

***Acció***  
***climàtica***

Visor del potencial  
de cobertes verdes de l'àrea  
metropolitana de Barcelona



### **Coordinació**

Servei d'Emergència Climàtica  
i Educació Ambiental  
Àrea d'Ecologia, AMB

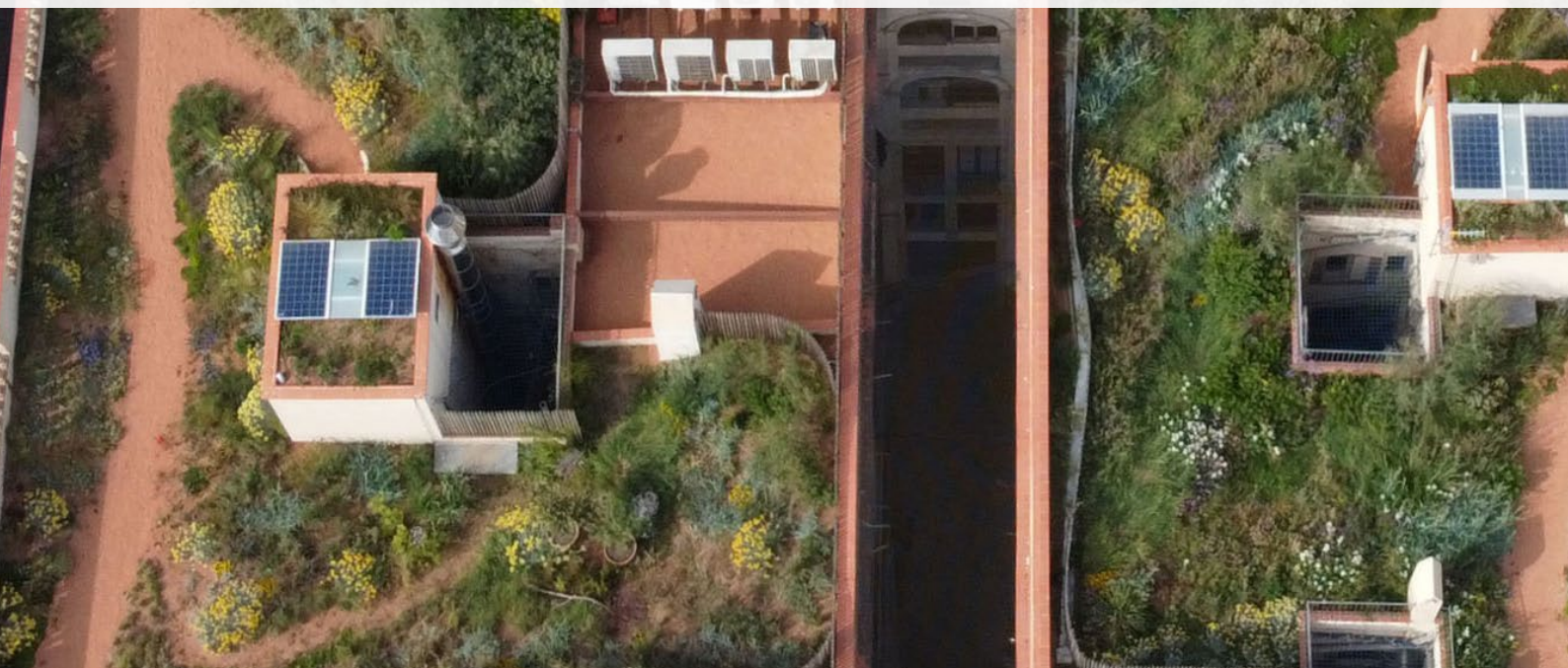
Barcelona, juny 2022  
© Àrea Metropolitana de Barcelona

### **Redacció**

Barcelona Regional

### **Fotografies**

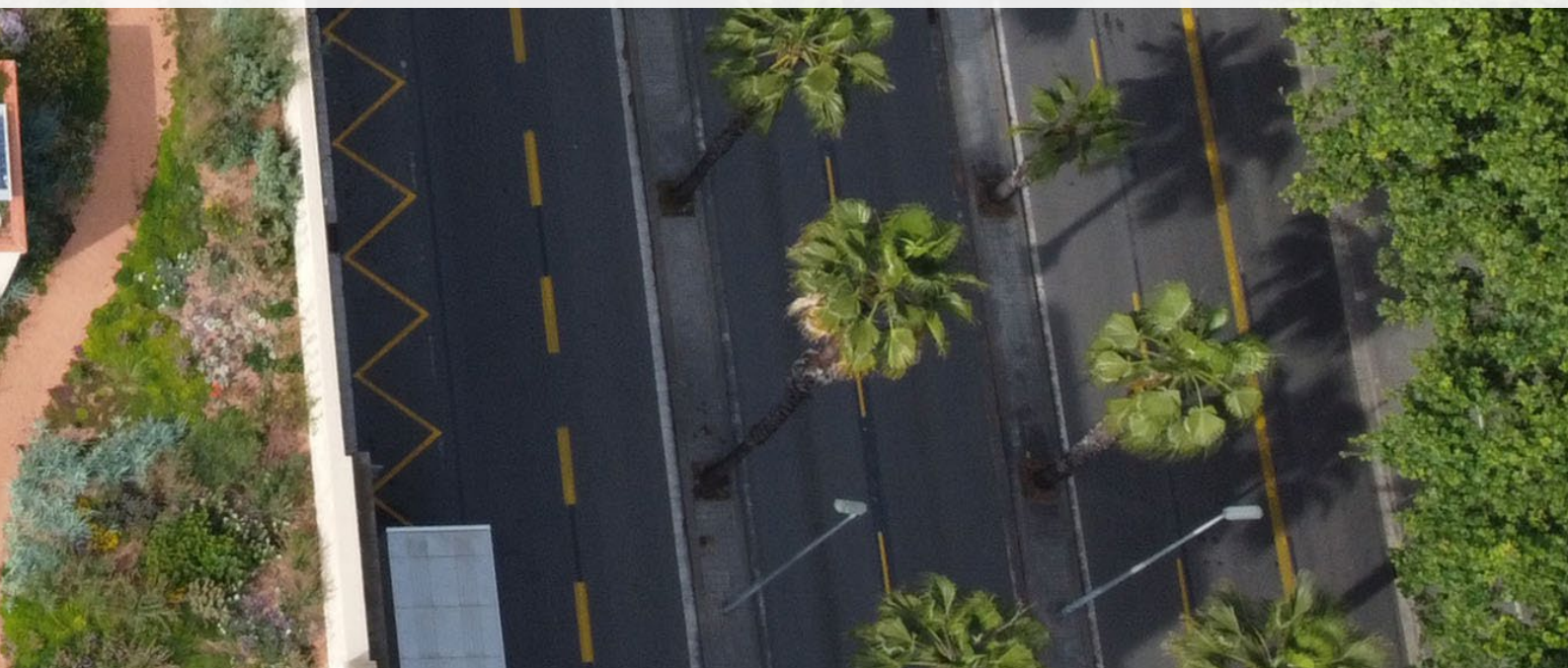
Sergio Carratalá: p. 2  
Manuel Jurado (ARXIUAERI): p. 9 i 20





# Índex

Resum .....	5
1. Cadastre .....	8
2. Pendents .....	9
3. Zones clau en relació amb el dèficit del verd .....	10
4. Zones clau en relació amb tres factors de canvi climàtic .....	12
5. Any de construcció .....	14
6. Cobertes reflectores .....	18
7. Potencial fotovoltaic .....	20
8. ITE – Conservació .....	23
9. Recurs hídric .....	24
10. Conclusions .....	30



# Acció climàtica

En el context de crisi climàtica en què vivim, resulta imprescindible posar en marxa solucions que siguin efectives i duradores davant de les incerteses que ens esperen. És difícil saber a què ens enfrontarem en el futur, i potser l'única certesa és que hi haurà canvis i que hem d'aprendre a viure dins dels límits del nostre planeta.

Sabem que tenir ciutats més resilents i adaptades als reptes climàtics és una prioritat màxima de primer ordre per als governs locals i per a la gent que hi viu i hi treballa. Així mateix, sabem que els entorns urbans, que són llocs on es concentren molts dels reptes climàtics i dels reptes socials que hi estan relacionats, inevitablement tindran un paper clau per fer front al canvi climàtic. Així doncs, és del tot urgent passar a l'acció contra el canvi climàtic d'una manera atrevida i transformadora.

Quan parlem d'*acció climàtica* ens referim a qualsevol política, mesura o programa adreçats a reduir els gasos amb efecte d'hivernacle, enfortir la resiliència al canvi climàtic, implementar mesures d'adaptació i generar una transformació col·lectiva mitjançant l'educació ambiental. Així mateix, s'hi inclou el suport a iniciatives que busquin aconseguir qualsevol d'aquests objectius.

L'acció climàtica local té com a objectiu fer reflexionar sobre les possibilitats de buscar solucions innovadores, i el repte és aplicar-les, fer-les extensives i amplificar-ne l'efecte arreu del territori. Això és especialment important en un territori densament poblat i urbanitzat com el de l'àrea metropolitana de Barcelona, on els reptes climàtics són nombrosos.

Ara bé, cada vegada es fa més necessari integrar en aquesta acció aliances entre les àrees urbanes i les parts del territori de què depenen i sense les quals l'acció climàtica és parcial i limitada. Un exemple clar seria la futura disminució dels recursos hídrics o la necessitat de recuperar espais agroforestals.

Aquesta col·lecció de publicacions és un recull de diferents aspectes d'acció climàtica i inclou eines pràctiques i marcs de treball per orientar actuacions concretes a escala local. En formen part, entre d'altres, la guia metodològica per definir el potencial per instal·lar cobertes verdes al territori metropolità, els criteris bioclimàtics per millorar la qualitat dels espais verds urbans, un resum divulgatiu sobre l'índex de vulnerabilitat al canvi climàtic i una guia metodològica per definir plans locals d'adaptació.

## Resum

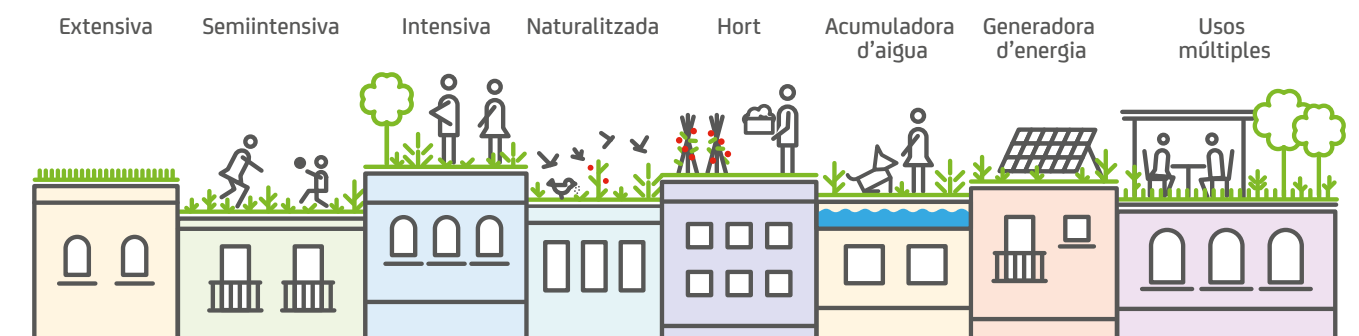
Una coberta verda multifuncional és una solució integral en la qual la presència de vegetació té una importància clau, però que, a més, és compatible amb altres usos, com la generació d'energia o la producció d'aliments. Les cobertes verdes aporten molts beneficis: augment del verd urbà, confort tèrmic, millora de la qualitat de l'aire i de la biodiversitat, reaprofitament de recursos hídrics i foment de les relacions socials.

Dins d'aquesta diversitat d'usos de les cobertes, una de les solucions integrals més innovadores és la combinació de cobertes verdes i cobertes fotovoltaïques

per crear cobertes biosolars, que contribueixen a generar energia neta de baixes emissions i sense sorolls, al mateix temps que fomenten el verd urbà, la qual cosa millora la qualitat de l'aire a la ciutat, a més d'aportar altres serveis ecosistèmics.

Hem vist que una coberta verda no és incompatible amb altres tipus d'aprofitament com l'energètic, el social, etc., ja que aquests usos poden ser complementaris.

En aquest treball es fa un estudi per estimar l'establiment potencial de cobertes verdes als municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona.



Altres beneficis socials i ambientals que ens aporten les cobertes multifuncionals són:

- aprofitament de l'espai per al veïnatge i per al foment de les relacions socials
- millora de l'aïllament i l'eficiència energètica de l'edifici
- reducció dels nivells de contaminació
- reducció de l'efecte d'illa de calor
- millora de la biodiversitat urbana
- augment de la vida útil de la impermeabilització
- revaloració de la finca

Per localitzar terrats idonis on es pugui establir una coberta verda ens basem, en primer lloc, en les característiques de l'edificació (segons les dades del cadastre) i en el pendent de la mateixa coberta.

Adicionalment (i de manera no excloent), tenim en compte l'any de construcció de l'edifici i la normativa amb la qual es va edificar, informació que es tradueix en uns valors de referència de la capacitat de càrrega que pot assumir la coberta. En el cas de les edificacions més antigues, la instal·lació d'una coberta pot comportar un cost més elevat, perquè requereixen actuacions o estudis addicionals per adaptar-se a la normativa actual i assegurar-ne la viabilitat.

També ens fixem en el valor de l'albedo (cobertes fresques), perquè una coberta verda en milloraria el valor, tot combatent l'absorció tèrmica i l'efecte d'illa de calor.

Les cobertes que, segons les característiques del cadastre i el pendent que tenen, podríem convertir en coberta verda o biosolar són molt nombroses. També sabem, però, que la ciutat no és homogènia, tant des del punt de vista de la configuració dels espais interns com de la configuració del seu entorn, i que les dinàmiques i els efectes que experimenta també varien.

Com a resultat del treball, s'ha establert un indicador del grau de prioritat de la coberta verda potencial, que va de 0 a 5 i ens indica els espais on seria més beneficiós establir una coberta verda en termes de canvi climàtic i de manca de vegetació.

