11,0	-2,0	10,3	6,5	0,9	9,5
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	4,1	2,4	8,4	7,2	3,0	3,8	1,0	11,4	-0,6	10,8	8,1	2,5	10,0
4	Pont de l'Aigua	4,6	3,0	8,7	7,8	2,9	4,3	2,1	11,9	-0,3	11,0	9,4	3,5	9,8
4,5	C/Pont Major	4,9	3,7	8,6	7,0	3,5	4,6	2,7	12,3	0,3	11,2	9,5	4,2	9,8
5	Camaret-Av. Joan Bosco	5,5	3,7	8,6	7,9	3,5	4,7	2,7	12,3	0,3	11,6	9,6	4,1	9,9
5,5	Caprabo Pedret	5,5	3,5	8,5	7,7	3,5	4,7	2,1	12,1	0,2	11,4	9,7	3,6	9,9
6	Centre Cívic Pedret	5,4	3,2	8,3	7,6	3,5	4,2	2,6	12,0	0,1	11,2	8,9	3,9	9,4
6,5	Palafrugell	5,3	2,2	8,2	5,8	3,3	4,2	3,0	11,9	-0,1	11,4	9,0	2,8	8,7
7	Pont de Pedret	5,2	2,2	8,2	6,0	3,2	4,5	2,0	11,9	-0,2	11,3	9,1	3,1	8,7
7,5	La Torrassa	2,2	2,2	7,4	4,8	3,3	4,8	1,4	9,8	-0,5	10,6	7,1	0,0	7,1
8	Monestir Sant Daniel	1,0	0,5	6,6	3,8	2,8	2,7	0,8	8,9	-2,5	9,4	5,4	-2,1	5,0
8,5	Pl.Sardana	1,8	-1,7	6,6	3,8	2,4	2,5	-1,1	8,9	-3,5	9,6	5,6	-1,9	5,3
9	Monestir St. Daniel	1,0	-0,8	6,6	3,8	2,5	2,5	-0,7	8,9	-3,5	9,4	5,4	-2,1	5,0
9,5	La Torrassa	2,2	-1,7	7,4	4,8	2,4	2,5	-1,1	9,8	-3,5	10,6	7,1	0,0	7,1
10	Pont de Pedret	5,2	0,5	8,2	6,0	2,8	2,7	0,8	11,9	-2,5	11,3	9,1	3,1	8,7
10,5	Devesa de Girona	5,8	2,2	8,6	7,4	3,3	4,8	1,4	12,5	-0,5	11,5	9,6	3,3	10,1
11	Gran Via Jaume I-Artillers	6,9	3,0	8,8	9,2	3,3	4,8	1,8	14,3	0,1	12,0	11,2	4,6	12,4
11,5	Plaça del Lleó	6,5	5,5	9,3	10,9	4,0	5,7	4,4	14,5	2,7	12,0	11,9	5,3	12,2
12	Carme	5,7	6,4	8,8	11,4	4,4	5,8	5,5	14,3	2,6	12,3	12,2	4,2	10,4
12,5	Carme	5,7	6,9	8,5	10,5	4,5	5,5	4,4	14,1	2,4	12,3	11,7	3,5	10,1
13	Carretera de Sant Feliu	5,7	5,9	8,2	10,1	4,2	5,5	4,2	13,9	1,4	12,3	10,9	3,3	9,7
13,5	Carretera de Sant Feliu	5,4	4,9	8,0	8,7	4,2	5,3	3,3	13,0	0,4	12,3	10,0	3,1	9,3
14	Cementiri	5,2	4,0	7,8	8,0	4,0	5,1	2,3	12,4	-1,3	11,7	9,2	2,8	8,9
14,5	Vila-roja	3,9	3,7	7,8	7,2	3,4	4,8	1,3	11,5	-1,7	11,2	8,9	2,5	8,2
15	Carretera de Sant Feliu	3,7	2,9	7,5	6,5	2,9	4,3	0,7	10,6	-2,3	11,2	8,7	2,0	6,4
15,5	La Creueta	3,9	2,0	7,2	5,6	3,2	4,3	0,4	10,1	-2,6	10,7	8,5	2,5	7,2
16	Emili Grahit	4,1	1,3	7,5	5,6	3,5	3,1	1,0	10,5	-2,2	11,2	6,7	2,8	8,4
16,5	Emili Grahit	4,3	0,8	7,8	6,5	3,6	4,3	1,8	11,3	-1,4	11,2	6,9	3,3	8,7
17	Plaça dels Països Catalans	4,5	1,8	8,1	7,4	3,8	4,3	2,4	11,9	-0,2	11,7	7,4	5,3	8,9
17,5	Emili Grahit-Migdia	6,4	5,9	9,4	11,2	4,2	5,1	5,3	14,2	2,4	12,0	11,7	4,8	12,0
18	Plaça d'Europa	6,7	5,3	9,4	11,1	4,2	5,1	5,1	14,2	2,4	12,0	11,7	4,5	11,7
18,5	Pont del Dimoni	6,4	4,8	9,4	10,7	4,2	5,1	5,1	14,0	2,2	11,7	11,3	4,4	11,0
19	C/Agudes-Pg. d'Olot	6,2	3,6	9,3	10,4	4,2	5,2	4,6	13,8	2,0	11,4	10,7	4,3	10,6
19,5	Estació Jove de Salt	6,1	3,4	9,6	10,1	4,0	5,2	4,4	13,7	1,8	11,3	10,3	4,2	10,4
20	Consum	5,9	3,2	9,2	10,0	3,8	5,2	4,2	13,5	1,5	11,2	9,9	3,9	10,2
20,5	Joaquim Ruyra	5,7	3,0	8,9	9,8	3,7	5,2	4,2	13,5	1,4	11,2	9,9	3,9	10,0
21	Plaça de la Vila	4,9	2,0	8,5	8,8	3,3	4,7	3,0	13,0	0,4	10,9	9,3	3,6	9,0
21,5	Hortes de Salt	2,4	-1,0	7,9	6,1	2,0	2,5	1,1	10,9	-2,2	10,4	6,4	-0,7	6,5
22	Deveses de Salt	0,0	-3,6	7,1	4,2	0,8	1,0	-1,3	9,0	-4,2	8,9	4,5	-3,0	4,2
22,5	Pas d'en Prats	-1,0	-5,0	6,6	3,3	0,5	0,0	-2,5	7,9	-5,2	8,4	3,4	-4,5	3,0

km	Punt d'observació (Transsecte 1)	28-12-07	14-3-08	14-11-08	31-12-08	4-1-09	4-12-09	11-12-09	10-1-10	5-2-10	12-2-10	20-2-10	26-2-10	12-3-10	19-3-10
0	C/Montagut	2,2	14,0	9,1	10,7	3,6	7,9	7,7	0,2	8,2	0,9	7,9	12,2	4,3	12,8
0,5	Pla de l'Horta	1,8	14,9	8,7	10,6	3,4	7,6	7,0	0,0	8,0	0,6	5,7	11,8	3,9	12,8
1	Sarrià de Dalt	1,3	14,6	7,7	10,5	3,0	7,2	6,9	-0,3	7,8	0,5	5,2	11,6	3,5	12,7
1,5	Fundació Els Joncs	0,7	14,3	6,0	10,5	1,6	6,0	5,8	-1,4	6,4	0,5	4,1	11,6	2,4	12,6
2	Camí del Molí	-1,8	14,2	3,7	9,3	0,2	5,0	3,0	-2,5	4,4	0,1	2,2	9,5	0,0	12,0
2,5	Sarrià de Dalt	-0,1	13,8	5,0	10,5	1,6	6,0	5,8	-1,4	6,4	0,5	4,1	11,6	2,4	12,6
3	Pont riera Xuncla	-0,1	13,8	5,0	10,5	1,6	6,0	5,0	-1,6	6,8	1,2	3,7	11,4	2,2	12,7
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	1,3	13,5	6,8	11,0	1,2	6,0	6,3	-0,6	7,1	2,3	5,4	11,8	3,5	12,8
4	Pont de l'Aigua	1,5	13,4	7,9	11,0	2,2	7,6	6,6	0,0	7,3	2,0	5,7	12,3	4,0	13,0
4,5	C/Pont Major	2,1	13,1	8,2	11,0	2,6	6,9	7,0	0,2	7,4	2,2	6,1	12,4	4,2	13,0
5	Camaret-Av. Joan Bosco	1,9	12,5	8,5	11,3	3,7	7,2	7,4	0,4	7,3	1,6	5,9	12,1	4,0	13,4
5,5	Caprabo Pedret	1,7	12,6	8,7	11,2	3,6	7,2	6,8	-0,7	6,8	1,7	5,6	12,0	3,5	13,4
6	Centre Cívic Pedret	1,5	14,2	8,4	11,0	3,7	7,4	7,0	-0,2	7,5	1,3	5,9	11,8	3,4	14,0
6,5	Palafrugell	1,5	14,0	8,1	11,0	3,6	7,3	6,8	0,0	7,5	1,4	5,9	11,7	3,2	13,8
7	Pont de Pedret	1,9	13,1	7,6	10,7	3,3	7,4	6,5	0,2	7,2	1,4	4,2	11,6	2,9	13,5
7,5	La Torrossa	-0,2	11,9	7,5	10,3	2,1	5,7	4,6	-1,0	5,3	0,9	2,6	10,5	1,5	12,6
8	Monestir Sant Daniel	-2,8	8,9	7,8	9,5	0,8	4,1	2,0	-2,5	4,4	0,3	2,8	8,3	0,1	12,0
8,5	Pl.Sardana	-1,9	8,9	7,9	9,3	1,0	4,2	2,3	-2,2	4,4	0,3	2,6	8,5	0,2	12,0
9	Monestir St. Daniel	-2,8	8,9	7,8	9,5	0,8	4,1	2,0	-2,5	4,4	0,3	4,2	8,3	0,1	12,0
9,5	La Torrossa	-0,2	11,9	7,5	10,3	2,1	5,7	4,6	-1,0	5,3	0,9	5,9	10,5	1,5	12,6
10	Pont de Pedret	1,9	13,1	7,6	10,7	3,3	7,4	6,5	0,2	7,2	1,4	6,1	11,6	2,9	13,0
10,5	Devesa de Girona	3,8	13,5	7,9	11,6	4,1	8,1	7,4	0,8	6,8	1,3	6,5	11,7	4,3	13,1
11	Gran Via Jaume I-Artillers	5,5	14,9	8,8	11,6	5,2	9,9	9,4	2,7	8,1	2,6	7,7	13,2	6,5	14,5
11,5	Plaça del Lleó	6,0	14,7	9,5	11,6	6,4	9,7	9,7	2,2	9,6	2,2	8,7	13,4	4,9	14,3
12	Carme	6,4	14,5	9,4	11,9	6,2	8,1	8,5	1,8	9,0	2,6	7,8	12,4	3,9	13,8
12,5	Carme	6,1	14,2	9,4	11,8	5,5	7,7	7,6	1,0	8,3	2,3	6,9	11,2	3,2	13,5
13	Carretera de Sant Feliu	5,0	13,9	9,4	11,3	5,0	6,6	7,0	0,2	7,0	1,8	5,7	10,1	2,7	13,1
13,5	Carretera de Sant Feliu	4,0	13,0	8,9	11,0	4,5	6,7	6,8	-0,1	6,8	1,6	5,1	9,5	2,6	13,1
14	Cementiri	1,8	12,0	8,8	11,0	4,2	6,7	6,6	-0,2	6,7	1,5	5,1	9,0	2,5	13,1
14,5	Vila-roja	1,8	11,2	8,8	10,8	3,1	6,8	6,4	-0,4	6,5	1,6	5,1	9,0	2,5	12,9
15	Carretera de Sant Feliu	0,3	11,0	8,4	10,5	2,6	6,3	6,2	-0,8	6,0	0,8	4,5	8,9	2,0	12,7
15,5	La Creueta	-1,1	10,5	8,3	10,4	1,5	5,8	5,6	-1,2	5,4	-0,1	3,8	8,5	1,6	12,5
16	Emili Grahit	1,5	11,0	8,4	10,4	1,0	6,2	5,3	-0,7	6,1	0,8	4,5	8,9	2,0	12,6
16,5	Emili Grahit	2,5	11,2	8,8	10,4	1,5	6,4	5,8	-0,2	6,5	1,0	5,1	9,0	2,5	12,6
17	Plaça dels Països Catalans	5,2	12,0	8,8	10,5	1,9	6,8	6,5	0,2	6,8	1,2	5,5	9,6	3,1	12,7
17,5	Emili Grahit-Migdia	5,6	14,2	9,3	10,7	4,1	9,2	9,4	2,5	9,3	2,5	8,2	13,2	6,2	13,9
18	Plaça d'Europa	5,3	14,0	9,0	10,7	4,4	9,5	9,3	2,4	9,0	2,2	8,0	13,0	6,0	13,6
18,5	Pont del Dimoni	5,2	14,0	8,7	10,1	4,6	9,1	9,2	2,4	8,8	1,7	7,6	12,6	5,8	13,5
19	C/Agudes-Pg. d'Olrot	5,1	13,7	8,4	10,1	3,8	9,0	9,0	2,3	8,5	1,6	7,2	12,2	5,7	13,1
19,5	Estació Jove de Salt	5,0	13,4	8,1	10,5	3,5	8,7	8,8	2,2	8,0	1,4	6,8	11,8	5,6	12,7
20	Consum	4,9	13,4	7,8	10,5	4,2	8,5	8,7	2,1	7,8	1,2	6,4	11,3	5,4	12,5
20,5	Joaquim Ruyra	4,9	13,2	7,0	10,4	4,9	8,2	8,4	1,9	7,7	1,0	6,2	11,1	5,1	12,5
21	Plaça de la Vila	3,6	12,8	4,6	9,9	4,7	6,3	7,5	1,5	7,5	0,8	5,7	10,9	4,5	12,4
21,5	Hortes de Salt	-1,0	10,5	3,5	9,3	4,0	4,8	3,9	-0,6	5,5	-1,0	3,0	9,3	1,2	12,0
22	Deveses de Salt	-2,7	8,2	2,6	8,5	0,5	3,2	1,0	-2,8	3,2	-2,8	0,8	7,2	-1,3	11,6
22,5	Pas d'en Prats	-5,0	7,2	1,6	7,4	-2,0	2,1	0,0	-3,5	2,5	-3,5	0,0	6,0	-2,0	11,5

km	Punt d'observació (Transsecte 2)	8/11/2002	4/12/2002	15/11/2003	17/11/2003	28/11/2003	7/1/2005	28/1/2005	31/1/2005	12/2/2005	4/2/2005	11/2/2005	12/8/2005
0	Plaça de Sant Cugat	13,5	8,1	10,3	11,8	7,5	6,8	4,2	3,2	6,9	9,0	11,2	23,0
0,5	Pg. P.Catalans-F.Macià	13,7	8,4	10,5	12,0	8,2	7,1	3,6	3,4	7,1	9,3	11,8	23,4
1	Estació Jove de Salt	13,9	8,7	10,7	12,2	8,8	7,4	3,9	3,6	7,3	9,5	12,6	23,4
1,5	Agudes-Pg. d'Olot	14,1	8,4	10,8	12,2	8,3	7,8	4,2	4,8	7,3	9,7	12,3	23,5
2	Pont del Dimoni	14,2	8,1	10,8	11,9	8,3	7,8	3,9	5,3	7,2	9,5	12,0	23,6
2,5	Autoescola FPC	13,3	8,0	11,1	10,5	7,0	6,8	3,3	3,8	5,3	8,3	11,3	21,0
3	Pl. Assemblea Catalunya	12,7	8,0	11,1	10,5	7,0	6,8	3,3	3,8	5,3	8,3	10,7	21,0
3,5	Joaquim Vayreda	14,0	9,2	10,1	12,3	8,8	7,8	4,0	3,8	7,0	8,5	12,6	23,0
4	Devesa de Girona	12,9	6,4	9,5	12,3	7,2	6,6	3,7	5,3	5,6	8,8	11,8	22,7
4,5	Pont de Pedret	12,4	6,7	9,3	12,2	7,4	5,5	3,4	3,0	5,6	8,7	11,3	21,7
5	Palamós	12,6	6,6	9,3	12,1	7,2	6,1	3,0	2,2	4,8	8,5	11,3	21,5
5,5	C.Cívic Pedret	12,6	6,4	9,3	11,8	6,9	6,7	3,4	3,2	5,2	8,2	11,3	21,4
6	Caprabo Pedret	12,8	6,3	9,2	11,8	6,6	6,9	3,5	3,5	5,0	8,5	11,3	21,7
6,5	Av. Joan Bosco-Camaret	12,8	6,3	9,1	11,8	7,7	6,7	3,7	3,7	5,5	8,5	11,3	21,7
7	Pont Major	12,8	6,3	8,7	11,8	8,0	6,4	3,5	3,7	5,4	8,6	11,3	21,7
7,5	Pont de l'Aigua	12,5	6,4	8,9	11,6	7,7	5,9	3,5	3,0	5,1	8,5	11,2	21,5
8	Hinojosa Sarrià de Ter	12,0	6,0	8,2	11,4	7,3	5,1	3,2	2,4	5,0	8,3	11,0	21,2
8,5	Pont de la riera Xuncla	11,2	5,4	7,6	11,2	6,3	3,4	2,4	1,2	5,0	8,0	10,7	20,8
9	Camí del Molí	9,3	2,4	5,5	8,5	4,4	3,2	1,5	-0,5	3,0	6,4	9,6	17,7
9,5	Fundació Els Joncs	11,8	5,4	7,5	9,4	5,0	4,2	2,4	2,0	3,5	8,0	10,7	19,3
10	Sarrià de Dalt	12,0	6,0	8,0	9,8	5,5	6,0	2,7	2,4	3,9	8,3	11,0	20,7
10,5	Pla de l'Horta	12,5	6,5	8,3	11,0	6,0	6,5	2,9	2,6	4,5	8,5	11,1	21,2
11	C/Montagut	13,0	6,8	9,0	11,5	6,8	6,9	3,5	4,0	5,1	8,7	11,3	21,7

km	Punt d'observació (Transsecte 2)	10/3/2006	3/8/2005	3/9/2005	23/9/2005	3/6/2006	22/11/2005	2/11/2005	25/12/2005	16/11/2006	18/11/2006	26/12/2006	30/3/2007
0	Plaça de Sant Cugat	10,4	22,0	23,8	17,8	16,8	7,5	11,9	5,1	18,5	8,4	-1,2	9,2
0,5	Pg. P.Catalans-F.Macià	10,8	22,2	24,0	18,3	17,0	7,9	12,1	5,3	18,5	8,8	-0,9	9,4
1	Estació Jove de Salt	11,2	22,2	24,4	18,4	17,0	8,4	12,3	5,5	18,7	9,4	0,0	9,2
1,5	Agudes-Pg. d'Olort	11,0	22,2	24,8	18,6	17,3	7,1	12,5	5,7	18,9	9,1	-0,1	9,1
2	Pont del Dimoni	10,9	22,1	24,8	18,7	17,0	6,8	12,3	5,5	18,8	8,9	0,0	8,8
2,5	Autoescola FPC	10,1	21,5	23,9	18,4	14,8	4,3	9,6	5,5	18,3	7,0	-0,5	8,6
3	Pl. Assemblea Catalunya	10,1	21,5	23,9	18,4	14,8	4,3	9,6	5,5	18,0	7,0	-1,5	8,4
3,5	Joaquim Vayreda	8,8	21,1	22,4	17,2	14,2	4,4	11,5	5,9	19,0	8,8	0,3	8,6
4	Devesa de Girona	9,1	21,4	23,3	17,5	14,6	6,9	10,9	5,2	18,0	8,4	0,0	8,6
4,5	Pont de Pedret	8,9	21,0	23,0	17,1	14,3	6,7	9,7	4,0	18,3	8,0	-0,5	9,2
5	Palamós	9,1	21,1	23,2	17,3	14,6	6,8	9,6	4,0	18,3	8,3	-1,3	9,0
5,5	C.Cívica Pedret	9,1	21,2	23,4	17,5	14,8	6,9	9,6	3,0	18,3	8,1	-1,8	8,9
6	Caprabo Pedret	9,0	21,3	23,5	17,7	15,0	7,0	9,6	3,2	18,3	7,8	-2,1	8,8
6,5	Av. Joan Bosco-Camaret	9,1	21,3	23,5	17,6	14,6	7,3	8,9	2,7	18,3	8,0	-2,1	8,6
7	Pont Major	8,6	20,8	23,4	17,6	14,2	7,3	8,7	2,7	18,5	8,0	-1,9	8,5
7,5	Pont de l'Aigua	8,7	20,8	23,0	17,5	14,5	6,7	9,7	2,4	18,5	7,7	-2,1	8,4
8	Hinojosa Sarrià de Ter	8,1	19,6	22,0	17,0	13,7	6,2	9,7	2,3	18,5	6,9	-3,5	8,3
8,5	Pont de la riera Xuncla	7,5	19,0	21,5	16,0	13,5	5,1	9,8	2,0	17,7	6,0	-3,9	8,2
9	Camí del Molí	6,3	17,7	20,0	14,4	11,4	3,2	9,4	0,2	16,8	4,0	-4,4	8,1
9,5	Fundació Els Joncs	7,5	19,0	21,5	16,0	13,5	5,1	6,0	2,0	18,0	6,7	-3,1	8,2
10	Sarrià de Dalt	8,9	19,5	22,7	16,8	14,3	6,5	9,4	3,0	18,2	7,2	-2,4	8,2
10,5	Pla de l'Horta	9,3	20,5	22,7	17,1	14,6	6,9	9,6	3,5	18,2	7,6	-2,2	8,3
11	C/Montagut	9,8	21,0	23,0	17,4	14,9	7,3	9,7	4,0	18,3	8,0	-2,1	8,4

km	Punt d'observació (Transsecte 2)	22/10/2007	16/11/2007	6/12/2007	7/1/2008	10/2/2008	16/2/2008	20/3/2008	23/3/2008	15/8/2008	13/10/2008	19/10/2008	23/11/2008
0	Plaça de Sant Cugat	13,9	2,2	10,3	10,5	8,0	7,3	8,3	4,6	20,4	21,6	18,7	11,8
0,5	Pg. P.Catalans-F.Macià	14,2	2,5	9,8	10,7	8,3	7,6	8,6	4,8	20,6	21,8	19,9	11,8
1	Estació Jove de Salt	14,5	2,8	9,4	10,8	8,5	7,8	8,9	5,0	20,8	22,0	20,0	11,8
1,5	Agudes-Pg. d'Olort	14,8	2,6	8,7	11,0	8,8	8,0	9,2	5,2	21,0	22,0	20,0	11,8
2	Pont del Dimoni	14,5	2,6	7,4	11,1	8,8	8,0	9,5	5,2	20,8	21,8	19,4	11,8
2,5	Autoescola FPC	14,2	1,4	9,5	10,8	8,3	7,5	9,3	4,8	20,6	21,6	18,5	12,0
3	Pl. Assemblea Catalunya	14,0	0,8	10,0	10,2	8,0	6,9	8,5	4,6	19,3	21,4	18,3	12,1
3,5	Joaquim Vayreda	13,3	2,4	9,8	11,0	8,8	8,0	10,0	5,2	20,8	21,9	18,9	11,0
4	Devesa de Girona	15,3	1,5	9,8	9,0	7,9	6,2	8,5	4,4	20,2	21,6	18,1	10,3
4,5	Pont de Pedret	14,8	1,0	9,9	7,6	7,3	6,0	9,0	4,0	19,3	20,4	17,8	10,3
5	Palamós	14,3	1,3	9,9	8,1	7,0	6,0	9,4	4,1	19,5	20,1	17,7	10,3
5,5	C.Cívic Pedret	14,2	1,2	9,4	8,1	6,3	5,9	9,8	4,2	19,6	20,4	17,7	10,3
6	Caprabo Pedret	14,3	1,3	8,7	8,3	7,0	5,9	9,6	4,4	19,7	20,9	17,9	10,3
6,5	Av. Joan Bosco-Camaret	14,3	1,3	8,7	8,5	7,2	6,0	9,7	4,6	19,7	21,0	17,8	10,3
7	Pont Major	14,3	1,3	7,1	9,0	6,6	6,4	9,7	4,6	19,7	21,3	17,8	9,3
7,5	Pont de l'Aigua	13,9	0,6	5,0	8,5	6,4	6,2	9,6	4,2	18,9	21,4	17,8	8,9
8	Hinojosa Sarrià de Ter	13,6	0,0	5,3	8,0	4,8	6,8	9,7	3,6	18,7	21,4	17,7	9,3
8,5	Pont de la riera Xuncla	12,7	1,3	5,0	6,3	5,0	6,4	9,7	3,5	18,0	21,4	17,5	7,4
9	Camí del Molí	10,9	-1,7	7,1	3,5	2,7	2,6	5,3	2,4	16,7	20,4	17,4	6,9
9,5	Fundació Els Joncs	12,9	0,8	8,7	6,5	5,0	7,0	7,7	3,5	19,0	21,4	18,2	5,7
10	Sarrià de Dalt	13,4	1,7	9,6	8,3	6,5	7,4	7,9	4,2	19,1	21,4	18,2	6,3
10,5	Pla de l'Horta	13,9	1,9	10,1	8,7	7,0	7,3	8,0	4,6	19,8	21,6	18,0	9,2
11	C/Montagut	14,3	2,2	10,4	9,1	7,4	7,4	8,2	4,7	20,2	21,7	17,9	9,2

km	Punt d'observació (Transsecte 2)	30/11/2008	12/12/2008	23/12/2008	20/12/2009	28/12/2009	2/1/2010	8/1/2010	29/1/2010
0	Plaça de Sant Cugat	9,1	3,6	5,9	-6,7	13,9	7,2	4,4	6,9
0,5	Pg. P.Catalans-F.Macià	9,3	3,9	6,1	-6,4	14,2	7,2	4,6	7,2
1	Estació Jove de Salt	9,5	4,3	6,3	-6,2	14,2	7,2	4,8	7,5
1,5	Agudes-Pg. d'Olort	9,5	4,7	6,6	-6,2	14,2	7,4	5,3	7,7
2	Pont del Dimoni	9,0	4,9	6,6	-6,2	14,0	7,4	5,3	7,7
2,5	Autoescola FPC	9,5	4,7	6,2	-6,4	13,6	7,2	5,1	7,5
3	Pl. Assemblea Catalunya	6,6	3,7	5,1	-6,4	12,5	7,0	4,4	7,2
3,5	Joaquim Vayreda	5,7	3,7	6,8	-6,4	13,5	7,5	5,6	8,0
4	Devesa de Girona	8,1	3,1	4,8	-6,4	12,2	7,3	5,6	7,5
4,5	Pont de Pedret	8,3	2,0	3,6	-6,4	12,5	7,3	4,8	6,8
5	Palamós	8,3	2,2	4,6	-6,4	11,8	6,9	4,6	6,7
5,5	C.Cívica Pedret	8,3	2,2	4,4	-6,4	11,6	6,8	3,9	6,7
6	Caprabo Pedret	8,3	1,8	4,8	-6,4	11,6	6,8	4,4	6,7
6,5	Av. Joan Bosco-Camaret	8,3	2,4	5,1	-6,4	11,6	7,0	4,7	6,4
7	Pont Major	8,3	2,4	4,7	-6,4	11,5	7,1	4,5	5,8
7,5	Pont de l'Aigua	8,3	1,6	4,3	-6,7	11,0	6,8	4,4	5,2
8	Hinojosa Sarrià de Ter	8,0	1,0	3,5	-6,7	10,8	6,4	4,2	3,5
8,5	Pont de la riera Xuncla	7,8	-0,7	2,4	-7,5	10,7	6,2	4,0	3,8
9	Camí del Molí	7,5	-1,3	0,5	-9,0	8,6	5,9	3,0	1,7
9,5	Fundació Els Joncs	5,0	1,1	3,7	-7,5	10,7	6,2	4,0	3,8
10	Sarrià de Dalt	7,2	2,0	4,3	-6,7	11,0	6,3	4,2	5,6
10,5	Pla de l'Horta	7,2	2,4	4,6	-6,7	11,2	6,5	4,4	6,0
11	C/Montagut	7,2	2,9	5,2	-6,7	11,5	6,7	4,7	7,1

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	7/10/2003	11/10/2003	10/12/2003	12/12/2003	15/12/2003	24/12/2003	3/1/2004	5/1/2004	28/1/2004	31/1/2004	9/2/2004	1/3/2004	8/3/2004	19/3/2004	26/3/2004
0	C/Montagut	16,0	19,5	6,4	7,8	6,5	8,3	3,0	8,0	4,8	8,0	7,7	3,7	9,8	14,4	10,2
0,5	Pla de l'Horta	15,7	19,4	6,1	7,4	6,0	7,8	2,7	7,5	3,9	7,6	7,6	3,5	9,5	13,8	10,0
1	Sarrià de Dalt	15,3	19,3	5,8	7,4	5,5	7,3	2,4	7,0	3,2	7,2	7,4	3,5	9,5	13,8	10,0
1,5	Sarrià de Dalt	14,9	19,1	4,9	7,0	4,9	5,9	2,0	6,8	3,0	6,9	7,2	3,5	8,7	13,5	9,9
2	Camí del Molí	13,7	18,2	3,5	5,1	3,5	3,9	0,5	5,2	1,2	5,2	5,6	3,3	5,1	10,3	9,8
2,5	Sarrià de Dalt	14,8	19,0	4,8	6,8	4,2	5,1	1,8	6,2	2,4	5,8	7,2	4,0	7,0	11,4	10,0
3	Pont riera Xuncla	15,4	19,3	5,5	7,2	5,8	7,0	2,4	6,5	4,4	6,8	7,5	4,3	10,0	12,4	10,1
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	15,7	19,3	6,0	7,5	6,2	7,8	2,7	6,8	3,8	6,9	7,7	4,3	8,8	13,2	10,3
4	Pont de l'Aigua	16,0	19,5	6,4	7,8	6,5	8,3	3,4	7,1	4,7	7,1	7,8	4,3	9,0	13,7	10,5
4,5	C/Pont Major	16,0	19,5	6,2	7,6	6,5	8,3	3,2	7,1	4,2	7,1	7,8	4,2	8,0	12,9	10,4
5	Camaret-Av. Joan Bosco	15,8	19,4	6,2	7,4	6,2	8,1	2,6	6,9	3,7	6,9	7,8	4,4	7,8	12,6	10,1
5,5	Caprabo Pedret	15,7	19,4	6,2	7,6	6,1	7,8	2,9	6,8	3,7	6,8	7,6	4,4	8,6	13,2	10,3
6	Centre Cívic Pedret	15,7	19,4	6,5	7,8	6,1	7,6	3,4	6,7	3,7	6,7	7,6	4,2	8,6	12,8	10,1
6,5	Palafrugell	15,6	19,3	6,7	8,1	6,0	7,6	4,4	6,7	3,7	6,5	7,6	4,2	8,4	12,7	9,8
7	Pont de Pedret	14,6	18,8	4,2	5,8	4,4	5,1	1,5	4,5	2,1	4,7	5,5	4,0	7,2	12,6	9,5
7,5	La Torrasa	13,7	18,3	3,4	4,8	2,7	4,1	-1,0	3,5	0,1	3,5	3,8	3,8	6,0	12,1	8,6
8	Monestir Sant Daniel	13,7	18,3	2,9	4,4	3,1	3,7	-1,0	3,5	0,0	3,5	3,8	3,8	4,7	10,6	8,7
8,5	Pl.Sardana	13,7	18,3	3,4	4,8	2,7	4,1	-1,0	3,5	0,1	3,5	3,8	3,8	6,8	11,1	8,6
9	Monestir St. Daniel	14,6	18,8	4,2	5,8	4,4	5,1	1,5	4,5	2,1	4,7	5,5	4,0	7,3	10,6	9,5
9,5	La Torrasa	15,2	19,3	6,7	8,1	6,0	7,6	4,4	6,7	3,7	6,5	7,6	4,5	8,3	12,1	9,8
10	Pont de Pedret	17,3	19,8	7,4	8,7	7,0	8,0	4,7	7,3	4,9	7,0	7,9	4,8	9,5	12,6	10,2
10,5	Devesa de Girona	17,5	20,3	9,3	10,5	8,5	9,0	6,3	9,4	6,6	9,1	10,1	5,1	10,3	12,8	10,5
11	Gran Via Jaume I	17,4	20,2	9,8	11,1	9,1	10,0	6,8	9,2	6,4	9,4	11,2	5,6	11,1	14,2	11,0
11,5	La Salle-Juli Garreta	17,0	19,8	9,0	10,3	8,1	9,3	6,2	8,8	6,2	9,2	11,2	5,4	10,6	14,4	10,7
12	Migdia-De la Creu	16,8	19,6	8,7	10,3	8,0	9,0	6,0	8,7	5,9	9,0	11,0	5,2	10,5	14,2	10,3
12,5	Parc del Migdia-E	16,6	19,3	8,4	10,1	7,7	8,7	4,3	8,6	5,3	8,8	10,8	5,2	10,4	14,2	9,9
13	Els Químics	16,4	19,0	8,0	10,1	7,4	8,7	3,9	8,4	6,0	8,6	10,5	5,1	10,0	14,0	9,8
13,5	Pujada Creu Palau	16,0	18,7	7,5	10,3	6,7	7,8	3,1	7,8	4,8	8,1	9,6	4,9	9,4	13,4	9,5
14	Col.legi Les Alzines	15,9	18,6	7,4	10,3	6,6	7,5	4,0	7,3	4,3	7,9	9,3	4,8	9,2	13,3	9,1
14,5	Club Tennis Girona	15,7	18,5	7,1	9,5	6,4	8,3	3,8	6,9	4,1	7,7	8,3	4,8	9,0	12,8	9,0
15	Aragó-Terol	15,7	18,4	7,4	9,7	6,1	7,0	3,6	6,8	3,8	7,5	8,3	4,2	8,8	12,6	9,0
15,5	Aragó	15,8	18,8	8,0	9,7	5,7	6,8	3,2	7,2	3,6	7,7	8,3	4,7	9,1	12,5	9,3
16	PC City	15,9	19,0	7,7	9,7	6,2	7,1	4,0	7,6	3,4	7,8	8,3	5,0	9,3	13,0	9,9
16,5	Accés C-65	16,0	19,2	7,7	9,8	7,1	7,3	4,2	8,0	3,8	8,0	8,5	5,0	9,5	13,8	10,1
17	Carretera Sta.Coloma	16,3	19,3	5,8	9,3	7,1	7,3	4,2	8,3	5,0	8,0	8,7	5,0	9,7	14,1	10,1
17,5	Plaça de Salt	16,5	19,3	6,8	8,8	7,1	7,1	4,1	8,3	5,0	7,3	8,7	4,8	9,7	13,9	10,0
18	Col.legi Bell-lloc	16,3	19,1	6,5	8,8	6,6	7,0	3,4	7,5	3,8	6,9	7,7	4,0	9,3	13,2	10,0
18,5	Av. De la Pau	16,1	19,0	6,8	8,8	6,4	7,0	3,1	7,5	3,6	6,8	7,5	3,7	9,2	13,2	10,0
19	Hospital Sta. Caterina	16,1	19,0	7,0	8,8	6,4	6,7	3,2	7,3	3,4	6,9	7,5	3,7	9,1	13,1	10,0
19,5	Benzinera de la Maçana	16,5	19,3	7,2	9,5	7,1	7,5	4,3	8,3	5,0	8,3	8,7	4,3	9,7	13,9	10,1
20	Consum	16,5	19,3	7,1	9,3	7,0	7,4	4,0	8,3	4,8	8,1	8,4	3,8	9,5	13,7	10,1
20,5	Joaquim Ruyra	16,1	19,0	6,6	8,9	6,4	7,0	3,0	7,4	4,0	6,9	7,5	3,3	9,0	13,2	9,8
21	Plaça de la Vila	15,3	18,8	6,3	6,7	6,2	6,7	2,9	7,2	3,7	6,6	7,2	3,0	8,8	13,0	9,8
21,5	Hortes de Salt	14,2	18,3	3,1	4,7	3,1	4,0	-1,4	4,2	1,6	4,3	5,3	1,5	6,2	11,5	9,5
22	Deveses de Salt	13,5	18,1	2,9	4,5	2,7	3,7	-2,4	1,9	-0,9	1,7	3,1	0,0	5,0	9,2	8,9
22,5	Pas d'en Prats	12,7	17,9	1,9	3,4	1,7	2,7	-3,4	0,5	-2,0	0,5	1,8	-1,1	3,0	8,3	8,6

