

Article de divulgació

Títol

Verd de Proximitat BCN: Pla de monitorització i avaluació del funcionament i l'impacte de les cobertes i façanes verdes a la ciutat de *Barcelona*

Membres del consorci

Entitat	Grup recerca	Participants
Universitat de Lleida	Innovative Technologies for Sustainability research group (IT4S)	Gabriel Pérez Julià Coma Marcelo Reyes Gerard Marias Ares Seuma Georgio Farah Albert Pérez
Universitat Politècnica de Catalunya	Grup Interdisciplinar de Ciència i Tecnologia a l'Edificació (GICITED)	Ana Maria Lacasta Montserrat Bosch Inmaculada Rodríguez Fanny Esther Berigüete Aleix Alva Silvina Inciura Bocija
Verdtical ecosistema SL		Daniel Guzmán
Soluciones Eixverd SL		Lidia Calvo
TEB VERD SCCL		Joan Berruezo Angel Gil Mar García

Resum

Entre les múltiples solucions basades en la natura que es poden aplicar a escala de ciutat, aquelles que fan possible la integració de vegetació a l'envolupant dels edificis, destaquen per la seva capacitat per re-naturalitzar aquests remots espais "d'oportunitat" al dens entorn construït.

El projecte *Verd de proximitat BCN* ha tingut com a principal objectiu dissenyar un Pla de monitorització i avaluació de l'impacte de les cobertes i façanes verdes a la ciutat de Barcelona, que sigui inclusiu i participatiu, econòmicament viable i sostenible en el temps. Per fer-ho, s'ha dut a terme el seguiment retrospectiu de sis projectes reals en curs en els que s'han enregistrat dades per a avaluar l'impacte de la vegetació sobre les persones, l'edifici i la ciutat. Amb els resultats obtinguts s'elaborarà una proposta de futur "Pla de seguiment i avaluació del funcionament i impacte de cobertes i façanes verdes" per aplicar-les en futurs projectes des de la fase de disseny d'aquestes solucions (seguiment prospectiu).

1. Introducció

Les solucions basades en la natura (SBN) s'han consolidat en els darrers anys com una de les estratègies més importants en el camí cap a futures ciutats resilents, sostenibles i circulars dins dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS 11. Ciutats i comunitats sostenibles) [1].

La ciutat de Barcelona és un referent internacional en polítiques d'implantació d'infraestructures verdes urbanes en el camí cap a una ciutat inclusiva, segura, sostenible i resilient. Així, el *Pla del Verd i la Biodiversitat 2012-2020* [2], i el *Pla Natura Barcelona 2021-2030* [3], proposen la Barcelona del 2050 com una ciutat on la natura i la ciutat interactuen i es potencien a través de la connectivitat del verd, segons un model en què el verd no és tan sols un element ornamental sinó una veritable infraestructura ecològica. Aquest model es desenvolupa sobre la base de dos conceptes clau, la connectivitat i la renaturalització, i es materialitza d'acord amb dos instruments fonamentals, els corredors verds urbans i els espais d'oportunitat.

En una ciutat densa i compacta com és Barcelona, un cop esgotada l'estratègia d'enjardinar els buits existents i recuperar els jardins preexistents, s'estan consolidant noves estratègies de renaturalització, properes i productives, com són les cobertes i façanes, balcons, mitgeres i murs. Aquests elements de proximitat permeten introduir la natura als pocs espais disponibles dins l'entorn construït (Figura 1).



Figura 1. Exemples d'espais d'oportunitat per renaturalitzar l'entorn construït, cobertes i mitgeres. Dreta, coberta biodiversa Urbaser. Esquerra mur verd mitgera Carrer Berlin

L'Ajuntament de Barcelona, fonamentalment des de l'Àrea d'Ecologia, Urbanisme i Mobilitat i des de l'Institut Municipal del Paisatge Urbà i la Qualitat de Vida (IMPUQV), ja ha dut a terme reeixides accions dirigides a fomentar la implantació d'aquest verd de proximitat, integrat a la pell dels edificis, amb especial èmfasi a les cobertes verdes. Entre altres, destaquen les següents:

- Mesura de govern per impulsar dels terrats vius i cobertes verdes (2014).
- Guia de terrats vius i cobertes verdes (2015).
- 1er Concurs de Cobertes Verdes (2017-2019). Executats deu projectes.
- Campanya "Donem pas al verd" per afavorir la natura a la ciutat per guanyar en qualitat de vida i salut.
- 2º Concurs de Cobertes Verdes (2020-2022). En curs.
- 1er Concurs d'Integració Paisatgística de les Parets Mitgeres (2022-2023). En curs

Aquestes i altres iniciatives han donat com a resultat un total de 16 actuacions (1,1 ha) durant el període 2015-2019 quant a l'enjardinament de cobertes, i 27 actuacions (0,58 ha) d'enjardinament de murs i façanes [4].

Recentment, l'IMPU QV ha aprovat el protocol d'Implantació de Cobertes Verdes a Edificis Municipals de 6 de juliol de 2021 [5], amb l'objectiu d'ampliar el nombre de cobertes verdes a edificis municipals, generant així referències i exemples que facin incrementar també el nombre d'iniciatives privades.

Amb aquestes iniciatives, Barcelona s'alinea amb les grans capitals del món per tal d'aconseguir una ciutat més sostenible i saludable mitjançant la promoció de la integració de vegetació a l'envolupant dels edificis [6].

Els indicadors genèrics de la multi-funcionalitat i els serveis ecosistèmics que proporcionen aquestes cobertes i façanes i que s'han volgut destacar des del consistori són: Biodiversitat, energies renovables, espais de reunió, aprofitament pluvial, hort urbà.

Malauradament, aquesta avaluació general només es duu a terme durant la fase de disseny, però no hi ha un seguiment real posterior del funcionament i l'impacte d'aquests projectes de coberta i façana verda una vegada implementats i en ús.

De fet, la comunitat científica de la Unió Europea, després d'una dècada de recerca i innovació per a la implantació de SBN en entorns urbans, està alertant sobre la necessitat de mesurar i avaluar l'impacte d'aquestes solucions, específicament mitjançant estudis de camp, per tal de possibilitar la seva viabilitat i sostenibilitat en el temps, garantint alhora la provisió de serveis ecosistèmics a llarg termini [7]. A més, els experts destaquen la importància d'estudiar també les sinergies, compensacions i disfuncions associades a les SBN que poden dificultar-ne el desenvolupament correcte. La generació i difusió de dades de monitorització i avaluació ha de permetre la creació d'una base de coneixement cada vegada més detallada sobre l'eficiència i la rendibilitat

(cost-benefici) de les SBN, que permeti demostrar la seva viabilitat per poder ser incorporades amb normalitat a les polítiques de desenvolupament urbà a escala global [7,8].

El monitoratge i l'avaluació de les solucions basades en la natura (SBN) són essencials (Figura 2) [7,9], no només per mesurar l'èxit dels projectes individuals, sinó també per utilitzar la informació relacionada amb la seva eficiència i rendibilitat per a la seva replicació i escalat, així com per a la planificació urbana, la gestió i la presa de decisions estratègiques a nivell de ciutat.

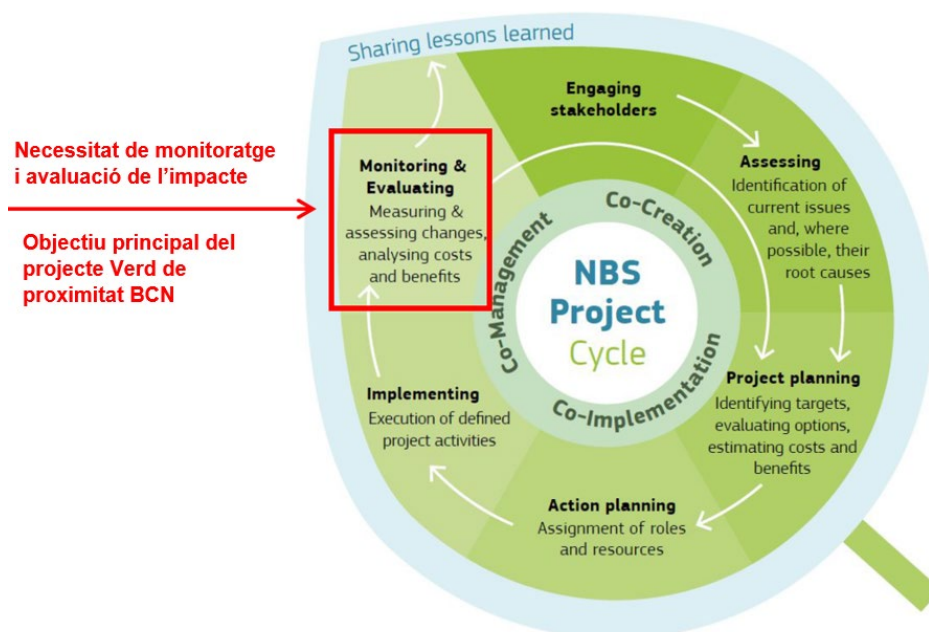


Figura 2. Diagrama del cicle de vida de les solucions basades en la natura (adaptat de Kumar et al. 2020 [7,9])

2. Objectius i enfocament metodològic

En aquest context, el projecte Verd de Proximitat BCN ha tingut com a objectiu general dissenyar i assajar un pla de seguiment i avaluació del funcionament i de l'impacte de la integració de la vegetació a l'envoltant dels edificis, concretament de les cobertes verdes, murs i façanes verdes, per a la ciutat de Barcelona, que sigui inclusiu i participatiu, econòmicament viable i sostenible al llarg del temps.

Per assegurar que el model dissenyat sigui rellevant i útil tant per als usuaris finals, els ciutadans, com per a l'administració, proporcionant alhora la informació necessària per a futurs processos de planificació urbana, el pla ha considerat els principis fonamentals següents: a) ser científicament sòlid; b) ser molt pràctic i directe; c) l'avaluació de la línia de base ha d'estar clarament definida; d) estar alineat amb les polítiques municipals; e) basar-se en un enfocament multidisciplinari.

Per a la consecució d'aquest objectiu general, es van plantejar els objectius específics següents:

1. Reconeixement dels agents interessats.
2. Revisió i anàlisi crítica de projectes existents.
3. Seguiment “retrospectiu” de projectes existents i avaluació del seu funcionament i impacte actual.
 - Selecció de projectes pilot.
 - Selecció crítica dels indicadors més adequats per avaluar l'impacte (causa-efecte).
 - Disseny i implementació del seguiment en projectes existents.
 - Disseny i implementació de metodologia d'intercanvi de dades i connectivitat amb plataformes digitals municipals.
 - Avaluació de l'impacte (èxit/eficàcia).
4. Disseny i redacció del Pla de monitorització i avaluació del funcionament i l'impacte de les cobertes i façanes verdes a la ciutat de Barcelona.
5. Difusió de resultats i propostes de futura aplicació a les polítiques municipals (“seguiment prospectiu”).

Per dur a terme aquest projecte, es va constituir un equip multidisciplinari integrat per dues universitats i tres empreses del sector de les infraestructures verdes urbanes. Els socis del projecte han estat:

- Grup de recerca *Innovative Technologies for Sustainability* (IT4S) de la *Universitat de Lleida* (UdL) (en qualitat de coordinador).
- Grup Interdisciplinari de Ciència i Tecnologia de l'Edificació (GICITED) de la *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC).
- Empresa Verdtical .
- Empresa Solucions Eixverd , SL.
- Centre especial de treball Cooperativa TEBVerd SCCL.

El projecte ha tingut una durada de 21 mesos des del desembre del 2021 fins a l'octubre del 2023.

El projecte *Verd de Proximitat BCN* s'emmarca en la temàtica de la convocatòria referent a la Ciutat sostenible: noves tecnologies aplicades a l'habitatge, l'espai i els serveis públics. Així mateix, el projecte també contribuirà de forma transversal a la investigació i la innovació al voltant dels reptes urbans de Barcelona, a la protecció del medi ambient, i a la millora de la qualitat de vida, especialment dels ciutadans amb baixa mobilitat, com a gent gran o col·lectius amb discapacitat, amb accés limitat a les zones verdes tradicionals.

3. Resultats

Els resultats obtinguts en el projecte s'estructuren en dues parts diferenciades. Els primers refereixen a la caracterització dels projectes seleccionats i dels grups d'interès vinculats, així com a la definició dels aspectes clau i indicadors que han de formar part del futur Pla de Monitoratge de les cobertes i façanes verdes de Barcelona. El segons refereixen als resultats directes del monitoratge aplicat als projectes seleccionats, dels quals se'n desprenen dades que permeten fer una avaluació general de l'impacte de la re-naturalització mitjançant cobertes i façanes verdes en el medi-ambient i la societat Barcelonina. A més, es pot dur a terme una anàlisi crítica de quines han de ser les metodologies més oportunes per al futur monitoratge prospectiu de nous projectes de coberta i façana verda a Barcelona.

3.1. Projectes seleccionats per al projecte Verd de Proximitat BCN

La provisió dels serveis ecosistèmics de les cobertes i façanes verdes depèn de la tipologia d'edifici, tant des del punt de vista constructiu com del seu ús.

Així, en la selecció dels projectes a caracteritzar es va tenir en compte la possibilitat de cobrir un ampli espectre de tipologies d'edifici, sistemes constructius d'integració del verd diferents, usos de l'edifici, i consegüentment d'usuaris.