Per determinar aquests espais, ens basem en la delimitació d'unes zones clau (ZC), que es fonamenten en els paràmetres següents de canvi climàtic i vegetació:

### Canvi climàtic

- temperatura en superfície
- onades de calor
- projeccions de temperatura

### Vegetació

- dèficit de verd per habitant
- dèficit en percentatge de recobriment de vegetació

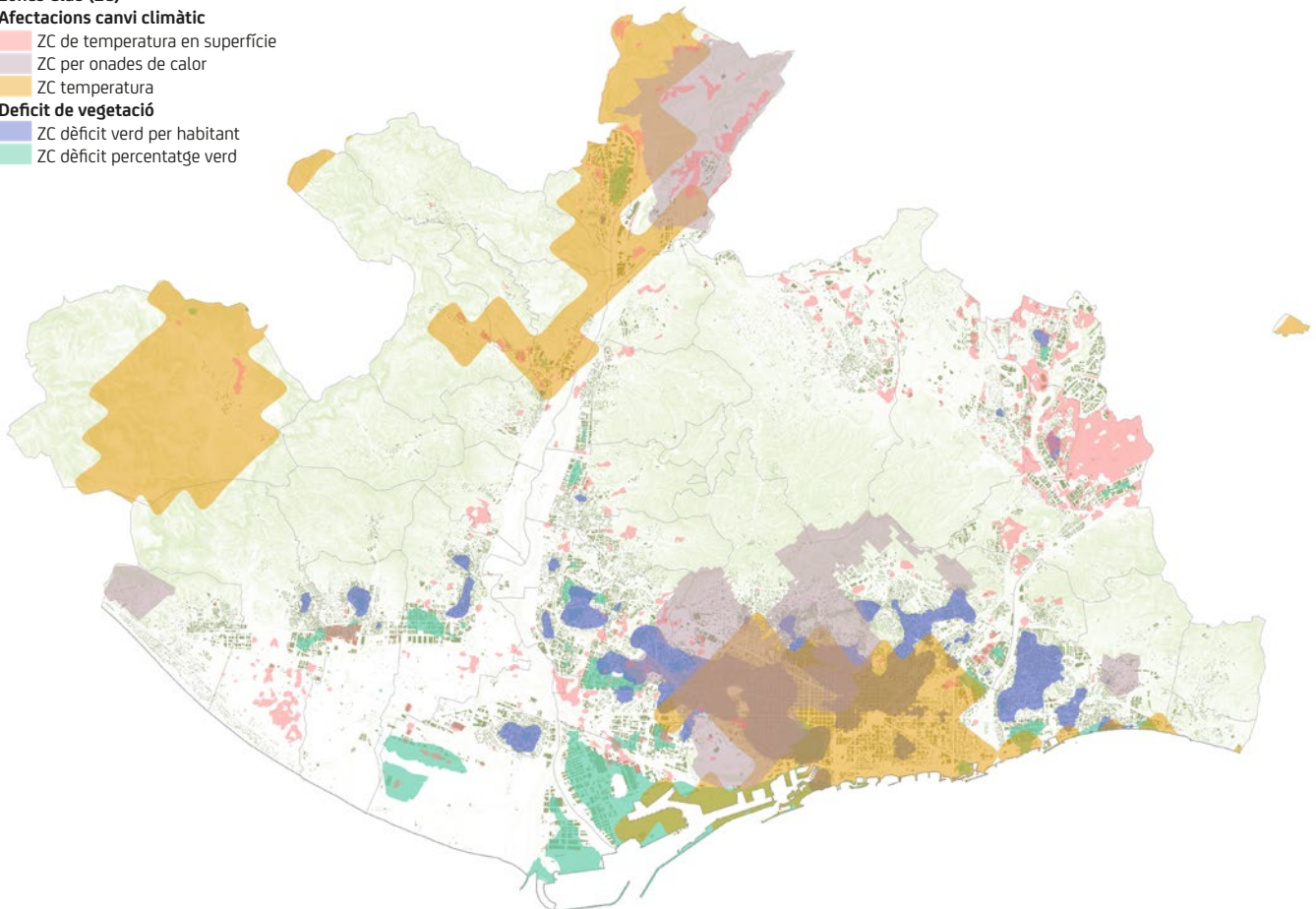
#### Zones Clau (ZC)

##### Afectacions canvi climàtic

- ZC de temperatura en superfície
- ZC per onades de calor
- ZC temperatura

##### Deficit de vegetació

- ZC dèficit verd per habitant
- ZC dèficit percentatge verd

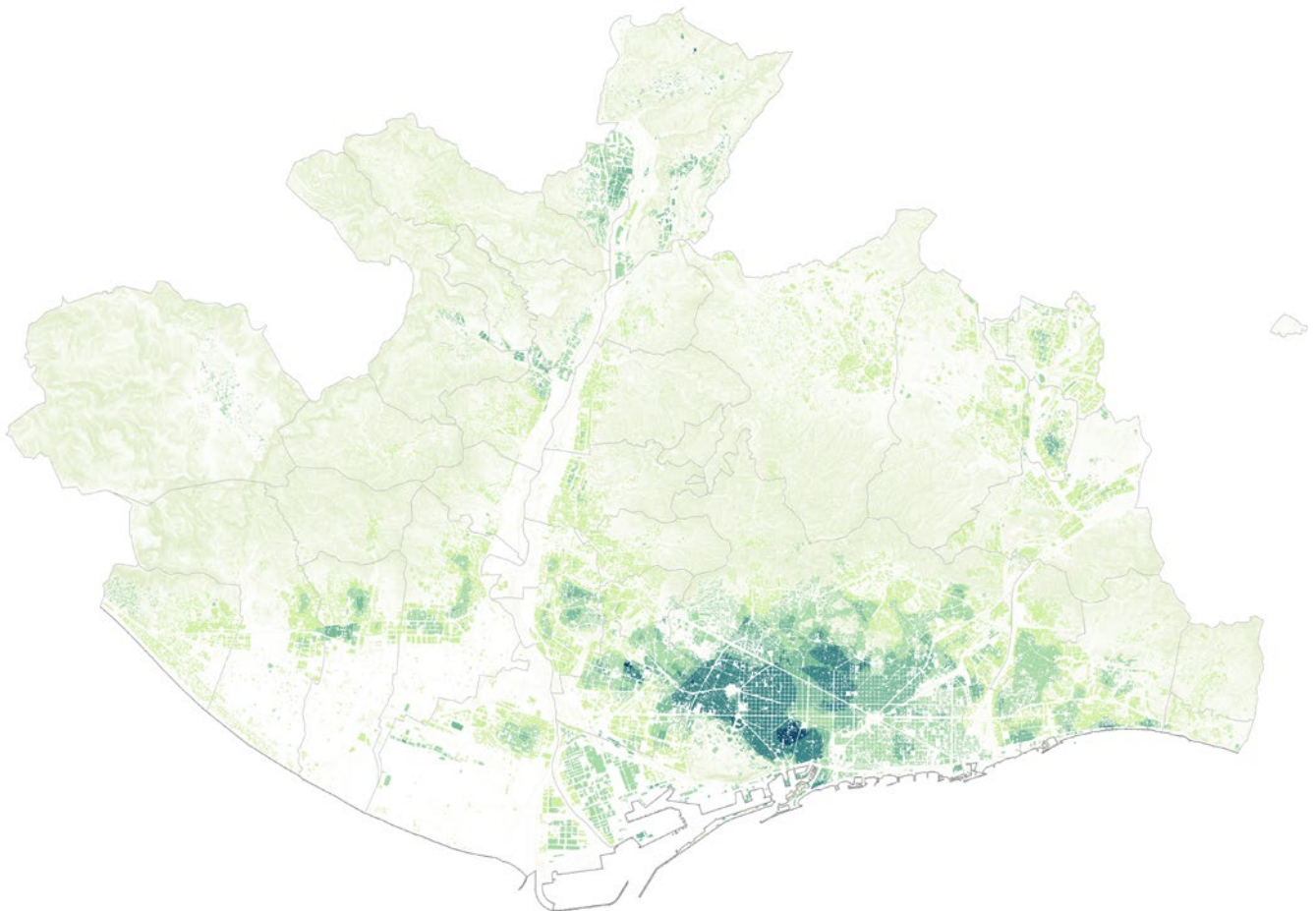


El grau de prioritat ens proporciona informació sobre els àmbits que haurien de rebre una actuació preferent.

El grau de prioritat té valors de 0 a 5 i ens indica quantes zones clau (afectades per paràmetres de canvi climàtic o dèficit de verd) afecten la coberta.

Són espais més castigats pel canvi climàtic i la manca de vegetació, per la qual cosa haurien de ser objecte prioritari d'actuació per ajudar a revertir aquestes condicions més adverses.

**Grau de prioritat de la coberta verda potencial**



# 1. Cadastre

El primer pas és seleccionar les possibles cobertes basant-se en les característiques que tenen, i per fer això es disposa del cadastre.

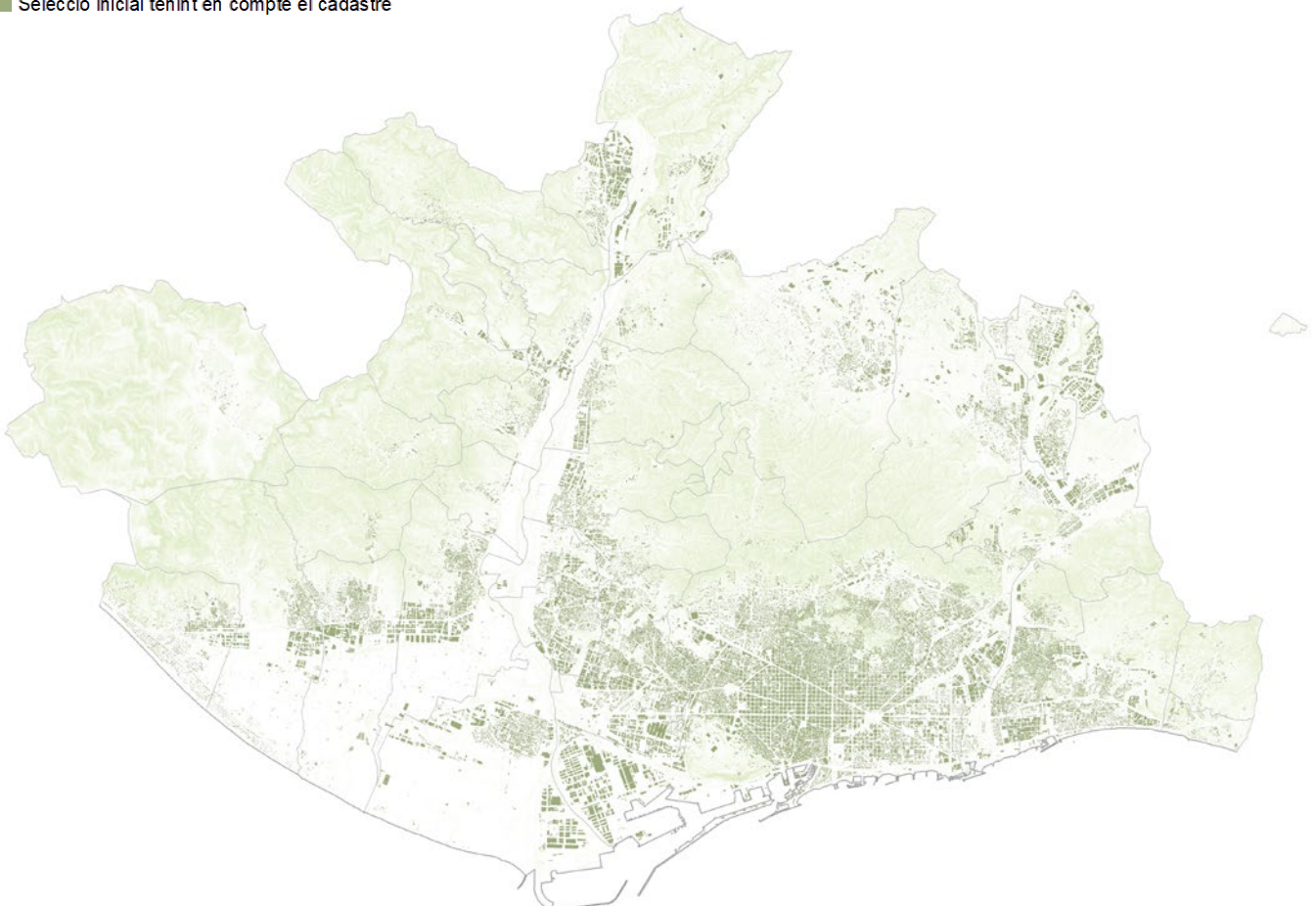
Es filtren les construccions de la base de dades del cadastre de l'any 2020, se'n descarten els patis, les piscines, les marquesines, etc., i s'estableix que han de tenir una superfície mínima de 10 m<sup>2</sup> perquè tinguin sentit l'esforç d'establir-hi una coberta verda.

Els artefactes de superfície inferior a aquest llindar de 10 m<sup>2</sup> es desestimen (xemeneies, sortides d'aire, etc.), i les construccions que tenen una superfície superior a 2.000 m<sup>2</sup> es comproven manualment per eliminar les que responen a la tipologia següent, que podrien no haver-se detectat anteriorment per mitjà del cadastre:

- dipòsits industrials
- pàrquings
- solars en construcció
- equipaments i zones esportives
- piscines
- places amb usos definits
- zones de pas a l'aire lliure amb usos ja definits (per exemple: terrasses de cafeteries o bars en centres comercials)
- patis i jardins

Són seleccionades inicialment construccions de 200.826 parcel·les a tota l'àrea metropolitana de Barcelona, amb una superfície de 6.894 ha (10,84 % del territori metropolità).

■ Selecció inicial tenint en compte el cadastre



## 2. Pendants

A partir del model digital de superfície (DSM, de la denominació anglesa *digital surface model*) de l'any 2013 s'ha calculat el pendent (percentatge). S'estableix un llindar màxim del 5 %, que és el valor que el Codi tècnic de l'edificació (CTE) marca com a llindar per a una coberta enjardinada.

La superfície que s'obté en aquest llindar inferior al 5 % és el que anomenem *superfície útil*, que és la superfície apta per contenir la coberta verda.