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	28/10/2004	15/11/2004	31/12/2004	4/1/2005	7/1/2005	14/1/2005	21/1/2005	28/1/2005	11/2/2005	4/3/2005	10/3/2005	18/3/2005	28/11/2005	8/12/2005	21/12/2005	19/12/2005
0	C/Montagut	15,0	3,5	8,0	3,3	6,9	5,7	8,6	3,3	11,0	2,6	8,5	11,5	5,7	3,9	8,6	2,9
0,5	Pla de l'Horta	14,5	2,9	8,0	2,9	6,5	5,3	8,4	3,3	11,3	2,3	7,8	11,1	5,4	3,7	8,3	2,3
1	Sarrià de Dalt	14,0	2,1	7,4	2,7	6,0	5,1	8,1	3,2	10,5	2,1	8,0	10,7	5,1	2,6	8,1	2,3
1,5	Sarrià de Dalt	13,6	1,5	6,9	1,9	4,2	3,3	6,9	3,1	9,2	1,9	6,9	10,5	4,5	1,5	7,4	1,3
2	Camí del Molí	10,8	-1,7	5,2	-0,3	3,2	1,5	4,9	2,7	8,0	-1,1	4,5	8,5	0,3	0,4	4,9	2,0
2,5	Sarrià de Dalt	13,0	-0,1	5,4	1,3	3,4	3,3	6,3	2,9	9,2	1,5	7,0	10,3	2,7	0,9	5,4	2,1
3	Pont riera Xuncla	13,8	1,1	6,0	2,8	5,1	1,8	7,0	3,1	11,0	2,1	7,2	10,7	5,0	2,6	7,3	2,3
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	14,5	2,6	6,6	3,0	5,9	3,3	7,2	3,2	11,3	2,3	7,5	11,1	5,4	3,7	8,6	2,4
4	Pont de l'Aigua	15,0	3,3	7,2	2,8	6,4	4,6	8,5	3,3	11,4	2,6	7,7	11,5	5,7	4,1	8,8	2,2
4,5	C/Pont Major	15,0	3,3	7,2	3,7	6,7	5,4	8,7	3,3	11,4	2,6	7,6	11,5	5,6	3,8	8,8	0,2
5	Camaret-Av. Joan Bosco	14,0	3,1	7,0	3,4	6,9	5,3	8,9	3,3	11,3	2,3	7,5	11,3	5,4	3,4	9,0	-1,1
5,5	Caprabo Pedret	13,6	2,8	6,3	3,4	6,7	5,2	8,8	3,2	11,3	2,0	7,3	11,2	5,2	3,8	8,9	0,3
6	Centre Cívic Pedret	13,4	2,5	6,3	2,7	6,1	4,8	8,5	3,3	11,3	2,0	7,2	11,0	4,8	3,6	8,4	1,3
6,5	Palafrugell	13,1	2,0	5,3	1,0	5,5	4,4	8,2	3,5	10,7	1,8	6,5	10,8	4,6	3,5	7,5	2,8
7	Pont de Pedret	11,8	-0,7	4,4	-0,7	3,3	0,8	6,6	3,0	8,9	-0,1	5,5	9,6	4,6	2,4	5,4	3,6
7,5	La Torrassa	10,8	-1,7	3,6	-0,4	1,3	0,0	4,4	2,7	7,0	-1,1	4,0	8,8	1,9	0,8	4,8	4,4
8	Monestir Sant Daniel	10,8	-1,7	3,5	-0,7	1,8	0,3	4,6	2,7	7,3	-1,1	4,0	8,8	0,1	0,9	4,4	4,7
8,5	Pl.Sardana	10,8	-1,7	4,2	1,0	1,3	0,0	4,4	2,7	7,0	-1,1	4,0	8,8	0,4	0,8	9,1	4,7
9	Monestir St. Daniel	11,8	-0,7	4,9	3,1	3,3	0,8	6,6	3,0	8,9	-0,1	5,5	9,6	0,1	2,4	10,4	4,7
9,5	La Torrassa	13,1	2,0	6,1	4,3	5,5	3,0	8,2	3,5	10,7	1,8	6,5	10,8	1,9	3,5	10,7	4,9
10	Pont de Pedret	13,7	2,5	7,2	5,5	6,6	4,3	9,2	3,6	11,6	2,2	7,0	11,2	4,6	4,2	11,0	4,7
10,5	Devesa de Girona	16,5	4,4	8,4	5,3	8,4	5,3	11,5	4,4	12,6	3,5	7,7	11,6	5,1	6,3	11,5	3,6
11	Gran Via Jaume I	16,4	4,7	9,4	5,3	9,3	6,5	11,7	4,3	12,9	3,9	7,7	12,8	7,3	7,4	11,7	3,3
11,5	La Salle-Juli Garreta	16,1	4,5	9,2	5,3	9,3	6,6	11,3	4,2	12,7	3,5	7,9	12,8	7,3	6,7	11,2	2,8
12	Migdia-De la Creu	15,9	4,4	9,0	4,7	9,3	6,8	11,0	4,1	12,5	3,3	6,8	12,6	7,2	6,4	11,0	2,8
12,5	Parc del Migdia-E	15,7	4,4	8,5	4,6	9,2	6,7	10,4	3,9	12,0	3,1	7,7	12,0	7,1	6,2	10,1	2,5
13	Els Químics	15,6	4,2	7,9	4,6	9,1	6,6	9,8	3,7	11,7	2,8	7,6	11,4	7,0	6,4	9,5	3,0
13,5	Pujada Creu Palau	15,3	4,4	7,8	4,3	8,4	6,0	9,0	3,3	11,4	2,2	7,2	10,7	6,6	6,1	8,9	3,2
14	Col.legi Les Alzines	15,1	4,3	7,5	4,0	7,9	5,5	9,5	3,1	11,3	2,0	6,9	10,5	6,3	5,5	9,3	3,0
14,5	Club Tennis Girona	14,9	4,0	7,2	3,6	7,5	5,4	9,5	2,9	11,2	1,8	6,6	10,3	5,7	5,2	8,7	3,0
15	Aragó-Terol	14,7	3,8	7,2	3,3	7,1	5,3	9,5	2,7	10,9	1,6	6,2	10,1	5,8	4,0	9,2	3,0
15,5	Aragó	15,0	4,1	7,3	2,3	7,0	5,2	9,3	2,9	11,1	1,8	6,6	10,7	5,9	4,5	9,2	3,2
16	PC City	15,2	4,3	7,5	2,8	6,5	5,2	9,4	3,1	11,3	2,0	6,9	11,2	5,6	5,4	9,0	3,2
16,5	Accés C-65	15,5	4,5	7,5	2,8	7,0	5,2	9,8	3,2	11,3	2,2	7,2	11,6	6,4	5,6	8,5	3,0
17	Carretera Sta.Coloma	15,5	4,7	7,5	3,3	7,3	5,2	10,0	3,3	11,8	2,2	7,2	12,0	6,4	5,8	8,8	2,9
17,5	Plaça de Salt	15,5	4,7	7,5	2,9	7,0	5,2	10,4	3,3	11,8	2,2	7,2	12,0	6,2	5,1	9,2	2,6
18	Col.legi Bell-lloc	15,1	4,0	7,0	2,7	6,5	5,2	9,0	3,1	11,3	1,9	6,8	11,5	6,2	4,6	9,0	2,1
18,5	Av. De la Pau	14,9	3,9	6,8	2,3	6,0	4,5	9,0	3,0	11,3	1,8	6,7	11,4	6,2	4,6	8,0	1,6
19	Hospital Sta. Caterina	14,9	4,0	6,8	2,5	6,0	4,5	9,2	3,1	11,5	1,8	6,7	11,3	6,0	4,6	7,7	2,7
19,5	Benzinera de la Maçana	15,5	4,7	7,5	3,0	6,8	5,2	9,5	3,3	11,8	2,2	7,2	12,0	6,8	6,2	7,4	3,8
20	Consum	15,5	4,6	7,0	3,0	6,6	5,2	9,3	3,2	11,3	2,2	7,2	11,8	6,6	5,9	9,0	3,4
20,5	Joaquim Ruyra	14,8	3,4	6,0	1,9	6,0	4,5	8,5	3,1	10,7	1,8	6,4	11,2	6,0	4,0	8,0	3,0
21	Plaça de la Vila	14,6	3,1	5,7	1,6	5,8	4,3	6,5	2,8	9,1	-0,4	4,0	10,3	2,8	2,4	7,4	-0,5
21,5	Hortes de Salt	12,3	0,3	5,0	-2,0	3,0	2,5	4,0	2,3	7,4	-1,7	2,7	8,4	0,4	0,8	6,3	-2,7
22	Deveses de Salt	10,3	-2,5	3,5	-3,2	0,7	0,0	4,0	2,3	7,4	-1,7	2,7	8,4	0,4	0,8	6,3	-2,7
22,5	Pas d'en Prats	9,8	-3,7	0,5	-4,2	-0,5	-1,0	3,0	2,2	6,5	-2,1	2,0	7,5	-0,8	-0,4	3,0	-4,0

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	8/12/2005	25/12/2005	2/1/2006	3/1/2006	12/1/2006	20/1/2006	23/1/2006	2/1/2006	10/1/2006	8/12/2006	11/1/2006	18/1/2006	3/1/2007	12/1/2007	26/1/2007	27/1/2007
0	C/Montagut	4,4	3,4	4,9	6,0	5,9	11,2	5,2	9,8	13,2	5,9	3,6	6,0	8,9	10,0	1,8	4,7
0,5	Pla de l'Horta	4,3	2,7	3,7	6,0	6,0	10,8	4,7	9,7	12,2	5,6	2,9	5,8	8,9	9,5	1,3	4,2
1	Sarrià de Dalt	4,0	2,4	3,3	5,6	5,0	10,6	4,4	9,6	11,8	5,1	2,4	5,5	6,9	9,1	0,8	3,9
1,5	Sarrià de Dalt	3,8	1,6	2,1	4,0	4,4	10,3	1,3	9,4	10,0	4,9	1,9	4,9	5,4	8,0	0,3	3,3
2	Camí del Molí	3,2	-0,3	0,8	2,2	2,0	8,7	0,4	6,0	8,6	4,0	-0,1	3,5	2,9	6,2	-2,3	0,2
2,5	Sarrià de Dalt	3,5	0,9	4,5	3,4	3,2	10,3	4,4	9,4	9,5	5,3	1,0	4,7	4,4	6,5	-0,9	3,3
3	Pont riera Xuncla	3,8	2,5	5,5	4,6	5,6	10,6	4,8	9,6	11,7	5,6	2,4	5,3	6,7	8,1	1,5	4,7
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	4,1	2,7	5,4	5,3	5,3	10,9	5,2	9,8	12,0	5,9	2,9	5,6	6,4	9,4	2,1	5,0
4	Pont de l'Aigua	4,5	3,5	5,5	6,3	5,8	11,2	4,9	9,8	13,0	6,5	3,7	6,0	7,2	9,5	2,1	5,0
4,5	C/Pont Major	4,2	3,5	5,4	6,4	5,4	11,2	5,1	9,8	13,1	6,4	3,7	6,0	6,9	9,6	1,9	4,7
5	Camaret-Av. Joan Bosco	3,8	3,1	4,3	6,2	5,6	11,0	4,0	9,3	12,8	6,2	3,3	5,8	6,5	9,7	1,8	4,0
5,5	Caprabo Pedret	4,0	3,5	4,3	6,5	5,7	10,7	3,4	8,7	12,4	6,7	3,5	5,6	6,1	8,9	1,8	3,3
6	Centre Cívic Pedret	3,8	2,4	4,4	6,5	5,5	10,5	5,1	8,7	12,0	7,0	3,5	5,6	5,8	9,0	1,8	2,8
6,5	Palafrugell	3,5	1,7	4,9	6,2	5,6	10,2	4,7	8,7	11,7	7,2	3,8	5,6	5,5	9,1	1,8	2,3
7	Pont de Pedret	2,3	0,5	3,1	4,9	4,3	9,0	1,9	8,9	9,9	5,4	2,0	4,5	3,7	7,1	1,8	0,3
7,5	La Torrassa	1,2	-0,7	1,1	3,8	3,4	8,2	-0,1	6,2	8,4	4,1	-0,2	3,9	1,2	5,4	0,5	-1,3
8	Monestir Sant Daniel	1,0	-0,7	1,3	1,9	3,1	8,2	0,3	6,6	8,6	4,5	-0,2	3,7	1,5	5,6	0,6	-0,7
8,5	Pl.Sardana	1,2	0,2	1,1	3,4	3,4	8,2	-0,1	6,2	8,4	4,1	-0,2	3,9	1,2	5,4	0,5	-1,3
9	Monestir St. Daniel	3,5	2,4	3,1	4,4	4,3	9,0	1,9	6,8	9,9	5,4	2,0	4,5	3,7	7,1	1,8	0,3
9,5	La Torrassa	4,3	4,0	4,9	6,0	5,6	10,2	4,7	8,9	11,7	7,2	3,8	5,6	5,5	9,1	1,8	2,3
10	Pont de Pedret	5,4	4,6	5,4	7,4	7,2	10,5	5,2	10,0	12,4	7,9	4,1	5,9	6,6	9,6	2,6	5,5
10,5	Devesa de Girona	6,3	5,4	7,6	8,7	8,1	11,3	7,3	11,1	13,9	8,8	5,4	6,8	8,7	11,2	2,9	6,3
11	Gran Via Jaume I	6,9	6,4	7,9	8,2	7,7	11,5	8,0	12,9	15,1	9,4	6,4	7,7	9,6	11,9	3,2	6,1
11,5	La Salle-Juli Garreta	6,2	6,3	7,7	7,0	7,3	11,3	8,0	12,9	14,7	8,0	6,5	7,6	8,8	11,7	3,0	5,8
12	Migdia-De la Creu	6,7	6,1	7,4	6,4	7,1	11,0	7,8	13,2	14,4	7,8	5,9	7,7	8,7	11,6	2,9	5,7
12,5	Parc del Migdia-E	6,3	6,0	6,5	6,2	6,9	10,4	7,5	12,9	14,2	7,5	5,9	7,5	8,5	11,6	2,8	5,7
13	Els Químics	6,0	5,9	6,5	6,2	6,8	10,0	7,2	12,3	14,0	7,4	5,9	7,4	8,2	11,4	2,9	5,4
13,5	Pujada Creu Palau	5,7	5,5	6,2	5,8	6,1	9,2	6,6	12,1	12,9	6,8	5,5	6,3	7,6	10,8	2,1	4,8
14	Col.legi Les Alzines	5,7	4,9	5,2	5,5	6,0	9,0	5,8	12,0	12,5	6,3	5,2	6,1	7,3	10,2	1,7	4,2
14,5	Club Tennis Girona	5,1	4,5	4,4	5,4	6,0	9,0	5,0	11,8	12,3	5,9	5,0	6,0	7,5	10,0	1,0	3,8
15	Aragó-Terol	4,9	4,5	4,0	5,2	6,3	9,5	4,7	11,7	12,9	5,8	4,7	6,9	7,9	9,8	0,7	3,3
15,5	Aragó	4,7	4,1	4,6	5,9	6,5	10,1	4,9	11,3	13,2	5,7	4,7	7,3	8,4	9,7	1,4	3,8
16	PC City	4,3	4,6	5,4	6,6	6,6	10,4	5,4	11,5	13,4	6,6	4,8	7,3	7,8	9,7	2,1	4,0
16,5	Accés C-65	4,1	4,8	5,6	7,3	6,6	10,8	6,3	11,4	13,5	6,9	4,8	7,3	7,8	9,7	2,2	4,3
17	Carretera Sta.Coloma	4,4	4,8	3,6	7,8	6,7	11,2	6,7	11,5	13,7	7,2	4,9	7,3	7,8	9,7	2,2	4,5
17,5	Plaça de Salt	4,9	4,5	3,9	7,8	6,7	11,2	6,5	11,5	14,3	7,2	4,9	6,2	7,6	9,7	2,4	4,5
18	Col.legi Bell-lloc	5,3	4,0	4,8	7,2	7,3	10,9	6,1	10,7	14,0	6,9	4,0	6,2	6,9	8,8	2,1	3,5
18,5	Av. De la Pau	5,1	3,5	4,8	7,2	7,3	10,9	6,8	10,7	13,0	6,9	3,8	6,2	6,7	9,1	2,0	3,3
19	Hospital Sta. Caterina	5,2	3,0	4,8	7,4	6,9	10,9	6,4	10,7	13,5	6,7	3,6	6,2	6,7	8,8	1,6	3,3
19,5	Benzinera de la Maçana	5,2	3,0	5,4	7,8	6,9	11,2	5,7	10,3	13,7	7,2	4,4	6,9	7,7	9,9	0,6	4,5
20	Consum	5,4	4,6	5,2	7,5	6,6	11,2	5,4	10,3	13,6	7,2	4,4	6,9	7,7	9,9	0,8	4,4
20,5	Joaquim Ruyra	4,7	4,0	4,7	7,0	5,8	10,8	4,9	8,7	12,9	7,0	3,4	6,4	7,1	9,3	0,5	3,9
21	Plaça de la Vila	3,7	1,3	2,5	6,5	2,8	9,3	1,6	6,2	10,0	5,5	1,2	5,8	4,7	6,4	-2,4	0,5
21,5	Hortes de Salt	1,9	0,3	0,5	2,9	1,1	7,5	-0,9	3,9	8,0	3,4	-1,5	3,9	2,5	4,5	-2,9	-1,3
22	Deveses de Salt	1,9	0,3	0,5	2,9	1,1	7,5	-0,9	3,9	8,0	3,4	-1,5	3,9	2,5	4,5	-2,9	-1,3
22,5	Pas d'en Prats	0,0	-2,3	-0,5	0,0	0,0	6,7	-2,0	2,4	7,0	2,4	-2,5	1,8	0,9	3,4	-5,5	-2,3

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	15/2/2007	9/3/2007	12/3/2007	2/3/2007	25/3/2007	30/3/2007	13/4/2007	19/4/2007	8/6/2007	28/9/2007	18/10/2007	26/10/2007	2/11/2007	7/11/2007	18/11/2007
0	C/Montagut	10,2	12,0	11,5	14,0	10,1	8,4	13,4	18,5	24,0	17,6	17,9	12,5	9,5	9,1	3,6
0,5	Pla de l'Horta	9,7	11,6	11,0	13,5	9,9	8,3	13,2	18,4	23,9	17,1	17,4	12,4	9,6	8,8	3,1
1	Sarrià de Dalt	8,1	11,2	10,5	13,3	9,6	8,2	13,1	18,2	23,8	16,8	16,8	12,3	8,9	8,3	2,6
1,5	Sarrià de Dalt	5,5	10,4	8,7	12,2	9,5	8,2	13,0	18,0	23,7	15,5	16,5	12,2	8,4	8,0	2,0
2	Camí del Molí	7,4	8,5	7,1	10,2	8,6	8,1	12,9	16,5	23,0	13,6	13,5	12,2	5,8	4,8	-1,5
2,5	Sarrià de Dalt	8,7	10,0	8,0	11,2	9,4	8,2	13,2	18,0	23,7	15,4	16,2	12,4	7,8	6,1	0,9
3	Pont riera Xuncla	9,1	11,0	10,0	13,5	9,6	8,3	13,5	18,1	23,7	16,5	17,5	12,5	8,5	7,5	2,5
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	9,4	11,5	10,4	14,3	9,8	8,4	13,7	18,2	23,8	16,9	18,1	12,4	8,9	8,4	3,5
4	Pont de l'Aigua	9,6	11,5	10,5	14,8	10,0	8,5	13,4	18,4	24,0	17,0	18,5	12,4	9,6	9,0	4,2
4,5	C/Pont Major	9,1	10,9	10,2	14,8	10,2	8,6	13,2	19,1	24,0	17,4	18,1	12,4	9,2	9,6	4,1
5	Camaret-Av. Joan Bosco	8,9	10,6	9,7	13,8	10,1	8,8	13,2	19,5	23,9	17,2	18,2	12,4	9,0	9,4	3,6
5,5	Caprabo Pedret	8,6	11,0	9,7	13,4	10,2	8,9	12,9	19,3	23,8	16,1	17,5	12,4	8,7	9,3	3,9
6	Centre Cívic Pedret	8,3	11,2	9,5	13,7	10,2	9,0	13,1	18,8	23,8	16,7	17,1	12,4	8,7	9,3	2,8
6,5	Palafrugell	6,0	11,3	9,3	13,4	10,2	9,2	13,3	19,3	23,6	16,7	16,9	12,4	8,8	9,2	3,1
7	Pont de Pedret	2,9	9,8	7,6	11,4	10,3	8,9	13,0	18,6	23,5	15,4	15,8	12,3	4,9	9,0	0,0
7,5	La Torrassa	3,5	8,3	5,0	8,8	8,6	8,1	13,1	16,5	23,2	13,0	14,5	12,3	5,4	8,0	-2,1
8	Monestir Sant Daniel	2,9	8,7	5,3	9,1	9,2	8,1	13,0	17,1	23,2	13,2	13,9	12,2	4,9	5,9	-1,9
8,5	Pl.Sardana	6,0	8,3	5,0	8,8	8,6	8,1	13,1	16,5	23,2	13,0	14,5	12,2	8,8	8,0	-2,1
9	Monestir St. Daniel	8,3	9,8	7,6	11,4	10,3	8,9	13,0	18,6	23,5	15,4	15,8	12,2	10,0	9,0	0,0
9,5	La Torrassa	10,6	11,3	9,3	13,4	10,5	9,2	13,3	19,3	23,6	16,7	16,9	12,3	12,9	10,9	3,1
10	Pont de Pedret	11,0	12,1	10,1	13,8	10,4	9,2	13,3	19,9	24,3	17,0	19,2	12,3	12,8	11,2	3,3
10,5	Devesa de Girona	11,2	12,9	11,7	16,6	10,6	9,4	13,9	20,6	24,9	18,1	19,6	12,4	12,5	11,3	4,6
11	Gran Via Jaume I	11,7	13,3	12,8	17,0	10,7	9,4	13,4	19,8	24,8	18,4	19,9	12,8	11,4	11,4	5,3
11,5	La Salle-Juli Garreta	10,8	13,2	12,4	16,2	10,3	9,3	13,3	19,5	24,7	17,7	19,7	12,8	11,3	11,2	4,9
12	Migdia-De la Creu	10,5	13,1	12,3	16,0	10,2	9,2	13,3	19,5	24,6	18,0	19,5	12,7	12,0	11,2	4,7
12,5	Parc del Migdia-E	10,4	13,0	12,1	15,7	10,0	9,2	13,3	18,9	24,2	17,5	19,4	12,6	12,0	11,2	4,4
13	Els Químics	10,3	12,7	11,1	15,2	9,7	9,0	13,3	18,3	23,8	17,3	19,3	12,4	12,2	11,2	4,1
13,5	Pujada Creu Palau	10,1	11,3	10,1	14,7	9,3	8,6	12,9	17,6	23,1	16,6	18,7	12,2	11,4	10,6	3,5
14	Col.legi Les Alzines	10,5	11,2	10,0	14,4	9,2	8,6	12,8	17,3	23,1	16,6	18,5	12,2	11,4	10,4	3,2
14,5	Club Tennis Girona	10,7	11,1	9,9	14,1	9,1	8,6	12,7	17,0	23,1	16,5	18,0	12,4	11,4	10,4	2,8
15	Aragó-Terol	10,8	11,1	9,8	13,8	9,1	8,8	12,9	17,3	23,6	16,3	18,3	12,8	11,2	10,1	2,8
15,5	Aragó	10,5	11,0	10,1	14,0	9,3	9,0	13,0	18,0	23,8	16,3	19,0	12,8	10,4	9,7	3,5
16	PC City	10,7	11,0	10,5	13,8	9,8	9,0	13,1	18,5	24,0	16,9	18,8	12,4	10,2	9,5	3,9
16,5	Accés C-65	10,7	11,3	10,5	13,7	9,9	9,0	13,2	18,5	24,2	17,3	18,6	12,6	9,9	9,6	4,1
17	Carretera Sta.Coloma	10,5	11,5	10,5	13,7	10,0	9,1	13,6	18,5	24,3	17,3	18,6	12,6	9,7	9,8	4,1
17,5	Plaça de Salt	11,1	11,5	10,3	13,7	9,7	9,1	13,0	18,5	24,3	16,9	18,6	12,6	10,5	10,0	3,9
18	Col.legi Bell-lloc	11,1	10,6	8,6	13,4	9,4	9,1	13,0	18,2	23,8	16,9	18,2	12,6	11,0	9,5	3,2
18,5	Av. De la Pau	11,1	10,3	8,2	12,8	9,2	9,1	12,8	18,0	23,8	16,8	17,9	12,5	10,7	9,8	3,1
19	Hospital Sta. Caterina	11,1	10,1	7,9	13,0	9,1	9,1	13,3	18,0	23,8	16,8	17,7	12,7	10,2	9,6	3,0
19,5	Benzinera de la Maçana	11,1	11,5	10,4	13,7	10,0	9,2	13,3	19,2	24,3	17,3	18,6	12,8	11,0	9,6	3,9
20	Consum	11,1	11,5	10,4	13,5	10,0	9,2	13,3	18,5	24,3	17,3	18,6	12,7	11,0	9,8	3,9
20,5	Joaquim Ruyra	11,1	11,0	9,7	12,8	9,3	9,0	12,9	18,3	23,9	16,5	17,7	12,4	10,1	8,4	3,6
21	Plaça de la Vila	10,6	9,1	5,9	10,2	7,8	8,6	12,1	17,5	23,6	14,1	15,8	12,1	6,7	6,5	-0,7
21,5	Hortes de Salt	10,4	7,7	3,7	8,0	6,6	8,4	11,9	16,3	23,1	11,7	13,5	12,0	4,2	4,8	-3,0
22	Deveses de Salt	7,2	7,7	3,7	8,0	6,6	8,4	11,9	16,3	23,1	11,7	13,5	12,0	4,2	4,8	-3,0
22,5	Pas d'en Prats	5,2	7,1	2,1	6,8	6,0	8,1	11,9	15,5	22,9	10,6	12,6	12,0	3,0	2,0	-4,5

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	25/1/2007	30/1/2007	6/12/2007	10/12/2007	28/12/2007	31/12/2007	4/1/2008	12/1/2008	18/1/2008	10/2/2008	29/2/2008	23/3/2008	28/3/2008	15/4/2008	28/5/2008
0	C/Montagut	11,5	7,4	10,3	6,3	2,2	4,7	9,9	7,5	11,3	7,4	13,4	4,7	13,3	13,1	19,1
0,5	Pla de l'Horta	11,4	6,9	9,8	5,9	1,8	4,0	9,8	7,0	10,9	7,0	13,2	4,6	12,8	12,9	18,8
1	Sarrià de Dalt	11,3	6,4	9,4	5,4	1,3	2,0	9,5	6,5	10,3	6,5	13,3	4,2	12,6	12,7	18,5
1,5	Sarrià de Dalt	9,5	5,0	8,7	5,0	0,7	-0,3	9,2	5,0	10,3	5,0	13,3	3,5	12,3	12,5	17,7
2	Camí del Molí	10,9	2,6	7,4	1,6	-1,8	-1,9	9,0	3,0	10,3	2,7	12,6	2,4	12,0	11,5	15,8
2,5	Sarrià de Dalt	11,3	4,0	9,5	2,9	-0,1	1,4	9,1	4,5	9,8	5,0	13,3	3,5	12,3	12,3	17,7
3	Pont riera Xuncla	11,3	6,5	10,0	4,1	1,3	2,5	9,2	5,0	10,0	4,8	13,3	3,6	12,2	12,5	18,5
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	11,4	6,5	9,8	5,1	1,5	3,1	9,7	5,5	11,0	6,4	13,5	4,2	12,6	12,5	18,6
4	Pont de l'Aigua	11,7	7,6	9,8	6,3	2,1	5,0	9,6	6,0	10,6	6,6	13,5	4,6	13,0	12,9	19,1
4,5	C/Pont Major	11,4	7,9	9,9	6,4	1,9	3,7	9,3	5,6	10,1	7,2	13,8	4,6	12,9	12,9	19,1
5	Camaret-Av. Joan Bosco	11,2	6,9	9,9	5,6	1,7	1,1	9,4	5,4	10,4	7,0	13,8	4,4	12,9	13,2	18,7
5,5	Caprabo Pedret	12,0	6,4	9,4	5,8	1,5	2,7	9,4	5,6	10,3	6,3	13,8	4,3	12,9	12,9	18,2
6	Centre Cívic Pedret	11,3	6,1	8,7	6,1	1,5	2,8	9,4	5,8	9,1	6,7	13,8	4,2	12,9	12,9	18,0
6,5	Palafrugell	11,3	6,1	8,7	6,1	1,9	3,0	9,5	5,4	9,3	7,0	13,8	4,1	12,9	13,0	17,9
7	Pont de Pedret	11,3	3,7	7,1	4,0	-0,2	0,3	9,5	3,0	8,8	7,3	13,8	4,0	12,8	13,0	17,9
7,5	La Torrassa	11,3	1,3	5,0	1,9	-2,8	-2,3	9,0	1,3	7,7	5,4	13,3	3,3	12,8	12,5	16,9
8	Monestir Sant Daniel	11,3	1,5	5,3	1,9	-1,9	-1,0	9,0	1,3	6,3	3,2	12,9	2,3	12,5	11,5	15,8
8,5	Pl.Sardana	11,4	1,3	5,0	1,9	-2,8	-2,3	9,0	1,3	6,3	4,2	12,9	2,5	12,5	11,5	15,6
9	Monestir St. Daniel	11,3	3,7	7,1	4,0	-0,2	0,3	9,5	3,0	6,3	3,2	12,9	2,3	12,5	11,5	15,8
9,5	La Torrassa	11,6	6,1	8,7	6,1	1,9	3,0	9,9	5,4	7,7	5,4	13,3	3,3	12,8	12,5	16,9
10	Pont de Pedret	11,7	7,0	10,1	6,6	3,8	3,8	9,8	5,5	8,8	7,3	13,8	4,0	12,8	13,0	17,9
10,5	Devesa de Girona	11,5	8,6	12,4	8,0	5,5	6,7	9,8	6,3	10,3	7,9	14,0	4,2	13,1	13,4	18,4
11	Gran Via Jaume I	12,7	9,4	12,2	9,0	6,0	7,0	10,2	6,8	12,3	8,9	15,2	5,5	13,8	13,8	19,1
11,5	La Salle-Juli Garreta	12,8	9,3	11,8	8,4	6,1	6,7	10,3	7,0	12,5	9,2	15,2	5,9	13,8	13,3	19,1
12	Migdia-De la Creu	12,4	9,8	11,7	8,1	5,9	6,5	9,9	7,0	12,3	8,9	15,1	5,6	13,6	13,3	19,0
12,5	Parc del Migdia-E	12,2	8,9	11,7	7,7	5,8	6,4	9,2	7,1	12,0	8,4	15,0	5,2	13,4	13,3	18,9
13	Els Químics	12,2	8,5	11,6	7,6	5,6	6,1	8,8	6,8	11,3	8,2	14,9	4,8	12,9	13,7	18,8
13,5	Pujada Creu Palau	12,1	8,0	11,2	7,4	4,4	5,8	8,5	6,4	11,5	8,3	14,6	3,6	12,5	12,6	18,2
14	Col.legi Les Alzines	11,5	7,7	10,8	7,0	3,7	5,9	8,4	5,9	11,3	8,1	14,4	3,2	12,3	12,1	17,4
14,5	Club Tennis Girona	11,0	7,7	10,8	6,8	3,0	4,6	8,3	5,0	10,6	7,7	14,1	3,3	12,1	11,6	17,2
15	Aragó-Terol	11,0	7,0	10,5	6,5	2,8	5,0	8,3	5,6	10,2	7,2	14,1	3,4	12,0	11,4	17,0
15,5	Aragó	10,7	7,7	10,2	6,7	3,6	5,4	9,0	6,0	10,5	6,7	14,6	3,4	11,9	11,3	16,6
16	PC City	11,6	7,7	9,7	6,7	3,5	5,8	9,0	6,4	10,7	6,9	15,0	3,8	12,4	11,6	17,2
16,5	Accés C-65	11,6	7,7	10,5	7,3	4,2	5,8	9,0	6,3	11,0	7,9	15,0	4,0	12,6	12,1	17,1
17	Carretera Sta.Coloma	11,6	7,7	10,8	8,0	4,9	5,8	9,0	6,2	11,4	8,0	15,3	4,0	12,7	12,4	17,2
17,5	Plaça de Salt	11,6	7,8	10,7	8,0	4,9	4,2	8,7	6,0	11,4	8,0	15,4	4,2	12,9	12,4	17,2
18	Col.legi Bell-lloc	10,9	8,1	10,0	8,0	3,8	3,0	8,5	5,5	10,7	8,0	15,2	4,2	12,9	12,5	16,4
18,5	Av. De la Pau	10,5	7,1	9,7	7,5	3,5	2,0	8,5	5,3	10,4	7,1	15,2	4,2	13,1	12,5	16,4
19	Hospital Sta. Caterina	9,5	7,0	9,7	7,2	3,5	2,8	8,9	5,3	9,9	6,8	15,0	4,0	13,1	12,4	16,2
19,5	Benzinera de la Maçana	11,6	6,8	10,2	8,2	4,9	5,9	9,0	5,8	11,4	6,8	15,0	4,0	12,7	12,4	17,2
20	Consum	11,2	8,4	10,0	8,0	4,9	5,9	8,9	6,3	11,2	8,0	14,9	4,6	12,8	12,4	17,2
20,5	Joaquim Ruyra	10,6	7,8	9,0	7,2	3,6	3,4	8,8	5,7	10,2	7,5	14,7	4,5	12,8	12,1	16,5
21	Plaça de la Vila	9,7	3,0	6,5	4,5	-1,0	-0,5	8,5	1,9	8,0	6,8	14,4	3,8	12,4	11,7	15,6
21,5	Hortes de Salt	6,3	1,2	4,2	2,3	-2,7	-2,5	8,5	0,5	5,4	3,5	12,5	2,8	11,5	10,4	14,8
22	Deveses de Salt	6,3	1,2	4,2	2,3	-2,7	-2,5	8,5	0,5	5,4	1,0	12,3	2,3	11,0	9,9	14,2
22,5	Pas d'en Prats	5,3	0,0	3,0	1,2	-5,0	-5,0	8,3	-1,4	4,0	-0,5	12,3	2,0	10,7		