El resultat d'aquesta selecció prèvia van ser els sis edificis següents (Figura 3):

- **Coberta Escola Pérez-Iborra, Districte Eixample.** L'escola està situada en un edifici d'habitatges del barri de l' *Eixample* . El terrat va ser rehabilitat i actualment és un espai de convivència per a tots els usuaris i una eina pedagògica per a la comunitat educativa, que compta amb uns 400 alumnes i uns 50 docents. Està formada per diferents terrasses escalonades, amb diferents usos i gruixos de substrat, que allotgen diferents espècies herbàcies i arbustives, incloent-hi també horts en sistema hidropònic. La coberta inclou un sistema de captació de l'aigua de pluja, hotels d'insectes i generació d'energia a través de panells fotovoltaics.
- **Coberta Urbaser, Districte Sant Andreu.** La coberta biodiversa crea una illa verda enmig d'un entorn de naus industrials al barri del Bon Pastor. Conté un conjunt vegetal de plantes majoritàriament arbustives i crasses, així com vegetació vertical per amagar les instal·lacions i cobrir el perímetre. Inclou un sistema de generació d'energia amb panells fotovoltaics. La coberta promou la biodiversitat principalment a través de menjadores per a ocells, caixes niu i diversos hotels per a insectes, així com un estany d'amfibis que incorpora un sistema de recirculació d'aigua amb una bomba connectada a panells fotovoltaics.



Figura 3. Projectes seleccionats per al projecte Verd de Proximitat BCN . A dalt a l'esquerra, Pérez-Iborra; A dalt a la dreta, Urbaser ; Al mig sota a l'esquerra, Grup Cooperatiu TEB | Centre Francesc Martínez de Foix; Al mig baix a la dreta, Terrats d'en Xifré; A sota a l'esquerra, Balcells; A sota a la dreta, Diagonal Mar.

- Coberta TEBVerd, Districte Sant Andreu.** La coberta s'ubica a l'edifici de la cooperativa TEBVerd , una iniciativa social per a la integració social i laboral de persones amb discapacitat intel·lectual. El personal és responsable de la construcció i manteniment de la coberta. Es tracta d'un nou espai naturalitzat d'uns 1.100 m2 dissenyat com a espai integrador de l'educació ambiental. La coberta verda es distribueix en 4 espais diferents: dos realitzats amb vegetació entapissada tipus *Sedum sp* , un altre compost per un jardí mediterrani, i finalment un espai d'horticultura urbana. L'edifici també compta amb una gran àrea de panells fotovoltaics per generar energia solar.

- **Coberta Terrats d'en Xifré , Districte Ciutat Vella** . Situada al' edifici residencial històric dels " Porxos d'en Xifré ". La coberta semi -intensiva conté àrees recreatives, de solàrium i horts urbans, accessibles a tota la comunitat de veïns. Es tracta d'una coberta semi -intensiva amb arbustos, pastures i alguns arbres petits, que incorporarà recol·lecció d'aigua de pluja , generació d'energia elèctrica amb panells fotovoltaics i una àrea de compostatge a partir de residus orgànics S'han instal·lat hotels d'insectes, nius d'ocells i estanys petits per afavorir la diversitat.
- **Coberta al carrer Balcells, Districte Gràcia**. Aquesta coberta, sobre un edifici de Planta Baixa més dues plantes pis, disposa de diverses espècies hortícoles i taules de cultiu que aprofiten l'adob generat a les compostadores i l'aigua de pluja que es recull en un dipòsit a la coberta. Un petit estany de peixos al jardí interior de planta baixa ajuda a fertilitzar una àrea de cultiu aquapònic on es cultiven verdures de fulla. Les necessitats hídriques es cobreixen amb aigua de pluja, distribuïda amb un sistema per degoteig, la bomba del qual utilitza l'energia produïda per la nova instal·lació fotovoltaica.
- **Coberta Diagonal Mar, Districte Sant Martí**. Situada a l'edifici Residencial a Diagonal Mar, aquesta coberta forma part d'una intervenció que pretén crear espais d'esbarjo que augmentin la cohesió social i la infraestructura verda de proximitat. Amb una superfície verda de 226 m2 aquesta coberta promou, per una banda, la diversitat, a través d'una selecció de diferents tipus de plantes que fomentin una simbiosi amb els animals pol·linitzadors que omplen de vida el terrat, un hotel d'insectes, un espai de descans i un menjador per a ocells per complementar la seva alimentació als mesos més freds. Alhora, promou la cohesió i la interacció social combinant l'espai verd amb bancs on gaudir de la família i els amics i fomentant i promovent les interaccions veïnals generant espais de convivència saludables i amables.

3.2. Grups d'interès vinculats al Verd de Proximitat

A través de l'anàlisi realitzada en els projectes seleccionats, va ser possible identificar els principals grups d'interès vinculats a les solucions basades en la naturalesa integrades a la pell dels edificis, els quals s'han classificat en cinc grups d'interès principals (Figura 4):

- Promotors-propietaris: propietaris únics, comunitat de veïns, empresa, administració, etc.

- Beneficiaris directes (usuaris): particular únic, comunitat de veïns (propietaris o lloguer), treballadors (oficines, manteniment de l'edifici, etc.), alumnes, clients, pacients, etc.
- Beneficiaris indirectes: Veïnatge, familiars, visites ocasionals, etc.
- Empreses: Dissenyadors d'arquitectura del paisatge, fabricants, construcció-instal·lació, manteniment, associacions professionals, etc.
- Administració: ajuntaments, instituts municipals, agències, etc.

D'altra banda, també s'ha identificat l'existència de persones que són fonamentals per a la promoció de l'establiment d'aquests sistemes constructius i per a impulsar-los, dinamitzar-los i sostenir-los posteriorment en el temps. Aquestes persones han estat anomenades "Figures Clau".

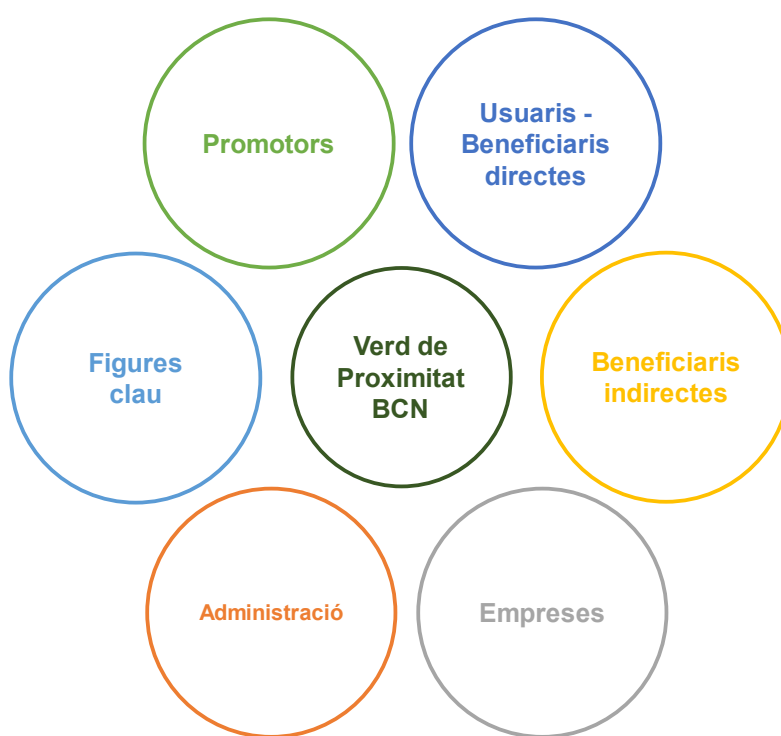


Figura 4. Grups d'interès del Verd de proximitat

3.3. Selecció dels indicadors per avaluar l'impacte del Verd de Proximitat

La selecció dels indicadors ha estat una feina molt complexa en la que s'han revisat els documents i metodologies actuals de referència i s'ha fet una selecció d'indicadors i una adaptació de les metodologies de monitoratge específics per a l'assoliment de l'objectiu del projecte Verd de Proximitat. Aquest procés és inèdit i per tant el Pla de Monitoratge per a la ciutat de Barcelona que se'n derivarà serà original i un referent internacional.

Prenent com a referència el recent informe genèric per a les Solucions Basades en la Natura “ *Evaluating the impact of Nature-Based Solutions . A handbook for practitioners. European commission. Directorate-General for Research and Innovation. March 2021* ” [7], en què s'estableixen les bases per al disseny de plans de monitorització i avaluació dels impactes d'aquestes solucions, i fent una adaptació per a les cobertes verdes i murs/façanes verdes, s'ha realitzat una anàlisi per a definir quins podrien ser els indicadors clau més adequats per formar part del pla de seguiment i avaluació a dissenyar per a Barcelona (*Key Performance Indicators* , KPIs).

En aquest manual, els autors defineixen fins a 12 àrees de desafiaments socials associats amb les SBN: 1. Resiliència climàtica; 2. Gestió de l'aigua; 3. Riscos naturals i climàtics; 4. Gestió d'espais verds; 5. Millora de la biodiversitat; 6. Qualitat de l'aire; 7. Regeneració del lloc; 8. Coneixement i desenvolupament de capacitats socials per a una transformació urbana sostenible; 9. Planificació i governança participativa; 10. Justícia social i cohesió social; 11. Salut i benestar; 12. Noves oportunitats econòmiques i llocs de treball verds.

Per a cadascun d'aquests reptes socials hem escollit i adaptat uns aspectes clau que ens han de permetre monitoritzar i avaluar l'impacte de les cobertes i façanes verdes [7,8]. En algun cas s'han definit nous aspectes i indicadors, que no apareixen al manual, però que hem considerat de gran interès en el cas de la vegetació integrada a edificis [10,11]. La Taula 1 resumeix els aspectes clau que s'han considerat al projecte “ *Verd de proximitat BCN* ”.

Tot i això, el manual considera qualsevol solució basada en la natura i en qualsevol escala, com poden ser boscos urbans, restauracions de rius, etc. Així, ha calgut fer una profunda revisió i lectura crítica del manual, amb l'objectiu de seleccionar aquells indicadors que realment tenen sentit en el context de les cobertes i façanes verdes.

A partir d'aquest document, aprofitant també l'experiència de l'equip de recerca (grups de recerca i empreses), així com considerant les lliçons apreses durant la fase de recollida d'informació als projectes seleccionats a la ciutat de Barcelona, s'ha aconseguit definir un llistat de 34 aspectes clau a monitoritzar (Taula 1). Vinculats a aquests aspectes clau s'han definit uns indicadors clau que faran viable el monitoratge d'una manera senzilla, viable, pràctica i participativa, involucrant els grups interessats.

Àrea de repte social [3]	Aspecte clau " Verd de Proximitat BCN "
1. Resiliència climàtica	1.1. Carboni emmagatzemat
	1.2. Estalvi energia
2. Gestió de l'aigua	2.2. Aprofitament de l'aigua de pluja
	2.2. Ús de l'aigua
3. Riscos naturals i climàtics	3.1. Reducció de l'efecte d'Illa de Calor
	3.2. Control de l'escorrentia urbana
4. Gestió dels espais verds	4.1. Prestació de Serveis Ecosistèmics
	4.2. Accessibilitat
	4.3. Percentatge d'àrea verda
	4.4. Cost de manteniment
5. Millora de la biodiversitat	5.1. Connectivitat
	5.2. Espècies
	5.3. Espècies de pol·linitzadors
6. Qualitat de l'aire	6.1. Captura pol·lució
	6.2. Olor ambiental
7. Regeneració del lloc	7.1. Qualitat percebuda de l'espai
	7.2. Sentiment de pertinença/identitat amb l'espai
	7.3. Materials emprats
	7.4. Efecte mirador
8. Generació de coneixement i creació de capacitats socials per a la transformació urbana sostenible	8.1. Participació
	8.2. Consciència medio-ambiental
9. Planificació i governança participativa	9.1. Diversitat dels interessats
	9.2. Co-participació
10. Justícia cohesió social	10.1. Cohesió social
	10.2. Seguretat
11. Salut i Benestar	11.1. Activitats físiques
	11.2. Benestar i felicitat
	11.3. Confort acústic
	11.4. Confort tèrmic
12. Noves oportunitats econòmiques i llocs de treball	12.1. Valor de la propietat
	12.2. Llocs de treball
	12.3. Cost implementació
	12.4. Producció d'aliments
	12.5. Energia produïda

Taula 1. Àrees de reptes socials i aspectes clau definits al projecte " Verd de Proximitat BCN "

3.4. Monitorització “retrospectiva” de projectes existents i avaluació del seu funcionament i impacte actual

S’ha dut a terme una primera avaluació de l’impacte dels aspectes clau seleccionats per a cadascuna de les cobertes. Donat que es tracta d’una monitorització retrospectiva, és a dir, en projectes existents, sovint és difícil, fins i tot impossible, obtenir dades referents a tots els aspectes clau. Els resultats posen de manifest la utilitat del Pla de Monitoratge així com el gran impacte que poden arribar a tenir les cobertes i façanes en la millora del medi-ambient urbà a Barcelona.

Tot seguit se’n fa un recull d’alguns dels resultats més destacats en els projectes seleccionats. En aquests exemples es pot observar les diferents formes de recollir informació sobre un projecte en curs per tal d’avaluar el seu funcionament i impacte, que poden anar des de la simple mesura dels m² de cobertura verda, a la instal·lació de sensors i recollida en temps real de dades, a l’ús d’aplicacions per al mòbil per a fer registres d’observacions sensorials, o la resposta de qüestionaris per part dels usuaris.

1. Resiliència climàtica

1.1. Carboni emmagatzemat

Dades: S’estima el carboni emmagatzemant en cada coberta o façana verda a partir del coeficients de carboni emmagatzemat derivats de recerques científiques prèvies per a les diferents tipologies de coberta i façana verda (0.141 kg C/m² en cobertes verdes extensives, 1.43 kg C/m² per a cobertes semi-intensives i 0.56 kg C/m² per a murs verds).

Mètode d’avaluació: Metres quadrats de cadascuna de les tipologies d’integració de vegetació (coberta verda extensiva, coberta verda semi-intensiva, mur verd).

Resultats: Considerant com a cas d’estudi l’edifici de TEBVerd que disposa d’una superfície de coberta verda extensiva de 853,9 m², i de semi-intensiva de 80 m², es pot estimar que en aquest edifici hi ha una quantitat de carboni emmagatzemat en la vegetació (part aèria) de 234,8 kg C (Figura 5).