Calculem la superfície útil i no la mitjana de la superfície del pendent de la coberta perquè d'aquesta manera s'evita que els petits elements que hi són presents, com ara antenes, xemeneies, etc., alterin el valor mitjà del pendent de la coberta.

S'han desestimat cobertes amb superfícies útils inferiors a 5 m<sup>2</sup>. S'ha observat que les superfícies útils inferiors generalment no són superfícies contínues o bé estan situades al límit de la coberta. Per tant, el mínim de superfície útil estimada és de 5 m<sup>2</sup>.

Aplicant aquest segon filtre, obtenim 959 ha de superfície útil amb un pendent inferior al 5 %, que és el 16,4 % de la superfície total de les 118.827 parcel·les afectades.

Tot i que per a la instal·lació de cobertes verdes o biosolars només són viables les cobertes amb pendent inferior al 5 %, s'afegeixen al visor dades d'altres llindars de pendent (fins al 40 % de pendent) que podrien fer viables les cobertes per a propòsits fotovoltaics.



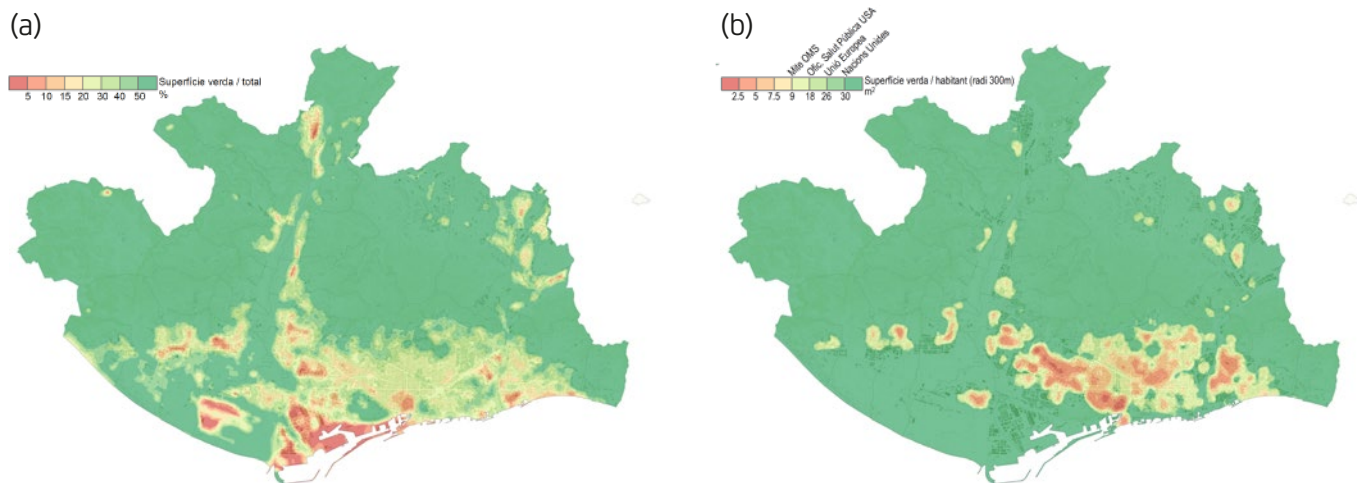
### 3. Zones clau en relació amb el dèficit del verd

Utilitzem l'índex de vegetació (NDVI, *normalized difference vegetation index*). Es considera presència de verd quan l'índex NDVI  $\geq 0,20$ .

Segons la bibliografia que s'ha consultat, el més raonable és avaluar el verd amb més d'un indicador o estàndard. Generalment, s'utilitza una combinació de dos indicadors: l'indicador de la quantitat de verd i l'indicador de la distància a aquests espais mesurada en temps d'accés o amb distància física. Els dos indicadors s'han calculat en radis de 300 m, que són aproximadament 5 minuts a peu.

S'han delimitat dues zones clau (ZC) segons els indicadors de verd:



- **ZC Dèficit de percentatge de recobriment de verd (a):** establim que un espai és una ZC quan el percentatge de recobriment és inferior al 15 % dins l'àrea de 300 m de radi. Aquest llindar prové del treball realitzat pel Model del verd de la ciutat de Barcelona i és propiciat pel percentil 30 de les dades.
- **ZC Dèficit de metres quadrats de verd per habitant (b):** establim que un espai és una ZC quan el verd per habitant és inferior a 9 m<sup>2</sup>/hab. (mite de l'OMS\*) dins l'àrea de 300 m de radi.

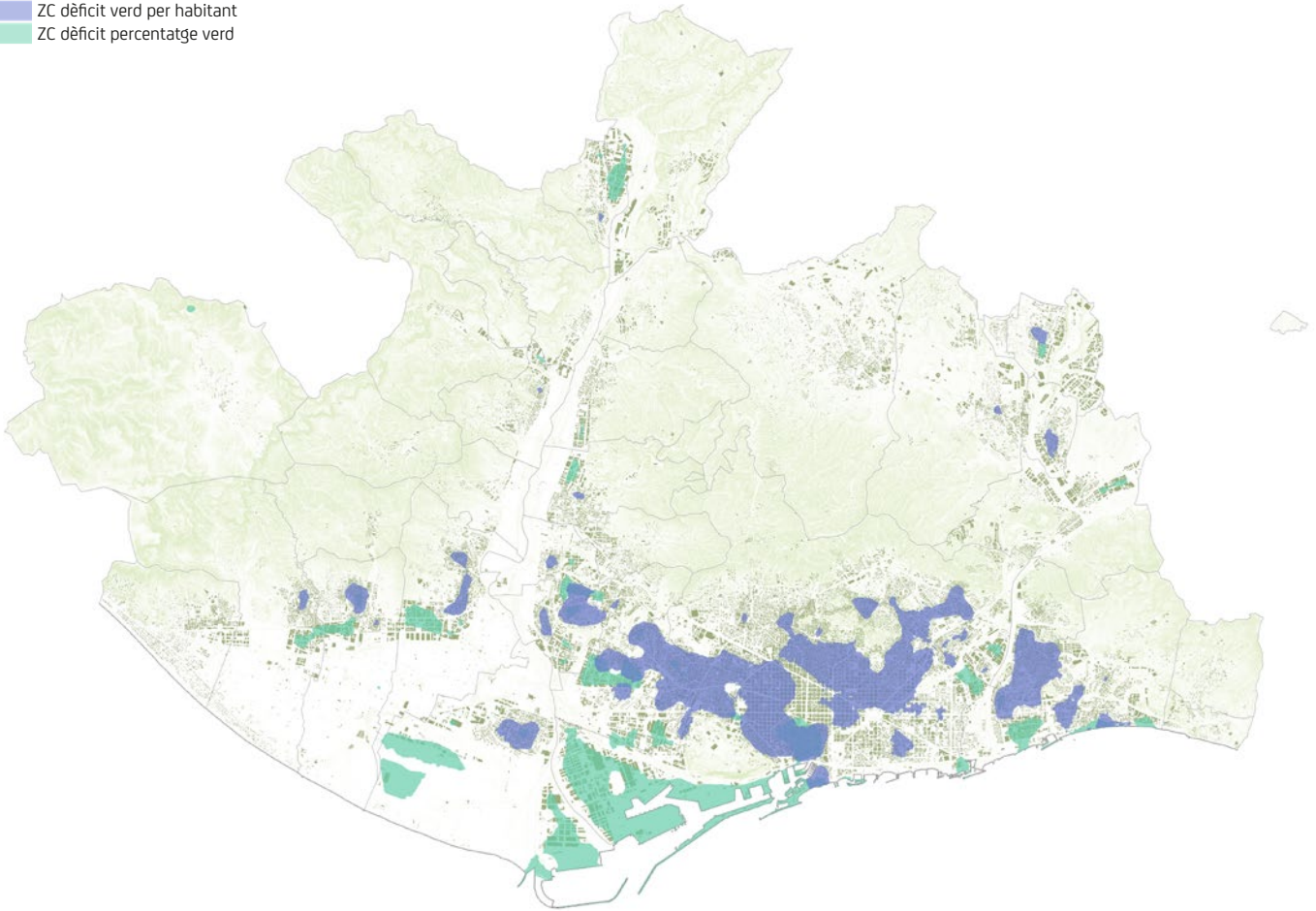


\* De manera recurrent s'esmenta l'estàndard de 9 m<sup>2</sup> de verd per habitant, que s'atribueix a l'OMS. Aquest esment es fa en diversos mitjans, articles, webs, blogs, etc., citant un document de l'OMS, però enlloc del document es menciona aquest estàndard tan divulgat. Recentment, el mateix diari *El País* en fa esment i defineix un estàndard d'entre 10-15 m<sup>2</sup> de verd per habitant.

Barcelona, Badalona, Santa Coloma de Gramenet i l'Hospitalet de Llobregat són els municipis amb més dèficit de verd per habitant a causa de la gran concentració d'habitants i a la configuració urbanística compacta que tenen.

Pel que fa al dèficit de percentatge de verd, destaquen les grans zones industrials, especialment el polígon de la Zona Franca a Barcelona.

 ZC dèficit verd per habitant  
 ZC dèficit percentatge verd



## 4. Zones clau en relació amb tres factors de canvi climàtic

- Projeccions climàtiques de temperatura en el futur (ZC de temperatura) (a).  
Superfície dels percentils 95 (P95) del valor final i les seves variacions (respecte al període 1971-2000) per a les variables TM, DT i TO en l'escenari RCP 8.5 projectat per al període 2071-2100.

*TM: temperatura mitjana anual*

*DT: dies tòrrids (TX > 35 °C)*

*TO: nits tòrrides (TN > 25 °C)*




- Onades de calor (ZC d'onades de calor) (b)  
A les onades de calor dels anys 2012, 2015 i 2018 s'han localitzat les zones on hi ha un augment notable de la temperatura durant l'onada.
  - Es calcula la diferència entre la temperatura màxima, mitjana i mínima de cada onada amb la temperatura màxima, mitjana i mínima del mes tipus, respectivament.
  - Calculem el percentil 90 (P90) a cada una d'aquestes diferències i unim els resultats de les diferents onades.

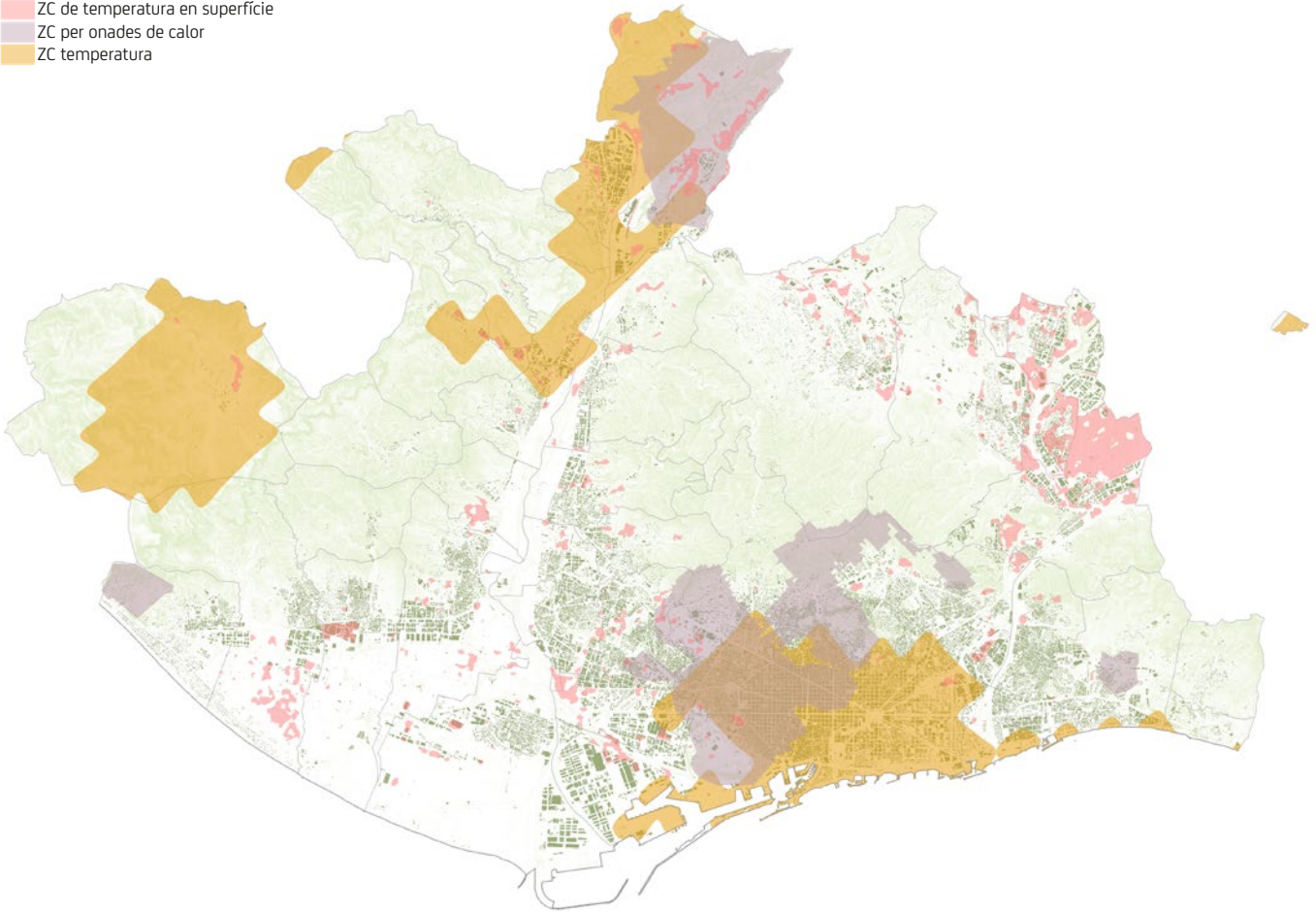
En un últim pas per delimitar la zona clau, seleccionem els àmbits que afecten directament la trama urbana residencial i que estan per sobre de la temperatura mitjana anual actual de l'àrea metropolitana de Barcelona (23,6 °C). Així ens assegurem que la zona crítica reflecteix les zones més caloroses afectades per onades de calor.