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	20/6/2008	11/7/2008	22/7/2008	1/8/2008	15/8/2008	29/8/2008	13/10/2008	19/10/2008	23/11/2008	30/11/2008	10/12/2008	12/12/2008	23/12/2008	20/1/2009	27/1/2009
0	C/Montagut	23,5	24,0	24,0	24,8	20,2	24,6	21,7	17,9	9,2	7,2	2,3	2,9	5,2	12,8	12,1
0,5	Pla de l'Horta	23,6	24,1	23,0	24,2	19,8	24,4	21,6	18,0	9,2	7,2	1,8	2,4	4,6	12,3	11,9
1	Sarrià de Dalt	23,4	23,8	22,5	23,9	19,1	23,5	21,5	18,2	6,3	7,2	1,4	2,0	4,3	12,1	11,4
1,5	Sarrià de Dalt	22,5	24,0	22,5	22,9	19,0	22,4	21,4	18,2	5,7	5,0	0,5	1,1	3,7	10,4	11,0
2	Camí del Molí	19,9	23,3	19,2	20,4	16,7	19,7	20,4	17,4	6,9	7,5	-1,9	-1,3	0,5	9,4	9,2
2,5	Sarrià de Dalt	20,9	24,2	20,7	22,2	18,0	22,0	21,4	17,5	7,4	7,8	-1,3	-0,7	2,4	10,2	11,0
3	Pont riera Xuncla	20,9	24,2	20,7	22,2	18,0	22,0	21,4	17,7	7,4	7,8	-1,3	-0,7	2,4	10,2	11,2
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	22,3	24,1	21,7	25,0	18,7	23,0	21,4	17,8	9,3	8,0	0,4	1,0	3,5	10,8	11,8
4	Pont de l'Aigua	23,4	24,0	23,2	24,3	18,9	24,5	21,3	17,8	8,9	8,3	1,0	1,6	4,3	11,3	12,1
4,5	C/Pont Major	23,9	24,1	22,9	23,9	19,7	25,1	21,0	17,8	9,3	8,3	1,8	2,4	4,7	11,7	12,2
5	Camaret-Av. Joan Bosco	23,1	24,4	22,0	23,8	19,7	24,2	20,9	17,8	10,1	8,3	1,8	2,4	5,1	11,9	11,8
5,5	Caprabo Pedret	22,5	24,4	22,2	23,8	19,7	23,1	20,4	17,9	10,3	8,3	1,2	1,8	4,8	11,6	11,8
6	Centre Cívic Pedret	22,3	24,4	21,9	23,8	19,6	23,2	20,1	17,7	10,3	8,1	1,6	2,2	4,4	11,6	11,7
6,5	Palafrugell	23,1	24,4	22,4	24,3	19,5	23,5	20,1	17,7	10,3	5,7	1,4	2,0	4,6	11,5	11,7
7	Pont de Pedret	23,0	24,9	22,3	24,5	19,3	21,3	20,4	17,8	10,3	3,8	1,4	2,0	3,6	11,5	11,7
7,5	La Torrassa	22,3	24,6	22,4	24,2	18,2	19,4	19,5	17,7	9,9	2,8	-0,4	0,2	1,7	10,0	10,1
8	Monestir Sant Daniel	19,8	22,8	21,3	22,9	17,5	18,2	18,2	17,4	9,4	3,4	-2,1	-1,5	0,0	8,6	9,2
8,5	Pl.Sardana	19,5	22,9	19,1	23,0	16,9	18,3	18,2	17,4	9,9	2,8	-1,8	-1,2	0,6	8,8	9,2
9	Monestir St. Daniel	19,8	22,8	19,3	22,9	17,2	18,2	18,2	17,4	11,1	5,7	-2,1	-1,5	0,0	8,6	9,2
9,5	La Torrassa	22,3	24,6	19,1	24,2	18,2	19,4	19,5	17,7	11,3	6,6	-0,4	0,2	1,7	10,0	10,1
10	Pont de Pedret	23,0	24,9	21,3	24,5	19,3	21,3	20,4	17,8	11,7	8,3	1,4	2,0	3,6	11,5	11,7
10,5	Devesa de Girona	23,5	25,0	22,4	25,2	20,0	23,5	21,0	18,1	11,9	8,6	2,5	3,1	4,8	11,5	12,1
11	Gran Via Jaume I	24,5	25,2	24,5	25,7	21,0	25,6	21,8	18,5	12,4	8,7	3,8	4,4	7,3	13,5	12,8
11,5	La Salle-Juli Garreta	25,2	25,6	26,2	25,8	21,2	26,5	23,1	18,8	11,5	8,7	4,0	4,6	8,1	14,2	14,0
12	Migdia-De la Creu	25,0	25,9	25,9	25,7	21,3	26,0	22,3	18,7	11,2	8,7	4,9	5,5	7,2	13,9	13,8
12,5	Parc del Migdia-E	25,9	25,4	25,7	25,6	21,3	25,7	21,8	18,5	11,1	8,7	4,3	4,9	6,8	13,8	13,7
13	Els Químics	25,7	25,3	25,5	26,0	20,8	24,5	21,3	18,3	11,0	8,7	4,2	4,8	6,8	13,2	13,4
13,5	Pujada Creu Palau	25,2	24,6	24,7	25,6	20,3	24,0	20,4	18,1	10,8	8,7	3,6	4,2	6,4	12,4	12,6
14	Col.legi Les Alzines	24,9	24,3	24,1	25,2	20,0	23,7	20,3	18,0	11,2	8,3	3,3	3,9	6,6	12,6	12,5
14,5	Club Tennis Girona	24,7	24,3	23,8	25,2	19,8	23,6	20,2	17,8	11,4	8,3	2,8	3,4	5,8	12,5	12,3
15	Aragó-Terol	23,7	24,5	23,5	25,1	19,7	23,7	20,2	18,0	11,5	8,3	2,3	2,9	5,6	12,6	12,2
15,5	Aragó	23,7	24,9	23,1	25,0	19,7	24,0	20,3	18,2	11,2	8,3	1,8	2,4	5,1	12,7	12,1
16	PC City	23,8	25,0	22,3	24,9	19,7	23,9	20,7	18,2	11,4	8,3	2,6	3,2	5,3	12,9	11,9
16,5	Accés C-65	24,3	25,1	23,2	24,4	20,3	24,1	21,1	18,4	11,4	8,2	2,6	3,2	5,1	12,5	11,5
17	Carretera Sta.Coloma	24,2	25,4	23,5	24,8	20,4	24,5	21,4	18,4	11,2	8,2	2,9	3,5	5,3	13,1	11,6
17,5	Plaça de Salt	24,7	25,6	23,7	25,2	20,6	24,8	22,2	18,4	11,8	8,4	3,0	3,6	5,8	13,7	11,5
18	Col.legi Bell-lloc	25,1	25,6	24,0	25,7	20,6	24,7	21,9	18,2	11,8	8,4	2,9	3,5	6,1	13,7	11,4
18,5	Av. De la Pau	24,2	25,3	23,8	25,4	20,1	24,5	21,5	18,2	11,8	8,2	2,4	3,0	6,4	13,2	11,5
19	Hospital Sta. Caterina	23,5	25,6	23,2	25,0	20,1	23,6	21,5	18,0	11,8	8,2	1,6	2,2	5,3	13,2	11,5
19,5	Benzinera de la Maçana	23,0	25,6	23,2	24,8	20,1	23,1	21,5	18,2	11,8	8,2	1,7	2,3	5,2	13,2	11,5
20	Consum	23,0	25,6	23,5	24,5	20,4	24,6	21,6	18,2	11,8	8,2	3,0	3,6	5,2	13,7	12,1
20,5	Joaquim Ruyra	22,8	25,4	23,3	24,4	20,5	24,4	21,4	18,1	11,8	8,6	3,0	3,6	5,0	135,0	11,8
21	Plaça de la Vila	22,5	24,9	23,0	23,8	19,3	23,6	21,1	17,8	11,3	8,6	2,0	2,6	3,4	13,0	11,0
21,5	Hortes de Salt	21,0	22,9	20,6	22,5	17,4	20,0	20,4	17,2	11,1	6,8	-1,6	-1,0	2,7	10,4	9,5
22	Deveses de Salt	19,5	21,4	18,6	20,4	15,3	17,7	18,5	16,6	7,9	4,7	-3,8	-3,2	0,5	8,3	7,7
22,5	Pas d'en Prats	18,8	20,7	17,7	19,2	14,0	16,6	17,8	16,4	5,9	3,4	-4,8	-4,2	-1,0	7,6	7,0

km	Punt d'observació (Transsecte 3)	28/12/2009	2/1/2010	8/1/2010	23/1/2010	29/1/2010
0	C/Montagut	11,5	6,7	4,7	9,5	7,1
0,5	Pla de l'Horta	11,2	6,5	4,4	9,4	6,0
1	Sarrià de Dalt	11,0	6,3	4,2	9,2	5,6
1,5	Sarrià de Dalt	10,7	6,2	4,0	8,7	3,8
2	Camí del Molí	8,6	5,9	3,0	7,4	1,7
2,5	Sarrià de Dalt	10,7	6,2	4,0	8,7	3,8
3	Pont riera Xuncla	10,8	6,4	4,2	8,7	3,5
3,5	Hinojosa Sarrià de Ter	11,0	6,8	4,4	9,0	5,2
4	Pont de l'Aigua	11,5	7,1	4,5	9,3	5,8
4,5	C/Pont Major	11,6	7,0	4,7	9,5	6,4
5	Camaret-Av. Joan Bosco	11,6	6,8	4,4	9,5	6,7
5,5	Caprabo Pedret	11,6	6,8	4,1	9,5	6,7
6	Centre Cívic Pedret	11,8	6,9	3,9	9,5	6,7
6,5	Palafrugell	12,2	7,0	4,6	9,5	6,8
7	Pont de Pedret	12,5	7,3	4,8	8,1	6,7
7,5	La Torrasa	9,2	6,5	3,9	7,4	4,4
8	Monestir Sant Daniel	8,6	5,8	3,0	7,4	1,7
8,5	Pl.Sardana	8,6	5,8	3,0	7,4	1,7
9	Monestir St. Daniel	8,6	5,8	3,0	8,1	1,7
9,5	La Torrasa	9,2	6,5	3,9	9,5	4,4
10	Pont de Pedret	12,5	7,3	4,8	9,7	6,7
10,5	Devesa de Girona	12,2	7,2	5,6	10,1	7,6
11	Gran Via Jaume I	13,0	7,5	5,7	11,4	8,6
11,5	La Salle-Juli Garreta	14,4	7,6	3,4	11,3	8,3
12	Migdia-De la Creu	14,8	7,6	3,4	11,2	7,8
12,5	Parc del Migdia-E	15,3	7,5	3,4	11,3	7,6
13	Els Químics	14,7	7,4	3,4	11,3	7,1
13,5	Pujada Creu Palau	14,0	7,0	3,8	10,4	6,5
14	Col.legi Les Alzines	13,0	6,7	4,0	9,9	6,0
14,5	Club Tennis Girona	12,4	6,6	3,9	9,7	5,6
15	Aragó-Terol	12,4	6,7	3,7	9,5	6,0
15,5	Aragó	12,3	6,7	3,5	9,4	6,8
16	PC City	13,0	7,0	4,0	10,0	7,0
16,5	Accés C-65	13,1	7,2	4,4	10,2	6,9
17	Carretera Sta.Coloma	13,0	7,2	4,4	10,2	6,9
17,5	Plaça de Salt	13,2	7,2	4,4	10,1	6,9
18	Col.legi Bell-lloc	13,2	7,2	4,4	9,9	6,9
18,5	Av. De la Pau	12,8	7,2	4,4	9,9	6,4
19	Hospital Sta. Caterina	12,5	7,2	4,4	9,9	6,2
19,5	Benzinera de la Maçana	12,5	7,2	4,4	9,9	6,0
20	Consum	13,9	7,2	4,4	9,9	6,9
20,5	Joaquim Ruyra	13,7	7,1	4,4	9,7	6,7
21	Plaça de la Vila	13,3	6,9	4,2	9,4	6,1
21,5	Hortes de Salt	10,8	6,2	3,0	8,6	1,9
22	Deveses de Salt	8,5	6,0	2,6	7,1	0,4
22,5	Pas d'en Prats	7,0	5,8	2,4	6,6	0,0

km	Punt d'observació (Transsecte 4)	17/12/2004	11/11/2005	22/11/2005	18/12/2006	27/01/2007	10/11/2007
0	C/Montagut	10,6	11,0	7,3	6,0	5,5	9,1
0,5	Pla de l'Horta	10,0	11,1	6,9	5,8	5,2	8,7
1	Sarrià de Dalt (C/Paulí Torras)	9,7	11,3	6,5	5,5	4,7	8,4
1,5	Fundació Joncs	8,8	10,7	5,1	4,9	3,9	7,9
2	Camí del Molí	7,5	9,6	3,2	3,5	1,5	5,7
2,5	Pont riera Xuncla	8,1	9,6	5,2	4,7	2,7	7,2
3	Mobles Balti	8,6	9,8	5,7	5,3	3,8	8,6
3,5	Can Salvatella	9,5	10,6	5,4	5,1	4,2	9,0
4	Av. Josep Tarradellas	10,0	10,1	5,1	5,3	4,5	9,4
4,5	Pavelló de Fontajau	10,0	10,2	4,9	5,3	5,0	10,0
5	Domeny	9,7	10,5	6,4	5,1	4,2	9,0
5,5	Carretera de Sant Gregori	9,2	10,7	6,2	4,6	3,5	7,4
6	Nestlé	9,0	10,4	5,8	4,4	2,2	6,4
6,5	Carretera de Sant Gregori	8,9	10,2	5,6	4,2	1,6	6,1
7	Carretera de Sant Gregori	8,2	9,2	5,7	4,2	1,3	5,7
7,5	La Gironina	8,4	9,0	5,7	4,0	0,8	5,4
8	Carretera de Sant Gregori	8,2	8,5	5,7	4,2	0,2	5,6
8,5	Carretera de Sant Gregori	8,2	8,5	5,7	4,3	0,5	5,6
9	Sant Gregori	8,7	10,2	6,7	5,3	2,2	6,4
9,5	Carretera de Sant Gregori	8,2	8,5	5,7	4,3	0,8	5,6
10	Carretera de Sant Gregori	7,9	8,5	5,7	4,2	0,2	5,6
10,5	La Gironina	8,4	9,0	5,7	4,0	1,8	5,4
11	Carretera de Sant Gregori	8,5	10,2	5,7	4,2	2,0	5,7
11,5	Carretera de Sant Gregori	8,5	10,2	5,7	4,2	2,0	6,1
12	Nestlé	8,5	10,4	5,7	4,4	2,3	6,4
12,5	Carretera de Sant Gregori	9,5	11,0	5,7	4,6	2,5	7,4
13	Domeny	9,5	10,8	5,6	5,1	2,7	9,0
13,5	Pavelló de Fontajau	8,8	9,8	5,2	5,3	4,6	10,0
14	Pont Fontajau	8,5	11,0	4,4	5,1	5,2	9,0
14,5	Maristes	9,5	11,7	4,3	4,6	5,8	8,8
15	Can Ninetes	10,4	12,6	7,1	6,3	6,2	9,1
15,5	Agudes-Pg.Olot	10,0	12,3	8,4	7,3	6,0	9,8
16	Estació Jove	9,5	12,0	7,9	7,1	5,4	9,6
16,5	Plaça Sant Cugat	9,5	11,5	7,5	6,9	4,9	9,4

		38339	38553	38593	38597	38609
		8,6	18,4	17,7	21	16,8
		9	20,7	19,9	22,5	19,4
		9	20,8	19,6	22,5	19,2
		9	20,9	20	22,6	19,1
		10,4	22	21	22,8	19
		10,3	21,8	20,4	23	19,1
		10,2	22,6	21,3	22,7	20,7
		10,5	22,7	21,4	24,2	22,3
		10,6	22,6	21,8	24,9	22,7
		10,7	23,4	22,1	25,2	23,5
		10,8	25,5	23,8	25,5	24,2
		10,9	25,6	24,6	25,9	24,6
		11,3	26,2	25,5	26,4	24,8
		11,3	26,6	25,2	26,6	24,8
		11,3	26,6	25	26,6	24,8
		11,1	26,6	25	26,4	24,6
		11	26,5	24,7	26,4	24,4
		10,8	26,4	24,5	26,2	24
		10,7	26,3	24,2	25,9	23,4
		10,6	26,2	23,7	25,5	22
		10,4	23,8	22,9	25,1	21,6
		10	22,5	20,7	24	20,5

km	Punt d'observació (Transecte 6)	28/11/2003	03/01/2004	16/11/2004	30/11/2005	08/12/2005	16/12/2005
0	Monestir de St. Daniel	3,1	4,4	13,0	2,7	-1,2	0,0
0,25	Font del Bisbe	3,6	4,9	13,0	3,2	0,5	0,4
0,5	La Torrassa	4,0	5,2	13,0	3,8	0,3	1,0
0,75	Bellaire	5,3	6,0	11,8	5,4	1,6	2,2
1	Calderers	6,5	8,0	10,5	5,4	3,0	4,0
1,25	Ballesteries	7,8	9,5	10,0	8,7	4,5	5,5
1,5	Ciutadans	10,0	10,2	10,4	10,3	6,0	6,8
1,75	Plaça del Vi	10,1	10,1	10,5	10,1	6,1	6,7
2	Plaça Catalunya	8,7	9,5	12,0	9,5	5,0	5,2
2,25	Av.St. Francesc	9,7	10,1	11,5	12,0	5,5	7,5
2,5	Pl. Marquès de Camps	9,9	10,9	12,0	11,0	5,5	8,0

km	Punt d'observació (Transsecte 6)	25/12/2005	14/12/2006	27/12/2006	06/01/2007	13/03/2007	14/12/2007
0	Monestir de St. Daniel	-0,5	-0,8	1,0	2,0	19,5	7,0
0,25	Font del Bisbe	0,0	-0,2	1,7	2,4	19,5	7,4
0,5	La Torrassa	0,5	0,5	2,3	3,0	19,5	8,0
0,75	Bellaire	1,5	2,0	3,1	4,7	17,6	10,3
1	Calderers	3,1	2,5	4,0	6,2	14,1	12,6
1,25	Ballesteries	4,2	5,0	6,6	7,6	13,3	13,2
1,5	Ciutadans	6,0	6,4	8,3	8,1	12,9	14,0
1,75	Plaça del Vi	6,1	6,2	8,4	8,0	13,0	13,8
2	Plaça Catalunya	4,7	5,2	7,0	6,1	19,0	12,5
2,25	Av.St. Francesc	6,7	6,4	7,8	8,0	16,0	13,3
2,5	Pl. Marquès de Camps	7,2	6,5	8,4	8,4	16,5	13,6

km	Punt d'observació (Transecte 6)	07/01/2008	01/02/2008	10/02/2008	16/12/2008	29/02/2008	02/03/2008
0	Monestir de St. Daniel	-3,0	3,5	8,7	3,2	1,6	12,9
0,25	Font del Bisbe	-2,4	4,2	9,0	3,9	2,3	13,1
0,5	La Torrassa	-1,8	5,9	9,1	5,4	3,9	13,3
0,75	Bellaire	0,8	7,3	10,0	6,3	5,9	13,7
1	Calderers	2,5	9,5	11,0	7,5	7,0	14,2
1,25	Ballesteries	4,4	10,5	11,1	8,4	7,8	14,6
1,5	Ciutadans	4,8	11,0	11,1	8,8	7,8	14,3
1,75	Plaça del Vi	4,9	10,9	11,2	8,6	7,9	14,2
2	Plaça Catalunya	3,7	10,9	11,2	8,5	7,8	14,3
2,25	Av.St. Francesc	4,7	11,0	11,6	8,7	8,5	14,6
2,5	Pl. Marquès de Camps	4,8	11,3	11,6	8,9	8,7	15,2

km	Punt d'observació (Transsecte 6)	28/03/2008	28/05/2008	20/06/2008	11/07/2008	22/07/2008	01/08/2008
0	Monestir de St. Daniel	9,4	12,5	15,8	18,8	22,9	19,1
0,25	Font del Bisbe	10,0	12,6	16,3	20,3	23,6	20,2
0,5	La Torrassa	11,5	12,8	16,8	21,7	24,6	21,3
0,75	Bellaire	12,6	13,0	17,9	22,4	26,0	24,0
1	Calderers	14,3	13,2	19,3	26,1	26,7	25,6
1,25	Ballesteries	14,8	13,2	19,0	26,4	26,7	25,5
1,5	Ciutadans	15,0	13,4	18,9	26,7	25,4	25,5
1,75	Plaça del Vi	15,1	13,2	19,0	26,6	25,5	25,3
2	Plaça Catalunya	15,1	13,2	18,9	26,8	25,4	25,4
2,25	Av.St. Francesc	15,8	13,5	19,5	26,5	26,0	25,7
2,5	Pl. Marquès de Camps	16,0	13,8	19,6	26,3	25,8	26,2

km	Punt d'observació (Transsecte 6)	15/08/2008	29/08/2008	14/11/2008	12/01/2009	19/01/2009	20/12/2009
0	Monestir de St. Daniel	22,9	16,9	18,2	8,0	0,6	3,5
0,25	Font del Bisbe	23,6	17,6	18,8	7,9	1,3	3,8
0,5	La Torrassa	24,2	18,2	19,4	7,8	1,9	4,9
0,75	Bellaire	25,3	19,4	21,3	8,2	3,0	5,2
1	Calderers	26,1	21,6	24,9	8,5	4,7	7,4
1,25	Ballesteries	26,7	21,4	25,3	8,7	5,9	7,6
1,5	Ciutadans	25,6	21,0	24,4	9,2	7,6	7,8
1,75	Plaça del Vi	25,7	20,9	24,5	9,0	7,7	7,7
2	Plaça Catalunya	25,9	20,9	24,4	8,8	5,4	6,1
2,25	Av.St. Francesc	26,0	21,1	24,9	9,5	6,8	7,3
2,5	Pl. Marquès de Camps	26,0	21,3	25,0	9,5	7,5	7,9

km	Punt d'observació (Transecte 6)	Temperatura mitjana (°C)	Intensitat mitjana de l'illa de calor (°C)
0	Monestir de St. Daniel	8,2	0,0
0,25	Font del Bisbe	8,8	0,6
0,5	La Torrassa	9,4	1,2
0,75	Bellaire	10,5	2,3
1	Calderers	11,7	3,5
1,25	Ballesteries	12,5	4,3
1,5	Ciutadans	12,8	4,6
1,75	Plaça del Vi	12,9	4,7
2	Plaça Catalunya	12,6	4,4
2,25	Av.St. Francesc	13,2	5,0
2,5	Pl. Marquès de Camps	13,4	5,2

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	8/12/2002	11/10/2003	4/11/2004	22/11/2004	25/11/2004	26/1/2005	12/2/2005	12/3/2005	18/3/2005	12/8/2005	8/10/2005	12/12/2005	15/12/2005
0	Sarrià de Ter	-1,3	18,2	14,8	8,7	9,8	-0,5	5,1	13,1	12,8	26,0	18,8	6,4	2,1
0,5	Pla de l'Horta	-1,6	17,8	14,5	8,2	9,1	-1,0	4,5	13,2	12,5	25,8	18,6	6,2	1,1
1	Sarrià de Dalt	-1,8	17,5	14,2	7,8	8,5	-1,3	3,9	12,8	11,9	25,6	18,4	6,0	0,0
1,5	Fundació Els Joncs	-1,9	17,4	14,1	7,5	8,2	-3,0	3,5	11,7	11,4	25,4	17,7	5,8	-0,3
2	Camí del Molí	-4,0	16,1	13,4	6,6	6,0	-4,5	3,0	9,3	8,7	24,0	16,0	4,6	-1,6
2,5	Pont riera Xuncla	-2,4	17,4	14,2	7,5	8,0	-0,5	5,0	11,5	10,9	25,3	17,3	5,8	0,5
3	Hinojosa Sarrià de Ter	-1,5	17,7	14,4	8,2	9,2	-0,3	5,0	13,6	11,7	25,5	17,8	6,0	1,1
3,5	Pont de l'Aigua	-1,5	18,0	14,5	8,5	9,4	-0,1	5,1	13,8	12,2	25,8	18,0	6,2	1,5
4	Pont Major	-1,5	18,0	14,5	8,5	9,4	-0,1	5,1	13,8	12,2	25,8	18,0	6,2	1,5
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	-1,3	18,2	14,8	8,8	9,7	1,2	5,4	13,8	12,8	26,0	18,3	6,4	1,8
5	Caprabo Pedret	-1,3	18,2	14,8	8,8	9,6	1,2	5,5	14,6	12,8	25,9	18,6	6,4	1,8
5,5	Centre Cívic Pedret	-1,6	18,1	14,7	8,7	9,5	1,0	5,0	14,6	12,5	25,8	18,8	6,2	1,7
6	Pont Pedret	-2,0	17,7	14,6	8,5	9,6	1,0	4,8	14,5	12,0	25,8	19,1	6,1	1,2
6,5	La Torrassa	-3,2	16,8	14,6	7,5	7,1	-0,7	4,0	14,1	9,6	24,5	18,1	5,3	1,2
7	Monestir Sant Daniel	-4,0	16,1	13,9	6,7	6,0	-1,7	2,9	13,8	8,6	23,5	16,1	4,6	0,6
7,5	Pl.Sardana	-4,0	16,1	13,4	6,7	6,0	-0,5	3,1	11,0	8,6	23,5	16,1	4,6	-0,7
8	Monestir Sant Daniel	-4,0	16,1	13,4	6,7	6,0	-1,7	2,9	9,0	8,6	23,5	16,1	4,6	-2,7
8,5	La Torrassa	-3,2	16,8	13,4	7,5	7,1	-0,7	4,0	8,5	9,6	24,5	18,1	5,3	-2,7
9	Pont Pedret	-2,0	17,7	13,9	8,5	9,6	-0,5	4,8	9,0	12,0	25,8	19,3	6,1	-2,7
9,5	Devesa de Girona	-1,1	17,9	14,6	8,8	10,0	-0,4	5,6	11,0	12,6	26,2	20,9	6,3	-0,7
10	Gran Via-Sèquia	1,1	18,7	14,8	9,2	11,2	-0,4	7,2	13,8	15,3	26,8	20,3	7,4	0,6
10,5	Pl. De la Rodona	1,0	18,8	15,8	10,1	11,3	-0,4	7,4	15,3	15,4	27,0	21,2	7,3	1,5
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	0,6	18,6	15,9	9,9	11,1	-0,4	7,4	14,5	15,0	26,0	20,6	7,1	3,8
11,5	Av.Sant Narcís	0,4	18,5	15,8	9,8	11,0	-0,4	7,4	14,0	14,3	25,9	20,6	7,0	3,8
12	Pl.de Salt	-0,1	18,4	15,7	9,5	10,9	-1,0	7,4	13,8	13,9	25,7	20,6	6,8	3,8
12,5	Col.legi Bell-lloc	-0,8	18,0	15,1	9,0	10,4	-1,0	7,4	13,3	12,7	25,2	20,1	6,5	3,9
13	Av.de la Pau	-1,2	17,6	14,7	8,7	10,1	-1,0	7,1	11,8	12,0	24,7	19,9	6,2	3,4
13,5	Hospital Sta. Caterina	-1,2	17,6	14,7	8,6	9,9	-1,5	7,0	11,1	11,9	24,5	19,5	6,2	3,4
14	IES Vallvera	-1,2	17,6	14,6	8,5	9,8	-1,8	7,0	11,4	11,8	24,4	19,0	6,2	3,6
14,5	Benzinera de la Maçana	-0,8	18,0	15,1	9,0	10,4	-1,8	7,0	12,7	12,3	24,6	19,8	6,4	3,8
15	Pg.Paisos Catalans	-0,8	18,0	15,0	9,0	10,4	-1,5	6,9	12,0	12,3	26,0	19,7	6,4	3,6
15,5	C/ Joaquim Ruyra	-1,5	17,3	14,5	8,2	9,3	-1,5	6,9	11,5	11,3	25,4	19,3	5,8	2,9
16	Plaça de la Vila	-3,5	16,3	13,7	7,4	8,0	-2,9	4,5	9,8	9,9	24,8	17,5	5,0	-1,0
16,5	Hortes de Salt	-5,0	15,4	12,7	6,4	5,9	-4,0	3,0	8,0	7,9	23,0	15,2	3,9	-3,0
17	Deveses de Salt	-5,4	15,1	12,4	5,5	4,9	-4,8	1,9	7,0	7,2	22,2	14,0	3,6	-4,3
17,5	Pas d'en Prats	-5,4	15,1	12,4	5,5	4,9	-4,8	1,9	7,0	7,2	22,2	14,0	3,6	-4,3