Conclusions: Donada la complexitat de mesurar aquest aspecte clau des d’una perspectiva de ciència ciutadana, s’ha optat per un càlcul senzill basat en evidències científiques prèvies. Per tal de millorar aquest aspecte clau en l’edifici d’estudi, es pot incrementar la biomassa mitjançant un manteniment adequat de la vegetació (fins a un 30% d’increment), i es poden incrementar els m² de cobertura vegetal en les superfícies de coberta i façana disponibles.



Figura 5. Cobertes verdes extensives i semi-intensives a l'edifici TEBVerd

1.2. Estalvi energia

Dades: Monitoratge simultani en continu de les temperatures superficials del terra, mitjançant sensors d'infrarojos, en zones de les cobertes verdes i en cobertes convencionals equivalents a les vegetals. A la Figura 6 es mostren alguns exemples dels registres.

En el cas de TEB s'ha comparat, dins la mateixa coberta, zones amb vegetació extensiva, tipus xeròfil, amb zona de grava.

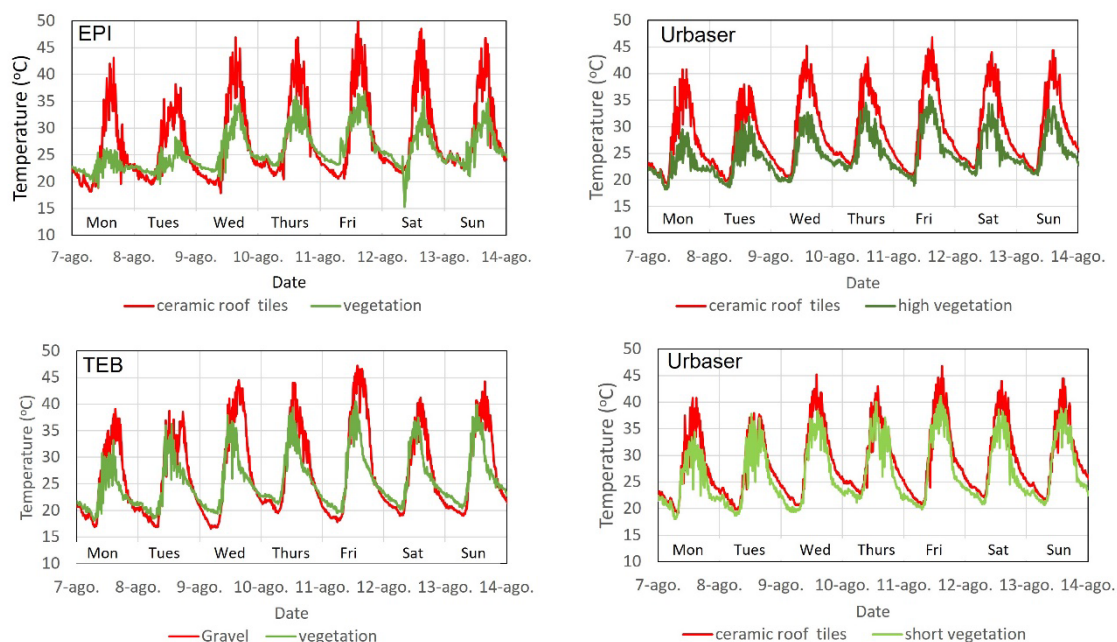


Figura 6. Exemples de registres setmanals de les temperatures superficials, en període d'estiu, obtinguts en les tres cobertes avaluades.

Mètode d'avaluació: Càlcul de la mitjana, en tot el període d'avaluació (estiu) de la diferència de la temperatura superficial entre una superfície vegetal i una altra convencional.

Resultats:

$\Delta T_s = 3.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Escola Pérez-Iborra)

$\Delta T_s = 2.2 \text{ }^{\circ}\text{C} - 4.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Urbaser)

$\Delta T_s = 3.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (TEB)

Període d'avaluació en tots els casos: mesos juliol-agost

Conclusions: En els tres casos s'observa una considerable reducció de la temperatura superficial per efecte de la vegetació. Això significa que, a les cobertes verdes, la radiació solar ocasiona un augment de la temperatura superficial més limitat que en les cobertes convencionals. Com a conseqüència, les temperatures de l'aire a les estàncies sota la coberta no s'incrementaran tant, fet que es podrà traduir en un estalvi energètic en aire condicional.

2. Gestió de l'aigua

2.1. Aprofitament de l'aigua de pluja

Dades: Monitoratge en continu de l'aigua de pluja que arriba al pluviòmetre i del nivell d'aigua continguda als dipòsits (mitjançant sensors de pressió). S'ha instal·lat a la realitzat a la coberta Escola Pérez-Iborra, ja que disposa de sistema de captació d'aigües pluvials.

Mètode d'avaluació: Quan es dona un episodi de pluja, es determina el volum d'aigua que incideix en la coberta (V_{pluja}) multiplicant les dades registrades pel pluviòmetre (L/m^2) per la superfície de la coberta. Per altre banda, a partir del registre del nivell d'aigua en els dipòsits i coneixent la seva forma i dimensions, es calcula el volum d'aigua recollida ($V_{\text{dipòsit}}$). Finalment, es fa la mitjana, pels diferents episodis de pluja, del percentatge:

$$V_{\text{dipòsit}} / V_{\text{pluja}} * 100$$

La Figura 7 mostra un exemple per dos episodis de pluja del mes d'abril.

Resultat: mitjana de percentatge de volum d'aigua recollida als dipòsits: **34%**

Conclusions: El sistema de recollida d'aigües funciona correctament. L'aigua capturada s'ha emprat per al reg de la coberta verda. El problema ha estat la important sequera que està afectant Barcelona. El nombre d'episodis de pluja registrats en el període d'avaluació ha estat escàs. En alguns casos han estat poc importants i no s'han traduït en un increment apreciable de l'aigua acumulada als dipòsits, ja que aquesta ha estat directament absorbida pel substrat.

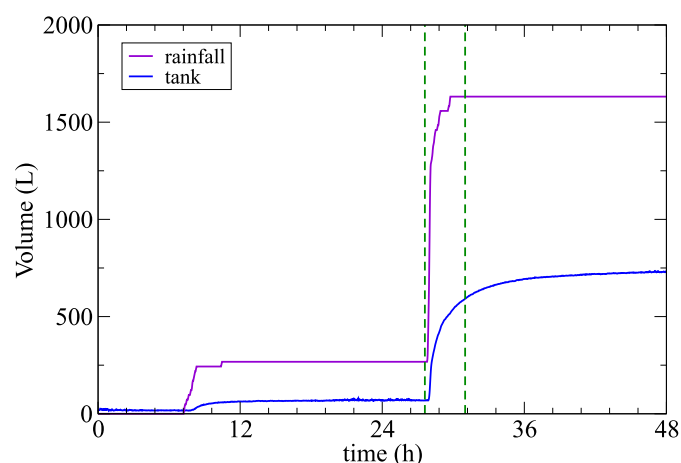


Figura 7. Exemple que mostra l'evolució dels volums d'aigua, de pluja sobre la coberta i d'arribada als dipòsits, per dos episodis de pluja ocorreguts els dies 29 i 30 d'abril.

2.2. Ús de l'aigua

Dades: Originalment es plantejava la instal·lació de mesuradors de cabal per a poder conèixer l'aigua utilitzada per reg. Això no ha estat possible, i per aquesta raó s'ha fet una estimació de l'ús de l'aigua de pluja a partir del monitoratge en continu del nivell d'aigua als dipòsits (ja comentat a l'apartat anterior). Per altra banda, es necessari conèixer informació sobre el protocol de reg, proporcionada per l'empresa encarregada del manteniment de la coberta.

Mètode d'avaluació: Cada cop que es rega a la coberta, s'inicia un procés de bombament d'aigua des dels dipòsits al temps que, si el nivell d'aigua està per sota d'un cert mínim, comença a entrar aigua de xarxa als dipòsit. Tot aquest procés es tradueix en unes petites baixades i pujades de nivell, que ens permeten saber quantes vegades es rega. La Figura 8 mostra alguns exemples setmanals, per diferents èpoques amb diferents necessitats de reg. Per altra banda, després d'episodis de pluja gràcies als quals el nivell d'aigua als dipòsits ha pujat, es pot observar com cada reg fa disminuir aquest nivell (Figura 9). En els casos de la Figura 9, cada baixada deguda a un reg és d'uns 20 cm. En d'altres moments de l'any, han observat baixades un mica inferiors, d'un 15 cm.

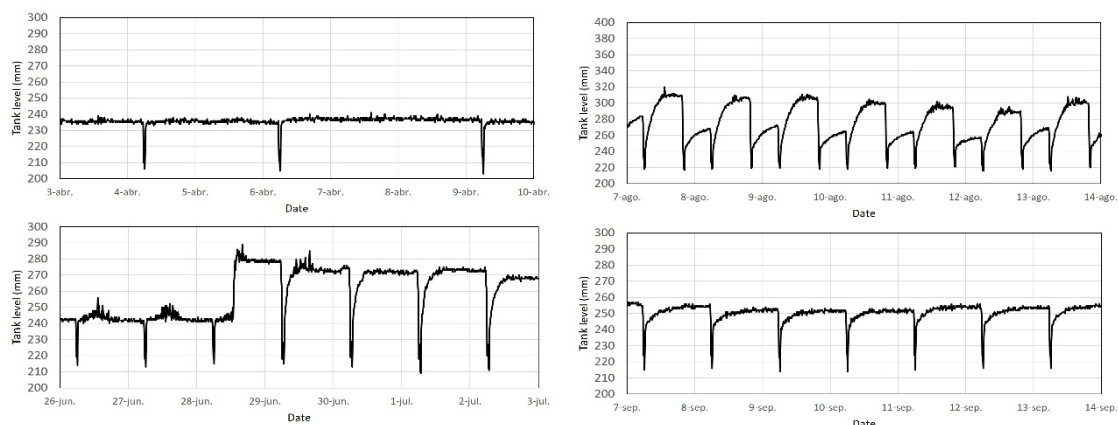


Figura 8. Evolucions setmanals en el nivell del dipòsits que mostren el nombre de regs que s'han dut a terme en el període registrat: 3 regs/setmana a l'abril, 7 regs setmana al juny-juliol, 14 regs/setmana a l'agost, 7 regs/setmana al setembre.

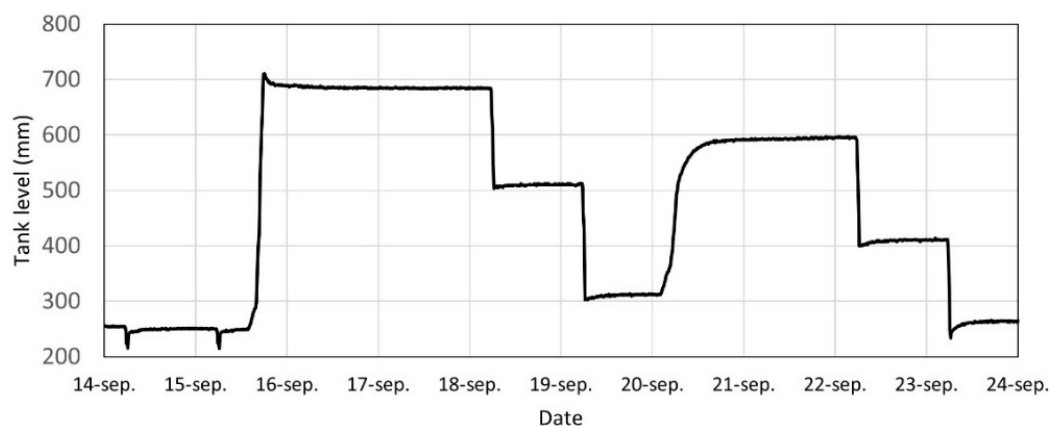


Figura 9. Evolució en el nivell del dipòsits degut als regs realitzats amb posterioritat a dos episodis de pluja al mes de setembre

A partir dels registres de nivells, i d'acord amb la informació aportada per l'empresa encarregada del manteniment de la coberta, s'ha pogut estimar que el nombre de regs realitzats durant tot aquest any ha estat de 298. Per altra banda, coneixent la forma, dimensió i nombre de dipòsits, es pot estimar en 315 litres el volum d'aigua de reg corresponen a cada baixada de nivell del dipòsit. El volum d'aigua total utilitzada en tot l'any és el producte d'aquestes dues quantitats. Finalment, a partir dels registres com el mostrat a la Figura 9 es pot determinar el nombre de regs que s'han realitzat amb aigua de pluja. Com que només es disposen de registres pel període març-novembre, s'ha extrapolat linealment per la resta de l'any. També s'ha de tenir en compte que els m³ d'aigua calculats no corresponen al reg de la totalitat de la coberta verda, sinó a la part superior (la mateixa de la qual es recull l'aigua de pluja). La despesa d'aigua, per tant, és més gran.

Resultats:

- Volum d'aigua total utilitzada per reg: **94 m³/any**
- Volum d'aigua procedent de la pluja: 11.8 m³/any
- Percentatge d'aigua procedent de la pluja respecte del total: **12.5 %**

Conclusió: En aquest any de sequera, la quantitat d'aigua utilitzada per a regar la coberta ha estat elevada, tot i que dista molt de la que es necessitaria per regar la mateixa superfície de gespa.

Cal tenir en compte que els dissenys de les cobertes solen considerar l'ús d'espècies de baixos requeriments hídrics. Tot i això els gruixos de substrat solen ser petit i això implica una baixa inèrcia hídrica, és a dir, que s'eixuguen ràpid i les plantes no tenen aigua disponible per a sobreviure.

Degut als escassos episodis de pluja de suficient magnitud, l'aigua de pluja només ha representat un 12.5 % de tota l'aigua emprada. Cal considerar que la mitjana de pluja a Barcelona en un any normal ronda els 600 l/m², mentre que aquest any 2023 ha sigut d'uns 300 l/m². Així, en un any normal l'aigua de pluja capturada en la coberta verda podria cobrir el 25% del reg.

3. Riscos naturals i climàtics

3.1. Reducció de l'efecte d'Illa de Calor

Dades: Monitoratge simultani en continu de la temperatura de l'aire, en la zona central d'una coberta verda i en una coberta convencional equivalent.