- Temperatura en superfície (ZC de temperatura superficial) (c)  
Informació processada de Landsat 8 per obtenir la temperatura superficial del sòl en data 17/08/2017, 10.30 h.  
La zona seleccionada és el percentil 90 (P90), exclouent-ne els polígons industrials.

Les onades de calor i les projeccions climàtiques de temperatura tenen una clara afectació en el litoral, sobretot al municipi de Barcelona.

A Castellbisbal i Sant Andreu de la Barca es localitza una zona amb temperatures diürnes elevades, i Begues és la zona de l'àrea metropolitana de Barcelona on el canvi climàtic produeix més variació de temperatura.

-  ZC de temperatura en superfície
-  ZC per onades de calor
-  ZC temperatura



## 5. Any de construcció

S'ha extret l'any de construcció del cadastre de l'any 2020. La informació es facilita com a bé immoble, i l'únic element de connexió entre la taula i la geometria és la referència cadastral. Dins una referència cadastral, podem trobar més d'un element (bé immoble), en alguns casos, d'anys diferents.

Establim tres formes d'assignació de l'any de construcció:

- Exacte: quan totes les construccions tenen registrat el mateix any.
- Calculat: per mitjà de la moda de la dècada dels diferents registres de la referència cadastral.
- Sense dades: la informació no figura al registre.






No es planteja l'any de construcció com un filtre, sinó com una informació addicional, que ens indica amb quina normativa es va edificar. Ens fixem en tres documents:

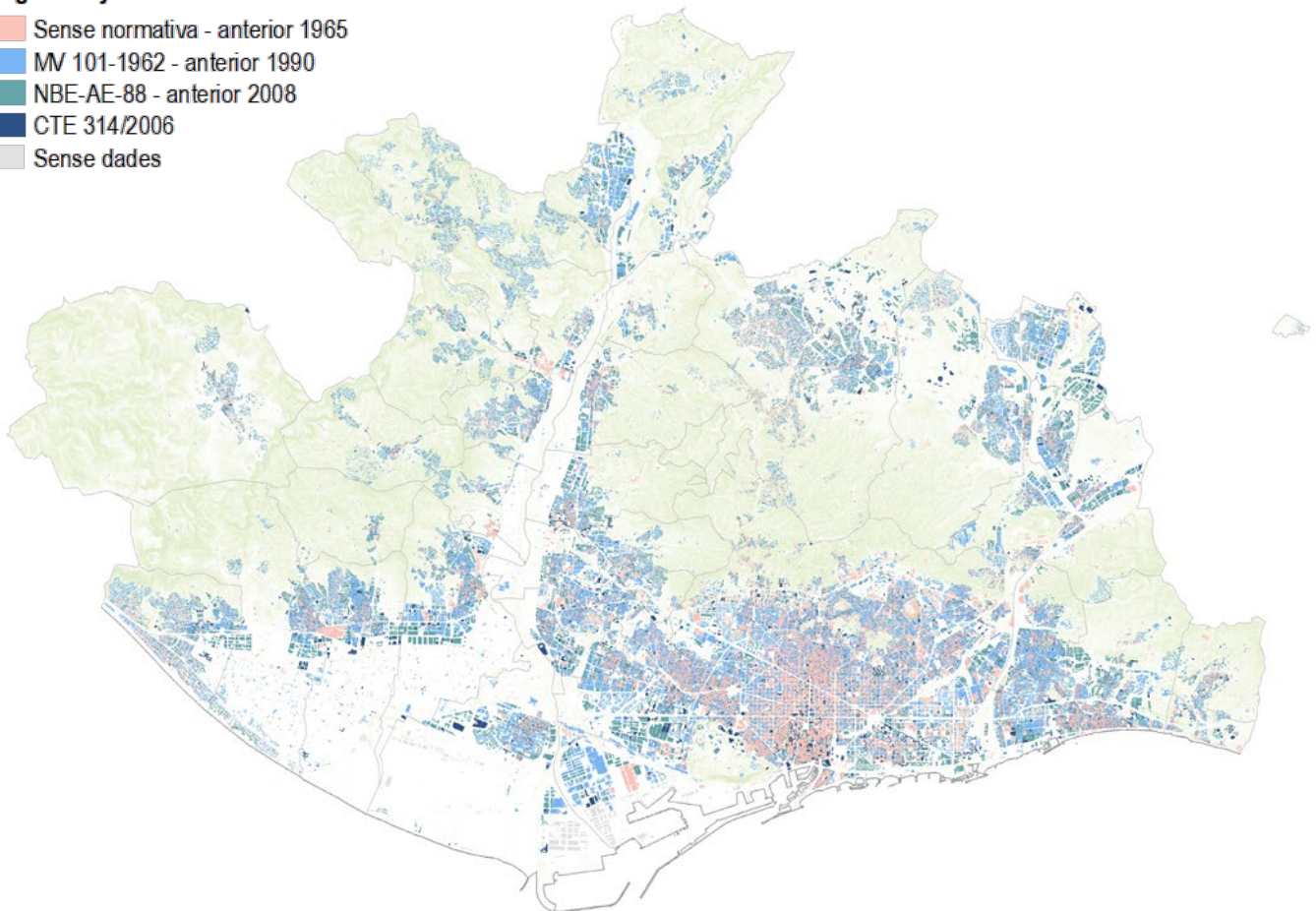
- MV 101-1962, d'Acciones en la Edificación. Primera norma que inclou les capacitats de càrrega.
- NBE-AE-88, Norma bàsica. És la modificació de la norma MV 101-1962.
- CTE 314/2006, Codi tècnic de l'edificació.

Les edificacions antigues requereixen estudis addicionals de capacitat de càrrega de l'estructura de l'edifici i la realització d'un disseny molt acurat per assegurar-ne la viabilitat i adaptar-se a la normativa actual.

**Normativa**

**segons any de construcció**

-  Sense normativa - anterior 1965
-  MV 101-1962 - anterior 1990
-  NBE-AE-88 - anterior 2008
-  CTE 314/2006
-  Sense dades



Prenem com a llindar dos anys després de la publicació dels documents, donant per descomptat que ja s'apliquen plenament.

- *MV 101-1962, 1965*
- *NBE-AE-88, 1990*
- *CTE 314/2006, 2008*

Per determinar la viabilitat tècnica de les noves instal·lacions (biosolars, verdes o fotovoltaïques) en cobertes existents, cal tenir-ne en compte la capacitat portant. Per determinar-la en una coberta existent, cal saber l'estat de les càrregues per a les quals s'ha dissenyat.

Per saber de manera fiable i precisa la capacitat portant de disseny d'una edificació, se n'ha de consultar el projecte executiu (sempre que no s'hagin produït canvis substancials en l'execució), concretament a la memòria d'estructures i al plànol d'estructures del forjat de coberta.

Aquesta seria la informació més precisa i fiable, però per a una aproximació orientativa es pot fer servir l'any de construcció. Aquesta dada no és determinant i caldrà fer un estudi més detallat a partir del projecte executiu, però ens en pot donar una idea.

Es podria dir que les sobrecàrregues d'ús considerades en el disseny d'un edifici és el calaix de sastre per a totes les càrregues difícils de preveure. Segons aquest criteri, la sobrecàrrega que comporta la instal·lació d'una coberta (fotovoltaïca, biosolar, etc.) no hauria de superar el valor de sobrecàrrega d'ús per al qual s'ha dissenyat l'estructura.

**Pel que fa a les certificacions de sostenibilitat, l'establiment de cobertes verdes o biosolars con-**

**tribuirà, juntament amb altres característiques que s'avaluen de l'edificació, a la puntuació dels certificats de referència BREEAM (Regne Unit, el més popular a Europa), LEED (Estats Units) o l'estatal VERDE (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios).**

Per les raons anteriors, es podria considerar que les cobertes planes d'edificis construïts amb posterioritat a l'any 1965 han estat dissenyades per suportar sobrecàrregues d'ús com a mínim d'1 kN/m<sup>2</sup> (100 kg/m<sup>2</sup>). Atès que els edificis construïts amb anterioritat a aquesta data no tenien cap normativa estructural de compliment obligat, es desconeix la capacitat portant de la coberta de disseny i, per tant, és més probable que requereixin un reforç estructural que comporti un increment considerable de la inversió.

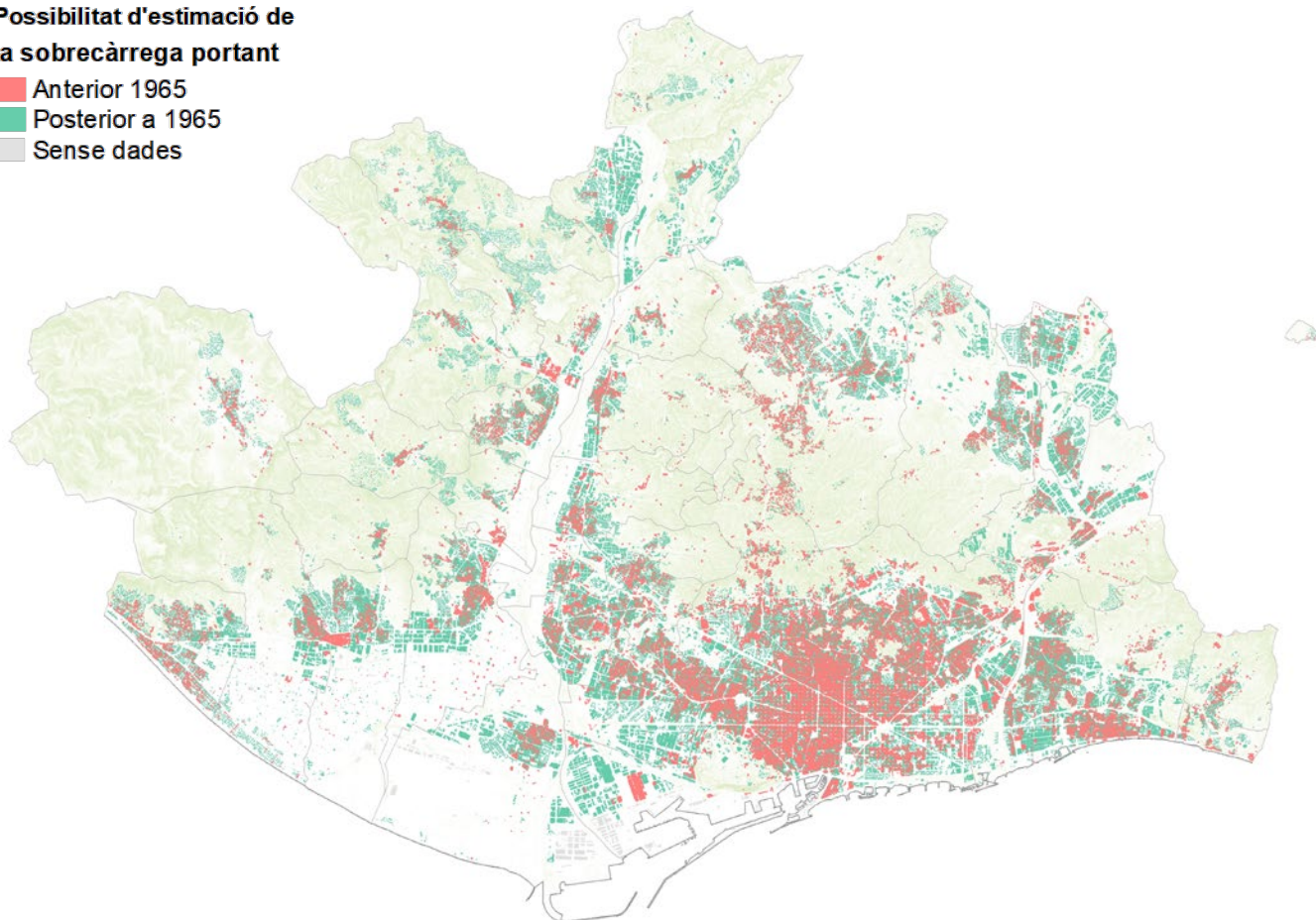
**Considerant aquest any de construcció com un factor limitant, la superfície útil per a coberta verda o biosolar a l'àrea metropolitana de Barcelona es redueix de 959 ha a 744 ha (-22,4 %).**

A continuació es presenta una taula orientativa basada en l'any de construcció i la normativa aplicada per estimar la sobrecàrrega d'ús en el cas de no disposar de l'estat de càrregues de l'edifici.

Per determinar la sobrecàrrega d'ús d'una coberta plana, cal determinar l'ús que es fa d'aquesta coberta. Com que a aquesta escala de treball és impossible determinar si la coberta és accessible, d'ús privat o accessible només per fer-ne la conservació, s'haurien de considerar tan sols els valors per a cobertes planes accessibles només per a conservació, atès que són més restrictives en les exigències portants en fase de disseny.

**Possibilitat d'estimació de la sobrecàrrega portant**

- Anterior 1965
- Posterior a 1965
- Sense dades



Classificació de les cobertes existents		Acabat de la coberta	Sense normativa < 1964	MV 101-1962 1964-1989	NBE-AE-88 1990-2007	CTE 314/2006 > 2007
Terrats	Accessibilitat per a conservació	Tela impermeable vista	?	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>
		Graves				
	Accessibilitat privada	Rajola (terracota) i altres paviments	?	150 kg/m <sup>2</sup>	150 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>

## 6. Cobertes reflectores

Incorporem informació sobre l'albedo (reflectància o reflexió solar) de les cobertes per detectar la presència o absència de cobertes fresques (o reflectores; *cool roofs* en anglès).