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	19/12/2005	22/12/2005	27/1/2006	1/2/2006	10/2/2006	16/2/2006	23/2/2006	27/2/2006	13/3/2006	23/3/2006	17/4/2006	21/4/2006	5/5/2006
0	Sarrià de Ter	2,9	1,9	3,2	9,1	6,8	11,9	9,8	6,9	8,9	14,4	17,6	16,6	19,6
0,5	Pla de l'Horta	1,9	1,6	3,2	8,5	6,2	11,8	9,6	6,8	8,5	14,3	17,4	16,2	19,4
1	Sarrià de Dalt	1,8	1,2	2,9	8,3	5,6	11,8	9,4	6,6	8,0	14,2	17,3	15,8	19,2
1,5	Fundació Els Joncs	-0,1	0,3	2,8	8,0	4,6	11,7	9,2	6,6	7,5	14,0	17,0	15,3	19,8
2	Camí del Molí	-1,4	-1,5	2,2	5,0	2,8	10,9	8,9	5,6	5,5	12,8	14,0	14,5	17,1
2,5	Pont riera Xuncla	2,5	0,0	2,8	7,6	4,4	12,0	10,0	6,5	7,0	14,0	16,8	15,3	18,9
3	Hinojosa Sarrià de Ter	2,3	0,8	3,0	9,2	5,6	12,8	10,5	7,0	8,0	15,0	17,2	15,8	20,5
3,5	Pont de l'Aigua	2,2	0,7	3,0	9,7	6,1	13,1	10,8	7,2	8,2	14,6	17,5	16,4	20,1
4	Pont Major	2,2	0,7	3,0	9,7	6,1	13,1	10,8	7,2	8,2	14,6	17,5	16,4	20,1
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	2,7	1,4	3,0	10,0	6,2	13,1	11,1	7,2	8,2	15,0	17,8	16,6	20,2
5	Caprabo Pedret	2,6	1,4	2,8	9,8	6,0	13,1	11,4	7,2	7,9	14,6	17,9	16,5	20,4
5,5	Centre Cívic Pedret	1,9	1,1	2,7	9,3	6,0	13,1	12,1	7,1	7,2	14,5	18,0	16,4	20,5
6	Pont Pedret	3,2	0,7	2,3	8,5	5,8	12,8	10,0	6,8	7,8	14,2	17,5	16,3	19,6
6,5	La Torrassa	0,9	-1,0	2,2	6,8	4,2	11,5	9,3	6,5	5,7	13,8	15,7	15,3	18,8
7	Monestir Sant Daniel	-1,1	-2,0	2,2	4,6	2,8	13,1	8,9	6,0	3,9	12,4	14,0	14,5	18,2
7,5	Pi.Sardana	-0,7	-2,0	2,2	4,8	3,2	12,4	9,3	5,6	3,8	12,6	14,0	14,5	18,2
8	Monestir Sant Daniel	-1,1	-2,0	2,2	4,6	2,8	12,1	8,9	5,1	3,9	12,4	14,0	14,5	18,2
8,5	La Torrassa	0,9	-1,0	2,2	6,8	4,2	11,5	9,3	5,6	5,7	13,8	15,7	15,3	18,8
9	Pont Pedret	3,2	0,7	2,3	8,5	5,8	12,8	10,0	6,8	7,8	15,1	17,5	16,3	19,6
9,5	Devesa de Girona	3,3	1,6	2,7	9,6	5,5	13,0	10,5	7,2	8,5	15,1	17,5	16,6	20,7
10	Gran Via-Sèquia	5,1	4,3	3,0	11,0	7,5	13,4	10,8	7,5	9,6	15,4	17,8	17,6	20,9
10,5	Pi. De la Rodona	4,7	4,6	3,3	11,4	8,3	13,7	10,8	7,8	9,9	15,9	17,8	17,5	21,0
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	5,1	3,6	2,8	11,2	7,9	13,8	10,9	6,2	9,2	15,2	17,7	17,4	20,7
11,5	Av.Sant Narcís	4,8	3,5	2,8	11,0	7,9	13,8	10,9	6,0	8,9	15,2	17,6	17,2	20,7
12	Pi.de Salt	4,5	3,3	2,8	10,7	7,9	13,6	10,9	5,6	8,5	15,2	17,5	17,2	20,9
12,5	Col.legi Bell-lloc	4,5	1,7	2,8	10,5	7,9	13,4	10,9	6,4	7,9	15,2	17,5	16,9	20,8
13	Av.de la Pau	3,5	1,0	2,7	9,4	7,4	13,2	10,7	6,4	7,2	15,2	17,1	16,6	20,6
13,5	Hospital Sta. Caterina	3,9	1,4	2,6	9,4	7,6	12,5	10,0	5,7	6,0	15,2	17,1	16,6	20,7
14	IES Vallvera	4,1	1,6	2,6	9,4	7,2	11,8	10,3	5,7	6,0	15,2	17,1	16,6	20,8
14,5	Benzinera de la Maçana	4,0	2,2	2,6	10,6	7,5	10,9	10,4	6,0	6,6	15,1	17,5	16,9	20,7
15	Pg.Paisos Catalans	4,3	2,1	2,8	10,4	7,5	11,3	10,4	6,3	7,8	15,1	17,5	16,9	20,7
15,5	C/ Joaquim Ruyra	3,8	1,1	2,8	9,5	6,3	12,8	10,4	5,0	7,4	14,3	16,7	16,1	20,0
16	Plaça de la Vila	2,6	0,1	2,3	6,2	5,2	10,9	9,6	4,5	5,5	13,5	15,7	15,7	18,0
16,5	Hortes de Salt	-0,3	-2,4	2,2	4,2	2,8	10,2	9,0	4,0	3,5	12,2	14,0	14,1	15,8
17	Deveses de Salt	-4,0	-3,4	2,2	3,0	1,8	9,0	8,7	2,5	2,5	11,5	13,0	13,5	14,6
17,5	Pas d'en Prats	-4,0	-3,4	2,2	3,0	1,8	9,0	8,7	2,5	2,5	11,5	13,0	13,5	14,6

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	14/5/2006	27/5/2006	3/6/2006	15/7/2006	15/9/2006	20/10/2006	24/11/2006	1/12/2006	21/12/2006	26/12/2006	9/2/2007	15/2/2007	23/2/2007
0	Sarrià de Ter	20,5	28,6	23,9	23,3	17,8	19,1	16,4	13,0	5,4	-2,1	9,5	10,9	11,8
0,5	Pla de l'Horta	20,2	27,3	23,3	23,2	17,5	19,0	16,3	12,5	4,8	-2,2	9,3	10,4	11,5
1	Sarrià de Dalt	20,1	27,2	23,9	23,1	17,2	18,9	16,2	12,5	4,1	-2,4	9,1	8,8	12,8
1,5	Fundació Els Joncs	20,0	27,1	22,7	23,0	17,0	18,8	15,9	12,0	3,4	-3,1	8,7	6,2	12,5
2	Camí del Molí	18,3	25,4	21,5	22,4	16,0	18,0	13,7	10,2	-0,2	-4,4	7,0	8,1	12,3
2,5	Pont riera Xuncla	19,5	27,4	22,8	22,9	16,5	18,3	15,9	11,7	2,7	-3,9	8,5	9,4	12,0
3	Hinojosa Sarrià de Ter	19,8	28,2	23,6	23,0	17,0	19,1	16,2	12,2	3,9	-3,5	9,0	9,8	10,4
3,5	Pont de l'Aigua	20,0	27,8	23,0	23,2	17,4	19,1	16,3	12,2	4,8	-2,1	10,3	10,1	12,0
4	Pont Major	20,0	27,8	23,0	23,2	17,4	19,1	16,3	12,2	4,8	-2,1	10,3	10,1	12,0
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	20,1	28,6	23,1	23,3	17,8	19,0	16,3	13,0	5,4	-1,9	10,5	10,3	12,3
5	Caprabo Pedret	20,1	28,4	23,3	23,3	17,8	19,0	16,4	13,0	5,2	-2,1	10,7	9,8	12,4
5,5	Centre Cívic Pedret	20,0	28,0	23,1	23,2	17,5	18,9	16,3	12,8	5,0	-2,1	10,5	9,6	12,6
6	Pont Pedret	20,0	26,6	22,7	23,4	17,0	19,0	16,1	12,6	4,2	-1,3	10,5	9,0	12,3
6,5	La Torrassa	19,8	25,9	23,2	23,5	16,2	18,2	15,3	11,5	2,5	-3,0	7,8	6,7	12,3
7	Monestir Sant Daniel	19,6	23,6	22,5	23,0	16,0	18,0	13,8	9,8	1,5	-4,2	6,4	3,6	12,2
7,5	Pl.Sardana	19,6	23,4	21,0	22,5	16,0	18,2	13,9	9,8	1,5	-3,9	6,9	4,2	11,9
8	Monestir Sant Daniel	19,6	23,6	21,5	22,5	16,0	18,0	13,8	9,8	1,5	-4,2	6,4	3,6	10,5
8,5	La Torrassa	19,8	25,9	21,0	22,5	16,2	18,2	15,3	11,5	2,5	-3,0	7,8	6,7	10,5
9	Pont Pedret	20,0	26,6	22,5	23,0	17,0	19,0	16,1	12,6	4,2	-1,8	10,5	9,0	10,5
9,5	Devesa de Girona	20,3	28,4	23,2	23,5	17,6	19,8	16,9	13,1	5,7	-1,4	10,3	9,6	11,9
10	Gran Via-Sèquia	21,0	29,0	22,7	23,7	18,9	20,8	17,1	13,3	7,2	-0,4	11,4	11,7	12,2
10,5	Pl. De la Rodona	20,9	29,1	23,3	24,1	18,9	21,3	17,2	13,8	7,8	0,9	11,8	12,9	12,0
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	20,6	28,5	21,8	23,8	18,6	20,2	16,9	13,3	7,4	-0,6	11,2	12,0	13,6
11,5	Av.Sant Narcís	20,4	28,5	21,1	23,7	18,6	20,2	16,7	13,4	7,4	-0,8	11,1	11,9	13,4
12	Pl.de Salt	20,2	28,5	21,1	23,4	18,6	20,2	16,5	13,4	7,4	-0,6	11,0	11,8	13,4
12,5	Col.legi Bell-lloc	20,2	28,5	21,1	23,3	18,9	20,2	16,5	13,4	6,1	-0,6	10,9	11,6	12,4
13	Av.de la Pau	19,6	28,5	21,1	23,1	18,6	19,8	16,5	13,2	6,1	-1,3	10,7	11,6	12,4
13,5	Hospital Sta. Caterina	19,6	28,0	21,1	23,1	18,9	19,7	16,2	13,4	6,1	-1,7	9,8	11,6	12,3
14	IES Vallvera	19,6	27,3	21,1	23,1	18,6	20,0	16,2	12,9	6,2	-1,7	9,9	10,8	11,9
14,5	Benzinera de la Maçana	19,8	27,3	21,1	23,3	18,6	20,0	16,2	12,6	6,3	-1,2	9,8	9,5	12,0
15	Pg.Països Catalans	19,8	28,0	22,2	23,3	18,6	20,9	16,8	13,0	6,3	-1,2	9,8	10,5	12,4
15,5	C/ Joaquim Ruyra	19,0	27,5	21,5	23,0	18,0	20,7	16,6	12,8	5,4	-2,0	9,0	10,1	12,0
16	Plaça de la Vila	18,5	25,8	20,0	22,5	17,5	19,5	15,0	11,0	0,7	-4,5	6,8	4,5	10,6
16,5	Hortes de Salt	17,7	23,7	18,5	22,0	17,0	18,6	13,3	9,8	-2,1	-5,7	5,3	3,4	8,4
17	Deveses de Salt	17,5	22,2	17,2	21,8	16,1	18,0	12,5	8,7	-3,3	-6,0	4,3	2,4	8,0
17,5	Pas d'en Prats	17,5	22,2	17,2	21,8	16,1	18,0	12,5	8,7	-3,3	-6,0	4,3	2,4	8,0

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	21/9/2007	22/10/2007	20/12/2007	7/1/2008	1/2/2008	16/2/2008	22/2/2008	2/3/2008	5/10/2008	23/1/2009	7/5/2009	22/9/2009	29/9/2009
0	Sarrià de Ter	22,0	14,3	9,3	9,1	10,6	7,4	11,5	12,6	18,6	11,2	23,5	23,3	21,9
0,5	Pla de l'Horta	22,0	13,9	9,0	8,7	10,6	7,3	11,4	12,8	17,6	10,0	22,5	23,1	21,7
1	Sarrià de Dalt	22,3	13,4	8,8	8,3	10,4	7,4	10,6	12,4	16,5	9,7	22,8	23,0	21,6
1,5	Fundació Els Joncs	21,4	12,9	8,7	6,5	10,2	7,0	8,8	11,4	16,4	10,2	21,7	22,9	21,2
2	Camí del Molí	20,5	10,9	7,5	3,5	8,2	2,6	7,1	9,0	13,0	8,0	18,6	21,7	18,6
2,5	Pont riera Xuncla	21,4	12,7	8,4	6,3	10,0	6,4	8,6	11,4	16,0	10,2	21,7	22,9	20,7
3	Hinojosa Sarrià de Ter	22,0	13,6	8,7	8,0	10,3	6,8	11,0	13,0	17,2	10,0	22,3	23,0	20,9
3,5	Pont de l'Aigua	22,2	13,9	9,3	8,5	9,9	6,2	10,6	12,0	16,8	11,1	23,2	23,2	20,5
4	Pont Major	22,2	13,9	9,3	8,5	9,9	6,2	10,6	12,0	16,8	11,1	23,2	23,2	20,5
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	22,4	14,3	9,9	9,0	10,3	6,4	11,3	12,3	18,1	11,9	23,3	23,4	21,5
5	Caprabo Pedret	22,4	14,3	9,9	8,5	10,3	6,0	10,6	12,4	18,1	11,7	23,5	23,5	21,5
5,5	Centre Cívic Pedret	22,2	14,3	9,2	8,3	10,2	5,9	10,8	12,4	17,7	10,9	23,2	23,4	21,3
6	Pont Pedret	22,9	14,3	9,3	7,6	10,2	6,0	9,7	12,2	18,4	10,1	22,0	23,1	21,3
6,5	La Torrassa	21,5	13,4	7,4	5,9	9,1	3,9	8,2	11,7	16,5	9,3	20,8	22,3	19,8
7	Monestir Sant Daniel	20,5	11,1	6,9	3,5	8,7	1,6	6,4	9,4	14,2	6,9	18,6	21,7	18,0
7,5	Pl.Sardana	20,5	10,9	7,0	4,2	8,6	2,2	7,0	9,7	14,3	7,2	18,9	22,3	18,5
8	Monestir Sant Daniel	20,5	11,1	6,9	3,5	8,7	1,6	6,4	9,4	14,2	6,9	18,6	21,7	18,0
8,5	La Torrassa	21,5	13,4	7,4	5,9	9,1	3,9	8,2	11,7	16,5	9,3	20,8	22,3	19,8
9	Pont Pedret	22,9	14,3	9,2	7,6	10,2	6,0	9,7	12,2	18,4	10,1	22,0	23,1	21,3
9,5	Devesa de Girona	22,9	14,8	8,9	9,0	10,3	6,2	9,9	12,4	18,6	10,3	22,6	23,3	21,9
10	Gran Via-Sèquia	23,3	15,0	9,9	10,7	10,7	8,2	13,7	15,6	20,1	12,0	23,4	24,3	22,7
10,5	Pl. De la Rodona	23,8	15,6	10,2	11,3	11,3	8,0	13,2	16,0	19,8	12,6	24,0	23,9	22,6
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	23,0	14,5	9,2	11,5	10,6	7,9	12,9	15,9	19,5	12,4	23,4	24,5	22,4
11,5	Av.Sant Narcís	22,9	14,3	9,3	11,3	10,6	7,8	12,4	16,0	19,6	12,2	23,3	24,2	22,4
12	Pl.de Salt	22,8	14,4	9,4	10,6	10,6	7,2	11,7	15,1	19,2	11,5	22,6	23,7	22,3
12,5	Col.legi Bell-lloc	22,8	14,3	9,4	10,0	10,6	7,2	11,5	15,1	19,0	11,3	22,4	23,5	21,9
13	Av.de la Pau	22,8	13,9	9,5	10,0	10,6	6,6	10,6	15,1	18,1	10,3	22,0	23,4	21,8
13,5	Hospital Sta. Caterina	22,8	13,4	9,4	9,8	10,4	6,1	10,7	15,3	18,8	10,1	21,0	23,4	21,6
14	IES Vallvera	22,7	13,4	9,4	9,9	10,1	6,3	10,7	15,6	18,6	10,1	21,0	23,4	21,5
14,5	Benzinera de la Maçana	22,6	13,4	9,4	10,2	10,5	6,9	10,6	15,3	18,3	10,1	21,0	23,4	21,4
15	Pg.Paisos Catalans	22,7	13,9	9,4	10,1	10,4	7,3	11,0	15,3	18,6	11,3	22,4	23,5	21,2
15,5	C/ Joaquim Ruyra	22,2	11,5	9,0	9,8	10,0	7,0	10,9	15,1	18,4	10,9	22,4	23,3	21,0
16	Plaça de la Vila	21,2	10,0	8,4	9,0	9,6	6,5	10,3	14,8	17,8	9,2	21,9	23,0	20,5
16,5	Hortes de Salt	20,1	8,3	7,6	5,5	8,8	3,6	9,1	11,0	14,9	6,9	19,1	20,7	18,2
17	Deveses de Salt	19,1	6,6	6,9	3,0	8,5	1,0	7,8	8,5	12,9	5,8	17,3	20,0	16,4
17,5	Pas d'en Prats	19,1	6,6	6,9	1,5	8,2	0,5	7,3	8,0	11,6	4,8	18,3	19,0	15,7

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	7/10/2009	17/10/2009	28/10/2009	20/12/2009	26/12/2010	18/11/2007	25/11/2007	30/11/2007	6/12/2007	10/12/2007	28/12/2007	31/12/2007	4/1/2008
0	Sarrià de Ter	23,4	14,3	16,9	-6,7	10,6	3,6	11,5	7,4	10,3	6,3	2,2	4,7	9,9
0,5	Pla de l'Horta	23,1	14,1	16,5	-6,7	10,4	3,1	11,4	6,9	9,8	5,9	1,8	4,0	9,8
1	Sarrià de Dalt	22,8	14,5	16,6	-6,7	10,2	2,6	11,3	6,4	9,4	5,4	1,3	2,0	9,5
1,5	Fundació Els Joncs	22,5	14,0	15,5	-7,5	10,1	2,0	9,5	5,0	8,7	5,0	0,7	-0,3	9,2
2	Camí del Molí	21,6	12,6	15,5	-9,0	8,7	-1,5	10,9	2,6	7,4	1,6	-1,8	-1,9	9,0
2,5	Pont riera Xuncla	22,5	14,0	15,5	-7,5	9,7	0,9	11,3	4,0	9,5	2,9	-0,1	1,4	9,1
3	Hinojosa Sarrià de Ter	22,5	14,4	16,7	-6,7	10,6	2,5	11,3	6,5	10,0	4,1	1,3	2,5	9,2
3,5	Pont de l'Aigua	23,0	14,4	16,3	-6,7	9,6	3,5	11,4	6,5	9,8	5,1	1,5	3,1	9,7
4	Pont Major	23,0	14,4	16,3	-6,7	9,6	4,2	11,7	7,6	9,8	6,3	2,1	5,0	9,6
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	23,6	14,3	17,0	-6,4	10,3	4,1	11,4	7,9	9,9	6,4	1,9	3,7	9,3
5	Caprabo Pedret	23,3	14,2	17,3	-6,4	10,1	3,6	11,2	6,9	9,9	5,6	1,7	1,1	9,4
5,5	Centre Cívic Pedret	23,0	14,5	16,6	-6,4	10,3	3,9	12,0	6,4	9,4	5,8	1,5	2,7	9,4
6	Pont Pedret	22,8	14,4	16,0	-6,4	7,0	2,8	11,3	6,1	8,7	6,1	1,5	2,8	9,4
6,5	La Torrassa	22,2	13,8	14,5	-8,5	6,9	3,1	11,3	6,1	8,7	6,1	1,9	3,0	9,5
7	Monestir Sant Daniel	21,5	13,7	13,4	-10,0	7,6	0,0	11,3	3,7	7,1	4,0	-0,2	0,3	9,5
7,5	Pl.Sardana	21,5	13,5	13,6	-10,0	7,1	-2,1	11,3	1,3	5,0	1,9	-2,8	-2,3	9,0
8	Monestir Sant Daniel	21,5	13,7	13,4	-10,0	6,7	-1,9	11,3	1,5	5,3	1,9	-1,9	-1,0	9,0
8,5	La Torrassa	22,2	13,8	14,5	-8,5	6,8	-2,1	11,4	1,3	5,0	1,9	-2,8	-2,3	9,0
9	Pont Pedret	22,8	14,5	16,0	-7,2	6,7	0,0	11,3	3,7	7,1	4,0	-0,2	0,3	9,5
9,5	Devesa de Girona	23,3	14,3	16,2	-7,2	6,7	3,1	11,6	6,1	8,7	6,1	1,9	3,0	9,9
10	Gran Via-Sèquia	24,1	15,1	17,0	-5,0	6,9	3,3	11,7	7,0	10,1	6,6	3,8	3,8	9,8
10,5	Pl. De la Rodona	23,5	15,0	17,0	-5,2	7,3	4,6	11,5	8,6	12,4	8,0	5,5	6,7	9,8
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	23,3	14,5	16,8	-5,5	7,5	5,3	12,7	9,4	12,2	9,0	6,0	7,0	10,2
11,5	Av.Sant Narcís	23,2	14,2	16,8	-5,7	7,4	5,0	12,8	9,6	12,0	8,3	6,4	7,1	10,2
12	Pl.de Salt	22,2	14,0	16,9	-6,3	7,4	4,9	12,8	9,3	11,8	8,4	6,1	6,7	10,3
12,5	Col.legi Bell-lloc	22,2	14,0	16,9	-6,3	7,3	4,7	12,4	9,8	11,7	8,1	5,9	6,5	9,9
13	Av.de la Pau	21,8	14,0	16,3	-6,7	7,3	4,4	12,2	8,9	11,7	7,7	5,8	6,4	9,2
13,5	Hospital Sta. Caterina	21,6	14,0	16,3	-6,7	7,2	4,1	12,2	8,5	11,6	7,6	5,6	6,1	8,8
14	IES Vallvera	21,6	14,0	16,3	-6,7	7,1	3,8	12,1	8,6	11,5	7,5	5,0	6,3	8,6
14,5	Benzinera de la Maçana	21,6	14,0	16,3	-6,7	7,1	3,5	12,1	8,0	11,2	7,4	4,4	5,8	8,5
15	Pg.Paisos Catalans	21,4	14,0	16,4	-6,2	7,1	3,2	11,5	7,7	10,8	7,0	3,7	5,9	8,4
15,5	C/ Joaquim Ruyra	22,1	14,0	16,4	-6,2	6,7	2,8	11,0	7,7	10,8	6,8	3,0	4,6	8,3
16	Plaça de la Vila	21,6	13,7	16,2	-6,2	6,2	2,8	11,0	7,0	10,5	6,5	2,8	5,0	8,3
16,5	Hortes de Salt	19,5	13,0	13,5	-8,6	3,8	3,5	10,7	7,7	10,2	6,7	3,6	5,4	9,0
17	Deveses de Salt	18,3	11,0	11,4	-9,0	0,5	3,9	11,6	7,7	9,7	6,7	3,5	5,8	9,0
17,5	Pas d'en Prats	18,0	10,0	10,5	-10,8	-0,5	4,1	11,6	7,7	10,5	7,3	4,2	5,8	9,0

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	12/1/2008	18/1/2008	10/2/2008	29/2/2008	23/3/2008	28/3/2008	15/4/2008	28/5/2008	20/6/2008	11/7/2008	22/7/2008	1/8/2008	15/8/2008
0	Sarrià de Ter	7,5	11,3	7,4	13,4	4,7	13,3	13,1	19,1	23,5	24,0	24,0	24,8	20,2
0,5	Pla de l'Horta	7,0	10,9	7,0	13,2	4,6	12,8	12,9	18,8	23,6	24,1	23,0	24,2	19,8
1	Sarrià de Dalt	6,5	10,3	6,5	13,3	4,2	12,6	12,7	18,5	23,4	23,8	22,5	23,9	19,1
1,5	Fundació Els Joncs	5,0	10,3	5,0	13,3	3,5	12,3	12,5	17,7	22,5	24,0	22,5	22,9	19,0
2	Camí del Molí	3,0	10,3	2,7	12,6	2,4	12,0	11,5	15,8	19,9	23,3	19,2	20,4	16,7
2,5	Pont riera Xuncla	4,5	9,8	5,0	13,3	3,5	12,3	12,3	17,7	20,9	24,2	20,7	22,2	18,0
3	Hinojosa Sarrià de Ter	5,0	10,0	4,8	13,3	3,6	12,2	12,5	18,5	20,9	24,2	20,7	22,2	18,0
3,5	Pont de l'Aigua	5,5	11,0	6,4	13,5	4,2	12,6	12,5	18,6	22,3	24,1	21,7	25,0	18,7
4	Pont Major	6,0	10,6	6,6	13,5	4,6	13,0	12,9	19,1	23,4	24,0	23,2	24,3	18,9
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	5,6	10,1	7,2	13,8	4,6	12,9	12,9	19,1	23,9	24,1	22,9	23,9	19,7
5	Caprabo Pedret	5,4	10,4	7,0	13,8	4,4	12,9	13,2	18,7	23,1	24,4	22,0	23,8	19,7
5,5	Centre Cívic Pedret	5,6	10,3	6,3	13,8	4,3	12,9	12,9	18,2	22,5	24,4	22,2	23,8	19,7
6	Pont Pedret	5,8	9,1	6,7	13,8	4,2	12,9	12,9	18,0	22,3	24,4	21,9	23,8	19,6
6,5	La Torrassa	5,4	9,3	7,0	13,8	4,1	12,9	13,0	17,9	23,1	24,4	22,4	24,3	19,5
7	Monestir Sant Daniel	3,0	8,8	7,3	13,8	4,0	12,8	13,0	17,9	23,0	24,9	22,3	24,5	19,3
7,5	Pl.Sardana	1,3	7,7	5,4	13,3	3,3	12,8	12,5	16,9	22,3	24,6	22,4	24,2	18,2
8	Monestir Sant Daniel	1,3	6,3	3,2	12,9	2,3	12,5	11,5	15,8	19,8	22,8	21,3	22,9	17,5
8,5	La Torrassa	1,3	6,3	4,2	12,9	2,5	12,5	11,5	15,6	19,5	22,9	19,1	23,0	16,9
9	Pont Pedret	3,0	6,3	3,2	12,9	2,3	12,5	11,5	15,8	19,8	22,8	19,3	22,9	17,2
9,5	Devesa de Girona	5,4	7,7	5,4	13,3	3,3	12,8	12,5	16,9	22,3	24,6	19,1	24,2	18,2
10	Gran Via-Sèquia	5,5	8,8	7,3	13,8	4,0	12,8	13,0	17,9	23,0	24,9	21,3	24,5	19,3
10,5	Pl. De la Rodona	6,3	10,3	7,9	14,0	4,2	13,1	13,4	18,4	23,5	25,0	22,4	25,2	20,0
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	6,8	12,3	8,9	15,2	5,5	13,8	13,8	19,1	24,5	25,2	24,5	25,7	21,0
11,5	Av.Sant Narcís	7,1	12,5	9,4	15,3	5,8	13,8	13,9	19,1	25,3	25,4	26,0	25,9	21,4
12	Pl.de Salt	7,0	12,5	9,2	15,2	5,9	13,8	13,3	19,1	25,2	25,6	26,2	25,8	21,2
12,5	Col.legi Bell-lloc	7,0	12,3	8,9	15,1	5,6	13,6	13,3	19,0	25,0	25,9	25,9	25,7	21,3
13	Av.de la Pau	7,1	12,0	8,4	15,0	5,2	13,4	13,3	18,9	25,9	25,4	25,7	25,6	21,3
13,5	Hospital Sta. Caterina	6,8	11,3	8,2	14,9	4,8	12,9	13,7	18,8	25,7	25,3	25,5	26,0	20,8
14	IES Vallvera	6,7	11,2	8,3	14,7	4,0	12,7	12,8	18,5	25,5	24,8	25,0	26,1	20,7
14,5	Benzinera de la Maçana	6,4	11,5	8,3	14,6	3,6	12,5	12,6	18,2	25,2	24,6	24,7	25,6	20,3
15	Pg.Paisos Catalans	5,9	11,3	8,1	14,4	3,2	12,3	12,1	17,4	24,9	24,3	24,1	25,2	20,0
15,5	C/ Joaquim Ruyra	5,0	10,6	7,7	14,1	3,3	12,1	11,6	17,2	24,7	24,3	23,8	25,2	19,8
16	Plaça de la Vila	5,6	10,2	7,2	14,1	3,4	12,0	11,4	17,0	23,7	24,5	23,5	25,1	19,7
16,5	Hortes de Salt	6,0	10,5	6,7	14,6	3,4	11,9	11,3	16,6	23,7	24,9	23,1	25,0	19,7
17	Deveses de Salt	6,4	10,7	6,9	15,0	3,8	12,4	11,6	17,2	23,8	25,0	22,3	24,9	19,7
17,5	Pas d'en Prats	6,3	11,0	7,9	15,0	4,0	12,6	12,1	17,1	24,3	25,1	23,2	24,4	20,3

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	29/8/2008	13/10/2008	19/10/2008	23/11/2008	30/11/2008	10/12/2008	12/12/2008	23/12/2008	20/1/2009	27/1/2009	28/12/2009	2/1/2010	8/1/2010
0	Sarrià de Ter	24,6	21,7	17,9	9,2	7,2	2,3	2,9	5,2	12,8	12,1	11,5	6,7	4,7
0,5	Pla de l'Horta	24,4	21,6	18,0	9,2	7,2	1,8	2,4	4,6	12,3	11,9	11,2	6,5	4,4
1	Sarrià de Dalt	23,5	21,5	18,2	6,3	7,2	1,4	2,0	4,3	12,1	11,4	11,0	6,3	4,2
1,5	Fundació Els Joncs	22,4	21,4	18,2	5,7	5,0	0,5	1,1	3,7	10,4	11,0	10,7	6,2	4,0
2	Camí del Molí	19,7	20,4	17,4	6,9	7,5	-1,9	-1,3	0,5	9,4	9,2	8,6	5,9	3,0
2,5	Pont riera Xuncla	22,0	21,4	17,5	7,4	7,8	-1,3	-0,7	2,4	10,2	11,0	10,7	6,2	4,0
3	Hinojosa Sarrià de Ter	22,0	21,4	17,7	7,4	7,8	-1,3	-0,7	2,4	10,2	11,2	10,8	6,4	4,2
3,5	Pont de l'Aigua	23,0	21,4	17,8	9,3	8,0	0,4	1,0	3,5	10,8	11,8	11,0	6,8	4,4
4	Pont Major	24,5	21,3	17,8	8,9	8,3	1,0	1,6	4,3	11,3	12,1	11,5	7,1	4,5
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	25,1	21,0	17,8	9,3	8,3	1,8	2,4	4,7	11,7	12,2	11,6	7,0	4,7
5	Caprabo Pedret	24,2	20,9	17,8	10,1	8,3	1,8	2,4	5,1	11,9	11,8	11,6	6,8	4,4
5,5	Centre Cívic Pedret	23,1	20,4	17,9	10,3	8,3	1,2	1,8	4,8	11,6	11,8	11,6	6,8	4,1
6	Pont Pedret	23,2	20,1	17,7	10,3	8,1	1,6	2,2	4,4	11,6	11,7	11,8	6,9	3,9
6,5	La Torrassa	23,5	20,1	17,7	10,3	5,7	1,4	2,0	4,6	11,5	11,7	12,2	7,0	4,6
7	Monestir Sant Daniel	21,3	20,4	17,8	10,3	3,8	1,4	2,0	3,6	11,5	11,7	12,5	7,3	4,8
7,5	Pi.Sardana	19,4	19,5	17,7	9,9	2,8	-0,4	0,2	1,7	10,0	10,1	9,2	6,5	3,9
8	Monestir Sant Daniel	18,2	18,2	17,4	9,4	3,4	-2,1	-1,5	0,0	8,6	9,2	8,6	5,8	3,0
8,5	La Torrassa	18,3	18,2	17,4	9,9	2,8	-1,8	-1,2	0,6	8,8	9,2	8,6	5,8	3,0
9	Pont Pedret	18,2	18,2	17,4	11,1	5,7	-2,1	-1,5	0,0	8,6	9,2	8,6	5,8	3,0
9,5	Devesa de Girona	19,4	19,5	17,7	11,3	6,6	-0,4	0,2	1,7	10,0	10,1	9,2	6,5	3,9
10	Gran Via-Sèquia	21,3	20,4	17,8	11,7	8,3	1,4	2,0	3,6	11,5	11,7	12,5	7,3	4,8
10,5	Pi. De la Rodona	23,5	21,0	18,1	11,9	8,6	2,5	3,1	4,8	11,5	12,1	12,2	7,2	5,6
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	25,6	21,8	18,5	12,4	8,7	3,8	4,4	7,3	13,5	12,8	13,0	7,5	5,7
11,5	Av.Sant Narcís	26,0	22,5	18,6	11,8	8,7	4,2	4,8	7,6	14,1	13,4	14,1	7,7	6,1
12	Pi.de Salt	26,5	23,1	18,8	11,5	8,7	4,0	4,6	8,1	14,2	14,0	14,4	7,6	3,4
12,5	Col.legi Bell-lloc	26,0	22,3	18,7	11,2	8,7	4,9	5,5	7,2	13,9	13,8	14,8	7,6	3,4
13	Av.de la Pau	25,7	21,8	18,5	11,1	8,7	4,3	4,9	6,8	13,8	13,7	15,3	7,5	3,4
13,5	Hospital Sta. Caterina	24,5	21,3	18,3	11,0	8,7	4,2	4,8	6,8	13,2	13,4	14,7	7,4	3,4
14	IES Vallvera	24,2	20,7	18,2	11,0	8,7	3,9	4,5	6,6	12,8	13,2	14,5	7,2	3,6
14,5	Benzinera de la Maçana	24,0	20,4	18,1	10,8	8,7	3,6	4,2	6,4	12,4	12,6	14,0	7,0	3,8
15	Pg.Paisos Catalans	23,7	20,3	18,0	11,2	8,3	3,3	3,9	6,6	12,6	12,5	13,0	6,7	4,0
15,5	C/ Joaquim Ruyra	23,6	20,2	17,8	11,4	8,3	2,8	3,4	5,8	12,5	12,3	12,4	6,6	3,9
16	Plaça de la Vila	23,7	20,2	18,0	11,5	8,3	2,3	2,9	5,6	12,6	12,2	12,4	6,7	3,7
16,5	Hortes de Salt	24,0	20,3	18,2	11,2	8,3	1,8	2,4	5,1	12,7	12,1	12,3	6,7	3,5
17	Deveses de Salt	23,9	20,7	18,2	11,4	8,3	2,6	3,2	5,3	12,9	11,9	13,0	7,0	4,0
17,5	Pas d'en Prats	24,1	21,1	18,4	11,4	8,2	2,6	3,2	5,1	12,5	11,5	13,1	7,2	4,4

km	Punt d'observació (Transsecte 7)	23/1/2010	29/1/2010
0	Sarrià de Ter	9,5	7,1
0,5	Pla de l'Horta	9,4	6,0
1	Sarrià de Dalt	9,2	5,6
1,5	Fundació Els Joncs	8,7	3,8
2	Camí del Molí	7,4	1,7
2,5	Pont riera Xuncla	8,7	3,8
3	Hinojosa Sarrià de Ter	8,7	3,5
3,5	Pont de l'Aigua	9,0	5,2
4	Pont Major	9,3	5,8
4,5	Av. Joan Bosco-Camaret	9,5	6,4
5	Caprabo Pedret	9,5	6,7
5,5	Centre Cívic Pedret	9,5	6,7
6	Pont Pedret	9,5	6,7
6,5	La Torrassa	9,5	6,8
7	Monestir Sant Daniel	8,1	6,7
7,5	Pl.Sardana	7,4	4,4
8	Monestir Sant Daniel	7,4	1,7
8,5	La Torrassa	7,4	1,7
9	Pont Pedret	8,1	1,7
9,5	Devesa de Girona	9,5	4,4
10	Gran Via-Sèquia	9,7	6,7
10,5	Pl. De la Rodona	10,1	7,6
11	Av.Sant Narcís-Pg.d'Olot	11,4	8,6
11,5	Av.Sant Narcís	11,1	8,2
12	Pl.de Salt	11,3	8,3
12,5	Col.legi Bell-lloc	11,2	7,8
13	Av.de la Pau	11,3	7,6
13,5	Hospital Sta. Caterina	11,3	7,1
14	IES Vallvera	10,9	7,0
14,5	Benzinera de la Maçana	10,4	6,5
15	Pg.Països Catalans	9,9	6,0
15,5	C/ Joaquim Ruyra	9,7	5,6
16	Plaça de la Vila	9,5	6,0
16,5	Hortes de Salt	9,4	6,8
17	Deveses de Salt	10,0	7,0
17,5	Pas d'en Prats	10,2	6,9