Mètode d'avaluació: Càlcul de la mitjana, en tot el període d'avaluació, corresponent als mesos d'estiu, de la diferència entre la de l'aire mesurada en la coberta convencional i la mesurada a la coberta verda.

Resultats: En la Figura 10 es mostren els equips instal·lats en dues cobertes equivalents a Urbaser, una completament coberta amb vegetació semi-intensiva tipus bio-diversa, i l'altra amb l'acabat convencional amb rajola ceràmica. En la gràfica de la Figura 11 es pot observar l'evolució de les dos temperatures ambient durant el període d'estiu.

$\Delta T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (període d'estiu)

Conclusions: Els resultats permeten confirmar que la vegetació integrada en els edificis contribueix a la reducció de la temperatura ambient en l'entorn urbà proper, i per tant reduint l'efecte d'illa de calor urbà.

3.2. Control de l'escorrentia urbana

Dades: Monitoratge en continu de l'aigua de pluja que arriba al pluviòmetre i del nivell d'aigua continguda als dipòsits, tal com ja s'ha comentat a l'aspecte clau 2.1.

Mètode d'avaluació: Quan es dona un episodi de pluja, es compara l'evolució de la pluja d'acord amb el registre del pluviòmetre (en L/m^2) amb l'evolució del nivell d'aigua als dipòsits. La Figura 12 mostra un exemple per a dos episodis de pluja. En els dos casos, s'observa un considerable retard en el temps d'arribada als dipòsits, que es pot estimar com la diferència de temps entre el moment en que finalitza l'episodi de pluja i el moment en que el nivell als dipòsits s'ha estabilitzat.

Resultat: Es valor estimat pel retard és de 6 hores

Conclusions: La coberta analitzada té una alta capacitat de retenció de l'aigua de pluja, mostrant un retràs molt considerable entre l'episodi de pluja l'entrada d'aigua als dipòsits, que es va donant de manera molt gradual.

La capacitat de les cobertes verdes per a la retenció i detenció de l'aigua de pluja s'ha demostrat científicament. La constatació d'aquest fet en un cas real és de gran interès per a posar de manifest que la solució constructiva de coberta verda funciona correctament i fa la seva funció.

El control de l'escorrentia urbana, tant disminuint el volum (retenció) com retardant l'arribada al sistema de clavegueram (detenció) permet disminuir el risc d'inundacions en entorns urbans, essent un dels principals beneficis del verd de proximitat.

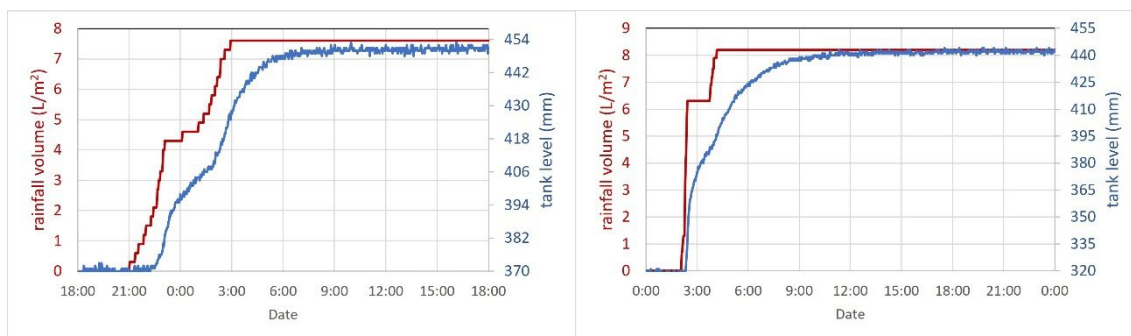


Figura 12. Exemple que mostra la comparació entre la pluja i la posterior arribada de una part de l'aigua als dipòsits, per dos episodis de pluja ocorreguts els dies 19 i 24 d'octubre.



Figura 10. Equipament instal·lat a dues cobertes veïnes, una convencional acabada amb rajola ceràmica i l'altra verda semi-intensiva biodiversa.

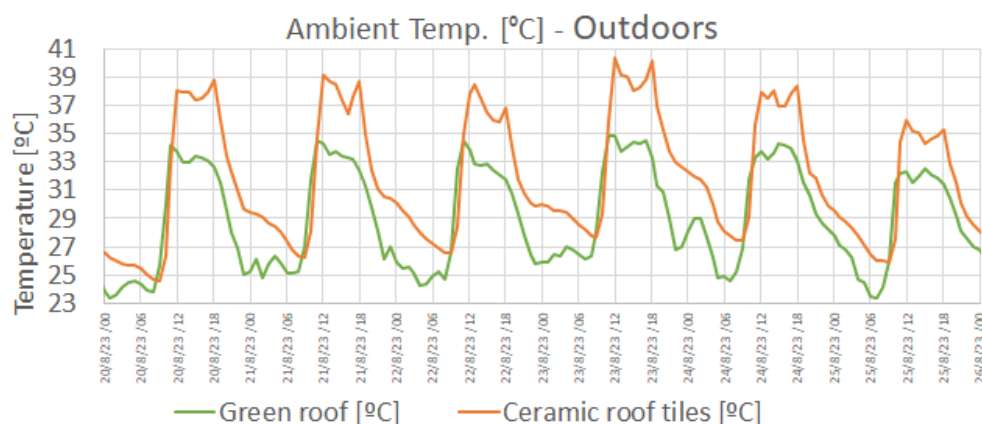


Figura 11. Evolució de les temperatures de l'aire al llarg de 8 dies del mes d'agost 2023 en una coberta convencional acabada amb rajola ceràmica i l'altra verda semi-intensiva biodiversa, a Urbaser.

4. Gestió dels espais verds

4.1. Prestació de Serveis Ecosistèmics

Dades: Aquest aspecte clau expressa el "nombre i tipus de serveis ecosistèmics que ofereix un determinat projecte". Així, l'indicador ha de respondre a la pregunta, quants i quins serveis ecosistèmics es poden vincular a un projecte concret.

Mètode d'avaluació: Assenyalar els serveis ecosistèmics, d'entre els 20 llistats en la Taula 1, que realment es poden vincular a un projecte determinat, independentment de la quantitat en la seva prestació, i suma el nombre total.

Resultats:

- Coberta Escola Pérez-Iborra: 19/20
- Coberta Urbaser: 15/20
- Coberta Porxos d'en Xifré: 17/20
- Coberta TEBVerd: 19/20
- Coberta Balcells: 10/20
- Coberta Diagonal: -

Conclusions: Aquest aspecte clau mostrarà la riquesa del projecte pel que fa als tipus de beneficis que ofereix, estan estretament relacionats amb el tipus de projecte/edifici i els seus usuaris. A la vegada proporciona informació per a la millora dels projectes existents i per a futurs dissenys.

4.2. Accessibilitat

Dades: Qüestionari enquestes. Pregunta 34: Consideres que la coberta és, en termes de mobilitat, accessible per a tu?

Opcions: 0. A enes accessible 1. No fàcilment accessible 2. Ni accessible ni no accessible 3. Raonablement accessible 4. Accessible

Mètode d'avaluació: Mitjana aritmètica. Rang: [0,4]

Resultat:

- Respostes: 33
- Mitjana aritmètica: 3.00 ± 1.27

Conclusió: La coberta es veu com raonablement accessible en termes de mobilitat, tot i que s'ha de tenir en compte la gran dispersió en les respostes.

4.3. Percentatge d'àrea verda

Dades: L'aspecte clau informa sobre la superfície del projecte que està coberta per la vegetació, independentment del tipus (herbàcia, arbustiva, arbrada o horta). Aquesta "coberta vegetal en planta/alçat" (projecció horitzontal o vertical, segons si es tracta d'una coberta o façana) ofereix informació simplificada sobre la quantitat de vegetació.

Mètode d'avaluació: Càlcul del percentatge d'àrea coberta amb vegetació respecte de l'àrea total de la coberta o façana.

Resultats: Per exemple, en la coberta Pérez-Iborra la projecció en planta de la coberta és de 401,67 m², essent la del projecte de coberta verda de 371,99 m², dels quals 221,34 m² són àrees verdes i 150,65 m² paviments d'accessos. El resultat és d'un 60% d'àrea verda en el projecte, i de 55% respecte del total de la coberta.

A la coberta de Porxos d'en Xifré, l'edifici té una superfície d'uns 3300 m² de coberta dels quals s'han enjardinat uns 1475 m² de coberta verda semi-intensiva amb herbàcies i arbustives, que suposen un 45% del total de la coberta de l'edifici. Es preveu la cobertura total en el futur. Dels 1475 executats, el 25% corresponen a camins i zones d'estada acabades amb graveta de material ceràmic reciclat triturat, uns 370 m², i l'àrea verda és del 75%, suposant uns 1.105 m².

La coberta verda biodiversa d'Urbaser té 350 m², dels quals uns 330 m² estan enjardinats. D'aquests el 20% són àrees de pas acabades amb material que fa de substrat i el 80% és àrea verda, és a dir amb vegetació de tipus herbaci i arbustiu. En aquest cas espacial en el que es vol maximitzar el suport a la biodiversitat i la dinàmica de la vegetació no està condicionada a activitats de manteniment intensives, es podria fins i tot considerar que el percentatge d'àrea verda és del 100% en quant que el propòsit dels gestors de la coberta és deixar que la vegetació evolucioni al seu criteri.

L'edifici de TEBVerd està constituït per múltiples cobertes en diferents plans respecte del carrer. La superfície total és d'uns 3.085m² en total, essent la intervenció de cobertes verdes d'uns 942m² (31%). L'enjardinament projectat ocupa el 100% de la superfície dedicada a àrea verda en quant a que es tracta de dues cobertes extensives de sedums de 585m² i 269m², que es complementen amb dos àrees verdes dedicades a hort urbà i jardí mediterrani aromàtic de 44 m² cadascuna d'elles.

Conclusions: Les solucions paisatgístiques en resoldre una coberta o façana verda són múltiples. La quantitat d'àrea verda respecte del total de superfície projectada és de gran interès per a fer-se una idea de la contribució del projecte a la re-naturalització de la ciutat.

4.4. Cost de manteniment

Dades: L'aspecte clau té en compte el cost anual de manteniment del projecte per metre quadrat.

Mètode d'avaluació: Suma de totes les despeses directament vinculades a la gestió i manteniment i repartiment per metres quadrats del projecte.

Resultats:

Per exemple, a la coberta de Pérez-Iborra, en la que la coberta és molt diversa majoritàriament semi-intensiva, s'han estimat uns costos de manteniment d'uns 40 euros/m²/any. Al Porxos d'en Xifré s'estimen uns 15 €/m²/any.

A TEBVerd, en la que la superfície és majoritàriament de coberta extensiva s'estima un cost d'uns 10 €/m²/any.

A la coberta d'urbaser, incloent la re-naturalització de la superfície horitzontal amb coberta semi-intensiva i tots els murs de la coberta amb mur verd basat en geotèxtils, el cost de manteniment s'estima en 39,36 €/m²/any.

Conclusions: El control dels costos de manteniment és important per a poder posteriorment fer anàlisis de cost-benefici dels projectes d'integració de vegetació. La tipologia i el disseny del projecte influiran en aquest cost. A més permet reflexionar sobre l'esforç econòmic i de recursos que destinen els promotors per al subministrament dels serveis ecosistèmics a la ciutat.

5. Millora de la biodiversitat

5.1. Connectivitat

Dades: Amb aquest aspecte clau es vol avaluar la connectivitat estructural, no la funcional, del projecte, és a dir, la relació amb els espais verds propers. Inclou qualsevol tipus d'espai verd urbà, arbre d'alineació, coberta o façana verda, jardí, parc, altres.

Mètode d'avaluació: Nombre d'espais verds situats en un radi aproximat de 350 m al voltant del projecte avaluat, independentment de la seva tipologia i mida. Es pot emprar qualsevol visualitzador de mapes que permeti traçar un radi de 350 m al voltant del projecte i fer-ne un comptatge manual del número d'espais verds amb els que connecta.

Resultats: Per exemple, en el cas d'Urbaser, en traçar en radi solament connecta amb l'arbrat dels carrers adjacents, per tant seria un sol espai verd. En el cas de Pérez Iborra es detecten fins a 5 espais verd amb els que connecta, incloent-hi l'arbrat d'alineació (Figura 13).

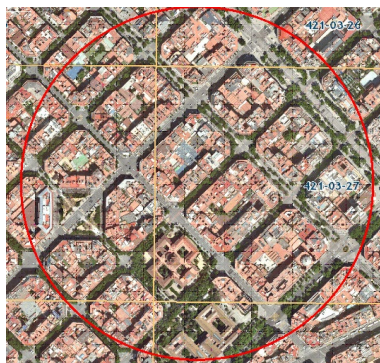


Figura 13. Anàlisi de la connectivitat estructural al voltant de l'Escola Pérez-Iborra

Conclusions: La connectivitat estructural del projecte aporta informació sobre el suport del projecte a la biodiversitat urbana. Aquest aspecte clau ajudarà a reflexionar sobre la importància dels petits espais verds d'oportunitat en el conjunt de la xarxa d'espais verds de Barcelona.

5.2. Espècies / 5.3 Espècies de pol·linitzadors

Dades: Amb aquest aspecte clau, es vol avaluar el grau de suport del projecte a la biodiversitat urbana. L'observació de les espècies que s'acosten a la coberta o la façana és un indicador del seu potencial.

Mètode d'avaluació: Nombre i tipus d'espècies animals observades a la coberta o façana verda. L'ús d'aplicacions per a mòbil que permeten registrar l'observació és una opció de ciència ciutadana molt útil i senzilla. Per al projecte Verd de Proximitat s'ha optat per l'aplicatiu CSMON-LIFE+ [12]. S'ha creat una campanya específica en la que quedaran registrats les observacions dels usuaris de les cobertes. A més s'ha creat una llista visual de referència de les espècies més habituals que poden ser enregistrades a Barcelona (Figura 14).