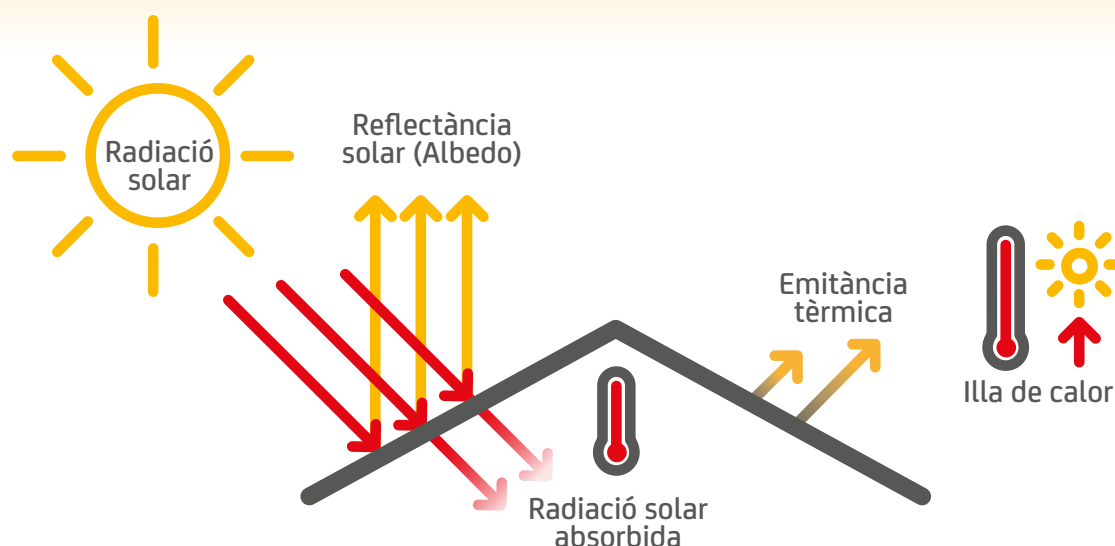
Entenem per cobertes fresques les que tenen una alta reflexió solar i una alta emitància tèrmica; reflecteixen la major part de l'energia solar incident i, per tant, la superfície s'escalfa menys per l'absorció més reduïda que fan els seus materials i n'han d'irradiar menys quantitat al cel, especialment durant la nit.

L'albedo és la fracció de radiació solar que es reflecteix des de la superfície, en aquest cas de la coberta. La color, la rugositat, el tipus de material o la incli-

nació del material sobre el qual incideix la radiació solar fa que es reflecteixi més o menys radiació i, per tant, s'escalfi més o menys.

Té una relació directa amb el fenomen d'illa de calor que pateixen les ciutats, ja que una part d'aquesta radiació absorbida per la coberta es retorna lentament en forma de calor durant la nit (emitància).

Es poden corregir fàcilment els valors de reflectància mitjançant el color de la coberta i/o la presència de vegetació. Si enjardinem o pintem de blanc una coberta, n'augmentem la reflexió (albedo), i així s'aconsegueix una temperatura superficial i de l'aire més baixa, i es disminueix la demanda energètica de l'edificació.



Segons un estudi de l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals de la Universitat Autònoma de Barcelona (ICTA-UAB) publicat a la revista *Urban Climate*, la combinació del canvi de color de les cobertes a blanc i la presència de vegetació aportaria una reducció de la temperatura mitjana d'1,26 °C (fins a 4,73 °C durant el dia –15 h– i 1,88 °C a la nit –21 h–). També implicaria un descens del 26 % del consum energètic per l'estalvi en l'aire condicionat.

### Càlcul de l'albedo

Per calcular l'albedo o reflectància solar s'han obtingut imatges satèl·lit de *Sentinel-2* (programa Copernicus, desenvolupat per l'Estació Espacial Europea–ESA–10 × 10 m de resolució), corresponents al dia 22 de juny de 2018.

El càlcul es basa en el mètode Liang proposat a «Cross-Comparison of Albedo Products for Glacier Surfaces Derived from Airborne and Satellite (Sentinel-2 and Landsat 8) Optical Data», amb la fórmula següent:

$$\alpha_{\text{Liang}} = 0,356b_2 + 0,130b_4 + 0,373b_8 + 0,085b_{11} + 0,072b_{12} - 0,0018$$

on  $b_x$  correspon a les diferents bandes (imatges) obtingudes de *Sentinel-2*.

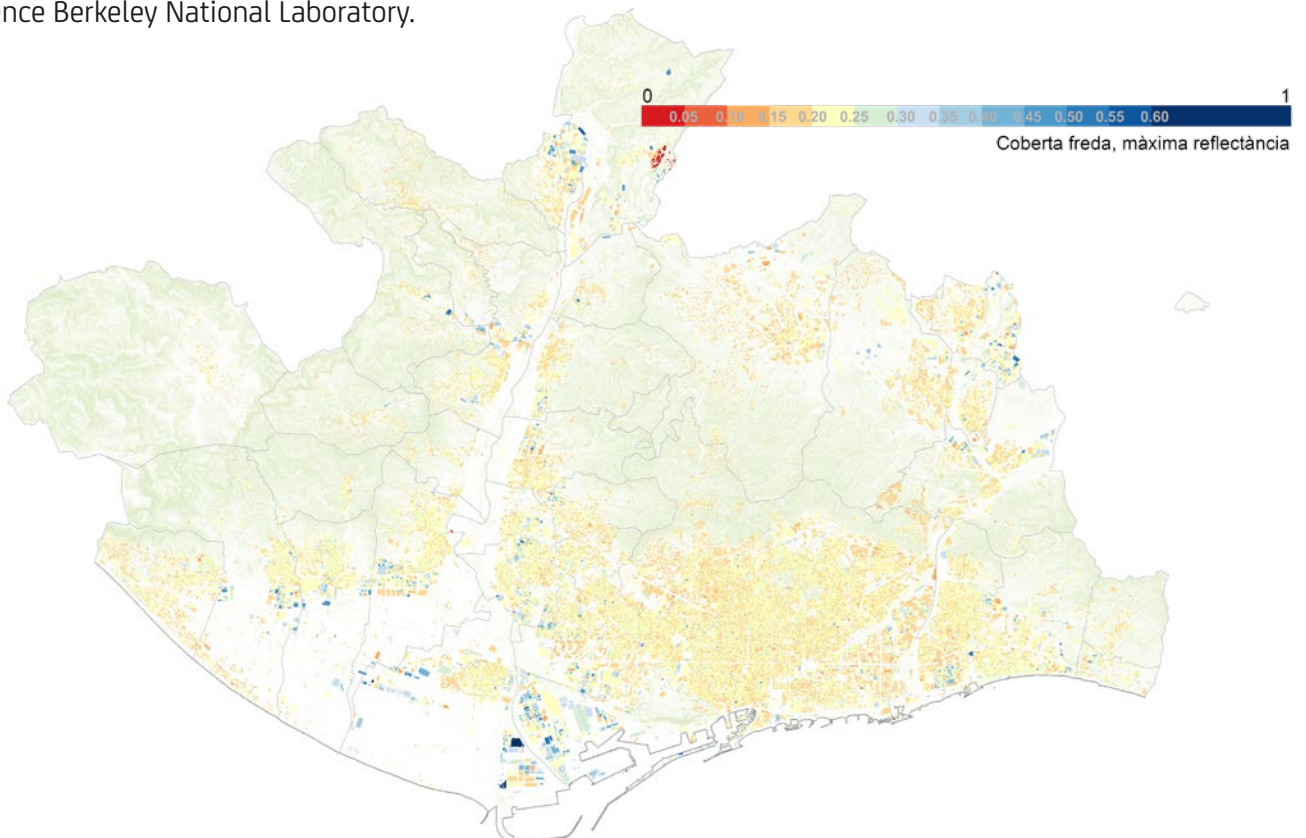
S'ha calculat la mitjana del valor per a cada element i s'ha comprovat que les dades que s'han obtingut són pròximes als valors de referència publicats pel Lawrence Berkeley National Laboratory.

S'obtenen valors en una escala d'entre 0 i 1, on 1 és la màxima reflectància, que ens indica que aquella superfície reté menys radiació i, en conseqüència, s'escalfa menys.

Segons l'Agència Nord-americana de Protecció Ambiental (USEPA, 1992), una coberta «altament reflectora» tindria valors d'albedo de 0,60 - 0,70. El valor mitjà d'albedo a l'àrea metropolitana de Barcelona és tan sols de 0,21.

Que l'albedo mitjà sigui del 0,21 vol dir que les cobertes, de mitjana, només reflecteixen el 21% de la radiació incident. És a dir que, en general, tenim cobertes «calentes» al territori.

Encapçalen el rànquing amb un albedo mitjà més alt Viladecans i Sant Joan Despí, amb un valor de 0,23, i el tanca Badia del Vallès, amb un valor de 0,18.



## 7. Potencial fotovoltaic

El mapa de potencial d'energia fotovoltaica és el resultat del càlcul estimatiu del potencial màxim d'energia fotovoltaica per a cadascun dels edificis de

l'àrea metropolitana de Barcelona recollit al Visor de la radiació solar fotovoltaica, que incorporarem a manera informativa en aquest visor.



S'avalua quin és el potencial màxim de generació d'energia solar a les cobertes dels edificis.

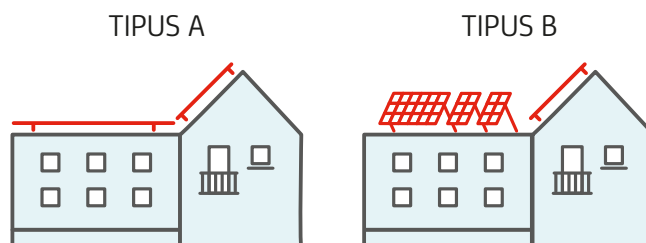
Per fer el càlcul s'han utilitzat tècniques de modelització 3D de ciutats (mitjançant LiDAR). També s'ha modelitzat, s'ha comprovat i s'ha calibrat el model de radiació solar aplicat en entorns virtuals. D'altra banda, s'ha utilitzat la base de dades del cadastre i de construccions de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

En el càlcul es consideren només les cobertes dels edificis. S'identifiquen les zones on comença a ser factible instal·lar sistemes solars segons criteris de radiació solar mínima, rugositat màxima, superfície mínima de coberta o inclinació màxima de coberta.

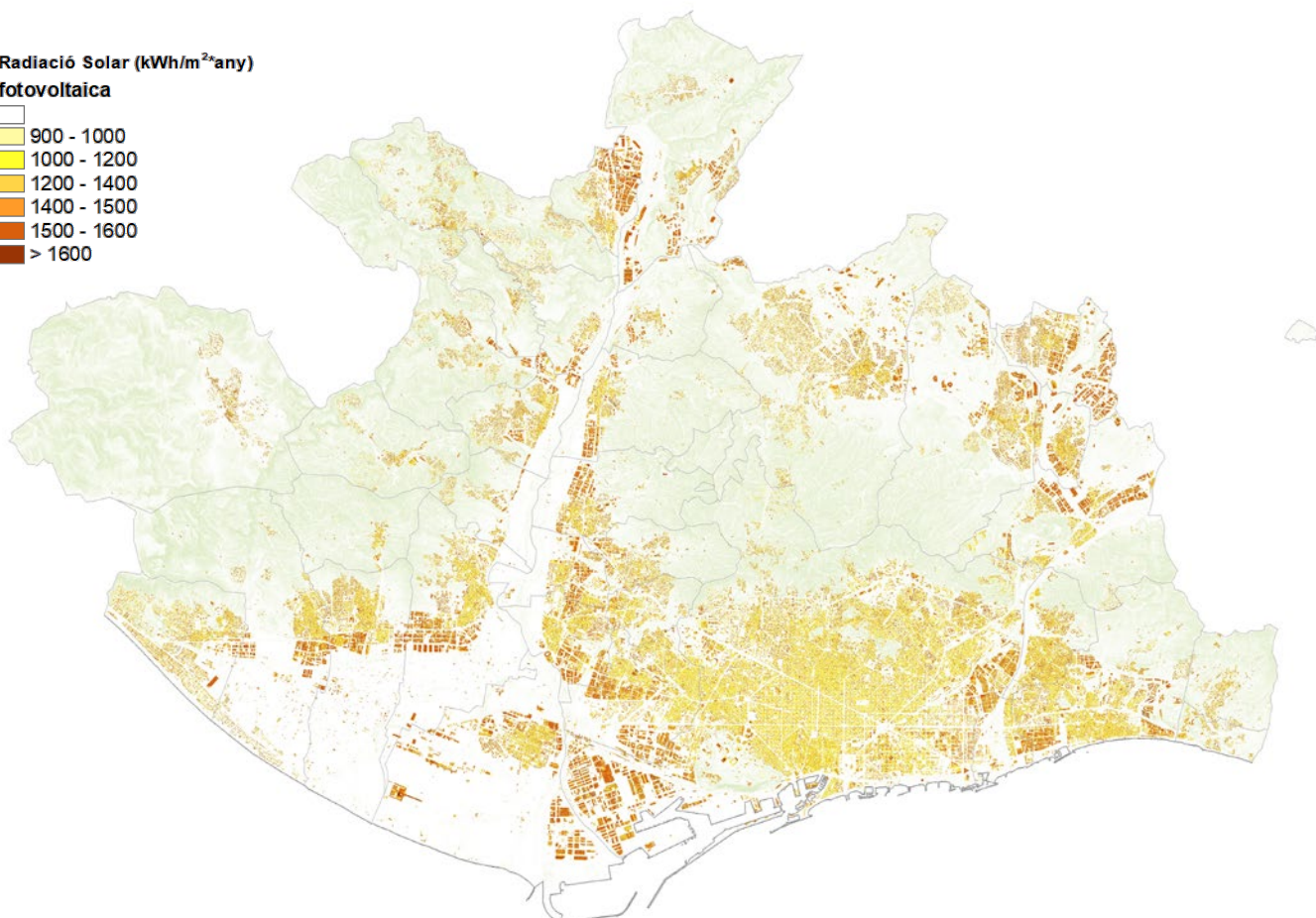
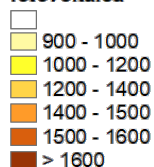
S'ha considerat un rendiment total del 12% per a les instal·lacions fotovoltaïques.

Obtenim dos tipus de resultats per a cada edifici:

- TIPUS A: instal·lacions solars amb 0° d'inclinació a les cobertes planes, i amb inclinació igual a la de la coberta a les cobertes inclinades.
- TIPUS B: instal·lacions solars amb 30° d'inclinació a les cobertes planes, i amb inclinació igual a la de la coberta a les cobertes inclinades.