km	Punt d'observació (Transsecte 8)					
		15-12-05	15-12-05	10-12-07	12-1-08	18-1-08
0,5	Montagut	2,1	2,1	6,3	7,5	11,3
1	Pla de l'Horta	1,1	1,1	5,9	7,0	10,9
1,5	Sarrià de Dalt	0,0	0,0	5,4	6,5	10,3
2	Fundació Els Honcs	-0,3	-0,3	5,0	5,0	10,3
2,5	Camí del Molí	-1,6	-1,6	1,6	3,0	10,3
3	Pont riera Xuncla	0,5	0,5	2,9	4,5	9,8
3,5	Torras Hostench	1,1	1,1	4,1	5,0	10,0
4	Pont de l'Aigua	1,5	1,5	5,1	5,5	10,6
4,5	Pont Major	1,8	1,8	6,3	6,0	10,0
5	Avinguda Joan Bosco-Camaret	1,8	1,8	6,4	5,6	10,1
5,5	Caprabo Pedret	1,7	1,7	5,6	5,4	10,4
6	C.Cívic Pedret	1,5	1,5	5,8	5,6	10,3
6,5	Palafrugell	1,2	1,2	6,1	5,8	9,1
7	Pont de Pedret	1,2	1,2	6,1	5,4	9,3
7,5	La Torrassa	0,6	0,6	4,0	3,0	8,8
8	Monestir de Sant Daniel	-0,7	-0,7	1,9	1,3	7,7
8,5	Plaça de la Sardana	-2,7	-2,7	1,9	1,3	7,7
9	Monestir de Sant Daniel	-2,7	-2,7	1,9	1,3	7,7
9,5	La Torrassa	-2,7	-2,7	6,1	3,0	6,3
10	Pont de Pedret	-0,7	-0,7	6,6	5,4	7,7
10,5	Devesa de Girona	0,6	0,6	8,0	5,5	8,8
11	Euphoria	1,5	1,5	9,0	6,3	10,3
11,5	Plaça Marquès de Camps	3,7	3,7	8,7	6,8	12,3
12	Barcelona-De la Creu	4,1	4,1	8,6	6,6	12,2
12,5	Barcelona-Parc del Migdia	3,8	3,8	8,4	6,5	12,1
13	Hipercor	3,4	3,4	8,2	6,4	12,0
13,5	Barcelona-Splaff	2,7	2,7	8,0	6,3	12,0
14	Bauhaus	1,2	1,2	7,6	6,3	11,9
14,5	PC City	0,6	0,6	6,7	5,4	11,5
15	Aragó-Barcelona	0,4	0,4	6,4	5,4	10,2
15,5	L'Avellaneda	0,3	0,3	6,0	5,3	9,9
16	Fornells Park	0,3	0,3	5,4	4,6	9,8
16,5	Carretera a Estació de Mercaderies	-0,3	-0,3	4,8	3,9	8,0
17	Estació de Mercaderies	-1,2	-1,2	4,3	3,2	7,8

km	Punt d'observació (Transsecte 8)			Temperatura mitjana (°C)	Intensitat mitjana de l'illa de calor (°C)
		10-12-08	12-12-08		
0,5	Montagut	2,3	2,9	4,9	4,6
1	Pla de l'Horta	1,8	2,4	4,3	4,0
1,5	Sarrià de Dalt	1,4	2,0	3,7	3,4
2	Fundació Els Honcs	0,5	1,1	3,0	2,7
2,5	Camí del Molí	-1,9	-1,3	1,2	0,9
3	Pont riera Xuncla	-1,3	-0,7	2,3	2,0
3,5	Torras Hostench	0,4	1,0	3,2	2,9
4	Pont de l'Aigua	1,0	1,6	3,8	3,5
4,5	Pont Major	1,8	2,4	4,3	4,0
5	Avinguda Joan Bosco-Camaret	1,8	2,4	4,3	4,0
5,5	Caprabo Pedret	1,2	1,8	4,0	3,7
6	C.Cívic Pedret	1,6	2,2	4,1	3,8
6,5	Palafrugell	1,4	2,0	3,8	3,5
7	Pont de Pedret	1,4	2,0	3,8	3,5
7,5	La Torrassa	-0,4	0,2	2,4	2,1
8	Monestir de Sant Daniel	-2,1	-1,5	0,8	0,5
8,5	Plaça de la Sardana	-1,8	-1,5	0,3	0,0
9	Monestir de Sant Daniel	-2,1	-1,5	0,3	0,0
9,5	La Torrassa	-0,4	2,0	1,7	1,4
10	Pont de Pedret	1,4	3,1	3,3	3,0
10,5	Devesa de Girona	2,5	4,4	4,3	4,0
11	Euphoria	3,8	5,2	5,4	5,1
11,5	Plaça Marquès de Camps	4,2	5,2	6,4	6,1
12	Barcelona-De la Creu	4,0	5,1	6,4	6,1
12,5	Barcelona-Parc del Migdia	4,9	5,1	6,4	6,1
13	Hipercor	4,4	5,0	6,1	5,8
13,5	Barcelona-Splaff	4,0	4,9	5,8	5,5
14	Bauhaus	3,6	4,9	5,2	4,9
14,5	PC City	2,6	3,2	4,4	4,1
15	Aragó-Barcelona	1,8	1,8	3,8	3,5
15,5	L'Avellaneda	1,0	2,6	3,6	3,3
16	Fornells Park	0,4	2,1	3,3	3,0
16,5	Carretera a Estació de Mercaderies	-0,2	2,0	2,6	2,3
17	Estació de Mercaderies	-0,7	1,8	2,0	1,7

km	Punt d'observació (Transsecte 9)	#####	08/12/2002	12/12/2002	23/12/2002	03/01/2003
0	Pas d'en Prats	8,4	6,8	6,0	10,5	10,2
0,5	Deveses de Salt	9,3	7,6	6,9	10,9	11,1
1	Hortes de Salt	10,9	9,3	8,2	11,5	12,8
1,5	Plaça de la Vila	13,8	11,5	10,9	12,2	14,9
2	Major-Pacheco	14,7	12,0	11,9	12,4	16,7
2,5	Ràdio Salt	15,1	12,6	12,7	12,6	17,4
3	Major-Garbí	15,3	13,0	13,2	12,6	17,6
3,5	Pl. Sta. Eugènia	15,4	13,4	13,0	12,0	17,8
4	Can Ninetes	14,9	13,8	13,4	12,8	17,2
4,5	Autoescola FPC	15,2	12,6	13,4	12,7	17,0
5	Pl. Assemblea Catalunya	13,8	11,6	11,5	12,5	16,7
5,5	Joaquim Vayreda	14,9	10,4	9,5	11,9	15,5
6	Devesa de Girona	14,1	9,0	7,7	11,2	10,5
6,5	Pont de Pedret	13,9	6,8	7,0	10,5	10,0
7	Bellaire	12,7	14,2	18,3	3,1	4,7
7,5	La Torrassa	10,9	13,5	18,1	2,9	4,5
8	Monestir de Sant Daniel	9,6	12,7	17,9	1,9	3,4

km	Punt d'observació (Transsecte 9)	15/1/2003	19/1/2003	22/1/2003	28/1/2003	10/01/2004
0	Pas d'en Prats	5,5	8,3	2,1	-1,7	9,0
0,5	Deveses de Salt	6,3	8,8	3,0	-1,1	9,8
1	Hortes de Salt	7,8	9,6	3,4	2,3	11,5
1,5	Plaça de la Vila	9,5	10,5	4,3	5,9	14,3
2	Major-Pacheco	10,5	11,0	4,8	7,9	15,1
2,5	Ràdio Salt	10,7	11,1	4,9	8,5	15,9
3	Major-Garbí	10,8	11,3	5,0	8,7	16,3
3,5	Pl. Sta. Eugènia	10,8	11,3	5,1	9,0	16,5
4	Can Ninetes	11,0	11,2	5,0	8,7	16,3
4,5	Autoescola FPC	11,1	11,5	5,3	8,9	16,3
5	Pl. Assemblea Catalunya	10,1	11,0	4,7	7,9	15,3
5,5	Joaquim Vayreda	9,5	10,6	4,3	6,2	14,0
6	Devesa de Girona	7,6	10,0	3,5	1,9	10,2
6,5	Pont de Pedret	6,5	9,3	2,8	0,4	9,0
7	Bellaire	3,1	4,0	-1,4	4,2	1,6
7,5	La Torrassa	2,7	3,7	-2,4	1,9	-0,9
8	Monestir de Sant Daniel	1,7	2,7	-3,4	0,5	-2,0

km	Punt d'observació (Transsecte 9)	30/1/2004	15/12/2004	31/12/2004	22/04/2005	30/11/2005
0	Pas d'en Prats	-0,5	7,2	0,5	12,2	7,6
0,5	Deveses de Salt	0,6	8,1	1,6	12,7	8,4
1	Hortes de Salt	2,9	8,9	3,9	13,4	10,1
1,5	Plaça de la Vila	6,0	10,7	7,0	14,0	13,0
2	Major-Pacheco	7,4	11,0	7,8	14,2	13,8
2,5	Ràdio Salt	7,9	11,6	8,2	14,7	14,1
3	Major-Garbí	8,3	11,8	8,6	14,9	14,2
3,5	Pl. Sta. Eugènia	8,5	11,8	8,9	14,9	14,3
4	Can Ninetes	8,2	12,0	8,7	14,7	14,2
4,5	Autoescola FPC	8,4	12,2	9,4	15,0	14,5
5	Pl. Assemblea Catalunya	7,7	11,4	7,9	14,7	14,0
5,5	Joaquim Vayreda	6,4	10,5	6,6	14,0	12,6
6	Devesa de Girona	2,7	8,8	4,7	13,0	10,1
6,5	Pont de Pedret	1,5	8,0	3,3	12,0	9,0
7	Bellaire	4,3	5,3	1,5	6,2	11,5
7,5	La Torrassa	1,7	3,1	0,0	5,0	9,2
8	Monestir de Sant Daniel	0,5	1,8	-1,1	3,0	8,3

km	Punt d'observació (Transsecte 9)	08/12/2005	16/12/2005	16/11/2006	26/12/2006	27/12/2006
0	Pas d'en Prats	-1,8	-2,0	17,0	-6,0	-0,7
0,5	Deveses de Salt	-0,9	-0,9	17,2	-5,2	0,3
1	Hortes de Salt	1,3	1,3	17,5	-4,5	2,7
1,5	Plaça de la Vila	3,7	2,8	18,3	-2,5	4,2
2	Major-Pacheco	6,3	4,5	18,5	-1,0	5,6
2,5	Ràdio Salt	6,8	6,1	18,7	-0,6	7,1
3	Major-Garbí	7,0	6,1	18,8	-0,1	6,7
3,5	Pl. Sta. Eugènia	7,7	5,8	19,0	-0,4	7,7
4	Can Ninetes	7,3	6,5	19,3	0,2	8,3
4,5	Autoescola FPC	7,6	7,2	18,7	0,6	7,7
5	Pl. Assemblea Catalunya	3,7	5,0	18,4	-1,0	5,5
5,5	Joaquim Vayreda	2,2	1,5	18,0	-3,2	4,5
6	Devesa de Girona	1,0	0,5	17,7	-3,9	3,0
6,5	Pont de Pedret	0,0	-0,5	17,0	-4,2	2,0
7	Bellaire	9,5	12,3	0,3	5,0	-2,0
7,5	La Torrassa	8,9	10,3	-2,5	3,5	-3,2
8	Monestir de Sant Daniel	8,6	9,8	-3,7	0,5	-4,2

km	Punt d'observació (Transsecte 9)	06/01/2007
0	Pas d'en Prats	0,8
0,5	Deveses de Salt	1,9
1	Hortes de Salt	3,5
1,5	Plaça de la Vila	5,1
2	Major-Pacheco	6,1
2,5	Ràdio Salt	7,3
3	Major-Garbí	7,1
3,5	Pl. Sta. Eugènia	8,6
4	Can Ninetes	9,3
4,5	Autoescola FPC	7,9
5	Pl. Assemblea Catalunya	6,2
5,5	Joaquim Vayreda	4,5
6	Devesa de Girona	3,3
6,5	Pont de Pedret	2,0
7	Bellaire	3,0
7,5	La Torrassa	0,7
8	Monestir de Sant Daniel	-0,5

1 de gener de 2017

Anticicló

Calma

1027 hPa

0/8

18-19,24 hores

Transsecte 12 modificat

Màxim tèrmic 9 Plaça Marquès de Camps

Mínim tèrmic -0,8 Pas d'en Prats

Illa de calor 9,8

Plaça Marquès de Camps 9,0

La Punxa 8,6

Pl. De la Rodona 8,3

Autoescola Fpc 8,4

Garrotxa-Sta. Eugènia 8,3

Can Ninetes 8,4

7,2

7,0

Costabona-Agudes 5,0

6,9

St. Dionís-Pius XII 5,5

Parc Monar 7,0

Pisos Gassol 6,2

Hípica 3,5

Hortes de Salt (W) 1,8

1,3

Deveses de Salt 1,4

Els 3 Pins 1,7

Pas d'en Prats -0,8

1,4

1,5

Hortes de Salt (W) 0,6

1,9

2,6

3,5

4,2

5,7

6,5

6,4

Pl. Sant Cugat 6,9

7,5

7,7

7,6

7,9

8,3

Pont del Dimoni 8,5

8,1

	8,3
	8,1
	8,3
	8,9
	8,7
Biblioteca Carles Rahola	9,1
	8,9
	8,7
	8,9
	8,0
Av. Lluís Pericot-Sant salvador d	7,3
Av. Lluís Pericot-Montilivi	4,9
FP Girona-Montilivi	4,6
Estadi FC Girona	4,2
	7,1
	6,1
Les Alzines	7,1
Col·legi	7,8
Tennis Girona	7,0
	7,3
	7,7
	7,6
	6,8
	7,6
	8,4
	8,7
	8,6
	8,8
Escola de la Música	9,3
	9,1
Creu-Joan Maragall	8,7
Pl. Joaquim Pla	8,7
Pl. Miquel Santaló	8,7
Claret-Joan Maragall	8,7
Sibil·la de Fortià	8,7
	8,5
	8,5
Gran Via-Sèquia	8,8
	8,2
	8,8
Av. Ramon Folch	9,0
1a rot. Devesa	8,9
2a rot. Devesa	8,1
Canalejas	7,7
Pont Onyar	7,0
Bellaire	5,8
St. Perre G.	4,2
LaTorrassa	3,5
	2,6
	2,0

	1,7
	1,3
	1,8
	2,3
Restaurant El cul del Món	1,2
Monestir Sant daniel	1,3
	2,4
Meteo Sant Daniel	1,0
	2,4
	2,8
	3,6
	3,8
	4,4
Sidharta	5,7
C.Cívic Pedret	4,9
	4,5
	4,9
Estanc Pont Major	5,3
	4,0
	3,5
	4,3
	5,1
	4,9
	5,1
	4,0
	5,1
Desviament cap a Horts de Cam	2,9
Campdorà	2,6
FFCC	4,1
	2,9
	2,7
S Incineradora	3,3
	4,1
Prop riu Ter-Sarrià	4,3
Benzinera	4,4
	4,4
	4,5
	4,2
	4,0
Montagut	4,3
Montagut-meteo	4,7

Quadrant	Ús sòl	Zona	Observatori	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
SW	Rural	sobrevent	Aeroport de Girona	47,0	42,4	50,7	63,4	72,0	46,9	42,9	47,3	65,4	78,9	56,3	42,3
W	Suburbà	indiferent	Bescanó	41,9	49,5	70,2	68,1	79,4	44,7	41,4	56,3	54,2	83,1	69,5	39,6
SE	Suburbà	sobrevent	Cassà-centre	51,9	51,3	60,9	64,9	77,7	33,3	36,3	50,4	53,2	90,0	62,5	48,4
SE	Suburbà	sobrevent	Cassà de la Selva-SMC	55,1	56,8	63,2	76,8	79,3	37,2	26,7	40,1	72,1	100,1	68,3	53,3
NE	Suburbà	sotavent	Celrà	42,3	50,1	63,4	83,1	72,0	38,6	46,4	49,4	66,3	97,1	63,9	47,5
SW	Suburbà	sobrevent	El Perelló	35,4	47,4	72,8	63,0	64,4	45,5	50,5	38,0	70,1	81,6	74,6	41,2
S	Suburbà	sobrevent	Fornells de la Selva-centre	45,8	43,2	50,2	67,3	71,5	39,3	37,3	40,6	55,6	74,9	60,9	46,0
SE	Rural	sobrevent	Fornells-SMC	51,8	50,6	63,8	66,2	74,3	39,3	38,4	45,8	66,5	89,0	68,6	50,8
S	Suburbà	sobrevent	Fornells-XVPCA	38,1	51,2	55,9	62,9	82,9	16,0	39,2	32,1	68,1	98,4	40,9	48,3
Centre	Urbà	indiferent	Girona-ACA	44,9	46,0	57,5	67,3	80,5	44,2	38,0	46,2	62,5	75,4	55,4	55,2
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Barri Vell	39,7	42,1	47,9	64,1	64,1	42,6	27,2	51,0	71,3	72,2	57,2	40,7
SW	Suburbà	sobrevent	Girona-col-legi Bell-Iloc	54,6	45,2	68,3	70,4	79,0	38,7	45,3	40,9	64,4	87,6	56,2	52,6
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Bonastruc	44,3	44,1	49,5	67,3	62,1	35,2	38,7	56,6	58,9	79,8	60,2	48,9
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Ciudadans	50,3	51,7	61,1	83,6	80,6	43,7	45,8	71,0	68,6	99,2	77,1	45,1
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Devesa-XVPCA	47,0	52,1	60,2	65,6	78,7	33,0	45,5	44,5	67,1	79,2	59,6	54,0
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Escola de la Música	45,2	39,6	50,0	74,2	57,5	46,4	31,1	30,9	54,8	78,5	65,8	46,4
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Fedac Sant Narcís	45,2	47,9	54,5	72,9	72,9	48,4	30,9	58,0	81,1	82,1	65,1	46,2
NE	Suburbà	sotavent	Girona-Montjuic	46,2	46,7	56,0	74,0	74,0	45,4	43,4	47,7	62,6	88,2	66,5	53,1
NE	Suburbà	sotavent	Girona-Montjuic-Aigues	46,7	50,8	52,2	75,5	75,7	47,1	46,5	67,6	82,6	102,0	56,0	58,0
N	Suburbà	sotavent	Girona-IES Narcís Xifra	55,4	48,9	46,4	60,5	74,9	22,6	43,5	53,6	53,1	97,1	69,8	56,8
S	Suburbà	sobrevent	Girona-Palau	47,9	49,8	51,2	70,7	89,3	38,2	44,9	63,6	59,5	82,2	61,6	53,3
S	Suburbà	sobrevent	Girona-Parc de Bombers (SMC)	47,6	47,8	60,6	64,9	74,5	37,5	43,3	45,7	58,8	78,5	57,9	47,7
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Parc del Migdia	45,9	46,8	51,9	72,1	61,3	40,9	33,8	50,4	68,4	85,8	70,0	41,0
W	Rural	indiferent	Girona-Sta. Eugènia (SMC)	43,8	43,4	50,2	77,1	70,4	45,3	45,5	81,4	58,4	85,4	70,8	44,3
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Sèquia	44,0	46,7	53,1	71,0	71,0	47,2	30,1	56,5	79,0	80,0	63,4	45,0
NE	Rural	sotavent	Girona-vall de Sant Daniel	54,5	54,0	61,9	79,9	76,4	42,6	42,3	51,5	70,0	98,4	68,1	57,6
W	Rural	indiferent	Montfullà	38,9	38,4	55,7	60,6	70,2	45,6	35,6	51,1	51,5	65,4	44,7	36,3
SE	Suburbà	sobrevent	Quart	43,0	49,1	56,6	64,9	74,8	36,2	43,0	41,3	56,6	80,2	62,1	52,4
W	Suburbà	indiferent	Salt-Aemet	34,2	47,4	59,6	64,3	74,5	42,7	41,1	46,1	61,7	74,5	56,8	46,9
W	Urbà	indiferent	Salt-centre	47,5	46,3	59,1	72,5	78,9	46,8	45,2	53,6	70,5	80,4	61,7	49,2
W	Suburbà	indiferent	Salt-XOM	48,8	48,8	48,2	74,5	66,9	47,3	44,9	65,4	58,1	86,2	71,6	50,7
NW	Suburbà	sotavent	Sant Gregori	48,8	39,0	57,5	70,8	62,4	42,8	53,7	64,3	58,8	71,3	68,4	45,7
N	Suburbà	sotavent	Sarrià de Ter-Aigues	54,5	52,7	69,6	96,5	91,0	46,7	61,6	74,4	76,0	104,4	86,5	63,3
N	Suburbà	sotavent	Sarrià de Ter-Montagut	45,6	64,8	67,2	87,5	57,6	44,0	52,5	57,4	71,2	101,7	83,7	44,2
N	Suburbà	sotavent	Sarrià de Ter-XVPCA	40,4	57,4	59,6	77,5	51,0	39,0	46,5	50,9	63,1	90,1	74,2	39,1
SW	Rural	sobrevent	Vilablareix	48,2	48,2	59,6	71,5	80,1	48,1	40,8	58,4	56,6	78,3	53,4	51,2
Centre	Urbà	indiferent	Girona-Santa Clara	53,1	54,5	64,4	88,1	85,0	46,1	48,3	74,9	72,4	104,6	81,4	47,5

Observatori	Any	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	% hivern	% primavera	% estiu	% tardor
Aeroport de Girona	655,3	131,7	186,1	137,1	200,5	20,1	28,4	20,9	30,6
Bescanó	697,8	131,0	217,7	142,3	206,7	20,0	33,2	21,7	31,5
Cassà-centre	680,7	151,6	203,5	120,1	205,6	23,1	31,0	18,3	31,4
Cassà de la Selva-SMC	729,0	151,6	203,5	120,1	205,6	23,1	31,0	18,3	31,4
Celrà	719,9	139,8	218,5	134,4	227,3	21,3	33,3	20,5	34,7
El Perelló	684,6	124,0	200,3	133,9	226,3	18,9	30,6	20,4	34,5
Fornells de la Selva-centre	632,5	134,9	189,0	117,3	191,3	20,6	28,8	17,9	29,2
Fornells-SMC	705,1	153,1	204,4	123,5	224,0	23,4	31,2	18,9	34,2
Fornells-XVPCA	634,0	137,6	201,8	87,3	207,3	21,0	30,8	13,3	31,6
Girona-ACA	673,1	146,0	205,3	128,4	193,3	22,3	31,3	19,6	29,5
Girona-Barri Vell	620,2	122,5	176,1	120,8	200,8	18,7	26,9	18,4	30,6
Girona-col·legi Bell-lloc	703,2	152,4	217,7	125,0	208,2	23,3	33,2	19,1	31,8
Girona-Bonastruc	645,4	137,3	178,8	130,4	198,9	20,9	27,3	19,9	30,3
Girona-Ciudadans	777,9	147,0	225,3	160,6	245,0	22,4	34,4	24,5	37,4
Girona-Devesa-XVPCA	686,7	153,1	204,5	123,1	206,0	23,4	31,2	18,8	31,4
Girona-Escola de la Música	620,5	131,2	181,8	108,4	199,1	20,0	27,7	16,5	30,4
Girona-Fedac Sant Narcís	705,2	139,3	200,2	137,3	228,3	21,3	30,5	21,0	34,8
Girona-Montjuic	703,7	146,0	204,0	136,5	217,3	22,3	31,1	20,8	33,2
Girona-Montjuic-Aigues	760,9	155,6	203,4	161,2	240,7	23,7	31,0	24,6	36,7
Girona-IES Narcís Xifra	682,7	161,1	181,9	119,6	220,1	24,6	27,8	18,3	33,6
Girona-Palau	712,3	150,9	211,3	146,7	203,4	23,0	32,2	22,4	31,0
Girona-Parc de Bombers (SMC)	664,5	143,1	199,9	126,4	195,1	21,8	30,5	19,3	29,8
Girona-Parc del Migdia	668,3	133,7	185,3	125,1	224,3	20,4	28,3	19,1	34,2
Girona-Sta. Eugènia (SMC)	715,9	131,5	197,8	172,2	214,5	20,1	30,2	26,3	32,7
Girona-Sèquia	687,2	135,8	195,1	133,8	222,5	20,7	29,8	20,4	34,0
Girona-vall deSant Daniel	757,2	166,1	218,2	136,4	236,5	25,4	33,3	20,8	36,1
Montfullà	594,0	113,6	186,5	132,3	161,6	17,3	28,5	20,2	24,7
Quart	660,2	144,4	196,4	120,5	198,9	22,0	30,0	18,4	30,3
Salt-Aemet	649,7	128,5	198,4	129,9	193,0	19,6	30,3	19,8	29,5
Salt-centre	711,9	143,1	210,6	145,6	212,6	21,8	32,1	22,2	32,4
Salt-XOM	711,2	148,2	189,6	157,6	215,9	22,6	28,9	24,0	32,9
Sant Gregori	683,6	133,5	190,7	160,8	198,5	20,4	29,1	24,5	30,3
Sarrià de Ter-Aigues	877,1	170,5	257,2	182,6	266,9	26,0	39,2	27,9	40,7
Sarrià de Ter-Montagut	777,3	128,2	201,8	153,9	282,5	19,6	30,8	23,5	43,1
Sarrià de Ter-XVPCA	645,2	137,0	188,1	136,4	227,4	20,9	28,7	20,8	34,7
Vilablareix	694,3	147,6	211,1	147,3	188,3	22,5	32,2	22,5	28,7
Girona-Santa Clara	820,3	155,0	237,5	169,4	258,4	23,7	36,2	25,8	39,4

Transsecte 7

Data	Intensitat (°C)	Situació sinòptica	Pressió (mb)	Vent (Beaufort)	Nuvolositat (octes)	Tmàx	Lloc	T mín	Lloc
11/10/2003	3,9	Anticicló	1019	Calma	8/8 St	19	Av.St.Narcís	15,1	Pas d'en Prats
4/11/2004	3,7	Pantà baromètric	1019	Calma	8/8 As	16,1	Pg.d'Olot-Av.St.N	12,4	Pas d'en Prats
22/11/2004	4,8	Anticicló	1027	Calma	8/8 Ci	10,3	Sta.Eugènia	5,5	Pas d'en Prats
25/11/2004	6,5	Anticicló	1028	Calma	7/8 St	11,4	Pg.d'Olot-Av.St.N	4,9	Pas d'en Prats
26/1/2005	6	Adv. NE	1013	N 2	1/8 Ci	1,2	Pont Major	-4,8	Pas d'en Prats
18/3/2005	8,3	Anticicló	1029	S 2	0/8	15,5	Pg.d'Olot-Av.St.N	7,2	Pas d'en Prats
12/8/2005	4,8	Anticicló	1016	Calma	3/8 Ci, St	27	Pl.Marques de Ca	22,2	Pas d'en Prats
8/10/2005	6,9	Anticicló	1017	Calma	1/8 Ci	21,4	Gran Via	14,8	Pas d'en Prats
12/12/2005	3,8	Anticicló	1023	Calma	8/8 Sc	7,4	Gran Via	3,6	Pas d'en Prats
22/12/2005	8	Anticicló	1030	Calma	0/8	4,6	Gran Via	-3,4	Pas d'en Prats
27/1/2006	1,1	Adv.E	1010	N 2	8/8 Ns. Pluja	3,3	Pl.Marquès de Ca	2,2	Pas d'en Prats
1/2/2006	8,4	Anticicló	1019	Calma	3/8 Ci	11,4	Pg.d'Olot-Av.St.N	3	Pas d'en Prats
10/2/2006	7,3	Adv.N	1017	Calma	0/8	9,1	Sta.Eugènia-Av.S	1,8	Pas d'en Prats
16/2/2006	5	Adv.W	1000	W 2	6/8 Sc	14	Avinguda Jaume	9	Pas d'en Prats
27/2/2006	5,6	Adv.NE	1012	NE 1	5/8 St	8,2	La Salle	2,7	Pas d'en Prats
13/3/2006	7,5	Anticicló	1017	Calma	2/8 St.	9,9	Avinguda Jaume	2,4	Pas d'en Prats
23/3/2006	3,9	Anticicló	1005	Calma	8/8 As, Ac	15,4	Av.Sant Narcís	11,5	Pas d'en Prats
17/4/2006	5	Borrasca	1012	Calma	7/8 Ac,Ci,As	18	Benzinera Salesi	13	Pas d'en Prats
21/4/2006	4,1	Adv.S	1012	S 3	7/8 Ci	17,6	Plaça M.Camps	13,5	Pas d'en Prats
5/5/2006	6	Anticicló	1019	NE 2	7/8 Ci, Cc	21,2	Pg.d'Olot-Av.St.N	15,2	Pas d'en Prats
14/5/2006	3,5	Anticicló	1018	S 2	8/8 St	21	Avinguda Jaume	17,5	Pas d'en Prats
15/7/2006	2,3	Pantà baromètric	1019	Calma	7/8 As	24,1	Plaça M.Camps	21,8	Pas d'en Prats
18/7/2006	4,5	Pantà baromètric	1018	Calma	4/8 Ci	29,9	Pl.Marquès de Ca	25,4	Pas d'en Prats
28/7/2006	3,3	Borrasca	1009	S 1	5/8 Cu, Sc	28,5	Campsa	25,2	Pas d'en Prats
5/8/2006	3,3	Adv. N	1012	S 2	7/8 Sc,Cu,Ci	26,8	Avinguda Jaume	23,5	Pas d'en Prats
15/9/2006	3,8	Borrasca	1004	Calma	3/8 St	18,9	Pg.d'Olot-Av.St.N	15,1	Pas d'en Prats
20/10/2006	3,3	Adv.W	999	SW 1	8/8 As,Ac,Cu	21,1	Pg.d'Olot-Av.St.N	17,8	Pas d'en Prats
24/11/2006	4,9	Adv.SW	1002	S 2	2/8 Ci	17,4	Pl.Marquès de Ca	12,5	Pas d'en Prats

1/12/2006	3,7	Anticicló	1028	S 2	6/8 Ac	13,7	Av.St. Narcís-R.M	8,7	Pas d'en Prats
21/12/2006	11,8	Anticicló	1029	N 1	1/8 Ci	8,5	Av.St.Narcís-R.M	-3,3	Pas d'en Prats
9/2/2007	7,5	Adv.NW	1008	SW 1	1/8 Ac,Cu	11,8	Avinguda Jaume	4,3	Pas d'en Prats
15/2/2007	10,2	Anticicló	1017	S 1	0/8	11,9	Avinguda Jaume	1,7	Pas d'en Prats
23/2/2007	3,6	Adv.W	1006	Calma	8/8 Ns. Pluja	13,1	Pl.Marquès de Ca	9,5	Pas d'en Prats
5/4/2007	3,4	Adv.E	1015	N 2	7/8 Sc	14,4	Avinguda Jaume	11	Pas d'en Prats
21/9/2007	2,5	Anticicló	1025	S 1	8/8 As	24,1	Pg.d'Olot-Av.St.N	19,1	Pas d'en Prats
22/10/2007	9,1	Adv. NE	1015	Calma	7/8 Cs,Ci	15,1	Santa Eugènia	6	Pas d'en Prats
20/12/2007	4,4	Anticicló	1028	Calma	8/8 Ns. Pluja	10,4	Avinguda Jaume	6	Pas d'en Prats
1/2/2008	5,3	Adv. NW	1013	NE 1	8/8 As	11,3	Avinguda Jaume	6	Pas d'en Prats
25/9/2009	8,7	Anticicló	1016	S 2	1/8 Cu	24,2	Avinguda Sant Na	15,5	Pas d'en Prats
7/10/2009	5,6	Anticicló	1016	S 2	3/8 Ac	24,5	Francesc Ciurana	18,5	Pas d'en Prats
17/10/2009	9,5	Anticicló	1020	S 2	1/8 Cu	15	Juli Garreta	5,5	Pas d'en Prats
28/10/2009	6,2	Anticicló	1020	Calma	8/8 St	17	Avinguda Sant Na	11	Pas d'en Prats
18/11/2011	4,9	Adv. SE	1017	Calma	5/8 Ci, Sc	11,2	Francesc Ciurana	6,3	Pas d'en Prats
30/11/2011	6,9	Anticicló	1025	Calma	0/8	14,2	Alvarez de Castro	7,3	Pas d'en Prats
5/12/2011	5,9	Adv. NW	1020	Calma	7/8 As	11,9	Gran Via-Álvarez	6	Pas d'en Prats
14/12/2011	6,5	Adv. W	1021	NE 1	4/8 Sc	12,5	Emili Grahit	6	Pas d'en Prats
2/2/2012	4,2	Adv. NE	1016	N 3	8/8 Ns	1,2	Francesc Ciurana	-3	Sant Medir
22/2/2012	6,5	Anticicló	1026	Calma	0/8	21,4	Francesc Ciurana	-1	Pas d'en Prats
2/3/2012	6,5	Anticicló	1026	Calma	0/8	11,5	Juli Garreta	5	Carretera a Sant Medir
16/4/2012	5,2	Adv. N	1003	N 4	7/8 Ac	13,2	Creu-Migdia	8	Pas d'en Prats
17/8/2012	6,8	Anticicló	1014	Calma	2/8 Ac, Cu, Ci	26,3	Plaça Marquès de	19,5	Pas d'en Prats
25/3/2013	4,8	Adv. NE	1003	Calma	6/8 Sc	13,3	Plaça Poeta Marc	8,5	Pas d'en Prats