Figura 14. Llistat d'espècies més habituals a Barcelona per a ser emprada com a referència per al monitoratge de la biodiversitat en el marc del projecte Verd de Proximitat BCN

Una alternativa és l'ús de càmeres de biodiversitat i fer-ne posteriorment el registre de l'observació. Aquest mètode requereix d'equipament específic, però és útil per a l'observació d'espècies que fugen de la presència dels humans.

Resultats: Els resultats queden enregistrats en la web de la campanya i es pot anar fent el recompte. S'han identificat 4 espècies en les cobertes seleccionades durant la tardor 2023 (Figura 15).

Conclusions: Les cobertes i façanes verdes són elements de suport a la biodiversitat en el medi ambient

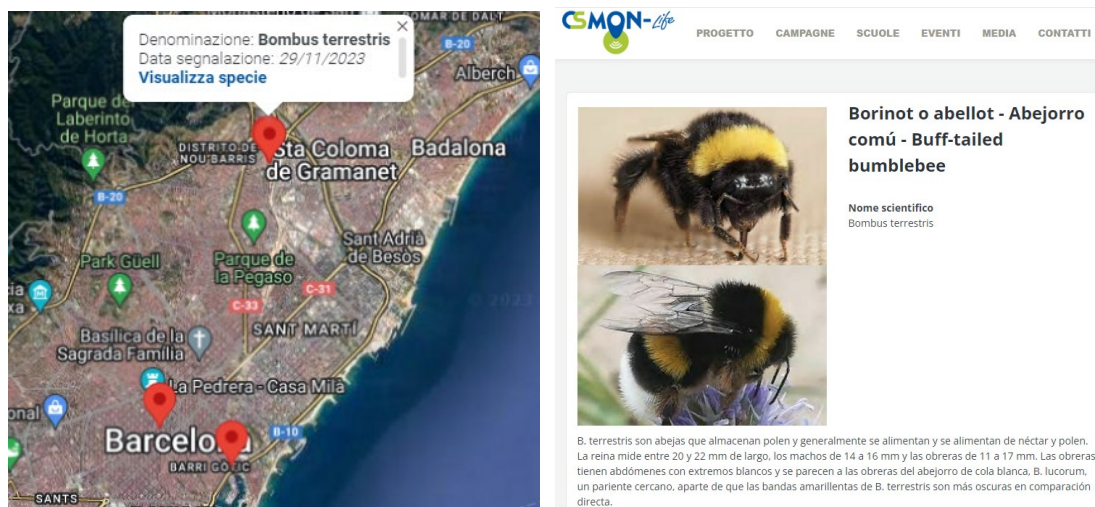


Figura 15. Visualització de les espècies enregistrades mitjançant l'aplicatiu per a mòbil CSMON-LIFE+ en el projecte Verd de Proximitat BCN

6. Qualitat de l'aire

6.1. Captura pol·lució

Dades: Monitoratge simultani en continu dels paràmetres de pol·lució urbana, en la zona central d'una coberta verda i en una coberta convencional equivalent.

Mètode d'avaluació: Mitjançant equips específics, s'enregistren dades com el monòxid de carboni (CO), diòxid de carboni (CO₂), diòxid de nitrogen (NO₂), diòxid de sofre (SO₂), components orgànics volàtils (COV), i partícules PM.

Resultats: Es van comparar els resultats en una coberta verda semi-intensiva respecte de la seva equivalent acabada amb rajola ceràmica. L'estudi va tenir lloc a l'empresa Urbaser. En la Figura 16 es mostren els resultats de CO₂ com a resultats més rellevants de millora ambiental on destaca una coberta enjardinada. La coberta amb vegetació va registrar un valor mig de CO₂ de 443,4 ppm mentre que en la coberta amb acabat ceràmic va ser de 572,6 ppm.

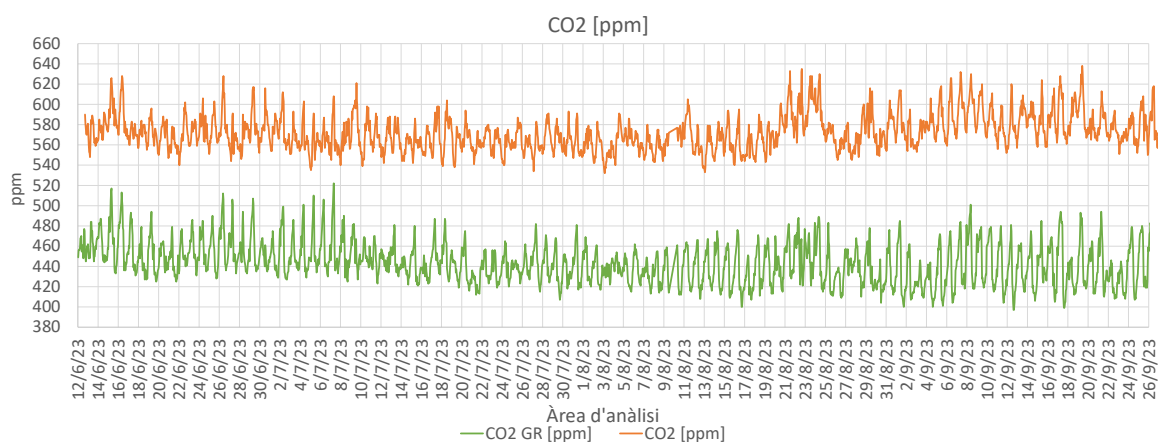


Figura 16. Resultats obtinguts on s'observen els nivells de CO2 assolits a dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació durant un període de més de 3 mesos.

En referència al diòxid de nitrogen (NO₂), la coberta amb teula plana va registrar valors mitjos de 18,1 ppm mentre que a la coberta enjardinada van ser 7,2 ppm mostrant una alta capacitat per reduir aquest indicador al llarg del període mostrat en la Figura 17.

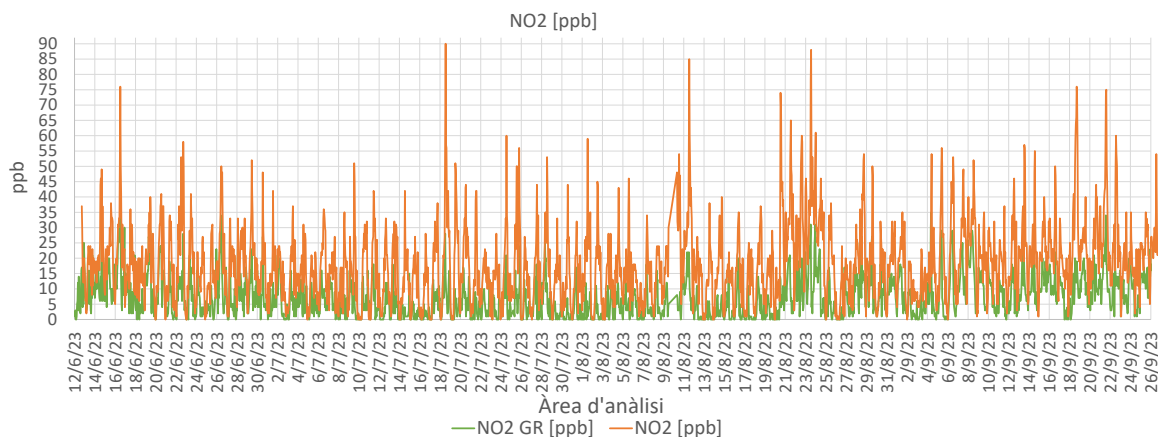


Figura 17. Resultats obtinguts on s'observen els nivells de NO2 assolits a dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació durant un període de més de 3 mesos.

Pel que fa a la evolució de l'indicador de diòxid de sofre (SO₂) mostrat a la Figura 18, la coberta enjardinada va registrar valors mitjos de 0,6 [ppb] que van ser un 34% inferiors als 0,91 [ppb] que va registrar la coberta de referència sense vegetació dins d'aquest període.

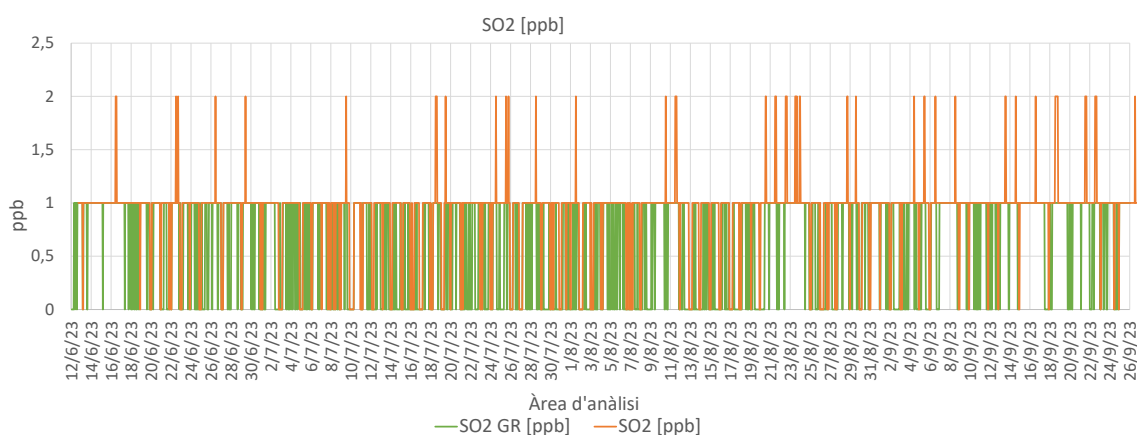


Figura 18. Resultats obtinguts on s'observen els nivells de SO₂ assolits a dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació durant un període de més de 3 mesos.

En la Figura 19, el valor dels components orgànics volàtils (COV) també van mostrar una reducció, en aquest cas del 25,5%, quan es van comparar els valors de la coberta enjardinada (1,14 ppb) amb els de la coberta amb teulada plana enrajolada (1,53 ppb).

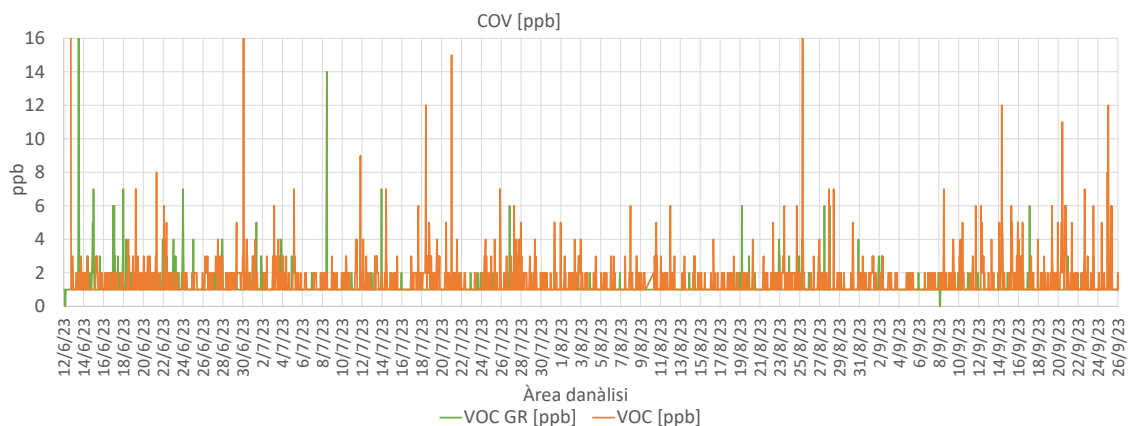


Figura 19. Resultats obtinguts on s'observen els nivells de COV assolits a dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació durant un període de més de 3 mesos

Pel que fa al monòxid de carboni (CO) que es mostra en la Figura 20, no es van observar variacions significatives entre els valors mitjos registrats en les dues tipologies de coberta comparades. La que conté vegetació va registrar un valor mig de 0,16 [ppm] mentre que la coberta plana acabada amb teula va registrar un valor lleugerament superior de 0.18 [ppm].

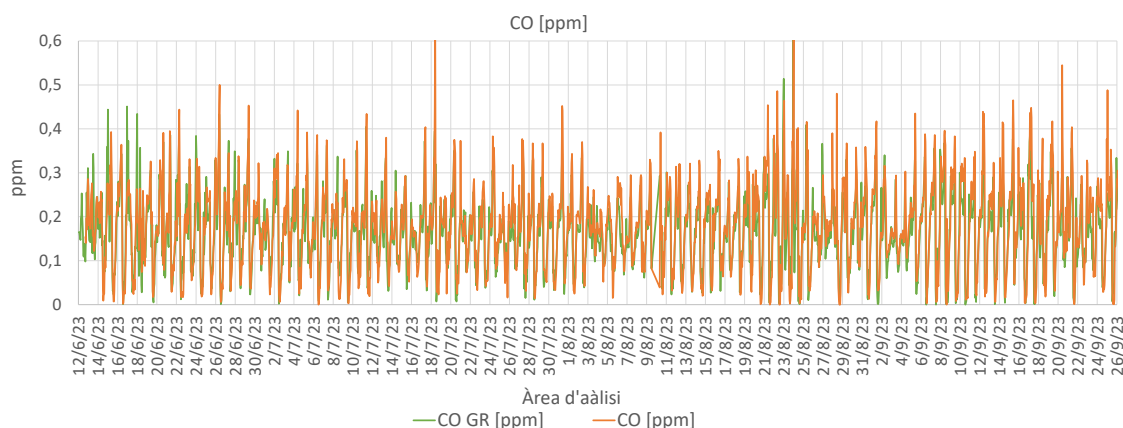


Figura 20. Resultats obtinguts on s'observen els nivells de CO assolits a dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació durant un període de més de 3 mesos

A la Figura 21 es mostren els resultats referents als nivells de PM₁₀ assolits en les dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació. En determinats dies es poden observar nivells més elevats en la coberta verda. Els valors mitjans de PM₁₀ del període representat van ser de 40 [µg/m³] per a la coberta verda i de 29,5 [µg/m³] per a la coberta amb acabat enrajolat. En aquest cas i degut a la rugositat i tipologia de la vegetació, es pot observar que poden retenir més quantitat de PM₁₀. Com era d'esperar, es va observar el mateix patró en el cas de PM_{2,5} i PM₁, on les cobertes vegetades van registrar valors de fins a un 51% i 61% més elevats, respectivament.