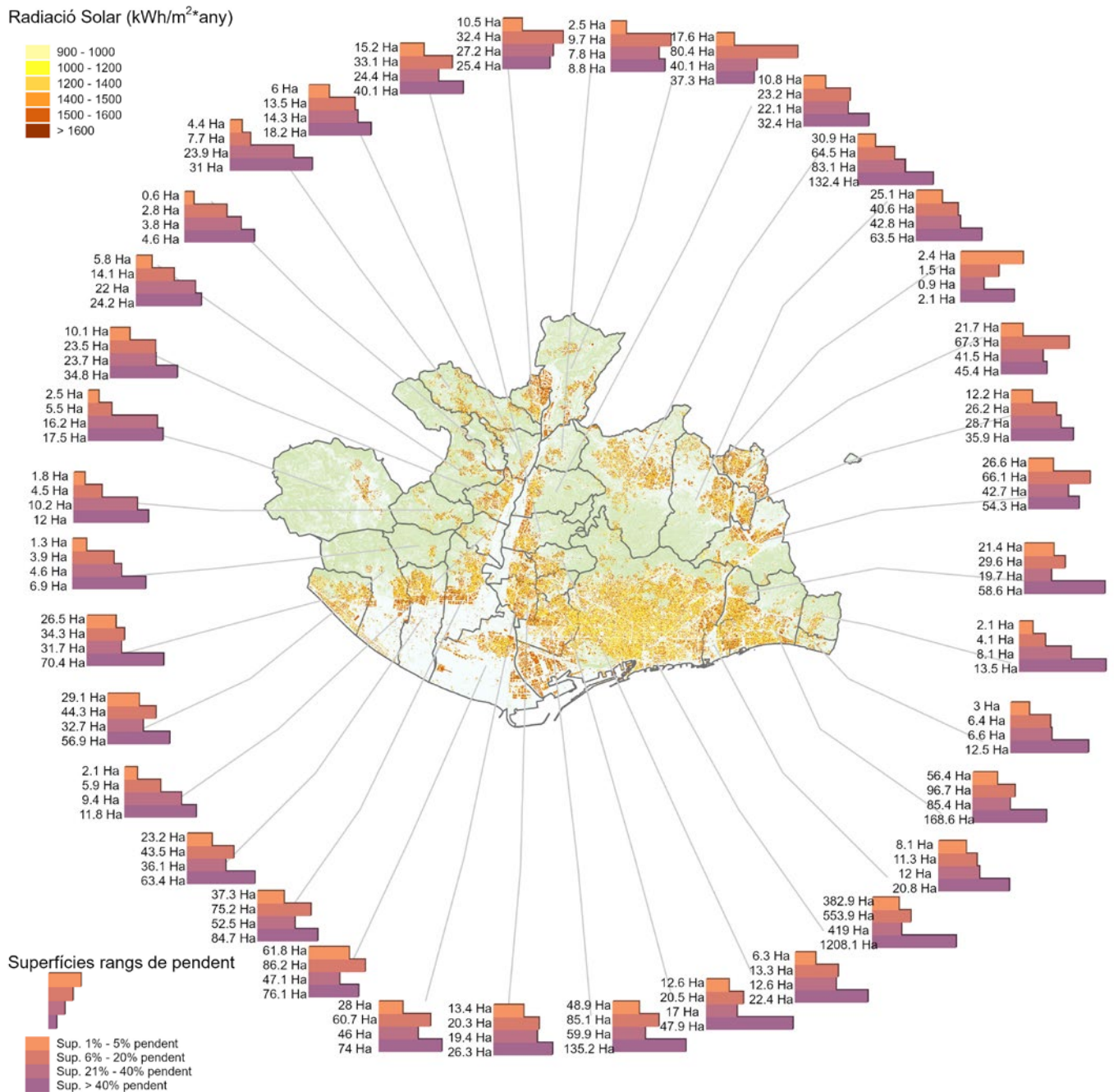
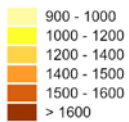


**Radiació Solar (kWh/m<sup>2</sup>·any)  
fotovoltaïca**



## Visor del potencial de cobertes verdes de l'àrea metropolitana de Barcelona

Radiació Solar (kWh/m<sup>2</sup>\*any)



S'han calculat les superfícies del total de cobertes en altres rangs de pendent que podrien ser aptes per a potencial fotovoltaic:

- De l'1% al 5% de pendent
- Del 6% al 20%
- Del 21% al 40%
- Més del 40% de pendent

## 8. ITE – Conservació

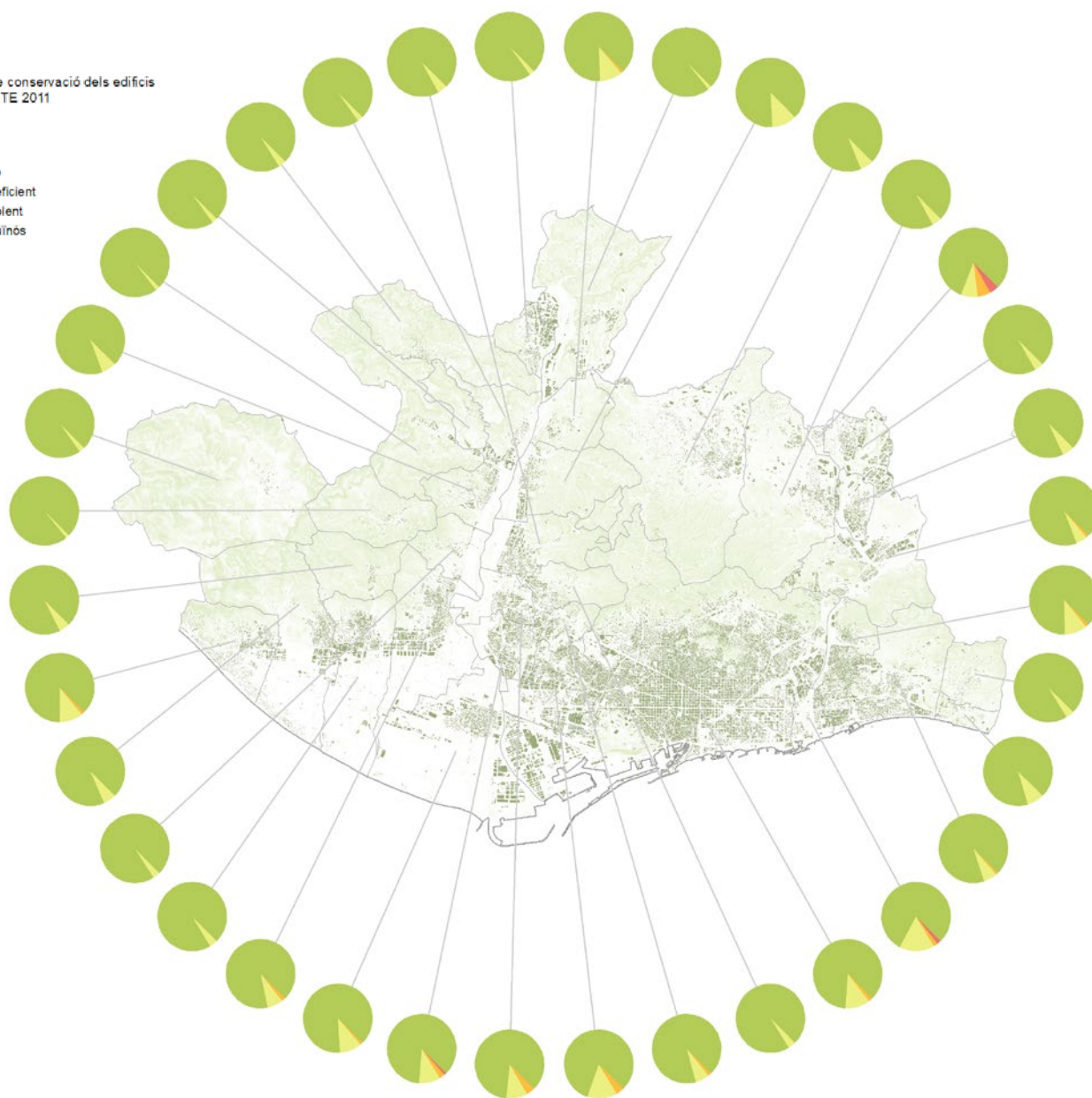
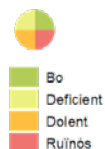
El Cens d'edificis és una operació estadística que, amb periodicitat decennal, determina el nombre i la distribució geogràfica dels edificis existents i les seves característiques.

El Cens d'edificis és una operació estadística d'àmbit estatal duta a terme per l'Institut Nacional d'Estadística (INE), juntament amb el Cens de població i habitatges.

L'Idescat ofereix territorialment la informació a escala municipal, comarcal, d'àmbits del Pla territorial, de províncies i de Catalunya.

La darrera publicació és del 2011 i té una freqüència decennal.

Estat de conservació dels edificis  
Dades ITE 2011



## 9. Recurs hídric

Com a últim apartat del treball, s'ha volgut fer un exercici teòric sobre la disponibilitat i la utilització de recurs hídric de les cobertes verdes o biosolars potencials detectades anteriorment.

Per fer-ho, ens basem en l'Estudi del potencial d'aprofitament de les aigües pluvials per a reg de jardins i zones verdes a l'àrea metropolitana de Barcelona, elaborat per Barcelona Regional dins el marc del Pla estratègic del cicle integral de l'aigua (PECIA).

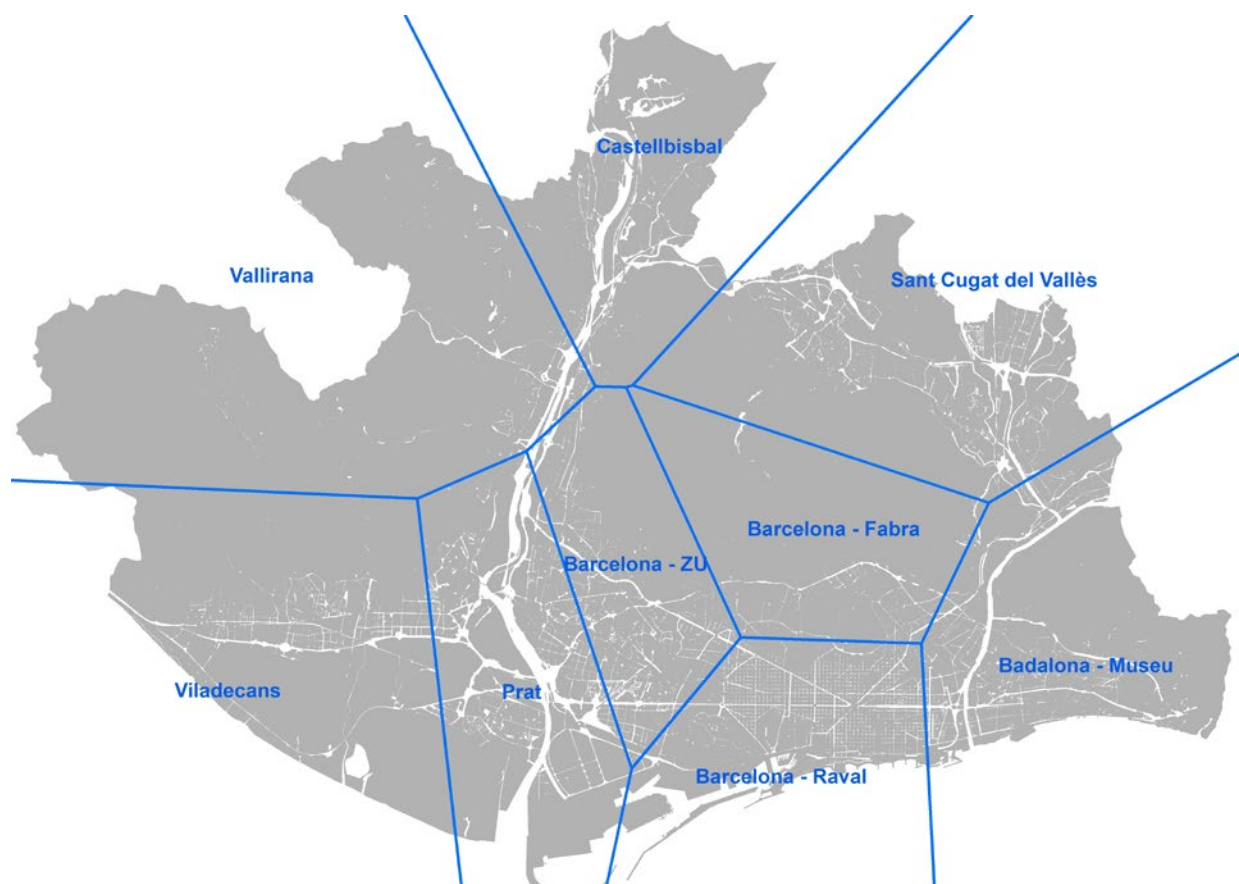
Es fa una estimació del volum d'aigua de pluja que ha caigut al terrat, de la demanda hídrica de la coberta verda hipotètica (en relació amb la vegetació de temporada tipus segons la superfície útil obtin-

guda amb pendent inferior al 5%), i de la demanda de reg d'aquesta coberta hipotètica. Finalment, fem el balanç hídric que es deriva d'aquestes variables.

Es treballa en dos escenaris pluviomètrics diferents: en un any mitjà (amb pluviometria mitjana) i en un any sec (amb escassetat de pluges).

**Volum d'aigua de pluja:** es calcula el volum total d'aigua de pluja que cau a cada terrat. Les dades s'obtenen de les sèries pluviomètriques del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) per a les 9 estacions metropolitanas i per al període 2007-2018.

$$\text{Volum (m}^3\text{)} = [\text{Precipitació (mm)} \times \text{Sup. terrat (m}^2\text{)}] / 1.000$$



**Demanda hídrica:** l'evapotranspiració (ET) és la variable que mesura la demanda hídrica d'un terreny cultivat, incloent-hi tant l'aigua que transpiren les plantes per a la formació de teixits vegetals, com la que s'evapora. En condicions ambientals idèntiques, diferents espècies tenen taxes d'evapotranspiració diferents, de manera que per uniformitzar les mesures s'utilitza l'evapotranspiració de referència (ET<sub>0</sub>).

Les dades de les sèries d'evapotranspiració de referència (ET<sub>0</sub>) s'obtenen del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) per a les 9 estacions metropolitananes o pròximes i per al període 2007-2018.