Transecte 8 i 8b

Rec.	Rec.		Hora	Intensitat	Situació	Pressió	Vent	Nuvolositat	Hora	Hora
dia	tipus	Data	màx.	(°C)	sinòptica	(mb)	Beaufort	(octes)	inici	final
8+2	8	28/1/2004	20,1	5,6	Adv. NW	1018	Calma	0/8	19,5	20,25
8+2	8	15/12/2005	19,5	9,1	Anticicló	1020	Calma	0/8	19,31	20,15

4+8	8	27/1/2007	20,1	7,2	Adv.NE	1027	N 2	0/8	19,11	19,5
8+2	8	2/3/2007	20,1	6,2	Adv. W antic.	1015	Calma	1/8 Ci	20,12	20,5
8+2	8	14/3/2007	20,53	2,6	P.bar.	1012	Calma	1/8 Ci	20,31	21,06
8+2	8	10/11/2007	21,05	5,2	Anticicló	1023	NE 1	0/8	20,4	21,2
8+2	8	16/11/2007	20,48	5,8	Adv.NE	1016	Calma	0/8	20,1	21
8+2	8	10/12/2007	20,32	6,9	Adv.NW	1016	Calma	1/8 Cu, Sc	20,06	20,47
2+3+8	8	18/1/2008	20,5	6,2	Anticicló	1030	Calma	0/8	20,25	21,01
8+2	8	24/1/2008	20,38	7,9	Anticicló	1028	Calma	2/8 Ci	20,08	20,57
1+8+2	8	14/3/2008	20,42	5,8	Anticicló	1030	Calma	0/8	19,45	21,04
8	8b	7/1/2009	20,45	2,6	Adv. NE	1008	Calma	0/8	20,25	21,25
8	8b	6/2/2009	20,59	8,4	Adv.NW	988	Calma	3/8 St	20,4	21,4
8	8b	13/2/2009	20,4	3,5	Anticicló	1017	Calma	0/8	20,15	21,15
8	8b	27/3/2009	20,56	4,2	Adv.NW	1007	S 1	1/8 St	20,32	21,32
8	8b	9/4/2009	20,35	3,2	Anticicló	1015	Calma	1/8 St	20,08	21,08
8	8b	6/11/2009	20,56	5,1	Adv.NW	1016	Calma	0/8	20,3	21,3
8	8b	27/11/2009	20,57	6,4	Adv.W	1013	Calma	8/8 St	20,28	21,28
8	8b	4/12/2009	20,57	5,7	Adv.NW	1010	Calma	1/8 Ci, St	20,26	21,26
8	8b	11/12/2009	20,57	7,1	Anticicló	1020	Calma	0/8	20,25	21,25
8	8b	10/1/2010	21,15	5,6	Adv. N	1013	Calma	0/8	20,4	21,4
8	8b	5/2/2010	20,52	8	Adv.NE	1015	Calma	0/8	20,3	21,33
8	8b	12/2/2010	20,52	6	Adv.NE	1007	Calma	0/8	20,27	21,17
8	8b	20/2/2010	20,3	6,1	Anticicló	1016	Calma	1/8 Ac, Cs	20,03	21,03
8	8b	24/2/2010	21,01	8,8	Adv.W	1008	Calma	0/8	20,36	21,36
8	8b	26/2/2010	20,45	8	Adv.W	1006	Calma	6/8 Cu, Ci	20,14	21,24
8	8b	5/3/2010	20,55	5,5	Adv. NE	1018	N 2	0/8	20,3	21,3
8	8b	12/3/2010	21,04	7,2	Adv.NE	1016	Calma	7/8 Sc	20,32	21,32
8	8b	19/3/2010	20,4	3,1	Adv. S	1023	Calma	8/8 As	20,15	21,15
8	8b	16/4/2010	20,2	7,1	Adv. E	1018	Calma	1/8 Ac	20,2	20,49
8+1	8b	26/12/2010	20,35	5,7	Anticicló	1017	Calma	0/8	20,04	21,06
8	8b	25/2/2011	20,51	6,7	Anticicló	1021	NE 1	4/8 St	20,3	21,33
8+1	8b	7/3/2011	20,48	7,6	Anticicló	1021	NE 1	4/8 St	20,27	21,17

8+1	8b	18/3/2011	20,48	8,2	Anticicló	1021	N 2	5/8 Ac, Ci	20,27	21,17
8+1	8b	1/4/2011	21,05	7,9	Anticicló	1020	SE 1	1/8 Ci	20,38	21,34
8+2+7	8b	8/7/2011	22,5	5	Anticicló	1016	Calma	0/8	22,15	23,25
8	8b	4/10/2011	21	11,1	Anticicló	1028	Calma	0/8	20,41	21,4
8	8b	18/11/2011	18,45	5,7	Adv. SE	1017	Calma	5/8 Ci, Sc	17,54	18,52
8+7	8b	30/11/2011	20,51	7	Anticicló	1026	Calma	0/8	19,51	20,51
8+1+7	8b	30/12/2011	20,12	8,4	Anticicló	1036	Calma	0/8	19,43	20,41
8	8b	6/1/2012	20,55	7,1	Adv. N	1027	Calma	6/8 Ci	20,25	20,4
8+7	8b	30/1/2012	20,51	8	Anticicló	1021	Calma	0/8	20,31	21,33
8+4	8b	4/2/2012	20,14	4,2	Adv. NE	1026	N 2	0/8	20,03	21,4
8+7	8b	8/2/2012	21	7,8	Adv. NE	1026	Calma	7/8 St	20,32	21,36
8+7	8b	15/2/2012	20,53	8,9	Anticicló	1020	Calma	0/8	20,22	21,23
8	8b	9/3/2012	20,11	10,3	Anticicló	1028	Calma	0/8	19,51	20,51
8+7	8b	12/3/2012	20,49	9,1	Anticicló	1025	Calma	0/8	20,17	21,16
8+7	8b	19/3/2012	20,53	6,2	Anticicló	1030	NE 2	4/8 Ns	20,22	21,21
8+7	8b	23/3/2012	21,12	3,9	Anticicló	1025	NE 2	0/8	20,45	21,43
8+7	8b	30/3/2012	21,12	11,5	Adv. NE	1011	N 1	0/8	20,21	21,37
8+7+1	8b	13/4/2012	21,04	4,4	Adv. N	1001	N 1	4/8 Ac	20,43	21,41
8+7	8b	16/4/2012	21,05	4,7	Adv. N	1003	N 4	7/8 Ac	20,28	21,3
8	8b	29/6/2012	20,58	4,3	Pantà baromètric	1008	S 2	0/8	20,29	21,26
1+8+7	8b	18/7/2012	21,5	11	Anticicló	1016	Calma	0/8	21,25	22,26
8+7+1	8b	24/7/2012	22,4	3,1	Anticicló	1015	Calma	0/8	22,15	23,16
8+7	8b	20/9/2012	21	5,9	Anticicló	1018	Calma	0/8	20,33	21,29
8+7	8b	28/10/2012	21	9,3	Adv. N	1012	N 1	2/8 Ci	20,34	21,33
8	8b	7/11/2012	21	6	Anticicló	1029	Calma	0/8	20,35	21,36
8+7	8b	23/11/2012	20,52	6,1	Anticicló	1018	Calma	0/8	20,25	21,26
8+7	8b	27/12/2012	20,15	7	Anticicló	1026	Calma	4/8 Ci	19,48	20,51
8+7	8b	12/1/2013	19,22	8,2	Adv. N	1012	Calma	0/8	18,52	19,56
8+7	8b	25/1/2013	21	8,2	Adv. NE	1008	Calma	0/8	20,29	21,26
8	8b	24/2/2013	20,35	5,2	Adv. NE	1007	Calma	0/8	20,04	21,06
8+7+2	8b	26/2/2013	20,52	8,7	Anticicló	1018	Calma	3/8 Ac, Cu, Ci	20,22	21,21

Transecte 2

Rec. dia	Data	Hora màx.	l (°C)	Situació sinòptica	P (mb)	Vent B.	Nuv. (octes)	Hora inici	Hora final	Tmàx
2+9	8/11/2002	18,17	7	Anticicló	1021	Calma	8/8 Ac,Ci	18,01	18,23	14,2
2+9	12/12/2002	18,18	6,7	Anticicló	1020	Calma	0/8	18,01	18,24	13
2+9	23/12/2002	19,09	3	Adv.W	1016	N 1	7/8 St	18,51	19,14	12,2
2	25/12/2002	20,43	4,2	Adv.W	1020	Calma	0/8	20,38	20,58	9,7
2	17/1/2003	23,27	3,6	Adv.NE	1012	Calma	8/8 St	23,22	23,42	3,8
2	19/1/2003	20,28	0,7	Adv. W	1014	N 2	0/8	20,23	20,43	8,7
2	7/2/2003	23,4	5,8	Anticicló	1023	Calma	0/8	23,35	23,55	5,8
2	10/2/2003	20,4	3,4	Anticicló	1023	Calma	0/8	20,25	20,45	6,9
2	7/3/2003	20,4	1,5	Anticicló	1022	Calma	0/8	20,25	20,45	11
2	11/4/2003	23,4	4,8	Adv. SW	1013	Calma	0/8	23,35	23,5	11,2
2	18/4/2003	23,45	5,4	Anticicló	1022	Calma	0/8	23,4	23,55	16,3
2	26/4/2003	23,1	5	Adv. W	1018	Calma	1/8 Ci	23,05	23,2	13,8
2	2/5/2003	20,52	2,1	Anticicló	1019	Calma	0/8	20,4	21,02	19,4
2	2/5/2003	23,25	4,6	Anticicló	1019	Calma	0/8	23,2	23,4	16
2	3/5/2003	23,35	4,7	Anticicló	1022	Calma	0/8	23,3	23,5	14,9
2	24/5/2003	23,3	2,7	Pantà baromètric	1013	Calma	4/8 St	23,25	23,45	14,3
2	6/6/2003	23,38	2,5	Pantà baromètric	1020	Calma	4/8 St	23,33	23,53	19,5
2	13/6/2003	23,37	3,5	Pantà baromètric	1019	Calma	4/8 St	23,32	23,52	24,3
2	21/6/2003	23,38	6,4	Pantà baromètric	1019	Calma	0/8	23,33	23,53	27,7
2	24/6/2003	0,33	5	Pantà baromètric	1019	Calma	0/8	0,28	0,48	26,1
2	28/6/2003	23,37	4,4	Pantà baromètric	1019	Calma	0/8	23,32	23,52	23,5
2	5/7/2003	23,38	4,4	Anticicló	1016	Calma	0/8	23,33	23,53	22,7
2	11/7/2003	23,42	5,4	Pantà baromètric	1016	Calma	0/8	23,37	23,57	26,6
2	12/7/2003	23,45	4,4	Pantà baromètric	1018	Calma	0/8	23,4	23,59	26
2	19/7/2003	23,4	4	Pantà baromètric	1017	Calma	0/8	23,35	23,55	26
2	24/7/2003	23,58	1,8	Pantà baromètric	1019	Calma	8/8 St	23,53	0,12	21,1
2	2/8/2003	0,18	4,6	Pantà baromètric	1015	Calma	0/8	0,13	0,33	25,8

2	3/8/2003	0,13	5,2	Pantà baromètric	1021	Calma	0/8	0,08	0,28	26,3
2	16/8/2003	23,2	3	Borrasca	1012	Calma	0/8	23,15	23,35	25,8
2	24/8/2003	0,03	5,5	Anticicló	1016	Calma	0/8	-0,02	0,18	21,7
2	20/9/2003	23,2	3,6	Anticicló	1020	Calma	0/8	23,15	23,35	20,3
2	4/10/2003	23,33	0,6	Adv. N	1014	Calma	7/8 Sc	23,28	23,48	15,2
2+3	7/10/2003	19,48	3,4	Anticicló	1021	SW 1	5/8 Ci	19,42	20,04	17,9
2	10/10/2003	0,13	5,5	Anticicló	1021	Calma	0/8	0,09	0,28	17,7
2+3	11/10/2003	0,18	1,1	Anticicló	1019	Calma	8/8 St	0,13	0,32	16,9
2+7	11/10/2003	19,32	2,8	Anticicló	1019	S 1	8/8 St	19,27	19,49	19
2	18/10/2003	23,2	0,5	Adv. NE	1011	Calma	8/8 St	23,15	23,38	11,2
2	24/11/2003	20,4	2,5	Adv. NW	1005	Calma	0/8	20,26	20,44	9,2
2	28/11/2003	20,55	4,3	Adv. NW	1014	Calma	1/8 Ci	20,39	21	6,1
2	28/11/2003	20,3	4,6	Adv. NW	1014	Calma	1/8 St	20,15	20,34	6,3
2	1/12/2003	17,55	1,4	Borrasca	1003	N 1	8/8 Ns, St	17,5	18,09	12,8
2	7/12/2003	0,4	1,2	Anticicló	1017	Calma	0/8	0,35	0,57	9,4
2	9/12/2003	0,1	4	Anticicló	1020	Calma	0/8	0,05	0,26	4,8
2+3	10/12/2003	19,12	5,2	Anticicló	1020	Calma	0/8	18,59	19,19	8,8
2+3	12/12/2003	19,15	5,7	Anticicló	1023	Calma	0/8	19,09	19,31	12,3
2	13/12/2003	23,35	4,9	Anticicló	1022	Calma	1/8 Ci	23,29	23,5	8,1
2+3	15/12/2003	20,1	3,7	Anticicló	1022	Calma	0/8	19,2	19,42	7,7
2+9	19/12/2003	20,05	3,2	Adv. S	1021	Calma	8/8St	19,59	20,22	10,5
2	19/12/2003	23,4	4	Adv. S	1021	Calma	0/8	23,35	23,55	9
2+9	22/12/2003	20,2	1	Adv. N	1023	N 5	1/8 Ci	20,15	20,35	3,5
2+3	24/12/2003	19,17	4,7	Anticicló	1027	S 1	0/8	19,12	19,35	9
2	26/12/2003	18,5	5,5	Anticicló	1025	Calma	2/8 Ci	18,45	18,65	9,4
2	26/12/2003	23,55	4,2	Anticicló	1025	Calma	0/8	23,5	23,7	8,7
2+9	28/12/2003	18,2	7,1	Adv. W	1012	Calma	0/8	18,21	18,44	7,8
2	29/12/2003	18,35	6,1	Adv. NW	1012	Calma	St	18,3	18,5	7
2+3	3/1/2004	19,3	4,5	Adv. NE	1013	Calma	0/8	19,22	19,23	7
2	4/1/2004	0,1	4	Adv. NE	1013	N 1	0/8	0,05	0,25	5
2+3	5/1/2004	19,5	6,6	Anticicló	1019	N 1	0/8	19,06	19,28	6,7

2	7/1/2004	20,13	4,5	Anticicló	1019	Calma	8/8 St	19,55	20,18	6,3
2	9/1/2004	23,35	1,8	Adv. W	1015	Calma	8/8 St	23,3	23,5	10,5
2+9	10/1/2004	18,49	7,5	Adv. W	1018	Calma	1/8 Cu, Sc	18,31	18,54	15,6
2	12/1/2004	20,3	6,6	Adv. W	1021	S 2	8/8 St	20,14	20,35	13,2
1+2	16/1/2004	19,55	4,9	Adv. NW	1014	Calma	7/8 Sc	19,48	20,11	9,5
2	17/1/2004	23,4	1,6	Adv. NW	1008	Calma	8/8 Ns. Pluja	23,35	0	9,1
2	19/1/2004	18	3,2	Adv. NE	1018	N 4	1/8 Ac, Cc	17,55	18,15	12,8
2	19/1/2004	20,32	0,6	Adv. NE	1018	N 4	8/8 As	20,17	20,38	12,1
2	24/1/2004	20,45	0,8	Adv. NW	1017	N 2	8/8 Ns. Plugim	20,29	20,49	9,1
2+8	28/1/2004	19,31	3,2	Adv. NW	1018	Calma	0/8	19,27	19,49	6
2+3	31/1/2004	20,25	5,7	Anticicló	1029	NW 2	0/8	19,43	20,04	8,2
2	6/2/2004	20,5	1,2	Anticicló	1029	Calma	8/8 St	20,36	20,55	10
2+3	9/2/2004	19,22	4,3	Anticicló	1028	S 1	0/8	19,17	19,39	10,4
2	13/2/2004	23,55	6	Anticicló	1024	Calma	0/8	23,5	0,11	6
2+1	13/2/2004	19,31	2,8	Anticicló	1024	Calma	0/8	19,25	19,47	8,3
2	21/2/2004	23,45	0,7	Adv. SW	1000	Calma	8/8 Ci, Cs	23,39	23,59	0
2	1/3/2004	20,15	1,6	Adv. NE	1017	N 4	0/8	19,37	19,59	12,3
2	5/3/2004	23,37	2,2	Adv. W	1017	Calma	8/8 Ac	23,32	23,52	5,3
2	6/3/2004	23,49	1,3	Depr. relativa	1014	Calma	6/8 Ac	23,45	0,03	10,3
2	15/3/2004	20,4	2,9	Anticicló	1032	Calma	0/8	20,25	20,44	9,3
2+1	19/3/2004	19,43	3,4	Anticicló	1029	Calma	2/8 Ci	19,38	20,01	12,2
2	26/3/2004	23,3	1	Adv. NE	1012	S 1	8/8 Ns. Pluja	23,25	23,45	10,8
2+3	26/3/2004	19,32	1,2	Adv. NE	1012	SE 1	8/8 Ns. Pluja	19,27	19,49	15,2
2	2/4/2004	23,5	1,4	Adv. W	1015	Calma	8/8 St	23,45	23,65	8,8
2	4/4/2004	0,1	4	Anticicló	1024	Calma	8/8 St	0,05	0,25	5,5
2	9/4/2004	23,4	5,1	Adv. NE	1010	Calma	0/8	23,35	23,55	4,7
2	10/4/2004	23,5	5,7	Adv. NE	1014	Calma	0/8	23,45	23,65	7,6
2	16/4/2004	23,42	0,6	Borrasca	1005	Calma	8/8 Ns. Pluja	23,37	23,57	10,9
2	17/4/2004	22,5	1,2	Adv. NW	1009	Calma	7/8 Sc	22,45	22,65	10,3
2	19/4/2004	7	2,1	Adv. NW	1016	Calma	1/8 Cu, Sc	6,55	7,15	10,3
2	23/4/2004	23,49	3,6	Adv. NE	1017	Calma	0/8	23,44	23,64	5,6

2	25/4/2004	23,59	4,9	Anticicló	1018	Calma	0/8	23,54	23,74	7,1
2	30/4/2004	23,1	4,1	Adv. NW	1005	Calma	0/8	23,05	23,25	11,2
2	1/5/2004	23,4	4,7	Adv. W	1008	Calma	0/8	23,35	23,55	12,3
2	2/5/2004	23,35	4,6	Anticicló	1019	Calma	0/8	23,3	23,5	11,3
2	3/5/2004	23,35	6,1	Anticicló	1022	Calma	0/8	23,3	23,5	12,3
2	15/5/2004	23,55	2,4	Anticicló	1022	Calma	7/8 Ac	23,5	23,7	12,2
2	29/5/2004	0,4	4,8	Anticicló	1018	Calma	0/8	0,35	0,55	12,6
2	5/6/2004	1,1	6	Anticicló	1018	Calma	0/8	1,05	1,25	21,6
2	11/6/2004	23,4	5,2	Anticicló	1021	Calma	0/8	23,35	23,55	22,5
2	19/6/2004	0,25	5,6	Anticicló	1014	Calma	0/8	0,2	0,4	23,1
2	19/6/2004	23,1	0,8	Borrasca	1007	Calma	8/8 Ns. Pluja	23,05	23,25	17,2
2	20/6/2004	23,5	5,9	Pantà baromètric	1014	Calma	0/8	23,45	23,65	16,3
2	24/6/2004	0,3	5,7	Pantà baromètric	1015	Calma	0/8	0,25	0,45	21,9
2	2/7/2004	23,4	1,2	Anticicló	1016	Calma	7/8 St	23,35	23,55	22,5
2	3/7/2004	0,1	4,5	Anticicló	1016	Calma	0/8	0,05	0,25	21,8
2	5/7/2004	23,4	5,7	Anticicló	1016	Calma	0/8	23,35	23,55	23,6
2	24/7/2004	0,4	5,2	Pantà barom.	1017	Calma	0/8	0,35	0,55	24,4
1+2	24/7/2004	22,47	1,9	Pantà barom.	1017	Calma	0/8	22,45	22,58	26,7
2	1/8/2004	0,1	4,8	P.baromètric	1019	Calma	0/8	0,05	0,25	26,7
2	8/8/2004	0,5	5,1	Pantà barom.	1015	Calma	0/8	0,45	0,65	23,5
2	15/8/2004	23,3	4,5	Anticicló	1018	Calma	0/8	23,25	23,45	24,3
2	17/8/2004	1	0,4	Adv. W	1012	Calma	8/8 St	0,55	1,15	22,5
2	11/9/2004	23,17	1,1	Pantà barom.	1018	Calma	3/8 Cb. Tempesta	23,12	23,32	23,8
2	18/9/2004	0,4	3,4	Anticicló	1022	Calma	1/8 Ci	0,35	0,55	19,5
2	18/9/2004	23,4	4	Anticicló	1018	Calma	0/8	23,35	23,55	20,5
2	19/9/2004	0,45	4,4	Anticicló	1022	Calma	0/8	0,4	1	16,1
2	20/9/2004	21,15	1	Anticicló	1022	Calma	8/8 St	20,57	21,2	21,7
1+2	23/9/2004	19,58	3,7	Anticicló	1017	Calma	0/8	19,55	20,18	23,3
2	25/9/2004	0,01	0,6	Adv. N	1011	N 4	0/8	23,56	0,14	17,1
2	16/10/2004	1,1	2,7	Adv. NW	1009	Calma	0/8	1,05	1,23	11,8
2	16/10/2004	23,25	1,9	Adv. W	1007	Calma	7/8 Sc	23,2	1	13,5

2	31/10/2004	22,15	0,5	Borrasca	1006	N 1	8/8 Ns. Plugim	22,1	1	11,8
2+6	4/11/2004	20,07	2,7	P.baromètric	1019	Calma	8/8 St	20,02	20,24	15,5
2	11/11/2004	20,4	2,7	Adv. NE	1012	N 2	0/8	20,25	20,45	9
2	12/11/2004	23,5	4,5	Adv. NE	1015	Calma	0/8	23,44	0,05	8
2	19/11/2004	23,3	5	Adv. N	1017	Calma	0/8	23,25	23,45	6,7
2+7	22/11/2004	19,53	2,9	Anticicló	1029	S 2	0/8	19,48	20,11	10
2+7	25/11/2004	20,4	4,7	Anticicló	1028	Calma	0/8	19,55	20,18	10,7
2	3/12/2004	21,1	3,7	Adv. E	1017	Calma	3/8 St	20,54	21,15	10,7
2	3/12/2004	19,2	0,7	Adv. E	1017	Calma	8/8 Ns. Pluja	19,15	19,34	11,7
2+9	15/12/2004	20,08	3,8	Anticicló	1021	Calma	4/8 St	20,03	20,26	11,4
2	17/12/2004	19,42	3,3	Adv.NW	1012	Calma	4/8 St	19,3	19,53	11
2	18/12/2004	19,1	5	Adv. NW	1015	Calma	8/8 St	19,05	19,25	9,4
1+2	22/12/2004	19,55	4,7	Anticicló	1025	Calma	0/8	19,51	20,13	5,7
2	30/12/2004	19,2	5	Anticicló	1021	Calma	0/8	18,45	19,08	7,8
1+2	3/1/2005	19,19	5	Anticicló	1038	Calma	0/8	19,14	19,37	7,7
2+3	4/1/2005	19,3	4	Anticicló	1034	Calma	0/8	19,25	19,48	3,5
2+3	7/1/2005	19,43	6,3	Anticicló	1034	Calma	0/8	19,37	20	10,3
1+2	11/1/2005	19,58	5	Anticicló	1022	Calma	0/8	19,36	20,19	5,7
1+2	12/1/2005	20,26	4	Anticicló	1028	Calma	0/8	20	21	6,5
2+3	14/1/2005	20	5	Anticicló	1027	S 1	0/8	19,49	20,12	6,6
1+2	21/1/2005	19,46	5	Anticicló	1019	Calma	0/8	19,41	20,03	10,4
2+7	26/1/2005	19,3	5,2	Adv. NE	1013	N 2	0/8	19,22	19,49	0,7
2+3	28/1/2005	19,56	1,3	Adv. NE	1011	E 1	8/8 Ns	19,51	20,13	3,3
2	31/1/2005	19,35	6,5	Anticicló	1022	Calma	0/8	19,26	19,49	6,2
2	4/2/2005	20,47	3,3	Anticicló	1027	Calma	8/8 St	20,2	20,52	9,7
2	4/2/2005	23,2	1,9	Anticicló	1027	Calma	8/8 St	23,15	23,35	6
2	5/2/2005	23,1	1	Anticicló	1020	Calma	8/8 St	23,05	23,24	7,1
2	9/2/2005	19,34	4,5	Anticicló	1028	Calma	0/8	19,28	19,49	10,2
2	11/2/2005	19,43	4,4	Anticicló	1035	Calma	0/8	19,38	20,01	12,9
2	12/2/2005	23,15	4,5	Adv. NW	1021	Calma	0/8	23,1	23,3	10,4
2	18/2/2005	23,2	4,5	Adv. N	1017	Calma	0/8	23,15	23,35	0,2

2	18/2/2005	19,56	2,6	Adv. N	1017	Calma	0/8	19,45	20,06	4
2	19/2/2005	22	5,3	Adv. N	1008	Calma	1/8 St	21,55	22,14	5
2+1	23/2/2005	19,27	3,4	Borrasca	1006	Calma	3/8 St,Cu	19,22	19,44	5
2	26/2/2005	23,+C18800	5	Borrasca	1007	Calma	8/8 Ns. Pluja	22,55	23,14	5,4
2+1	4/3/2005	20,01	4,7	Adv.NE	1009	Calma	0/8	19,51	20,13	4,2
2	5/3/2005	23,2	1,2	Adv. N	1008	Calma	7/8 Sc	23,15	23,35	4,6
2	10/3/2005	20,35	5,3	Anticicló	1022	Calma	1/8 St	20,26	20,5	5,5
2	18/3/2005	23,35	5	Anticicló	1029	Calma	0/8	23,29	23,49	15,4
2+7	18/3/2005	19,53	8,3	Anticicló	1029	S 2	0/8	19,48	20,09	9,4
2	19/3/2005	23,35	5,7	Anticicló	1025	Calma	0/8	23,28	23,46	8,5
2	24/3/2005	20,55	0,6	Adv. S	1019	Calma	8/8 St	20,41	21	14
2+1	3/4/2005	20,1	4,1	Adv. NE	1009	Calma	0/8	19,25	19,46	13,5
2	15/4/2005	21,14	1	Adv. NW	1006	Calma	8/8 Ns	21,09	21,29	10,3
2	15/4/2005	23,4	1,5	Adv. NW	1006	Calma	8/8 Ns	23,35	23,55	9,5
2+9	22/4/2005	20,32	2,4	Adv. W	1013	Calma	1/8 Ci	20,27	20,49	14,5
2	29/4/2005	21,2	3,8	Anticicló	1020	Calma	4/8 Ci	21,15	21,35	10,5
2	30/4/2005	0,1	8,1	Anticicló	1020	Calma	0/8	0,05	0,25	21,4
2	30/4/2005	21,1	5,4	Anticicló	1020	S 2	4/8 Ci	21,05	21,25	17,5
2	30/4/2005	23,3	2,3	Anticicló	1020	Calma	0/8	23,25	23,45	21,7
2	7/5/2005	0,1	6,3	Anticicló	1015	Calma	0/8	0,05	0,25	18,8
2	8/5/2005	0,23	5,5	Anticicló	1015	Calma	0/8	0,18	0,38	16
2	20/5/2005	23,4	2,9	Anticicló	1017	S 3	0/8	23,35	23,55	15,7
2	27/5/2005	23,25	4	Anticicló	1020	Calma	0/8	23,2	23,4	17,3
2	24/6/2005	1	5,2	Pantà baromètric	1016	S 2	0/8	0,95	1,15	18
2	24/6/2005	23,25	2,2	Pantà baromètric	1013	Calma	2/8 Sc	23,2	23,4	18,2
2	25/6/2005	23,1	4,5	Pantà baromètric	1013	Calma	0/8	23,05	23,25	24,6
2	15/7/2005	23,3	4	P.baromètric	1014	Calma	0/8	23,25	23,45	25,5
2	17/7/2005	21,1	4,7	Borrasca	1010	Calma	3/8 As, Ci	21,05	21,25	24,9
2	17/7/2005	22,5	5	Borrasca	1010	N 1	0/8	22,45	22,65	27,2
2	3/8/2005	23,4	4,5	Anticicló	1016	Calma	0/8	23,35	23,55	27,4
2+7	12/8/2005	20,32	4,8	Anticicló	1016	Calma	3/8 Ci, St	20,27	20,49	26

2	12/8/2005	23,2	5,3	Anticicló	1016	Calma	0/8	23,14	23,33	21,3
2	3/9/2005	23,28	5,1	Pantà barom.	1020	Calma	0	23,23	23,41	23,6
2	23/9/2005	23,15	4,4	Pantà barom.	1017	Calma	0/8	23,1	23,3	25,1
2	8/10/2005	19,32	4,5	Anticicló	1017	Calma	1/8 Ci	19,27	19,48	19
2	21/10/2005	19,25	4,2	Adv.SW	1008	Calma	2/8 Ci	19,23	19,45	21
2	21/10/2005	23,4	4,6	Adv.SW	1008	Calma	2/8 Ci	23,35	23,53	21,6
2	28/10/2005	19,4	3	Adv.S	1020	Calma	1/8 St	19,28	19,52	17,6
2	11/11/2005	19,47	3,4	Anticicló	1030	Calma	As,Sc	19,36	19,58	21
2	22/11/2005	19,42	5,1	Adv.NE	1016	Calma	1/8 St	19,1	19,33	14
2+3	8/12/2005	19,36	5,2	Adv.NW	1018	Calma	1/8 Ac,Cu	19,31	19,54	0,5
2	10/12/2005	8,2	4	Adv.NE	1021	Calma	1/8 St	8,15	8,35	9
2+7	12/12/2005	20,11	2	Anticicló	1023	Calma	8/8 Sc	19,3	19,51	6,5
2+8	15/12/2005	19,13	4,9	Anticicló	1020	Calma	0/8	19,08	19,3	6,4
2	16/12/2005	23,18	6	Adv. N	1014	Adv. N	Calma	23,13	23,33	4,5
2+7	22/12/2005	20,1	6,9	Anticicló	1030	Calma	0/8	20	20,23	3,3
2+6	25/12/2005	20,59	3,7	Anticicló	1016	Calma	0/8	20,3	21,03	6,7
1+2	28/12/2005	19,14	6,3	Adv.N	1008	Calma	0/8	19,08	19,3	4,7
2+1	3/1/2006	19,35	4,9	Adv. N	1012	Calma	0/8	19,18	19,4	3,5
2+3	12/1/2006	19,25	4,5	Anticicló	1030	Calma	1/8 Ac	19,3	19,52	6,5
2+3	20/1/2006	20,23	3,1	Anticicló	1026	Calma	8/8 St	19,38	20,02	7
2	23/1/2006	19,37	6,2	Anticicló	1021	S 1	0/8	19,32	19,49	12
2+7	27/1/2006	20	0,6	Adv.E	1010	N 2	8/8 Ns. Pluja	19,54	20,16	7
2+7	1/2/2006	18,5	6	Anticicló	1019	Calma	3/8 Ci	18,45	19,08	3
2+7	10/2/2006	20,16	4,8	Adv.N	1017	Calma	0/8	20,1	20,33	10,8
2+7	16/2/2006	19,58	4,3	Adv.W	1000	W 2	6/8 Sc	19,52	20,14	8,7
2+7	27/2/2006	19,38	2,8	Adv.NE	1012	NE 1	8,2	19,35	19,56	15,8
2	10/3/2006	21,16	4,9	Adv. NW	1012	Calma	5/8 St	21,02	21,21	8,8
2+7	19/3/2006	19,32	5	Anticicló	1017	Calma	2/8 St	19,27	19,49	9,9
2+7	23/3/2006	19,45	2,5	Adv.SW	1005	Calma	8/8 As,St	19,39	20,02	9
2	7/4/2006	20,34	2,7	Anticicló	1017	Calma	3/8 As, St	20,34	20,54	15
2+7	17/4/2006	19,3	0,7	Borrasca	1012	S 3	7/8 Ac,Ci,As	19,51	20,13	15