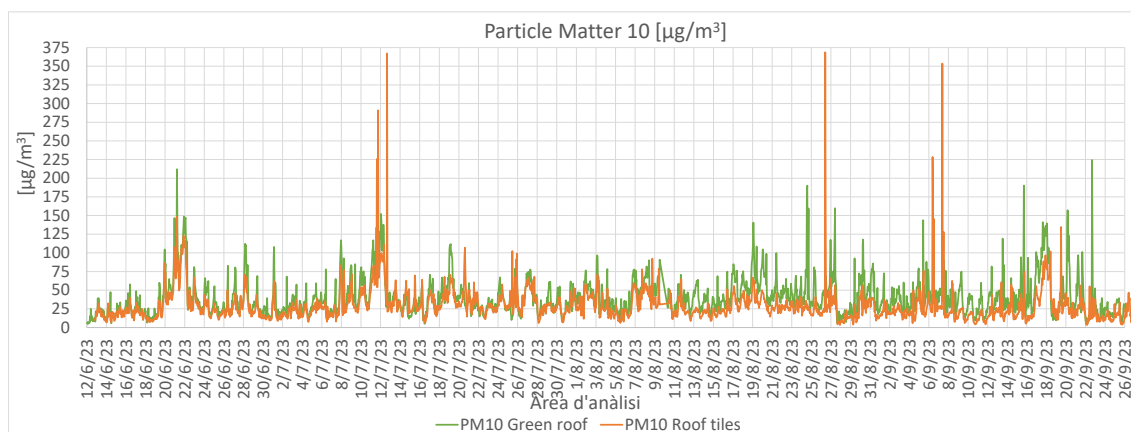


Figura 21. Resultats obtinguts on s'observen els nivells de PM₁₀ assolits a dues cobertes veïnes, una convencional amb acabat de teula plana i l'altra amb vegetació.

Conclusions: Els resultats confirmem que les cobertes verdes contribueixen a la captura de contaminants urbans, millorant substancialment la qualitat de l'aire a les ciutats. Tot i això, els materials que les conformen, específicament el substrat i la vegetació, solen fer font de partícules. Aquesta disfunció no difereix de la que es produiria en qualsevol altre entorn natural, però cal tenir-la en compte per a futurs dissenys i durant el manteniment.

6.2. Olor ambiental

6.2.1. Sensació olfactiva percebuda

Dades: Qüestionari enquestes. Pregunta: Avalua la teva sensació olfactiva en relació al carrer.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: Avalua la teva sensació olfactiva en relació al carrer. Opcions: 1. Molt més agradable 2. Més agradable 3. Ni més agradable ni més desagradable 4. Més desagradable 5. Molt més desagradable
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultat:

- Respostes: 29
- Mitjana aritmètica: 2.07 ± 0.75

Conclusió: Sensació olfactiva més agradable a les cobertes verdes que al carrer.

6.2.2. Olors agradables registrades

Dades: Mesura de les olors agradables en les cobertes i façanes verdes.

Mètode d'avaluació: S'ha definit una metodologia de monitoratge basada en l'App Odourcollect [13], basada en la ciència ciutadana, que permet enregistrar olors en quatre clics (1. Ubicació, 2. Tipus d'olor, 3. To hedònic, 4. Intensitat).

Resultat: En la Figura 22 es mostren imatges del recorregut olfactivu dut a terme en la coberta de l'Escola Pérez-Iborra i de l'activitat de formació per a la captura d'olors. En la Figura 23 es mostren alguns dels resultats dels registres referents a l'anàlisi de sensacions i associacions amb les captures olfactives.

- Olors agradables: 65
- Olors neutrals: 26
- Olors desagradables: 38



Figura 22. Sessions de formació i activitat de recorregut olfactiu a l'Escola Pérez-Iborra.

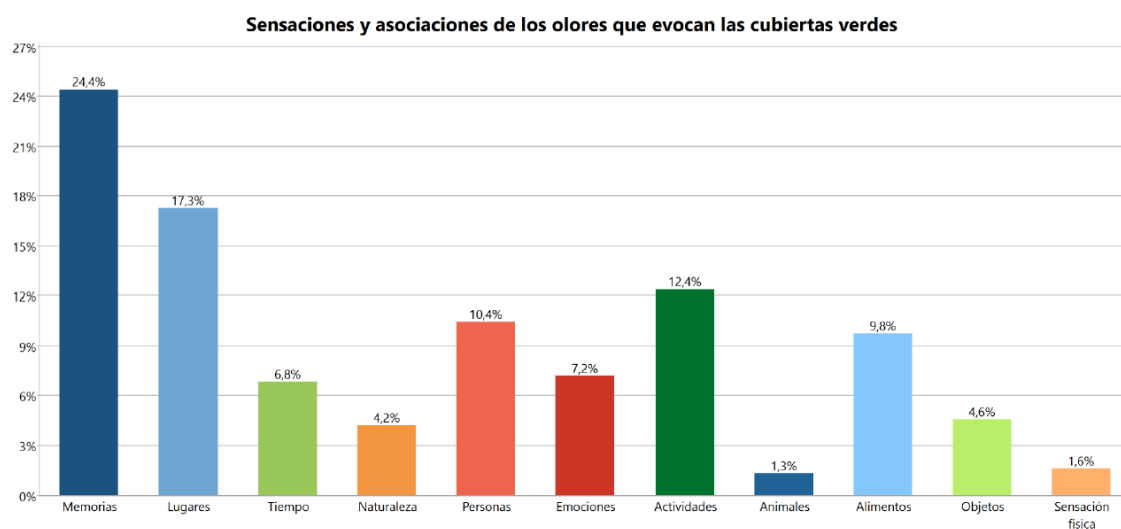


Figura 23. Resultats referents a les sensacions i associacions de les olors a les cobertes verdes.

Conclusió: Les olors agradables a les cobertes i façanes verdes és un dels seus potencials per a la millora de la salut i ben-estar dels ciutadans. La seva mesura ha de ser un aspecte clau per a l'avaluació del seu impacte. A més, aquest aspecte clau contribuirà a la millora dels futurs dissenys de les cobertes i façanes verdes a Barcelona, en quant a l'elecció de les espècies vegetals, el disseny (amb l'objectiu d'evitar olors no desitjades) i el manteniment.

7. Regeneració del lloc

7.1. Qualitat percebuda de l'espai

Dades: Qüestionari enquesta. Pregunta: Avalua la teva sensació visual en relació a altres cobertes no verdes del teu voltant

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: Avalua la teva sensació visual en relació a altres cobertes no verdes del teu voltant. Opcions: 1. Molt més agradable 2. Més agradable 3. Ni més agradable ni més desagradable 4. Més desagradable 5. Molt més desagradable
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultat:

- Respostes: 26
- Mitjana aritmètica: 2.07 ± 0.75

Conclusió: Sensació visual més agradable a les cobertes verdes que al carrer.

7.2. Sentiment de pertinença/identitat amb l'espai

Dades: Qüestionari enquesta.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: Respon sí o no a cada frase segons t'identifiquis o no amb ella:
 - Sento que la coberta/façana verda és una part de mi
 - La coberta/façana verda és especial per a mi
 - M'identifico amb la coberta/façana verda
 - Sento aferrament per la coberta/façana verda
 - Visitar la coberta/façana verda em fa descobrir coses de mi
 - La coberta/façana verda significa molt per a mi
 - Fórmula: Mitjana aritmètica del (nombre d'opcions seleccionades) / 6 * 100
 - Unitat: %

Resultat:

- Respostes: 13
- Resultat: $30.69 \pm 25.05 \%$

Conclusió: Nivell d'afecció personal a l'espai moderat-baix. Falten més mesures.

7.3. Materials emprats

Dades: L'aspecte clau ha de permetre valorar la coherència dels materials utilitzats en el sistema constructiu de l'element verd en termes de sostenibilitat.

Mètode d'avaluació:

- Qüestionari o entrevista. Pregunta: Quin és el grau de sostenibilitat dels materials utilitzats en les diferents capes del sistema constructiu de coberta verda o façana?
- Escala de l'1 al 10 (opció NS/NC si alguna de les capes no existeix i/o no es coneix):
 - Capa de vegetació
 - Capa de substrat
 - Capa de filtre
 - Capa de drenatge
 - Capa de protecció de membrana impermeabilitzant

Resultats: Per exemple en el cas dels Porxos d'en Xifré, es pot fer el següent anàlisi:

Capa	Observació	Valoració
Capa de vegetació:	Resistent, però depenent del reg	3
Capa de substrat	Inclou grava volcànica	4
Capa de filtre	Geotèxtil sintètic fet de polipropilè precomprimit i termo-soldat	2
Capa de drenatge	Safata alveolar sintètica de poliolefina reciclada (principalment PE)	3
Capa de protecció de membrana impermeabilitzant	Geotèxtil de fibra sintètica de barreja de polièster i polipropilè	2

Conclusions: Aquesta anàlisi permet posar de manifest la importància de que els sistemes constructius emprats estiguin alineats amb els criteris de la construcció sostenible i la circularitat dels dissenys.

7.4. Efecte mirador

7.4.1. Efecte mirador "des del" projecte

Dades: Qüestionari enquesta. Pregunta: T'agrada el paisatge urbà que pots veure des de la coberta?

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: T'agrada el paisatge urbà que pots veure des de la coberta? Opcions: 1. No m'agrada gens 2. M'agrada poc 3. Ni m'agrada ni em desagrada 4. M'agrada 5. M'agrada molt
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultat:

- Respostes: 25
- Mitjana aritmètica: 4.04 ± 1.21

Conclusió: El paisatge urbà que es veu des de la coberta verda agrada força.

7.4.2. Efecte mirador "cap al" projecte

Dades: Qüestionari enquesta. Pregunta: Creus que aquesta coberta millora el paisatge urbà de la zona?

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: Creus que aquesta coberta millora el paisatge urbà de la zona?. Opcions: 1 No, gens 3. Poc 4. Ni el millora ni l'empitjora 5. Sí 6. Sí, molt
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultat:

- Respostes: 27
- Mitjana aritmètica: 4.44 ± 0.80

Conclusió: La coberta millora substancialment el paisatge urbà. Aquest aspecte clau és molt important ja que tot el veïnatge al voltant del verd de proximitat en pot gaudir de forma indirecta. La quantificació monetària d'aquests beneficis indirectes és molt difícil, però això no implica que no s'hagin de tenir en compte des de l'administració.

Resultat global de l'Efecte Mirador (7.4): 4.25 ± 1.03

Conclusió global de l'Efecte Mirador (7.4): La coberta millora substancialment un paisatge urbà que es percep com a força agradable.

8. Generació de coneixement i creació de capacitats socials per a la transformació urbana sostenible

8.1. Participació

Dades: Aquest aspecte clau ha de permetre valorar l'èxit del projecte pel que fa a la seva capacitat per generar activitat, atraure usuaris i, en definitiva, valorar el nivell de participació. S'han definit tres indicadors descriptius de participació. En primer lloc, tindrà en compte el nombre total d'accessos, és a dir, el nombre de vegades que algú ha accedit a l'element verd, independentment del motiu. Un altre és el nombre total d'activitats programades i els tipus que es fan. Un altre és el nombre de participants per activitat i el nombre total de participants.

Mètode d'avaluació: Per a la mesura del número d'accessos, s'ha considerat l'ús de sensors d'accés en els accessos principals a les cobertes verdes. El número d'activitats programades i el número de participants en cadascuna d'elles ha de ser registrat pels gestors de la infraestructura verda.

Resultats: Per exemple, el cas de l'Escola Pérez-Iborra és de gran èxit en quant a participació.

- Número d'accessos/6 mesos: 2038
- Número d'activitats programades/any: 375 (la memòria d'activitats de la coberta verda permet fer-ne una valoració de la tipologia d'activitats que es fan)
- Número de participants en les activitats/any: 7500

Conclusions: Les cobertes són espais que permeten dur a terme múltiples activitats. La seva re-naturalització permet activar-les i transformar-les en centres neuràlgics de l'edifici. El monitoratge de les activitats que es duen a terme i del número de participants és un indicador de l'èxit social de les cobertes verdes.

8.2. Consciència medio-ambiental

Dades: Aquest factor descriu fins a quin punt un projecte contribueix a augmentar la consciència dels ciutadans sobre la natura urbana i els serveis dels ecosistemes, així com a educar els ciutadans sobre la sostenibilitat i el medi ambient. S'han definit tres indicadors. D'una banda, el nombre d'activitats d'educació ambiental, total i per tipologia, així com el nombre d'assistents, total i per tipologia, i de l'altra, el nombre d'accions de comunicació i difusió generades pel projecte.

Mètode d'avaluació: El número d'activitats d'educació ambiental programades i el número de participants en cadascuna d'elles ha de ser registrat pels gestors de la infraestructura verda.

Resultats: En l'Escola Pérez-Iborra ha estat possible fer-ne un recompte de les activitats directament vinculades amb l'educació ambiental i/o la infraestructura verda. A més s'ha pogut fer el recompte d'impactes de comunicació i difusió que es generen vinculats a l'existència de la coberta verda, tant en la web de l'escola, les xarxes socials i altres mitjans.

- Número d'activitats d'educació ambiental/any: 19
- Número de participants en activitats d'educació ambiental/any: 700
- Número d'impactes de comunicació i disseminació generades pel projecte: 37

Conclusions: Les cobertes i façanes verdes són elements del verd urbà que en ser molt pròxims als ciutadans tenen un gran potencial per a desenvolupar consciència mediambiental. El recompte de les activitats i els impactes de divulgació és important per a poder valorar l'impacte social i educatiu d'aquests sistemes de re-naturalització.

9. Planificació i governança participativa

9.1. Diversitat dels interessats

Dades: Les solucions basades en la natura (SBN) integren a múltiples grups d'interès. Aquest aspecte clau pretén avaluar la riquesa d'aquest conjunt d'actors en un projecte determinat.