Es aquest cas, també es tenen en compte dos escenaris pluviomètrics: sec i mitjà, ja que varia molt la demanda hídrica de la vegetació.

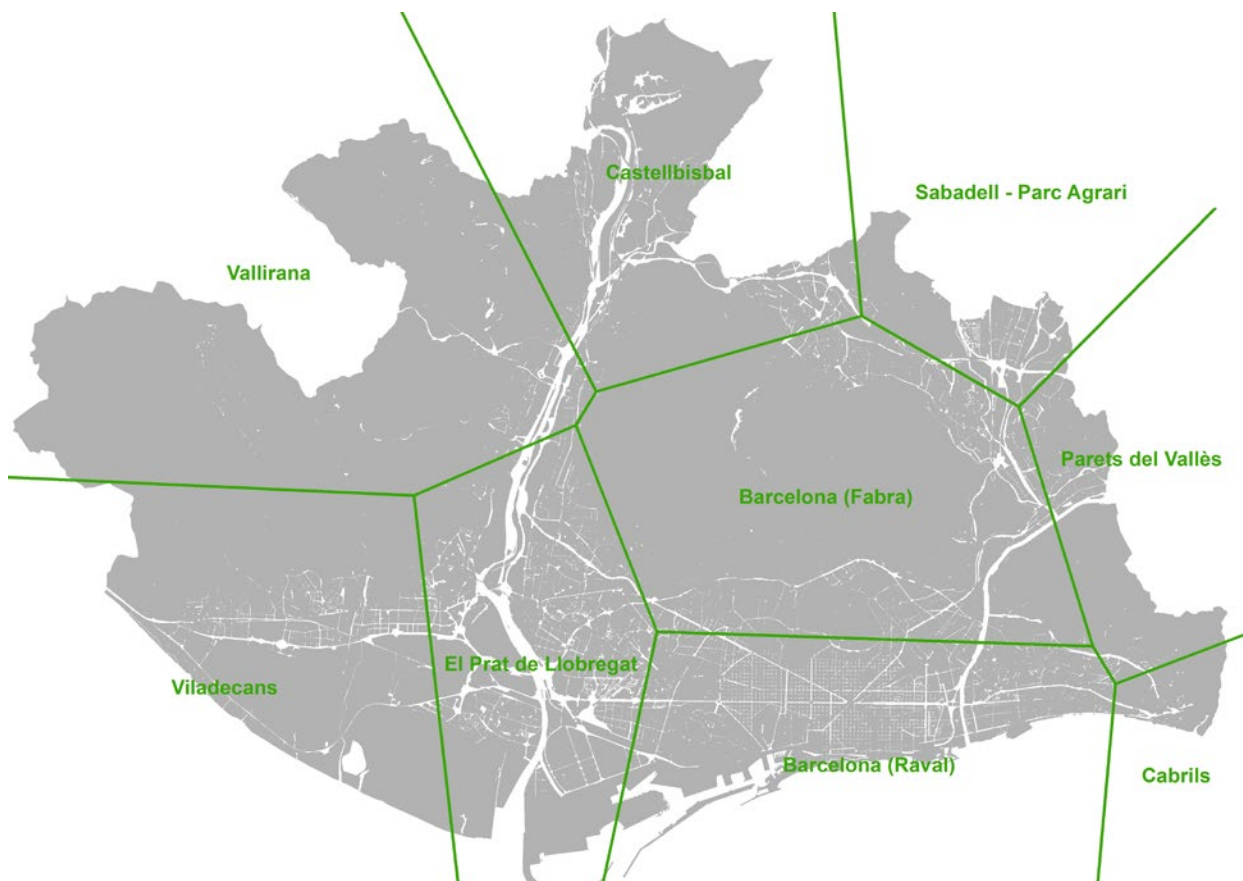
$$Demanda\ hídrica\ (m^3) = [ET_{diària}\ (mm) \times n\ Dies \times Sup.\ coberta\ verda\ (m^2) \times Factor\ de\ correcció\ vegetació\ (Kc)] / 1.000$$

Considerant una coberta verda de vegetació autòctona, apliquem un factor de correcció de la vegetació per flor de temporada (Kc).

**Demanda hídrica per metre quadrat de coberta verda (mitjana anual)**

**Any normal – 288 l/m<sup>2</sup>**

**Any sec – 303 l/m<sup>2</sup>**



**Demanda de reg:** la demanda de reg és la part de la demanda hídrica de la planta que no és capaç de satisfer-se per mitjà de la pluja directa, és a dir, és l'aigua que hem d'aportar nosaltres. L'aigua que satisfà directament la pluja és el que anomenem precipitació efectiva ( $P_e$ ) de cada episodi:

$$P_e = 0,75 \cdot P \quad \text{si} \quad P \geq 4 \text{ mm}$$

$$P_e = 0 \quad \text{si} \quad P < 4 \text{ mm}$$

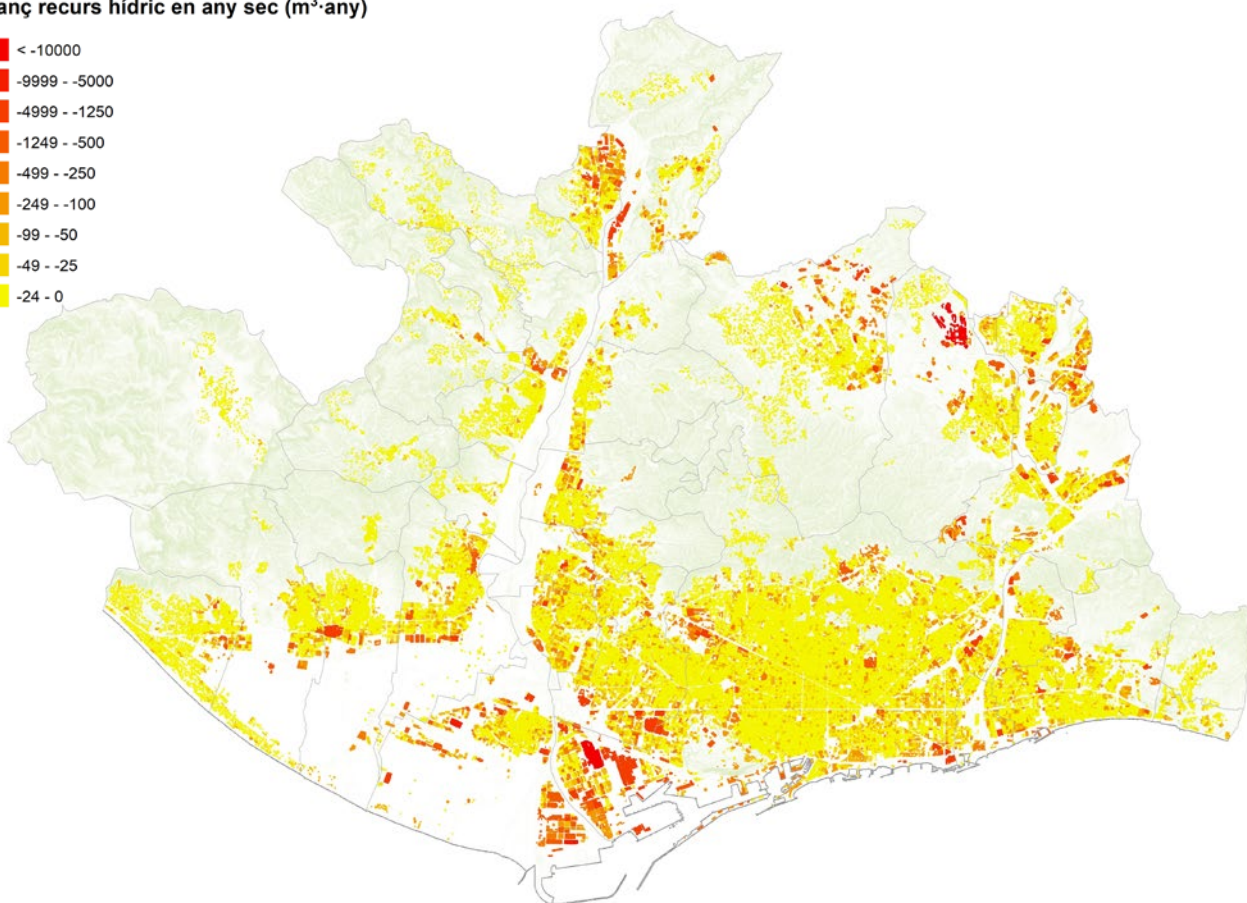
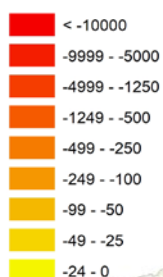
$$\text{Demanda de reg (m}^3\text{)} = \text{Demanda hídrica (mm)} - (P_e \times \text{Sup. coberta}) / 1.000$$

**Balanç hídric:** un cop calculades les variables anteriors, es fa el balanç entre el recurs pluvial disponible i la demanda de reg. El recurs pluvial disponible

$$\text{Balanç hídric} = \text{Recurs} - \text{Demanda de reg}$$

$$\text{Recurs} = [\text{Precipitació efectiva de coberta (Pec) (mm)} \times \text{Sup. coberta (m}^2\text{)}] / 1.000$$

Balanç recurs hídric en any sec (m<sup>3</sup>·any)

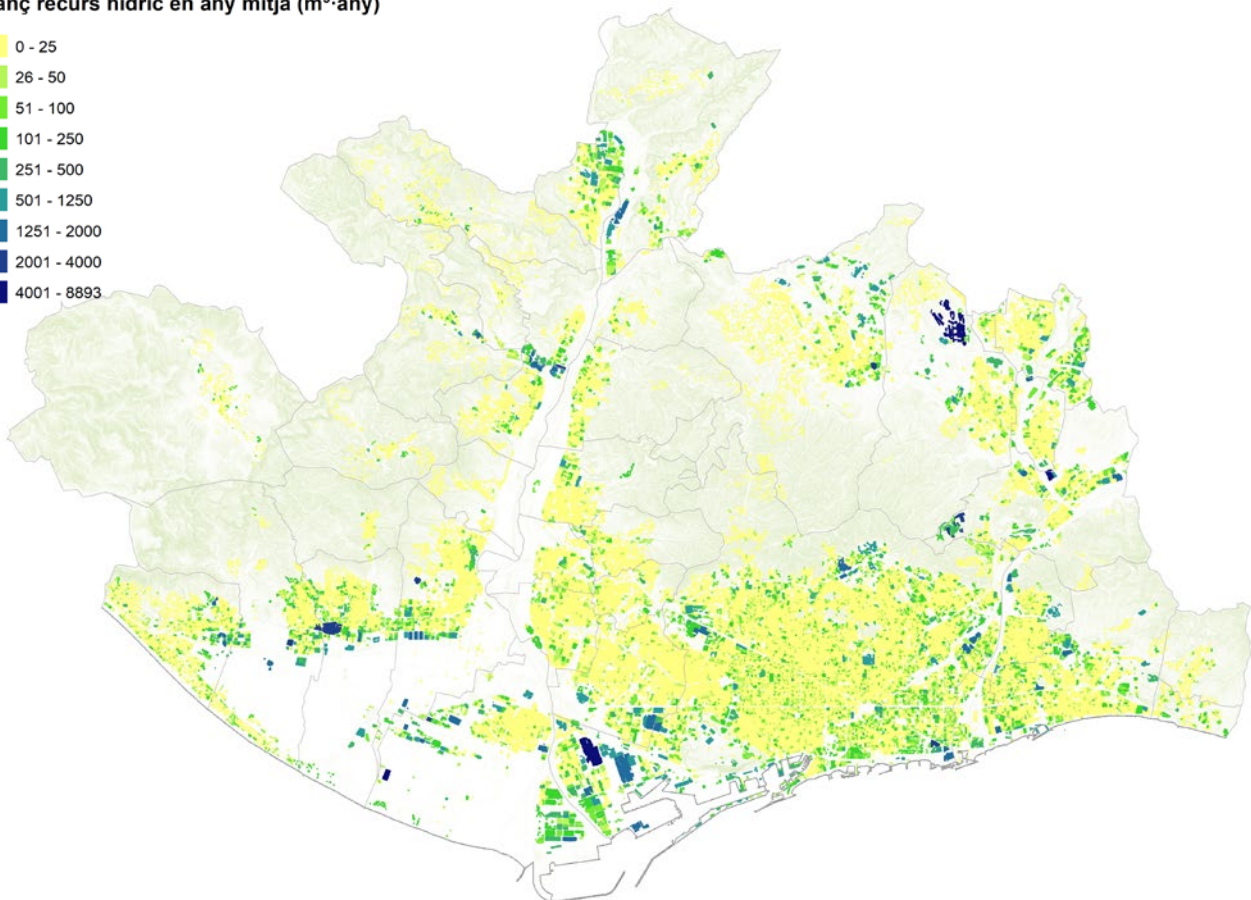
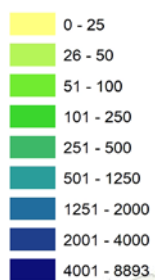


En general, es considera que els primers 1,5 mm de precipitació no són aprofitables, ja que les primeres aigües d'escolament arrosseguen la brutícia acumulada a la coberta i tenen una elevada càrrega contaminant. Així doncs, per obtenir la precipitació efectiva recollida a les cobertes i que es pot aprofitar com a aigua de reg ( $P_{ec}$ ) cal descomptar aquests primers 1,5 mm, a més de considerar un coeficient d'escolament de la coberta ( $C$ ), que es pren com a 0,9, ja que es considera raonable la hipòtesi que totes les teulades considerades són impermeables:

$$P_{ec} = C(P - 1,5)$$

Un balanç positiu indica que tota la demanda de reg es podria satisfer amb l'aigua de pluja recollida. En cas contrari, el recurs pluvial seria insuficient per cobrir totes les necessitats de reg del sector, i la diferència hauria de ser satisfeta amb aigua potable de xarxa.

**Balanç recurs hídic en any mitjà ( $m^3 \cdot any$ )**



Finalment, s'ha fet una estimació de l'estalvi d'aigua per l'aprofitament de l'aigua de pluja per al reg.