2+7	21/4/2006	20,18	1,7	Adv.S	1012	S 3	7/8 Ci,Cs	20,04	20,25	17,7
2+7	5/5/2006	21	6	Anticicló	1019	NE 2	7/8 Ci, Cc	19,53	20,15	21,2
2	8/5/2006	23,31	5,5	Anticicló	1025	Calma	1/8 St	23,26	23,47	17,8
2+7	14/5/2006	21,1	1,8	Anticicló	1018	S 2	8/8 St	20,21	20,43	20,2
2	3/6/2006	23,58	5,9	Anticicló	1020	Calma	7/8 Ci	23,53	0,13	11,5
2+7	15/7/2006	20,4	1,6	Pantà bar.	1019	Calma	7/8 As	20,35	20,58	23,7
2+7	18/7/2006	20,4	2,8	Pantà bar.	1018	Calma	4/8 Ci	19,54	20,16	29,2
2+7	28/7/2006	20,55	1,8	Borrasca	1009	S 1	5/8 Cu, Sc	20,05	20,27	27,5
2+7	5/8/2006	21,06	1,7	Adv. N	1012	S 2	7/8 Sc,Cu,Ci	20,25	20,48	26,1
2+7	15/9/2006	19,52	2,9	Borrasca	1004	Calma	3/8 St	19,47	20,09	19
2+7	20/10/2006	20,55	2,1	Adv.W	999	SW 1	8/8 As,Ac,Cu	19,58	20,25	20,8
2+3	10/11/2006	20,2	5	Anticicló	1028	Calma	3/8 Ci	19,35	19,57	14,6
2+7	24/11/2006	20,3	4,9	Adv.SW	1002	S 2	2/8 Ci	20,17	20,39	16,9
2+7	1/12/2006	20,33	3	Anticicló	1028	S 2	6/8 Ac	20,22	20,45	13,2
2+7	6/12/2006	8	4,7	Anticicló	1030	Calma	0/8	7,51	8,15	0,3
2+3	8/12/2006	20,4	4	Adv.W	1002	Calma	0/8	20,01	20,23	9
2+3	11/12/2006	19,4	6,8	Anticicló	1032	Calma	0/8	19,35	19,57	7
2+7	21/12/2006	19,38	7,3	Anticicló	1029	N 1	1/8 Ci	19,34	19,57	8
2	29/12/2006	20,52	6,3	Anticicló	1027	Calma	0/8	20,3	20,55	6,3
2	3/1/2007	19,26	5,2	Anticicló	1030	S 2	2/8 Ci	19,22	19,45	8,6
2+3	12/1/2007	20,3	8,8	Anticicló	1028	S 1	0/8	19,36	19,59	11
2	19/1/2007	20,5	5	Anticicló	1031	Calma	0/8	20,3	20,55	12,6
2+3	26/1/2007	19,45	4,5	Adv. NE	1010	S 3	0/8	19,36	19,59	2,7
2+7	9/2/2007	20,08	4,3	Adv.NW	1008	SW 1	1/8 Ac,Cu	20,02	20,24	11,3
2+7	15/2/2007	19,56	8,3	Anticicló	1017	S 1	0/8	19,51	20,14	11,4
2+7	23/2/2007	19,58	2,3	Adv.W	1006	Calma	8/8 Ns.Pluja.	19,53	20,16	12,8
2	2/3/2007	19,54	4,3	Adv.W	1015	S 1	0/8	19,48	20,11	15
2	9/3/2007	20,02	4,5	Anticicló	1024	S 1	8/8 As	19,58	20,21	13
2	12/3/2007	20	6	Anticicló	1023	Calma	0/8	19,51	20,14	11
2+8	14/3/2007	20,14	2,2	P.bar.	1012	Calma	1/8 Ci	20,08	20,3	13,4
2	25/3/2007	19,55	4,7	Adv.SE	1013	Calma	5/8 As,Sc,Cs	19,49	20,12	11,1

2	30/3/2007	20,58	1	Adv.NW	1013	Calma	8/8 Ns. Pluja	20,41	21	9,4
2	5/4/2007	20,08	1,7	Adv.E	1015	N 2	7/8 Sc	20,03	20,26	14,2
2+3	13/4/2007	19,59	1	Adv.E	1013	S 3	8/8 Ns. Pluja.	19,55	20,17	13,6
2	19/4/2007	20,06	2,4	P.barom.	1016	Calma	5/8 Sc,Ci	20,02	20,24	20,1
2	8/6/2007	19,54	7	P.barom.	1018	S 3	0/8	19,48	20,11	26,2
2+7	21/9/2007	19,55	2,5	Anticicló	1025	Calma	8/8 As	19,44	20,06	23,7
2+3	18/10/2007	20,05	6,4	Anticicló	1024	Calma	0/8	19,58	20,21	20
2+7	22/10/2007	19,31	5,5	Adv.NE	1015	Calma	7/8 Cs,Ci	19,26	19,49	15,5
2+8	10/11/2007	20,23	3,8	Anticicló	1023	NE 1	0/8	20,18	20,39	10,2
2+8	16/11/2007	20,02	5,7	Adv.NE	1016	Calma	0/8	19,37	20,09	4,5
1+2	18/11/2007	19,4	9,3	Adv.W	1008	Calma	4/8 Ci	19,35	19,58	3,8
2+3	25/11/2007	19,47	2,2	Adv.NE	1021	N 3	0/8	19,42	20,04	12,2
2+3	30/11/2007	20	4,7	Anticicló	1018	Calma	0/8	19,47	20,09	12
2+3	6/12/2007	20	4,3	Adv.W	1015	S 1	0/8	19,58	20,21	11,8
2+8	10/12/2007	19,54	5,2	Adv.NW	1016	Calma	1/8 Cu, Sc	19,43	20,05	7,5
2+7	20/12/2007	20,17	3,6	Anticicló	1028	Calma	8/8 Ns. Pluja	20,11	20,33	9,9
2	28/12/2007	20,07	7,3	Anticicló	1031	S 2	0/8	20,03	20,25	4,9
2	31/12/2007	19,32	8,3	Anticicló	1028	S 2	0/8	19,09	19,39	7,6
2	4/1/2008	20,29	1	Adv. E	1009	NE 4	8/8 Ns. Pluja	20,12	20,34	10,3
2+3	12/1/2008	20	4,5	Anticicló	1028	SW 1	0/8	19,56	20,19	6,5
2+8	18/1/2008	20,06	5	Anticicló	1030	NW 1	0/8	20,02	20,24	11,5
2+8	24/1/2008	19,5	5,6	Anticicló	1028	Calma	2/8 Ci	19,45	20,07	9,6
2+7	1/2/2008	20,57	2,3	Adv.NW	1013	NE 1	8/8 As	19,41	20,03	10,8
2+8+1	14/3/2008	19,25	5,7	Pantà bar.	1012	Calma	1/8 Ci.	19,08	19,44	16,6
2+3	20/6/2008	22,4	5,7	Anticicló	1017	Calma	4/8 St	22,36	23,02	25,5
2+3	11/7/2008	22,39	2,6	Depressió	1010	E 1	5/8 St	22,34	22,55	25,4
2	7/1/2009	20,23	3	Adv. NE	1008	Calma	0/8	20	20,23	3
2	7/1/2009	19,5	6	Adv.NE	1009	Calma	0/8	19,28	19,5	3,2
2	5/12/2009	20,35	6,8	Anticicló	1020	Calma	0/8	20,07	20,35	9,1
2	24/12/2009	19,45	3,1	Adv.S	991	S 6	6/8 Ci	19,17	19,45	15,9
2	28/12/2009	19,52	3,5	Adv.SW	1006	Calma	0/8	19,28	19,52	13,3

2	19/12/2010	22,15	5	Adv. W	1005	Calma	7/8 Sc	21,51	22,15	7,5
2	25/12/2011	19,45	3,1	Anticicló	1036	Calma	0/8	19,23	19,45	6,9
2	26/12/2012	1,18	1,9	Anticicló	1017	Calma	8/8 St	1,18	2,33	11,2

Tmàx	Lloc	T mín	Lloc
7,1	Creu-Barcelona	1,5	Monestir Sant Daniel
4,6	Barcelona	-4,5	Pas d'en Prats

5,9	Gran Via-Sèquia	-1,3	Monestir Sant Daniel
16,9	Pl.Marquès de Camps	10,7	Monestir Sant Daniel
14	Pl.Marquès de Camps	11,4	Monestir Sant Daniel
10,9	Creu-Barcelona	5,7	Estació Mercaderies
4,1	Pl.Marquès de Camps	-1,7	Monestir Sant Daniel
9	Pl.Marquès de Camps	2,1	Monestir Sant Daniel
12,5	Creu-Barcelona	6,3	Monestir Sant Daniel
10,1	Creu-Barcelona	2,2	Monestir Sant Daniel
14,9	Creu-Barcelona	9,1	Monestir Sant Daniel
2,6	Juli Garreta	0	Pas d'en Prats
13,7	Juli Garreta	5,3	Pas d'en Prats
9,8	Juli Garreta	6,3	Pas d'en Prats
13,7	BCN-E.Grahit	9,5	Pas d'en Prats
15,9	Emili Grahit-BCN	12,7	Pas d'en Prats
10,2	Ferran Agulló	5,1	Pas d'en Prats
13,4	Pl. Poeta Marquina	7	Pas d'en Prats
9,9	Gran Via	4,2	Pas d'en Prats
9,7	La Salle-Ciurana	2,6	Pas d'en Prats
2,5	F.Agulló	-3,1	Pas d'en Prats
9,5	Creu-Barcelona	1,5	Pas d'en Prats
2	Gran Via Jaume I	-4	Pas d'en Prats
8,7	Pl. Calvet i Rubalcaba	2,6	Pas d'en Prats
13,8	Gran Via-Sèquia	5	Pas d'en Prats
12,5	Gran Via-Sèquia	4,5	Pas d'en Prats
10	Pl. Calvet i Rubalcaba	4,5	Pas d'en Prats
5,7	Joan Maragall	-1,5	Pas d'en Prats
14,5	Juli Garreta	11,4	Pas d'en Prats
13,4	Joan Maragall	6,3	Pas d'en Prats
6,2	Migdia-Creu	0,5	Monestir Sant Daniel
12,5	Juli Garreta	5,8	Deveses de Salt
11,8	Juli Garreta	4,2	Deveses de Salt

15,2	Juli Garreta	7	Deveses de Salt
17,9	Gran Via-Sèquia	10	Pas d'en Prats
22	Parc Migdia	17	Pas d'en Prats
24,1	Creu-Barcelona	13	Pas d'en Prats
16,7	Gran Via-Sèquia	11	Pas d'en Prats
13,5	Gran Via-Alvarez de Cas	6,5	Pas d'en Prats
6,9	Francesc Ciurana	-1,5	Pas d'en Prats
6	Francesc Ciurana	-1,1	Pas d'en Prats
5,5	Parc del Migdia	-2,5	Pas d'en Prats
1,2	Francesc Ciurana	-3	Sant Medir
4,1	Ferran Agulló	-3,7	Pas d'en Prats
6,9	Sant Antoni Maria Claret	-2	Pas d'en Prats
11,3	Rutlla-la Salle	1	Pas d'en Prats
13,6	Juli Garreta	4,5	Pas d'en Prats
11,7	Bisbe Lorenzana	5,5	Pas d'en Prats
12,3	Juli Garreta	8,4	Pas d'en Prats
21	Creu-Migdia	9,5	Pas d'en Prats
12,5	Ferran Agulló	8,1	Pas d'en Prats
12,7	Creu-Migdia	8	Pas d'en Prats
27,8	Juli Garreta	23,5	Pas d'en Prats
31,4	Creu-Migdia	20,4	Pas d'en Prats
24,4	Devesa Girona	21,3	Pas d'en Prats
20,9	Gran Via-Nou	15	Pas d'en Prats
9,9	Juli Garreta	0,6	Pas d'en Prats
9,4	Migdia	3,4	Pas d'en Prats
14,1	Gran Via-Nou	8	Pas d'en Prats
10	Juli Garreta	3	Pas d'en Prats
9,6	Juli Garreta	1,4	Pas d'en Prats
10,3	Juli Garreta-Claret	2,1	Pas d'en Prats
4,4	Pl. M.Camps	-0,8	Pas d'en Prats
9,2	Plaça de Castro-Ferran A	0,5	Pas d'en Prats

10,5	Creu-Barcelona	4,2	Pas d'en Prats
15,9	Emili Grahit-Migdia	9	Pas d'en Prats
9	Creu-Migdia	2,1	Pas d'en Prats
13,4	aça Marquès de Cam	10,8	Pas d'en Prats
13,3	aça Marquès de Cam	10	Pas d'en Prats

Tmàx	Lloc	T mín
sta.Eugènia-Av.J.T	7	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	9,8	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	8,3	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	2,1	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	-1,7	Pas d'en Prats
aça de Santa Eugè	9	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	-0,5	Pas d'en Prats
aça de Santa Eugè	7,2	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	2,7	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	12	Sant Daniel
Ronda Ferran Puig	7,6	Pas d'en Prats
aça de Santa Eugè	-2,5	Monestir Sant Daniel
aça de Santa Eugè	3	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	0,8	Pas d'en Prats
Ronda Ferran Puig	7	Monestir ant Daniel
aça de Santa Eugè	-4,9	Pas d'en Prats
aça de Santa Eugè	0	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	15,1	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	2,9	Pas d'en Prats
sta.Eugènia-Av.J.T	2	Pas d'en Prats

--	--

Lloc	T mín	Lloc
Pont del Dimoni	9,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	8	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	10,2	Camí del Molí
Estació Jove	5,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	0,2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	0	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	3,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	9,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	10,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	8,8	Camí del Molí
Agudes-Passeig d'Olo	17,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	11,4	Camí del Molí
Agudes-Passeig d'Olo	10,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	11,6	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	17	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	20,8	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	21,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	21,1	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	19,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	18,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	21,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	21,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	22	Camí del Molí
Pont del Dimoni	19,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	21,2	Camí del Molí

Agudes-Pg. d'Olo	21,1	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	22,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,7	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	14,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	14,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	12,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	15,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	10,7	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	6,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	1,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	1,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	11,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	0,8	Camí del Molí
Estació Jove	3,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,6	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	3,2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	7,8	Camí del Molí
Catalans-Francesc	5	Camí del Molí
Catalans-Francesc	2,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	3,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	4,5	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	0,7	Deveses Salt
Agudes-Pg. d'Olo	0,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	2,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	0,1	Camí del Molí

Pont del Dimoni	1,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	10,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	6,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	7,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	9,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	11,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	2,8	Sant Daniel
Pont del Dimoni	2,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	8,8	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	6,1	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	0	Camí del Molí
Pont del Dimoni	5,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	-0,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	10,7	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	3,1	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	9	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,4	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	8,8	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	9,8	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	14	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	7,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	1,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	-0,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	1,9	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	10,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	9,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,2	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	2	Camí del Molí

Pont del Dimoni	2,2	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	7,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	7,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	6,2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	9,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	7,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	15,6	Camí del Molí
Estació Jove	17,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	17,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	10,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	21,3	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	17,3	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	17,9	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	19,2	Camí del Molí
Devesa de Girona	24,8	Ronda Pedret
Agudes-Pg.d'Olot	21,9	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	18,4	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	19,8	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	22,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	22,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16,5	Camí del Molí
Estació Jove	11,7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	20,7	Camí del Molí
Estació Jove	19,6	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	16,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	9,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	11,6	Camí del Molí

Agudes-Pg.d'Olot	11,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	12,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	3,5	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	1,7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	7,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	11	Camí del Molí
Santa Eugènia	7,6	Pas d'en Prats
Devesa de Girona	7,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4,4	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2,7	Camí del Molí
Agudes-Passeig d'Or	-0,5	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	0,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	1,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	5,4	Camí del Molí
Auditori de Girona	-4,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	-0,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	6,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	5,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	5,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	-4,3	Camí del Molí

Pont del Dimoni	1,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	-0,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	1,6	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	0,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	-0,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	3,4	Camí del Molí
Devesa de Girona	0,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	10,4	Camí del Molí
Caprabo Pedret	1,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2,8	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	13,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	9,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	9,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	12,1	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	6,7	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	13,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	12,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	19,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	12,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	10,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	12,8	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	13,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	12,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	16	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	20,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	21,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	20,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	22,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	22,9	Camí del Molí
Pont del Dimoni	23,5	Camí del Molí

Pont del Dimoni	16	Camí del Molí
Pont del Dimoni	18,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	20,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	14,5	Camí del Molí
Estació Jove	16,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	17	Camí del Molí
Joaquim Vayreda	14,6	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	17,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	-4,7	Camí del Molí
Pont del Dimoni	5	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	4,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	1,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	-1,5	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	-3,6	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	-1,6	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	-1,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	3,9	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	5,8	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	6,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olo	-3	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4,4	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	13	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	3,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	4,9	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olo	6,5	Camí del Molí
Montagut	12,3	Camí del Molí
Devesa de Girona	14,3	Camí del Molí

Devesa de Girona	16	Camí del Molí
Pont del Dimoni	15,2	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	12,3	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	16,4	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	5,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	22,1	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	26,4	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	25,7	Pas d'en Prats
Escola d'Hosteleria	24,4	Pas d'en Prats
Pont del Dimoni	16,1	Camí del Molí
Pont del Dimoni	18,7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	9,6	Camí del Molí
Devesa de Girona	12	Camí del Molí
Devesa de Girona	10,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	-4,4	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	5	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	0,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	0,7	Camí del Molí
Estació Jove	0	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	3,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2,2	Camí del Molí
Estació Jove	7,6	Camí del Molí
Pont del Dimoni	-1,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	7	Camí del Molí
Estació Jove	3,1	Camí del Molí
Estació Jove	10,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	10,7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	8,5	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	11,2	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,4	Camí del Molí

Catalans-Francesc	8,4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	12,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	12,6	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	17,7	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	19,2	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	21,2	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	13,6	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	10	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,4	Camí del Molí
Ronda Pedret	-1,2	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	-5,5	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	10	Camí del Molí
Plaça Sant Cugat	7,3	Montagut
Catalans-Francesc	7,5	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	2,3	Camí del Molí
Pont del Dimoni	6,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	-2,4	Camí del Molí
Estació Jove	-0,7	Camí del Molí
Pont riu Xuncla	9,3	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	2	Camí del Molí
Agudes-Pg. D'Olot	6,5	Camí del Molí
Pont del Dimoni	4	Camí del Molí
Pont del Dimoni	8,5	Camí del Molí
Devesa de Girona	10,9	Camí del Molí
Agudes-Pg.d'Olot	19,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	22,8	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	0	Camí del Molí
Escola d'Hosteleria	-2,8	Camí del Molí
Pont del Dimoni	2,3	Camí del Molí
Agudes-Pg. d'Olot	12,8	Camí del Molí
Joaquim Vayreda	9,8	Camí del Molí

Judes-Passeig d'Or	2,5	Camí del Molí
Estació Jove	3,5	Camí del Molí
Catalans-Francesc	9,3	Camí del Molí

Desviació estàndard

Valor de z	-1,64<z>1,64 (90 %)	-1,96<z>1,64 (95 %)	-2,58<z>2,58 (99 %)	
Període	2004-14	2004-14	2004-14	2004-14
Observatori	Girona-Palau	Girona-Ciutadans	Girona-Montjuïc	Sarrià de Ter
G	-0,16	0,31	0,62	0,62
F	-1,56	-1,09	-0,93	-0,31
M	-0,31	0,47	0,16	0,47
A	-0,47	0,16	0,62	-0,31
M	0,16	-0,31	0,00	0,47
J	0,00	0,31	0,00	0,00
J	0,00	0,93	1,56	1,56
A	-1,09	0,00	0,00	0,31
S	0,47	0,31	0,78	1,56
O	-0,62	-0,78	-0,31	-0,62
N	1,09	1,71	1,71	1,87
D	-1,09	-0,71	-0,78	-0,70
Any	-0,58	0,31	0,00	0,00
Primavera	-1,40	-0,16	-0,16	0,00
Tardor	-0,47	0,47	1,09	1,25
Estiu	1,09	1,87	1,87	1,71
Hivern	-1,56	-0,93	-1,25	-0,47

1998-2014	2006-19	2002-14	2006-19	1998-2014	1998-2014
Girona-aeroport	Girona-Bonas	Vilablareix (S)	St. Gregori	Celrà	Bescanó
-1,61	-0,55	-0,18	-0,33	-0,87	0,14
-0,12	0,11	-1,28	0,55	0,29	0,50
1,94	-1,64	0,43	-1,42	1,94	0,89
-0,54	0,93	-0,06	0,44	0,04	0,86
0,00	1,15	0,43	1,15	0,95	0,14
-0,54	1,26	0,43	0,44	-0,12	0,32
-0,04	0,49	0,43	0,22	1,11	1,44
0,50	-0,22	-0,06	0,22	1,11	1,58
-0,91	0,11	0,67	1,75	-0,04	-0,05
0,04	0,77	-0,55	1,31	-0,29	0,14
1,03	0,55	1,89	0,00	0,95	1,08
-1,77	-0,44	-1,04	-0,38	-1,19	-0,32
0,12	0,22	0,06	0,66	1,36	1,85
0,62	0,33	0,18	0,22	1,44	0,86
1,11	0,00	0,31	0,00	1,52	2,21
0,87	1,53	1,16	1,64	1,11	0,95
-2,10	-0,44	-1,77	-0,11	-1,19	-0,05

TRANSECTES NOCTURNS I MATINALS

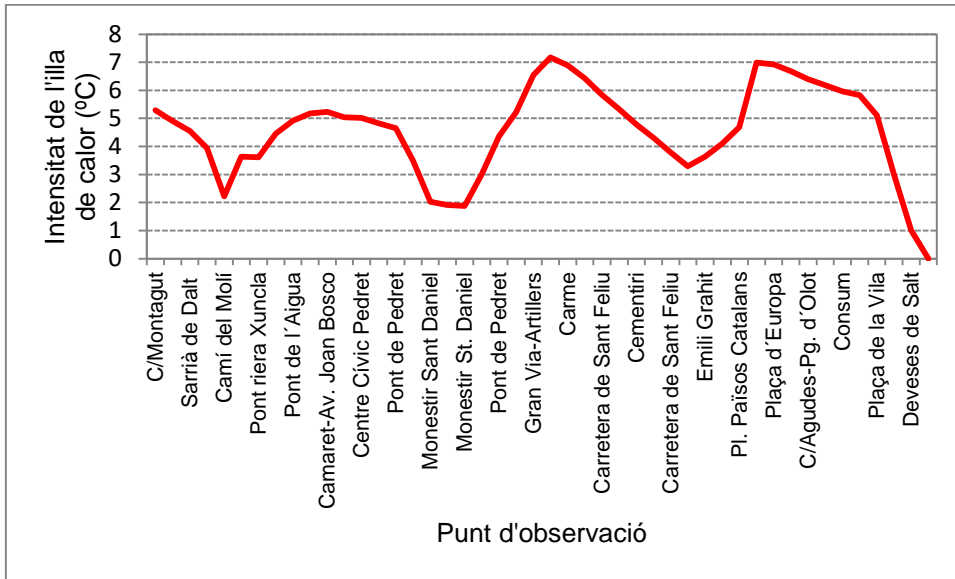


Figura 1. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 1.

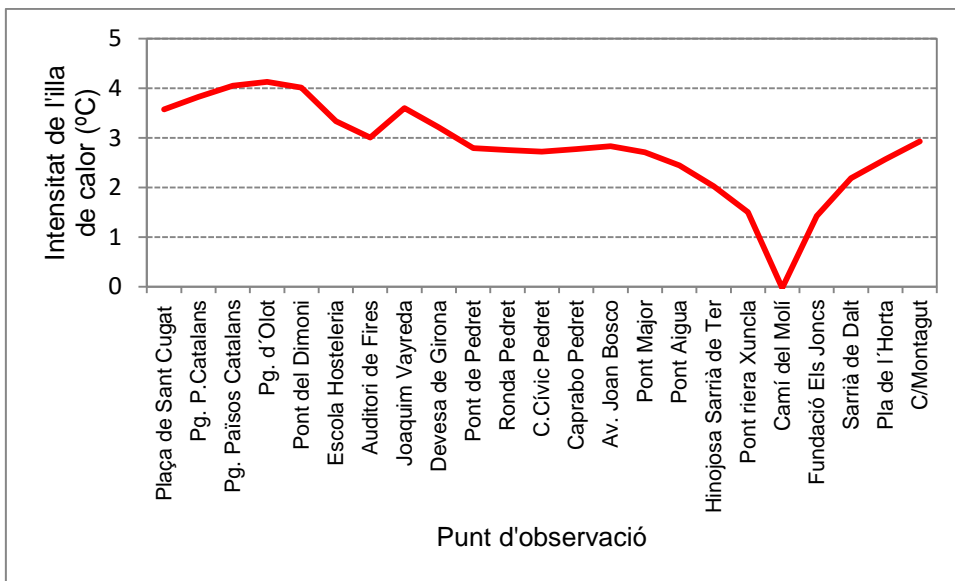


Figura 2. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 2.

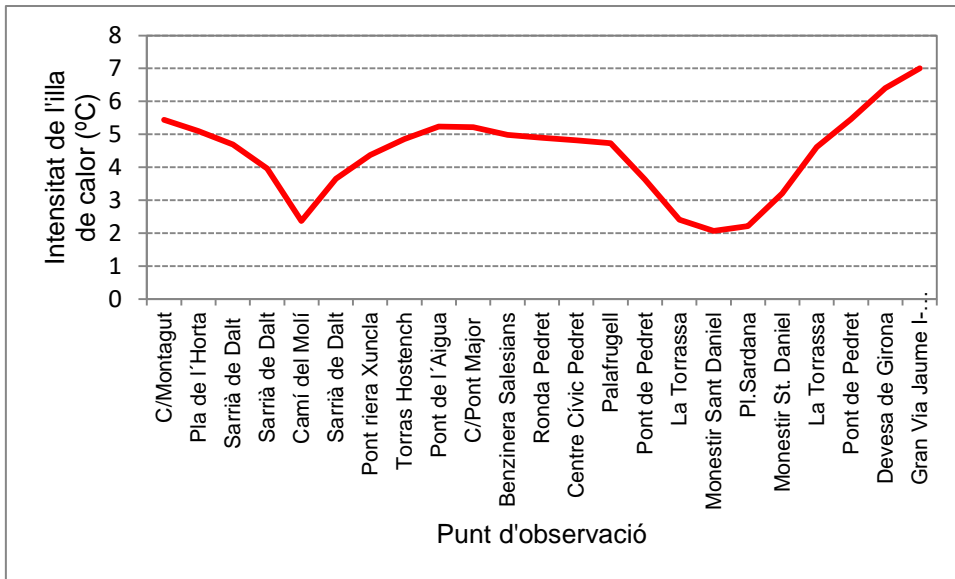


Figura 3. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 3.

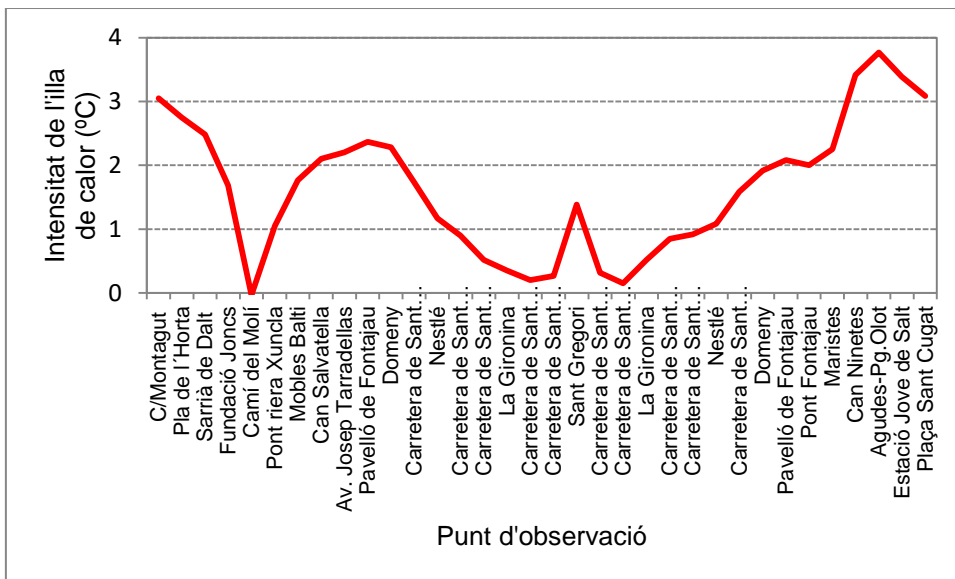


Figura 4. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 4.

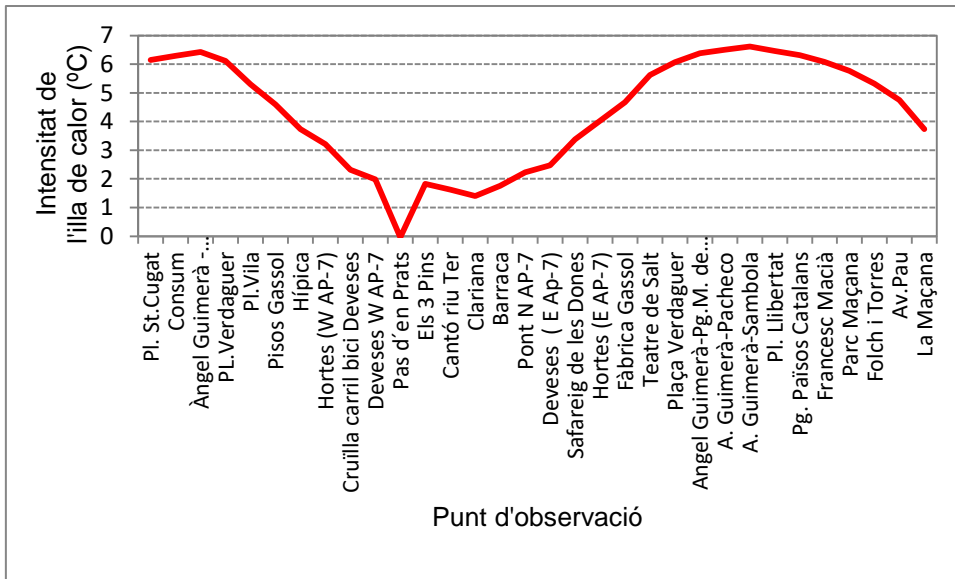


Figura 5. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 5.

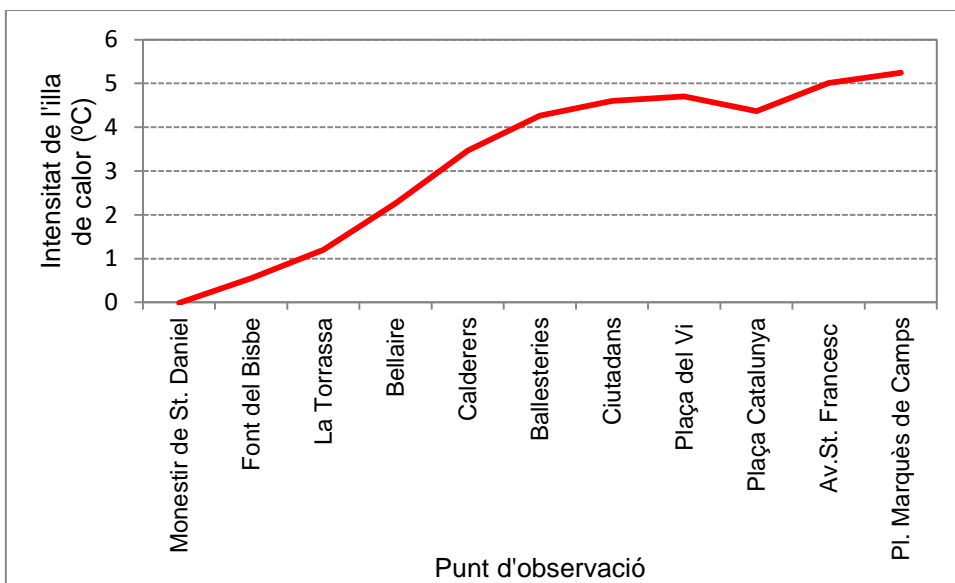


Figura 6. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 7.

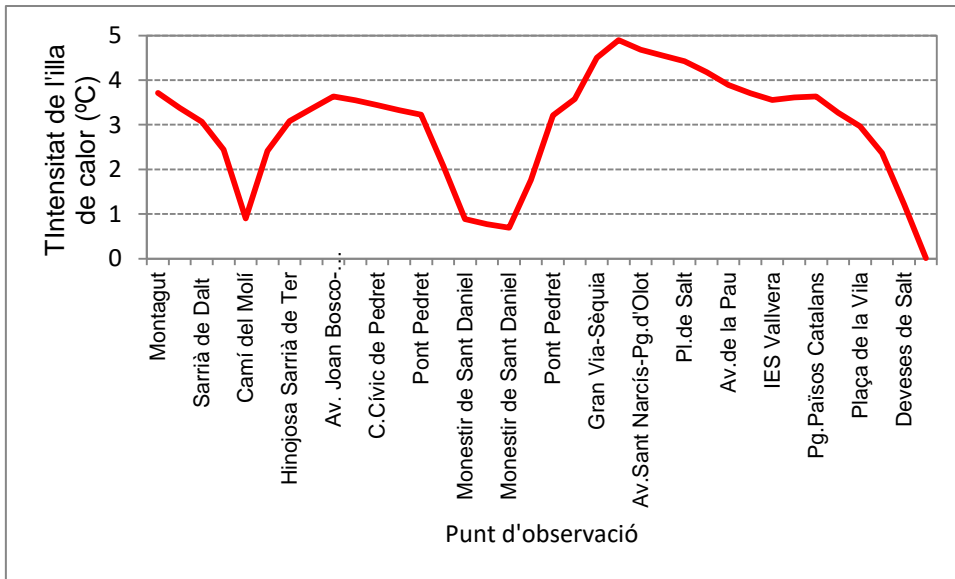


Figura 7. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transecte 7.

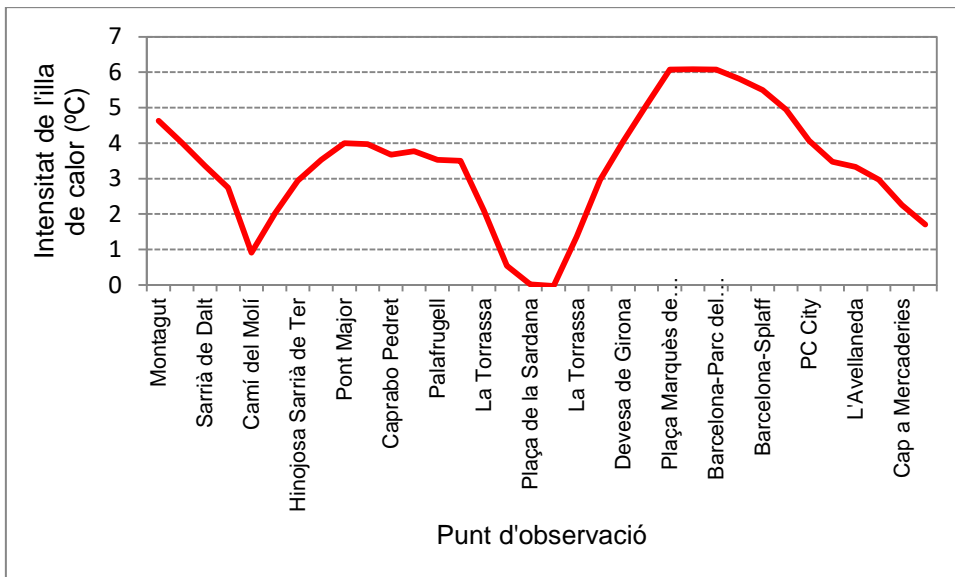


Figura87. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transecte 8.