Mètode d'avaluació: Nombre i tipus de grups d'interès vinculats al projecte. Qüestionari. Pregunta: Quants d'aquests grups d'interès estan implicats, interessats o interactuen amb la coberta verda o la façana?

- Usuaris directes: Estudiants, treballadors, clients, pacients, residents (propietaris o llogaters), etc. de l'edifici.
- Usuaris indirectes: Famílies, veïns d'edificis propers, personal de manteniment d'edificis, etc.
- Usuaris ocasionals: Visites a l'edifici, participants en activitats programades, activitats de recerca, etc.
- Finca: Propietari únic, comunitat de veïns, empresa, administració, etc.
- Empreses de manteniment
- Administració: Ajuntament, etc.
- Altres: (introduïu text)

Resultats: En el projecte Verd de Proximitat BCN s'ha dut a terme una anàlisi de detall dels grups d'interès dels projectes seleccionats. Els resultats de la anàlisi de les cobertes seleccionades es pot resumir en la següent taula.

Projecte	Usuaris directe s	Usuaris indirecte s	Usuaris ocasional s	Empreses de mantenimen t	Finc a	Administraci ó	Altres	N º
Pérez- Iborra	x	x	x	x	x			4
Urbaser	x		x		x		Recerc a	4
TEBVerd	x	x	x		x			4
Porxos d'en Xifré	x	x	x	x	x		Recerc a	6
Balcells	x				x			2
Diagona l	x		x	x	x			4

Conclusions: Les cobertes i façanes verdes són molt riques en quant a diversitat dels grups d'interès. Cal un estudi a fons dels grups d'interès permet fer-se una idea de la riquesa d'un projecte en quant a potencial per a generar relacions socials, participació en el manteniment i monitoratge, activitats, etc.

9.2. Co-participació

Dades: Qüestionari enquesta.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: Marca totes les frases amb les que t'identifiquis:
 - Sento que la meua veu i/o la del meu col·lectiu s'ha tingut en compte o s'ha vist representada en el procés de disseny i construcció de la coberta/façana verda
 - Sento que la meua veu i/o la del meu col·lectiu es té en compte o es veu representada en el procés de proposta de millores o reformes de la coberta/façana verda
 - Sento que la meua veu i/o la del meu col·lectiu es té en compte o es veu representada en el procés de decisió de quines activitats es fan a la coberta/façana verda
 - Sento confiança en les persones que prenen les decisions que afecten a la coberta/façana verda
 - Sento que la meua veu i/o la del meu col·lectiu es té en compte o es veu representada en la vida diària del meu carrer o barri
- Fórmula: Nombre de participants que han respost "sí" a almenys una de les tres primeres opcions, dividit pel nombre total de participants preguntats.
- Unitat: %

Resultat:

- Respostes: 16
- Percentatge: $62.50 \pm 12.10 \%$

Conclusió: El grau d'implicació/participació dels grups d'interès és moderat. L'activació dels grups d'interès associats a cada element de verd de proximitat és fonamental per a garantir-ne l'èxit i la sostenibilitat temporal.

10. Justícia cohesió social

10.1. Cohesió social

Dades: Qüestionari enquesta.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: Com d'integrada/at et sents entre el teu veïnat?
- Opcions: 1. Gens integrada/at 2. Quasi gens integrada/at 3. Una mica integrada/at 4. Integrada/at 5. Molt integrada/at
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultat:

- Respostes: 8
- Mitjana aritmètica: 3.88 ± 0.83

Conclusió: El nivell percebut d'integració i suport és moderat-alt. Tot i que el número de respostes és baix, aquest aspecte clau és molt important, ja que el verd de proximitat aporta uns valors a l'entorn edificat que permeten crear connexions socials molt interessants que cal saber explotar.

10.2. Seguretat

Dades: Qüestionari enquesta.

Mètode d'avaluació:

Pregunta 1: Comentaris sobre seguretat a la coberta

Resultats Pregunta 1:

- “Para los usuarios del Teb es un espacio muy agradable en el que se fomenta el aprendizaje en distintas materias. Como CET es interesante para realizar prácticas de jardinería.”
- “Me parece segura”

- “Que es segura, pero no he estado mucho allí”
- “Fence on the borders”

Pregunta 2: Marca totes les frases amb les que t'identifiquis:

- Sento inseguretat pujant en solitari a la coberta
- Sento seguretat pujant a la coberta només si vaig en grup
- Només pujo a la coberta amb persones del meu propi gènere
- Opcions: 0. No 1. Sí
- Unitat: %
- Fórmula: $(1 - \text{Mitjana aritmètica}(\text{persones que marquin almenys una de les dues primeres opcions})) * 100$

Resultat Pregunta 2:

- Respostes (qualsevol gènere): 28
- Percentatge (qualsevol gènere): $64.29 \pm 9.06 \%$
- Respostes (dones): 12
- Percentatge (dones): $50.00 \pm 14.43 \%$

Conclusió: El nivell de preocupació per la manca de seguretat és notable. Entenem que això no depèn de si la coberta és verda o no. Aquest és un aspecte que cal considerar per a futurs dissenys de cobertes i façanes verdes.

11. Salut i Benestar

11.1. Activitats físiques

Dades: Qüestionari enquesta.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta 1: Marca totes les frases amb les que t'identifiquis
 - Practico activitats d'exercici físic habitualment
 - Utilitzo la coberta com a espai on practicar exercici físic
 - La coberta m'ha estimulat a fer més exercici físic
- Pregunta 2: Quants cops per setmana practiques exercici físic a la coberta?
- Fórmula: Mitjana de respostes a la P2 respecte de qui respongui "sí" a almenys 1 de les 3 qüestions de la P1.
- Unitat: vegades setmana

Resultat:

- Respostes (gent que practica exercici físic): 14
- Vegades per setmana que el practiquen a la coberta: 0.50 ± 1.87 vegades/setmana

Conclusió: La coberta no és un espai habitual d'exercici físic, tot i que en casos puntuals ho és.

11.2. Benestar i felicitat

Dades: Qüestionari enquesta.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta 1: Com valoraries el teu nivell d'estrès? 1. Estrès molt baix 2. Estrès baix 3. Estrès moderat 4. Estrès alt 5. Estrès molt alt.
- Pregunta 2: Com valoraries el teu nivell de salut mental? 1. Molt baix 2. Baix 3. Moderat 4. Alt 5. Molt alt.
- Pregunta 3: Com valoraries la teva satisfacció amb la teva qualitat de vida? 1. Molt poca satisfacció 2. Poca satisfacció 3. Ni amb ni sense satisfacció 4. Moderada satisfacció 5. Molta satisfacció.
- Fórmula: Mitjana aritmètica de les respostes P1, P2, P3.
- Rang: [1,5]

Resultats:

Respostes: 25 / 25 / 25

Nivell d'estrès auto-declarat (P1) = 2.60 ± 1.12

Nivell de salut mental auto-declarat (P2) = 3.68 ± 0.95

Nivell de satisfacció amb la vida auto-declarat (P3) = 4.36 ± 0.64

Conclusions: Les persones participants consideren que, en general, tenen uns nivells d'estrès moderats, un nivell de salut mental entre moderat i alt, i una moderada satisfacció amb la seva qualitat de vida.

La biofília associada a la re-naturalització dels edificis pot contribuir a la millora del benestar i la felicitat de les persones. Tot i que les mesures puntuals com la que s'ha dut a terme no permet avaluar aquest efecte, el seu registre sistemàtic i comparat en el temps permetrà avaluar aquest impacte.

11.3. Confort acústic

11.3.1. Nivell acústic mesurat

Dades: Monitorització en continu de nivells de soroll a les cobertes (veure Figura 24).

Mètode d'avaluació: Càlcul dels nivells percentils L10, L50 i L90 en tot el període d'avaluació. Càlcul del *Traffic Noise Index* (TNI) donat per l'expressió:

$$TNI = 4 \cdot (L10 - L90) + L90 - 30$$

Resultats:

L10 = 56.3 dB; L50 = 51.4; L90 = 44.1 dB; TNI = 61.2 dB (Escola Pérez-Iborra, maig-agost)

L10 = 55.6 dB; L50 = 50.7; L90 = 45.6 dB; TNI = 55.9 dB (Urbaser, maig-novembre)

Conclusions: En els dos casos avaluats els nivells de soroll són baixos per una zona urbana.

Els valors L50 són semblants però, en un dels casos, les variacions diàries són més pronunciades i, per tant, l'índex TNI és major.

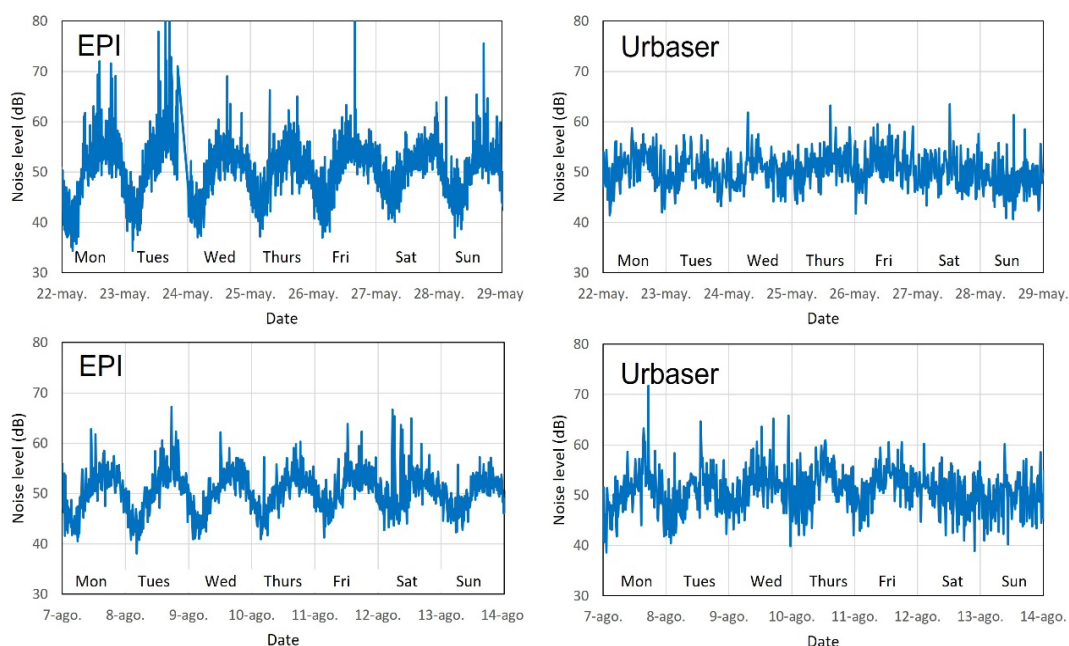


Figura 24. Exemples de registres setmanals de nivells de soroll obtinguts en dos de les cobertes, corresponents a períodes d'activitat (gràfics superiors) i d'estiu (gràfics inferiors).

11.3.2. Nivell acústic percebut

Dades: Qüestionari enquestes.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: 03. Avalua la teva sensació sonora a la coberta en relació al carrer 1. Molt més silenciosa 2. Més silenciosa 3. Igual de silenciosa o sorollosa 4. Més sorollosa 5. Molt més sorollosa
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultat:

- Respostes: 29
- Mitjana aritmètica: 2.03 ± 0.82

Conclusió: Hi ha una percepció de que l'espai de la coberta verda és lleugerament més silenciós que el carrer.

11.4. Confort tèrmic

11.4.1. Temperatura UTCI

Dades: Monitoratge en continu dels paràmetres, temperatura de l'aire, temperatura radiant, humitat relativa i velocitat de l'aire

Mètode d'avaluació: Es determina la temperatura UTCI (Universal Thermal Climate Index) introduint els paràmetres a l'aplicatiu: <http://www.utci.org/utcineu/utcineu.php>. L'indicador és la diferència de les temperatures UTCI obtingudes a una coberta verda i un altre convencional equivalent.

Resultats: S'ha agafat com a cas d'estudi per aquest paràmetre la coberta verda d'Urbaser, en el període d'estiu mostrat prèviament per l'indicador 1.2. S'han considerat les temperatures de l'aire, temperatures radiants de les superfícies, humitat relativa i velocitat de l'aire mesurades en les hores del dia de major incidència solar.

- UTCI (convencional) = 39.1°C
- UTCI (verda) = 35.4°C
- $\Delta \text{UTCI} = 3.7^{\circ}\text{C}$

Conclusions: En períodes de forta radiació solar la sensació tèrmica a la coberta verda és més agradable que en una convencional i això, en termes de la UTCI, es tradueix en una diferència de 3.7°C entre ambdues. Per entendre aquest valor de la diferència (que es podria esperar superior) cal tenir en compte tots els factors que intervenen. En la

coberta verda, les temperatures de l'aire i de les superfícies són significativament més baixes, tal com ja s'ha mostrat en altres apartats. Ara bé, la humitat relativa és major i la velocitat de vent és menor, factors que contribueixen a una major UTCI.

11.4.2. Sensació tèrmica percebuda

Dades: Qüestionari enquestes.

Mètode d'avaluació:

- Preguntes:
 - **Pregunta 1.** Avalua la teva sensació tèrmica a la coberta verda en relació al carrer: 1. Molt més freda 2. Més freda 3. Igual de freda o càlida 4. Més càlida 5. Molt més càlida
 - **Pregunta 2.** Avalua la teva sensació d'humitat a la coberta en relació al carrer: 1. Molt més seca 2. Més seca 3. Igual de seca o humida 4. Més humida 5. Molt més humida
- Rang: [1,5]
- Fórmula: Mitjana aritmètica

Resultats:

- Respostes: 29 / 29
- Mitjana aritmètica P1 = 2.62 ± 0.94
- Mitjana aritmètica P2 = 3.21 ± 0.90

Conclusions: Les percepcions tèrmiques i d'humitat a la coberta verda no canvien de forma significativa respecte al carrer.

12. Noves oportunitats econòmiques i llocs de treball

12.1. Valor de la propietat

Dades: Qüestionari enquestes.