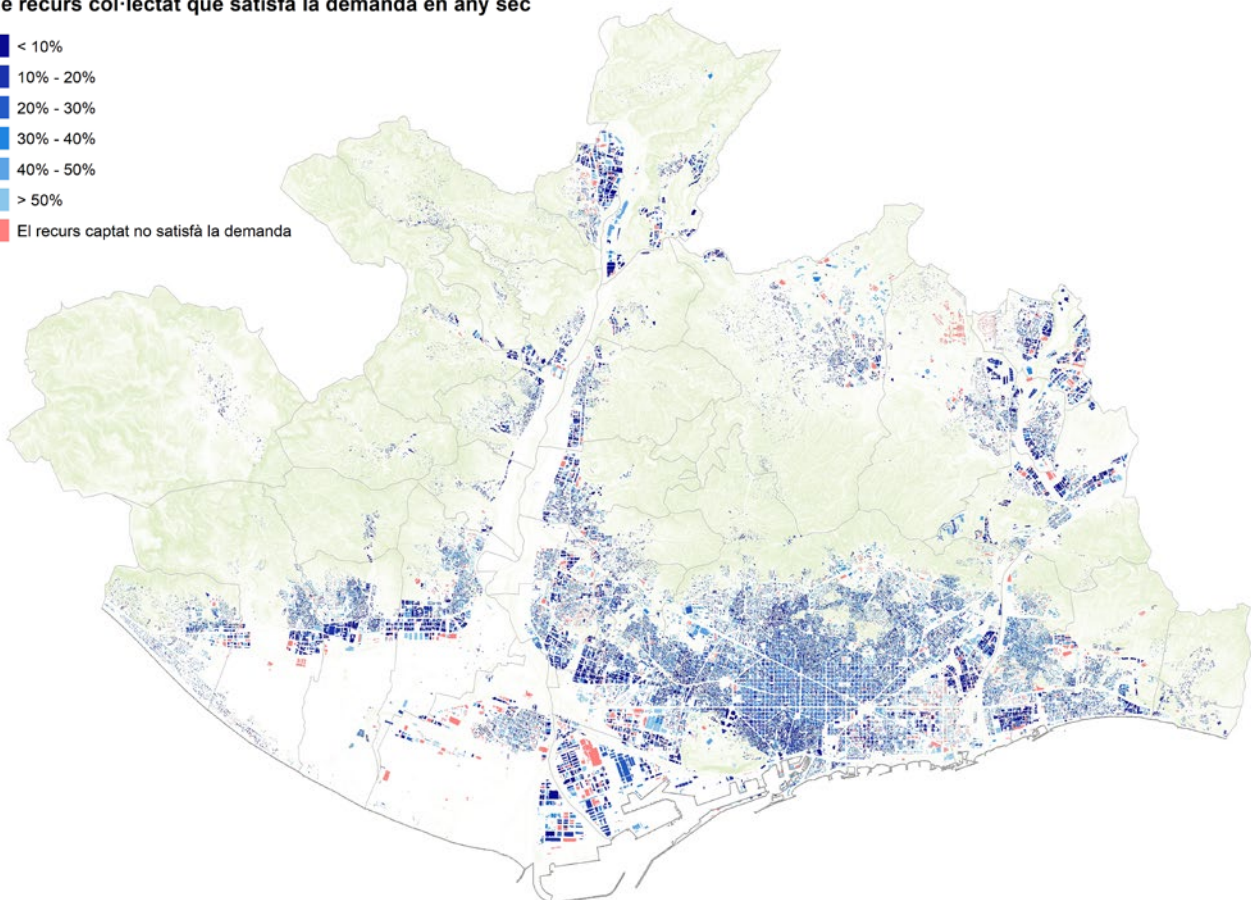
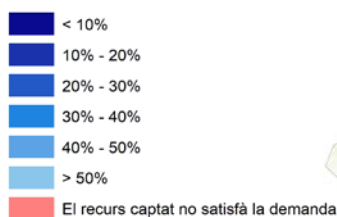
Per això, s'ha estimat la quantitat d'aigua que pot captar la part no verda de la coberta.

- Quan la Demanda de reg (D) < Recurs captat (R), se satisfà tota la demanda amb l'aigua de pluja.

- Quan la Demanda de reg (D) > Recurs captat (R), gastem tot el recurs, però no arribem a satisfer tota la demanda, per la qual cosa cal aportar aigua de reg.

Així mateix, s'ha fet una estimació, segons la dimensió del terrat i les dimensions de la futura coberta verda (superfície útil), la capacitat òptima del dipòsit.

% de recurs col·lectat que satisfà la demanda en any sec



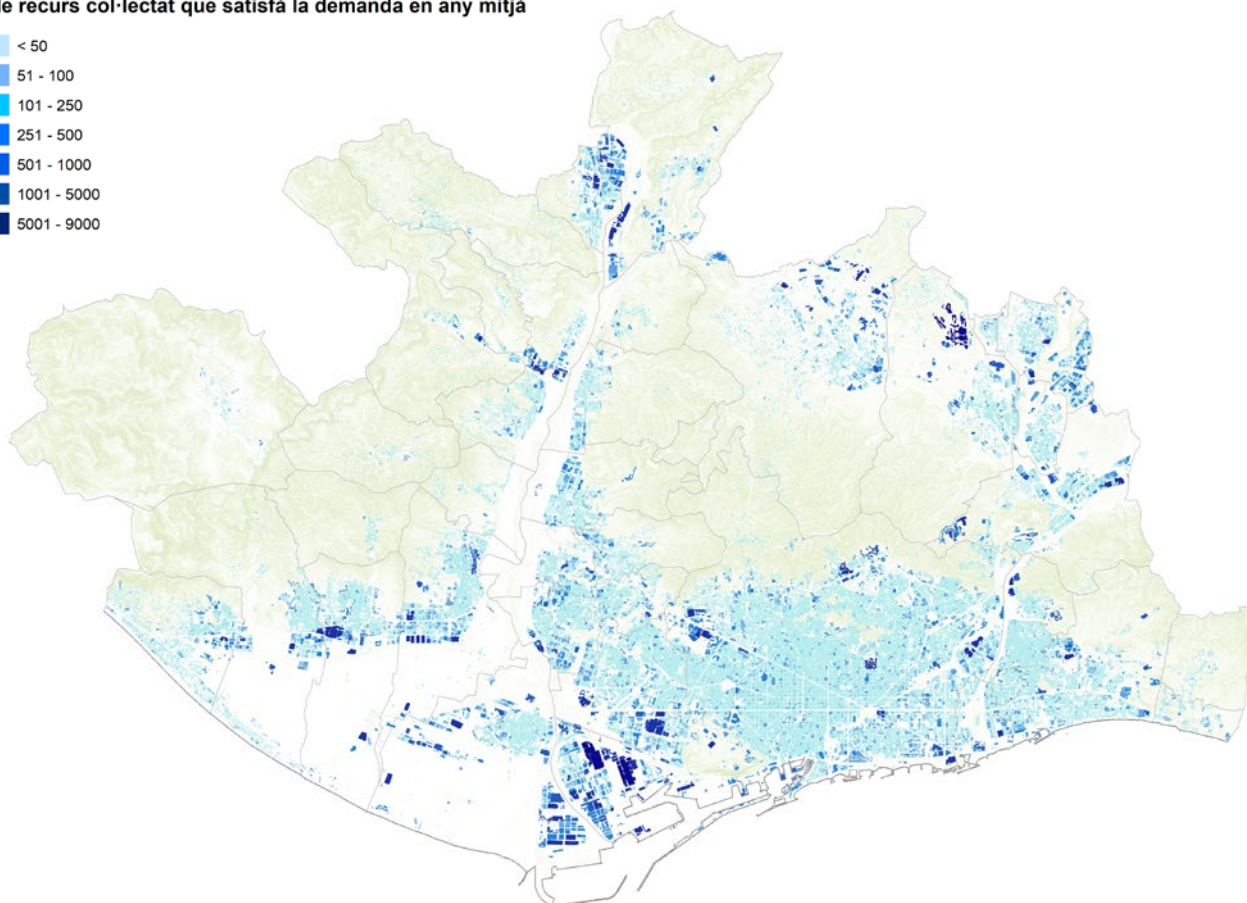
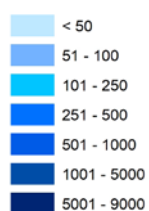
**Paral·lelament, es presenta en forma de percentatge la quantitat d'aigua de reg necessària per satisfer la demanda de la coberta que seria satisfeta per mitjà de la quantitat d'aigua col·lectada per la part no vegetada de la coberta.**

Les dades que es mostren són d'estalvi potencial, entenent que en un any mitjà hem de regar menys que

en un de sec pel fet que hi ha més precipitació i que, per tant, disposem de recurs.

Amb aquest supòsit, en un any sec s'ha d'afegir més aigua de reg i, per tant, el volum d'aigua potencial que ens podríem estalviar (aigua de reg) és més gran.

% de recurs col·lectat que satisfà la demanda en any mitjà



## 10. Conclusions

### Selecció dels espais

Segons aquest estudi, el 51 % de les parcel·les de l'àrea metropolitana de Barcelona podrien albergar una coberta verda o biosolar. Encapçala el rànquing Badia del Vallès, amb el 82 % de les seves parcel·les, i el tanca Begues, amb el 24 %. En aquests espais seleccionats, la superfície útil és del 16 % de mitjana, traduïble en 959 ha.

### Any de construcció i capacitat de càrrega

Pel que fa a la normativa aplicable en el moment de la construcció:

- El 39 % s'ha edificat anteriorment al 1965, sense cap normativa d'edificació que regulés les capacitats de càrrega de manera clara; per tant, no se'n pot fer l'estimació de la càrrega portant mitjançant l'any de construcció.
- El 40 % s'ha edificat amb la normativa MV 101-1962 (1965-1989) i només el 4,23 % és de construcció recent (2008-actualitat) i, per tant, s'hi ha aplicat la normativa vigent (CTE 314/2006).

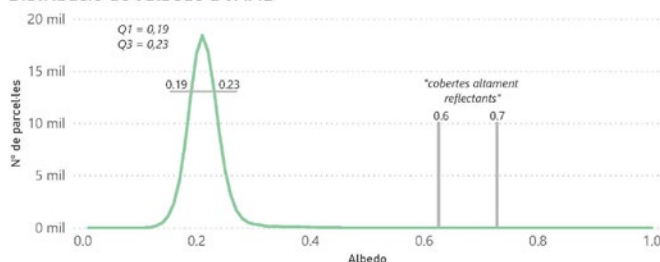
Pel que fa a la superfície útil, el 40 % es concentra en la normativa MV 101-1962, i el 29 %, en la modificació d'aquesta: NBE-AE-88 (1990-2007). Considerant l'any de construcció anterior al 1965 com un factor limitant pel que fa a la capacitat de càrrega, la superfície útil per a coberta verda o biosolar a l'àrea metropolitana de Barcelona passa de 959 ha a 744 ha (-22,4 %).

### Reflectància (cobertes fresques)

L'albedo mitjà a l'àrea metropolitana de Barcelona és del 0,21. Això vol dir que les cobertes de mitjana només reflecteixen el 21 % de la radiació incident. Segons l'Agència Nord-americana de Protecció Ambiental (USEPA, 1992), una coberta «altament reflectora» tindria valors d'albedo de 0,60 - 0,70. Podem dir que en general, a les nostres ciutats, tenim cobertes «calentes».

Encapçalen el rànquing amb l'albedo mitjà més gran Viladecans i Sant Joan Despí, amb un valor de 0,23, i el tanca Badia del Vallès, amb un valor de 0,18.

Distribució de l'albedo a l'AMB



### Estat de conservació

Pel que fa a l'estat de conservació de les edificacions dels municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona l'any 2011 (publicació del darrer cens), el 89,6 % estaven en bon estat, el 8,5 % presentava deficiències i només l'1,5 % (3.002 edificacions) estava en mal estat o era ruïnós (0,4 %).

### Zones clau

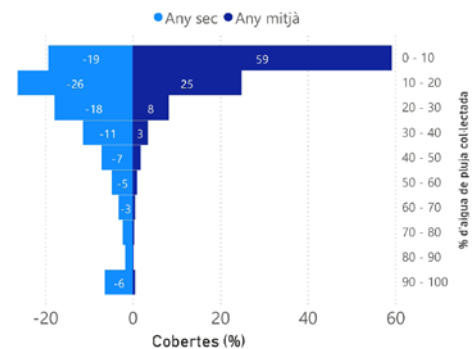
Hi ha 3.280 ha de cobertes en edificacions afectades per zones clau (522 ha de superfície útil, el 54,4 % de la superfície útil total):

VEGETACIÓ		CANVI CLIMÀTIC		
Dèficit del percentatge de recobriment de verd	Dèficit de m <sup>2</sup> de verd per habitant	Projeccions climàtiques futures de temperatura	Onades de calor	Temperatura en superfície
<i>Sup. total / Sup. útil 0% - 5% pendent</i>		<i>Sup. total / Sup. útil 0% - 5% pendent</i>		
692 ha / 112 ha	1.497 ha / 221 ha	1.726 ha / 262 ha	1.109 ha / 159 ha	225 ha / 40 ha

### Recurs hídric

En un any amb pluviometria mitjana el 59% de les futures cobertes verdes de l'àrea metropolitana de Barcelona tindrien fins a un 10% d'estalvi d'aigua mentre que durant un any sec, on la demanda de reg és més elevada, aquest estalvi seria més elevat i concentraria el 44% d'aquestes futures cobertes amb un percentatge d'estalvi d'entre el 10% i el 30%.

Balanç hídric AMB



### Taula resum dels diferents factors que poden condicionar l'establiment d'una coberta verda

Factor influent	TIPUS DE COBERTA		
	Verda	Fotovoltaica	Biosolar
Any de construcció	Alt	Alt	Alt
Zones clau per dèficit de verd	Alt	No	Mitjà
Zones clau per canvi climàtic	Alt	No	Mitjà
Potencial fotovoltaic	No	Alt	Alt
Reflectància (albedo)	Mitjà	No	Mitjà
Factor limitant			
Inclinació de la coberta	Alt	Baix	Alt
ITE. Estat de la coberta	Mitjà	Baix	Mitjà
ITE. Estat de l'estructura	Alt	Alt	Alt

**Acció  
climàtica**