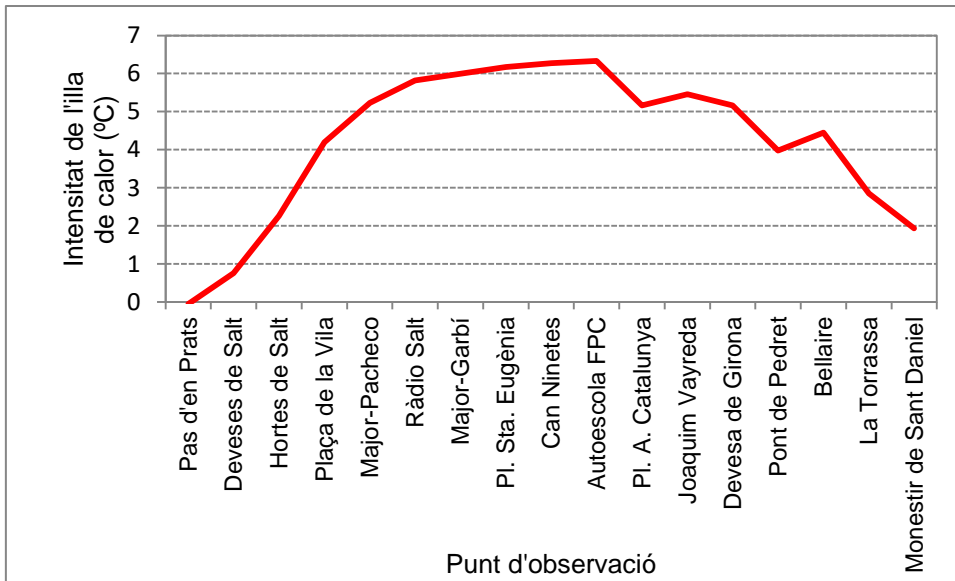


Figura 9. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna. Transsecte 9.

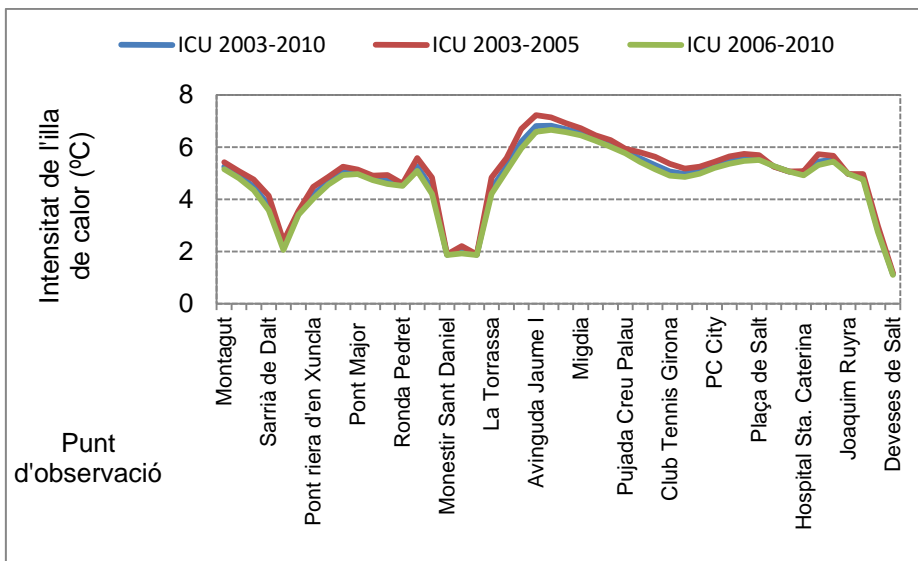


Figura 10. Intensitat mitjana de l'illa de calor nocturna del període 2003-2010, període 2003-2005 i 2006-2010. Transsecte 3.

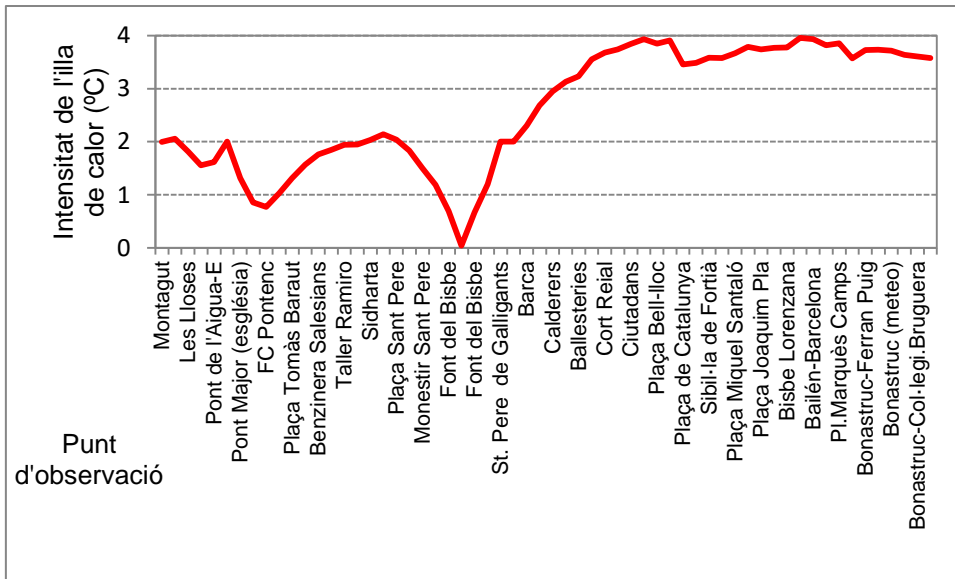


Figura 11. Intensitat mitjana de l'illa de calor matinal. Transsecte 1 Sarrià de Ter-Girona per Pont Major

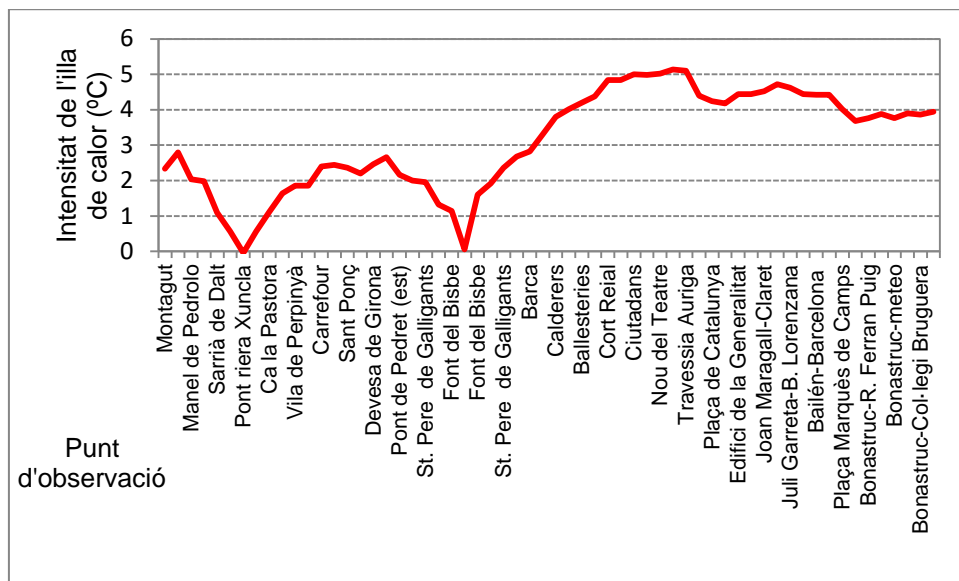


Figura 11. Intensitat mitjana de l'illa de calor matinal. Transsecte 2 Sarrià de Ter-Girona per Sarrià de Dalt.

Nuvolositat	0/8	
Situació sinòptica	Anticicló	
Vent	Calma	
Pressió	1016 hPa	
Hora	22,50-23,58 h	
Màxim tèrmic	Autoescola FPC	22,2
Mínim tèrmic	Pas d'en Prats	16,9
Illa de calor		6,3

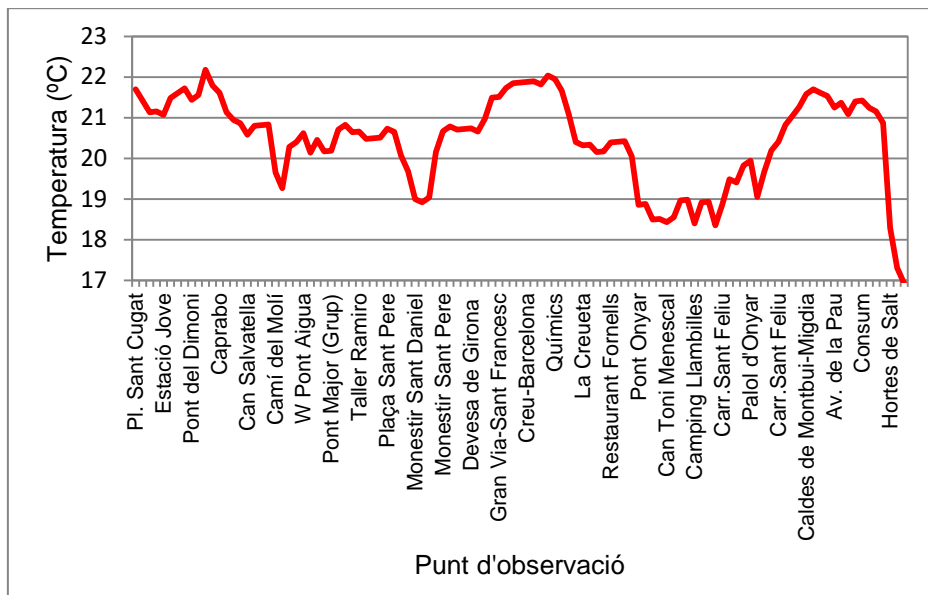


Figura 12. Transsecte nocturn. 8 de juliol de 2011. Transsectes 2+8.

27 de gener de 2007		
Mínim tèrmic	-0,5	Plaça de la Sardana
Màxim tèrmic	6,8	Plaça Calbet i Rubalcava
Illa de calor	7,3	illa de calor
Hora	18,50-20,20 h	
1029 hPa	0/8	Calma
Adv. NE anticiclònica		

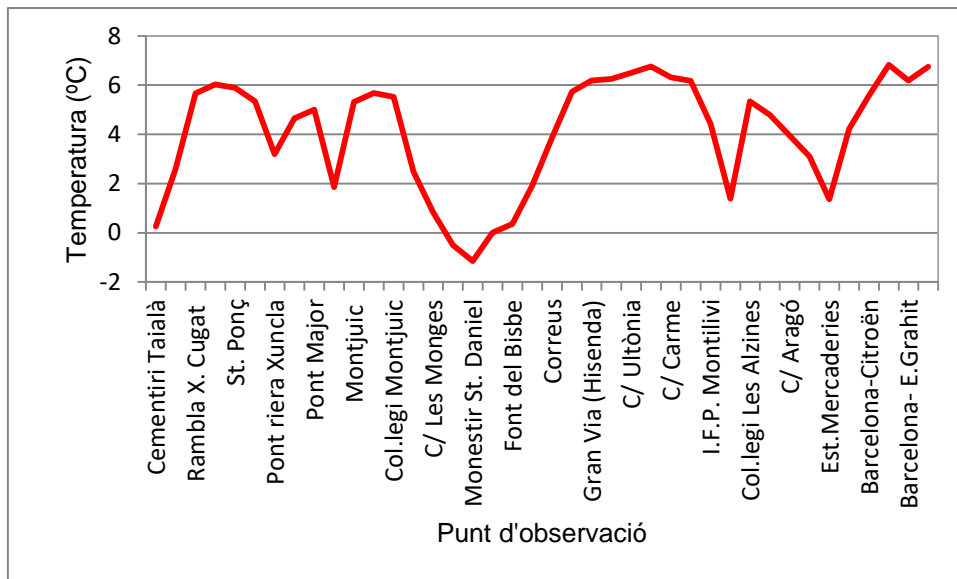


Figura 13. Transsecte nocturn .27 de gener de 2007. Taialà-Eixample de Girona (carrer Sèquia).

29 d'octubre de 2016		
0/8		
Calma		
1029 hPa		
Anticicló		
19,30-20,45 h		
Màxim tèrmic	Pl. Poeta Marquina	17,2
Mínim tèrmic	Est.meteor.St.Daniel	10,1
Illa de calor		7,1

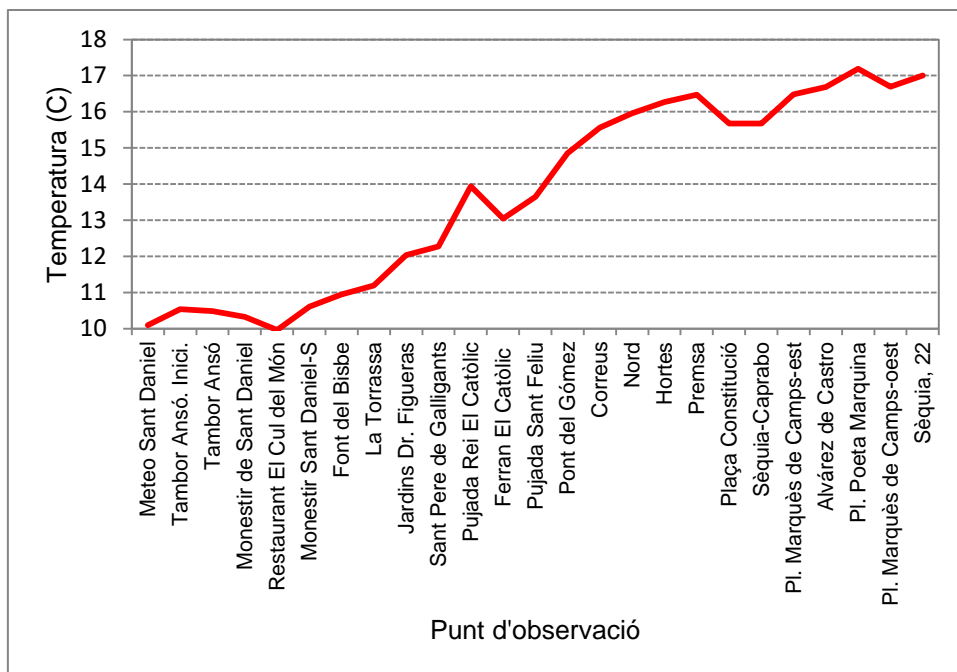


Figura 14. Transsecte nocturn 29 d'octubre de 2016. Transsecte 6.

25 de desembre de 2015		
1/8 Ci, St. Bancs de boira		
Calma		
1029 hPa		
Anticicló		
7,20-8,50 h		
Màxim tèrmic	Àngel Guimerà-Pacheco	3,3
Mínim tèrmic	Pas d'en Prats	-2,9
Illa de calor		6,2

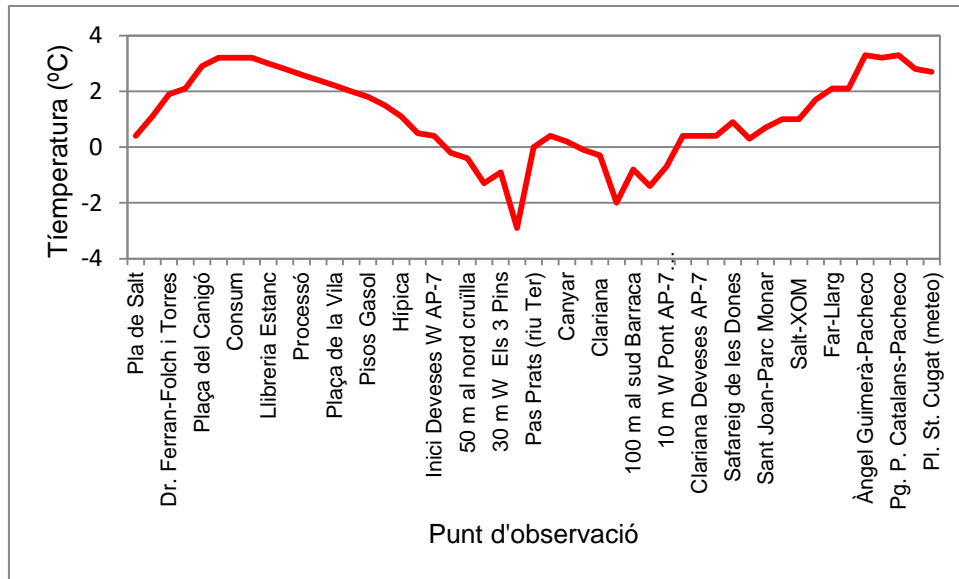


Figura 15. Transsecte matinal 25 de desembre de 2005. Transsecte 5. Matinada.

La morfologia tèrmica de l'àrea urbana de Girona és diferent en funció de l'hora del dia. Hem realitzat els mapes tèrmics a partir de les dades obtingudes dels transsectes tèrmics i dels observatoris meteorològics. Així durant la nit (0 i 21 hores) i la matinada (7 hores) les formes de les isoterms dibuixen una característica forma illa de calor, que es desdibuixa totalment al migdia (14 hores), i és poc definida a la tarda (18 hores). Així a les 14 hores les zones més elevades són més fresques que les àrees més baixes, i l'ús del sòl té poca importàcia a l'hora de determinar la temperatura de l'indret. El patró tèrmic de les 14 hores és similar a les 18 hores, mentre que entre les 21 i 7 hores els centres urbans són més càlids respecte els afores, llavors existeix una vertadera illa de calor. No obstant en algunes àrees elevades són relativament càlides. Això succeeix al NW de l'àrea urbana, en alguns transsectes que hem fet a Sant Medir, i especialment al NE, al turó de Montjuïc, i fins i tot en els turons de l'oest de Vilablareix i de l'est de Bescanó (Montjuïc) i al sud de Girona (barri de Palau). Durant la nit i la matinada les fondalades de les zones rurals són les àrees més fresques de l'àrea estudiada durant la nit i la matinada, amb un gran apèndix que s'estèn des del SW (Vilablareix) fins al N (Sarrià de Dalt) passant per les Deveses de Salt i els afores de Sant Gregori. Els nuclis urbans dels municipis que rodegen la ciutat són lleugerament més càlids que les àrees rurals que les envolten, això és particularment cert per Sarrià de Ter i Sant Gregori, que forma un illot càlid, mentre que en el cas de Fornells de la Selva l'illot càlid no està definit, ja que les temperatures suaus tenen una continuïtat cap a l'oest, cap al polígon industrial, on discorre la N-2^a, al sud del polígon de Girona de l'Avellaneda. Quart i Llambilles tenen temperatures idèntiques als afores, o només amb unes dècimes més altes, això ho hem observat en els transsectes, per tant, no hi ha diferències tèrmiques urbano-rurals en aquests pobles, tampoc en el cas del nucli urbà de Palol d'Onyar ni de la Creueta, que és una zona força freda.

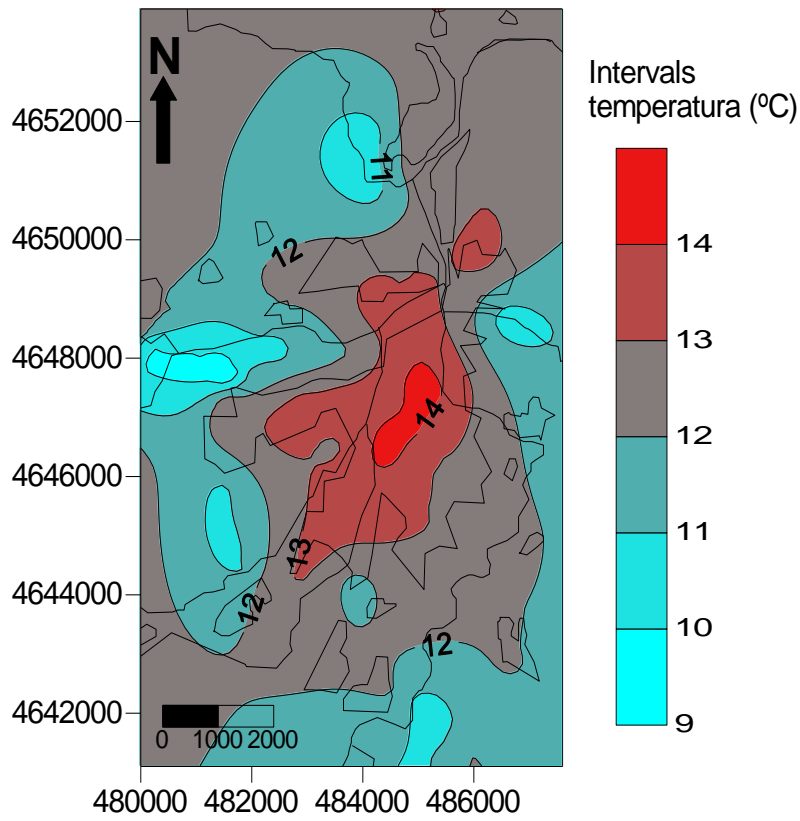


Figura 16. Temperatura mitjana a les 0 hores

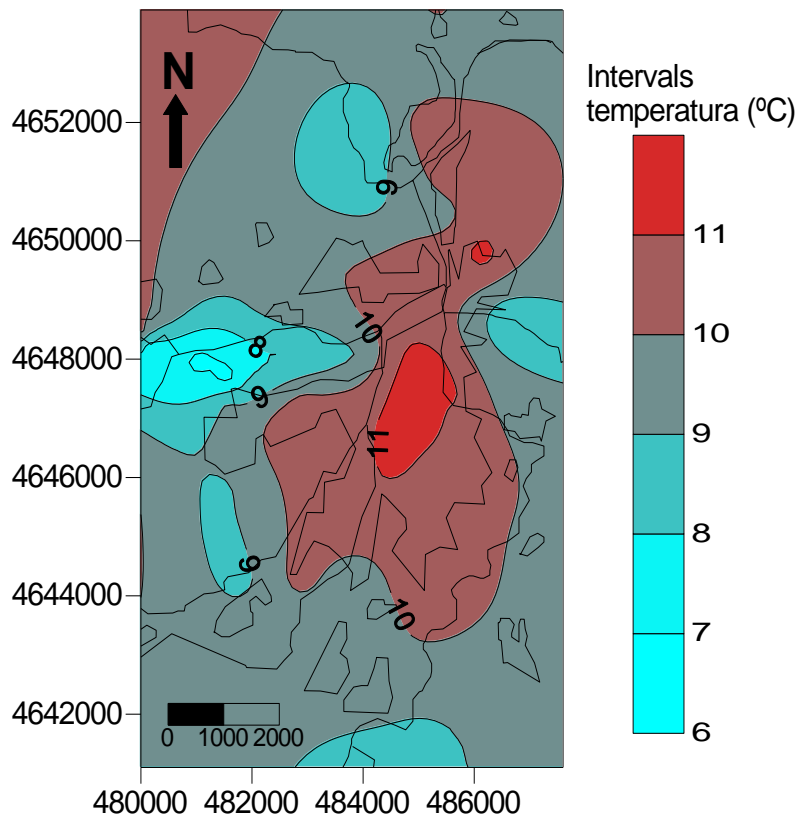


Figura 17. Temperatura mitjana a les 7 hores

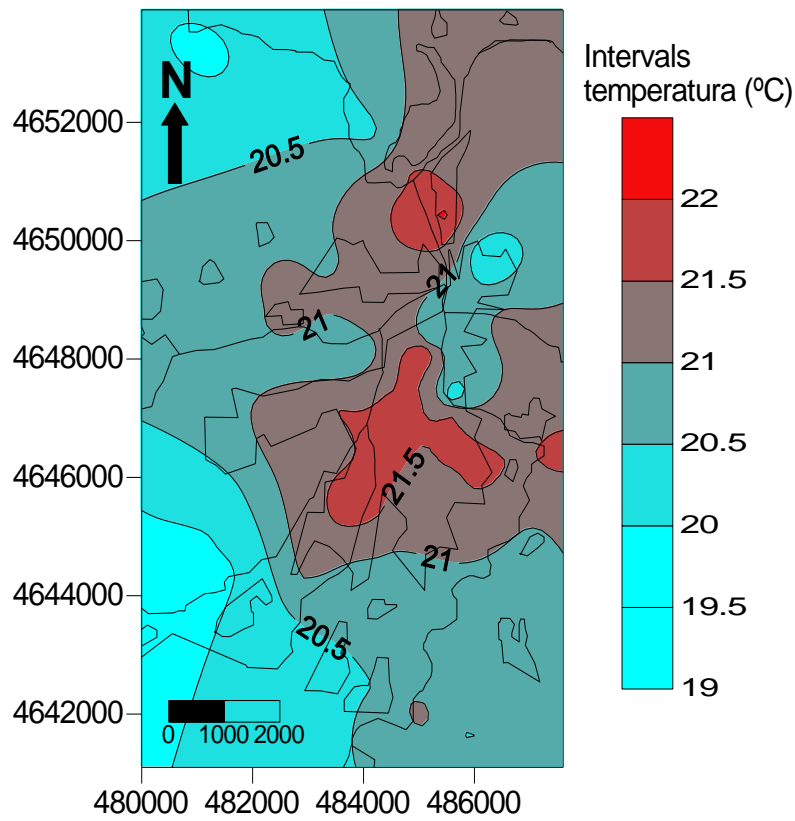


Figura 18. Temperatura mitjana a les 18 hores

14 hores

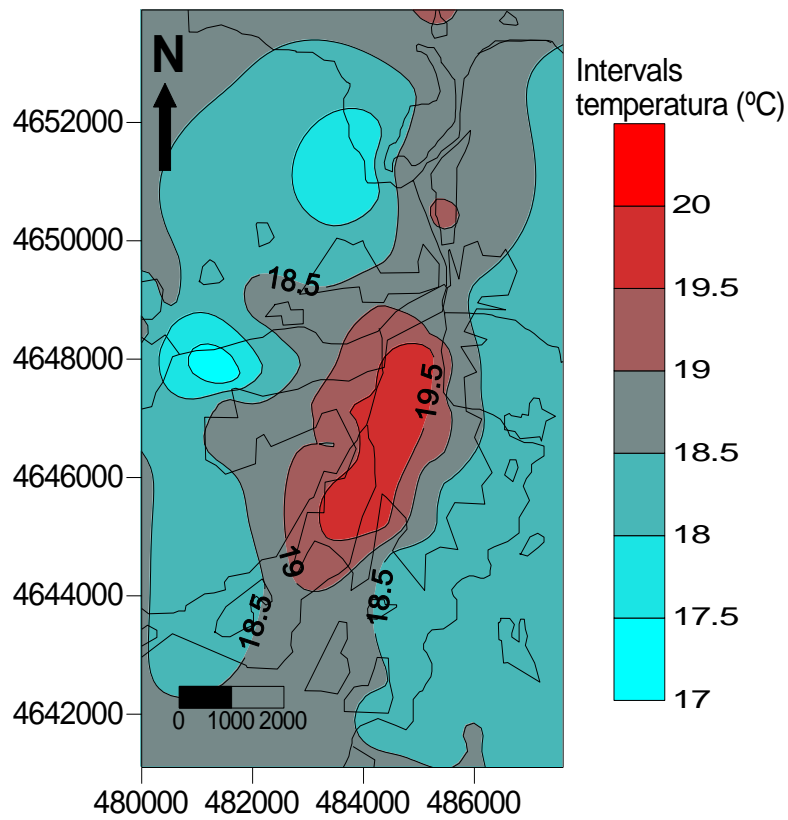


Figura 18. Temperatura mitjana a les 18 hores

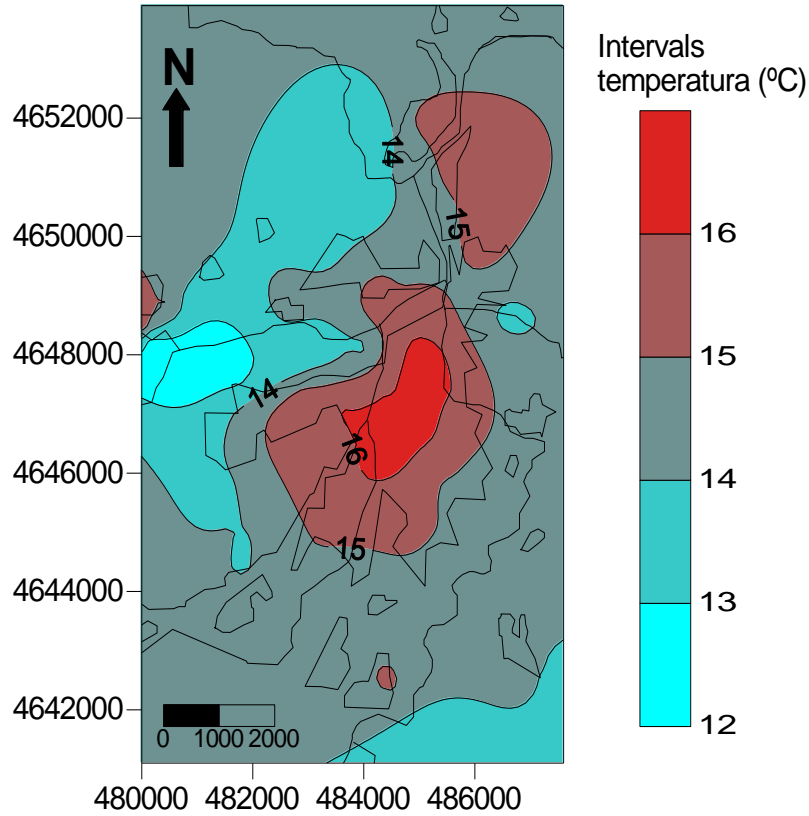


Figura 19. Temperatura mitjana a les 21 hores

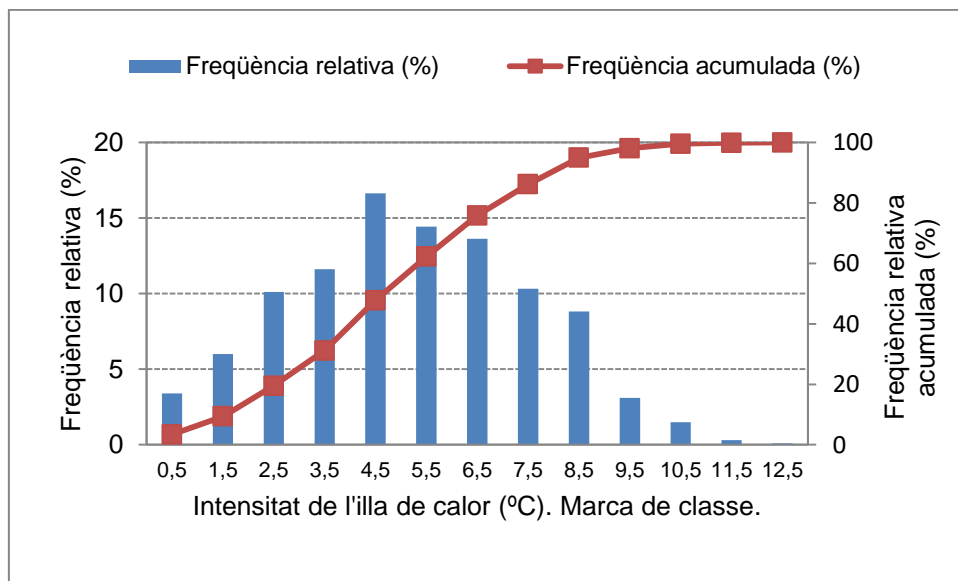


Figura 20. Freqüència relativa i acumulada de la intensitat de l'illa de calor urbana nocturna. Transsectes nocturns.

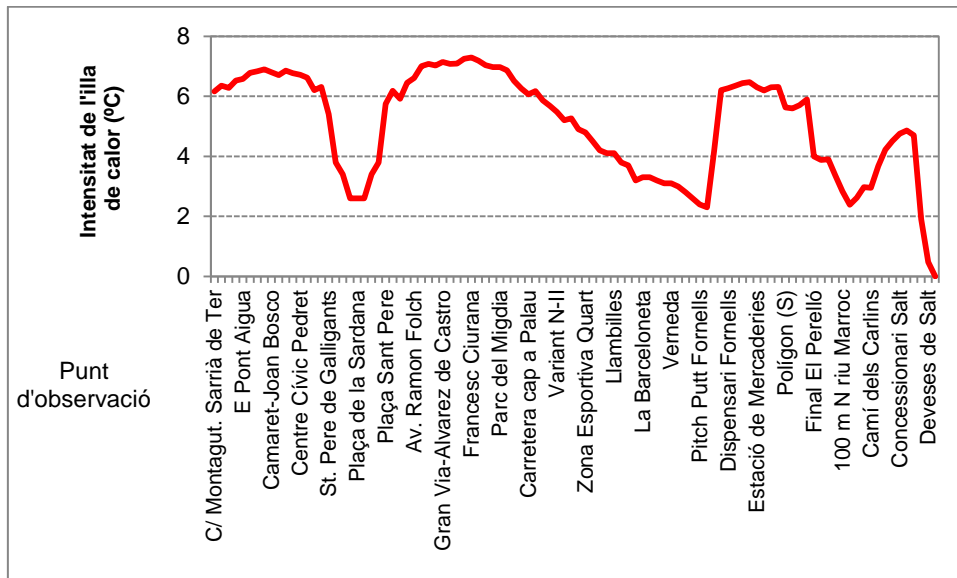


Figura 21. Intensitat mitjana de l'illa de calor urbana. Transsecte 7b 8b.

Taula. Tipus d'usos del sòl. Transsecte 3.