Mètode d'avaluació:

- Pregunta: 46. Quin percentatge extra de valor de lloguer o venda afegiries al teu habitatge pel fet de tenir aquesta coberta/façana verda?
- Fórmula: Mitjana del % proporcionat per les persones que introdueixen una quantitat
- Unitat: %

Resultat:

- Respostes: 3
- Percentatge: $8.33 \pm 2.89 \%$

Conclusió: La coberta afegiria un valor del 6-10 %. Tot i que el nombre de respostes ha estat molt baix i per tant no es pot considerar significatiu, el mètode emprat es considera adient. La integració de vegetació sol estar vinculada a un increment en el valor de la propietat.

12.2. Llocs de treball

Dades: L'aspecte clau avalua el nombre de llocs de treball creats, directament relacionats amb l'element verd. En general, aquest factor dona una aproximació de les oportunitats econòmiques de la integració de vegetació en edificis. Es mesura en llocs de treball equivalents a temps complet (Full-time equivalent "FTE" jobs).

Mètode d'avaluació: Es registraran les hores dedicades al projecte per a cadascuna de les activitats laborals identificades, és a dir, per a diferents tasques de manteniment, per a l'organització i realització d'activitats educatives, les activitats de monitoratge i seguiment, etc.

Resultats: Un exemple molt interessant és el de l'Escola Pérez-Iborra en el que, a banda de les activitats de manteniment, es fan múltiples activitats educatives vinculades a la coberta, ja sigui d'horticultura, ciències i/o altres. Això implica una estimació per al valor FTE de 2,8. A TEBVerd on majoritàriament és coberta extensiva i es fan activitats hortícoles en una part, s'han estima un valor de 2 i als Porxos d'en Xifré, en la que solament es fa el manteniment s'estima un valor de FTE de 1,6.

Conclusions: Les cobertes i façanes verdes ofereixen oportunitats de creació de nous llocs de treball, vinculats majoritàriament al món de la jardineria i l'educació ambiental.

12.3. Cost implementació

Dades: Aquest aspecte clau permet descriure els costos inicials del projecte, incloses les fases de disseny i construcció en €/m².

Mètode d'avaluació: En el cas de cerques retrospectives, és a dir de projectes en curs, cal buscar dades en el projecte paisatgístic-arquitectònic i posteriorment consultar als gestors de la infraestructura verda. Val a dir que és difícil saber el cost real d'execució en projectes ja existents.

Resultats: El cost d'implantació de la coberta de Pérez-Iborra va oscil·lar sobre els 726 €/m². La coberta semi-intensiva biodiversa d'Urbaser, que a més inclou la re-naturalització de tots els seus murs perimetrals i del badalot de les instal·lacions

mitjançant jardí vertical, va suposar un cost d'implantació de 320 €/m². La coberta extensiva de TEBVerd va suposar una inversió inicial d'uns 250 €/m², sense considerar la làmina impermeabilitzant, que va suposar uns 60 €/m². Finalment el cost de la implementació de la coberta verda semi-intensiva del Porxos d'en Xifré va implicar una inversió inicial de 333€/m², considerant no tant sols la re-naturalització, sinó també la rehabilitació integral de la coberta, és a dir l'acabat de les parets i badalots, la instal·lació de plaques solars i dipòsits per a la recollida d'aigües pluvials, etc.

Conclusions: La integració de vegetació en edificis té un cost com qualsevol altre sistema constructiu. Cal anar recollint informació sobre aquest cost per poder, a mig termini comparar el cost real d'execució amb altres sistemes constructius convencionals, i a més per a poder fer posteriorment l'anàlisi de cost-benefici i de retorn de la inversió.

D'una banda cal tenir en compte que, ben dissenyat i formant part de un projecte conjunt de rehabilitació o d'obra nova, avui en dia la integració de vegetació en edificis no ha de resultar necessàriament més cara que altres sistemes d'envolupant de l'edifici. D'altra, un cop implementada, aquesta solució verda contribueix positivament a la millora del medi ambient urbà durant tota la fase d'operació, que és la més llarga amb diferencia del cicle de vida dels edificis.

L'esforç econòmic que fan els promotors-gestors dels projectes té un retorn per a l'edifici, però també per a la ciutat que ha de ser compensat per l'administració si realment es vol tendir cap a les ciutats re-naturalitzades, sostenibles i resilients.

12.4. Producció d'aliments

Dades: Amb aquest factor s'avaluarà la producció agrícola urbana anual del projecte, en quilograms.

Mètode d'avaluació:

D'una banda, és important registrar les categories o tipus de productes elaborats i la quantitat produïda (mesurada en quilograms de producte final) per a cadascun d'ells. També es mesurarà la producció total, entesa com la suma de tots els productes produïts anualment, en quilograms.

Per al projecte Verd de Proximitat s'ha desenvolupat una aplicació informàtica en la qual, a través de l'apartat "collites", es poden introduir dades relatives a noves collites, per tal que es pugui realitzar la posterior anàlisi i avaluació de l'impacte.

L'aplicació permet seleccionar la coberta en què s'ha produït la nova collita, el tipus de producte elaborat i els quilograms produïts, la data d'entrada de les dades i alguns comentaris sobre la nova collita (Figura 25).

Figura 25. Aplicatiu per a la entrada de dades de les collites del Projecte Verd de Proximitat

Resultats: En la coberta del Pérez Iborra l'any 2023 s'han produït uns 10 kg/m², suposant un total de 600 kg/any, de 29 productes agrícoles diferents: Enciams (escaroles, full de roure, maravella, enciam llarg), Pèsols, Mongetes, Bledes, Espinacs, Calçots, Cebes, Alls, Api, Alfàbrega, Remolatxa, Pebrots, Tomàquets (cherrys i normals), Carbassons, Albergínies, Faves, Maduixes, Pastanagues, Romaní, Farigola, Tagete, Sàlvia, Lavanda, Rúcula i Rabanitos.

A TEBVerd es van produir 13 diferents productes agrícoles diferents: Albergínies, Alls, Pebrots, Bledes, Carbassons, Tomates normals i xerry, Pebrots del Padró, Enciams, Mongetes, Julibert, Porros i Maduixes. S'estima una producció de 200 kg anuals, que suposen uns 5 kg/m²/any.

En tots dos casos la tipologia de l'usuari principal o directe de l'edifici és un detonant per a la pràctica activa de l'horticultura urbana. Per exemple en la coberta dels Porxos d'en Xifré, es van habilitar unes taules de cultiu per als veïns, que encara no s'han activat. Aquest fet denota que en edificis residencials seria recomanable l'existència d'un lideratge per a l'activació de les activitats. En aquest sentit les anomenades "figures clau" són molt importants, i poden ser algun veí o veïna amb més empenta i/o dedicació, pot ser la iniciativa del gestor de la infraestructura que organitza les activitats, etc. Explorar a cada projecte quina pot ser la millor opció ha de ser una acció important que pot estar liderada per qualsevol dels altres grups d'interès, per facilitar-ne la ocurrència.

Conclusions: Les produccions agrícoles en coberta verda solen caracteritzar-se per produccions de poca quantitat, en quant no es tracta de producció agrícola intensiva, però molt diversificada. Aquest és el resultat propi de l'horticultura urbana destinada a l'autoconsum, l'educació ambiental i l'oci i gaudi en contacte amb la vegetació (biofila). L'existència de figures clau que dinamitzin les activitats hortícoles és crucial per al seu èxit i continuïtat temporal.

12.5. *Energia produïda*

Dades: Aquest aspecte clau té en compte la quantitat d'energia renovable produïda en el projecte en kWh/any.

Mètode d'avaluació: Comptador automàtic d'energia produïda en cadascuna de les instal·lacions, i consulta directa amb el gestor de la infraestructura.

Resultats: La producció d'energia solar en els projectes seleccionats és de 58737 kWh/any a TEBVerd, on s'utilitza una gran superfície de l'edifici per a produir energia que dona servei a les activitats industrials que es duen a terme en la cooperativa, i de 2160 kWh/any a Urbaser i 2196 kWh/any a Pérez-Iborra, essent aquestes dues produccions més de tipus auto-consum.

Conclusions: Les produccions d'energia solar depenen del tipus de projecte. La producció d'energia solar sol competir amb la implantació de superfícies vegetades. La simbiosis entre les dues tecnologies ha estat ja científicament demostrada. És doncs recomanable per a futurs projectes considerar la seva combinació, especialment amb re-naturalitzacions de tipus extensiu.

4. Implicacions per a futures polítiques municipals

El projecte Verd de Proximitat posa de manifest la importància del monitoratge i l'avaluació dels projectes d'integració de vegetació en l'envolupant dels edificis.

L'Ajuntament de Barcelona, fonamentalment des de l'Àrea d'Ecologia, Urbanisme i Mobilitat i des de l'Institut Municipal del Paisatge Urbà i la Qualitat de Vida (IMPUQV), ja ha dut a terme exitoses accions dirigides a fomentar la implantació d'aquest verd de proximitat, integrat en la pell dels edificis, amb especial èmfasi en les cobertes verdes. Entre altres, en destaquen les següents:

- Mesura de govern per a impulsar dels terrats vius i cobertes verdes (2014)
- Guia de terrats vius i cobertes verdes (2015)
- 1er Concurs de Cobertes Verdes (2017-2019). Executats deu projectes (Taula 1)
- Campanya "Donem pas al verd" per a l'afavoriment de la natura a la ciutat per tal de guanyar en qualitat de vida i salut.
- 2on Concurs de Cobertes Verdes (2020-2022)

Recentment, l'Institut Municipal del Paisatge Urbà i la Qualitat de Vida (IMPUiQV) ha aprovat el protocol d'Implantació de Cobertes Verdes en Edificis Municipals de 6 de juliol de 2021, amb l'objectiu d'ampliar el nombre de cobertes verdes en edificis municipals, generant així referències i exemples que facin incrementar també el nombre d'iniciatives privades.

Amb aquestes iniciatives, Barcelona s'alinea amb les grans capitals del món en l'objectiu d'assolir una ciutat més sostenible i saludable mitjançant la promoció de la integració de vegetació en la envoltant dels edificis.

Ara bé, aquestes accions, com passa en altres gran ciutats d'arreu d'Europa, solen anar dirigides fonamentalment a la implementació de projectes i a accions de divulgació i conscienciació. Segons Liberalesso T. et al. (2020) [14], en un estudi fet sobre 113 ciutats del món, a Amèrica del Sud, les polítiques d'incentius se centren principalment en la reducció de l'impost sobre la propietat (31 %) i les obligacions legals (23 %), mentre que a Amèrica del Nord hi ha una distribució més equilibrada de les polítiques d'incentius centrades en subvencions (23 %), obligacions per llei (18 %), descompte en la taxa d'aigües pluvials (15 %) i certificacions de sostenibilitat (15 %). A Europa, s'observa una manca de variabilitat de les polítiques d'incentius, on el 85 % dels incentius són subvencions financeres. Al continent asiàtic, les polítiques d'incentius se centren principalment en subvencions financeres (37 %) i obligacions legals (37 %). De totes les polítiques d'incentius analitzades, l'obligació legal és l'única política d'incentius que es troba als quatre continents, que representa el 15 % del total de polítiques d'incentius a nivell mundial.

El fet de disposar d'una eina com el Pla de monitoratge i avaluació de l'impacte de les cobertes i façanes verdes, aplicable a cada projecte específic, pot ser una oportunitat per a la definició d'incentius municipals dirigits a la fase de funcionament, i no tant a la fase de projecte i execució. Aquest fet ajudaria a la sostenibilitat temporal del verd de proximitat i a la provisió dels serveis ecosistèmics a la ciutat.

5. Accions futures

El projecte ha assolit l'objectiu principal plantejat de dissenyar i implementar un pla de monitoratge i avaluació del funcionament i impacte de la integració de vegetació en la envoltant dels edificis, específicament de les cobertes, murs i façanes verdes, a la ciutat de Barcelona, que sigui integrador i participatiu, econòmicament viable i sostenible en el temps.

La monitorització de casos reals ha suposat un repte més important del previst. En conseqüència, s'ha prioritzat l'assoliment d'aquest objectiu principal i s'han iniciat algunes de les tasques definides en la memòria inicial que són potencials accions futures:

- Aprofundir l'estudi en façanes i murs verds: Molts dels serveis ecosistèmics proporcionats pels sistemes d'integració en edificis tenen més sentit en cobertes verdes que en les façanes. Això ha fet que es prioritzés la monitorització de cobertes. Tot i que un dels projectes inclou també façanes verdes, aquest és un aspecte que hauria de ser estudiat en el futur.

- Revisió dels projectes existents, i connectivitat amb plataformes digitals: En el projecte s'han dut a terme els primers passos per revisar els projectes existents a la ciutat de Barcelona, recollir dades i poder vincular la monitorització i recollida de dades referents al funcionament de les cobertes i façanes verdes amb les plataformes de visualització de dades en obert sobre el funcionament de la ciutat. Seria de gran interès poder consolidar aquestes tasques en el futur.

D'altra banda, els resultats obtinguts són fruit d'una anàlisi retrospectiva en projectes existents, amb molts de condicionants previs. El Pla, constituït pels 34 aspectes clau, ha de servir per a millorar el disseny de noves propostes de projectes de coberta i façana verda. Per tant, es proposa com a acció vinculada als resultats obtinguts:

- Aplicació prospectiva del Pla de Monitoratge i avaluació dels impactes a futures propostes de coberta o façana verda.

6. Conclusions generals

El projecte Verd de Proximitat BCN ha tingut com a objectiu general dissenyar i assajar un pla de seguiment i avaluació del funcionament i de l'impacte de la integració de la vegetació a l'entorn dels edificis, concretament de les cobertes verdes, murs i façanes verdes, per a la ciutat de Barcelona, que sigui inclusiu i participatiu, econòmicament viable i sostenible al llarg del temps.

Durant aproximadament dos anys s'han dut a terme les activitats necessàries per a la definició dels grups d'interès vinculats als projectes de re-naturalització dels edificis, així com dels aspectes clau, dels indicadors i els mètodes de monitoratge més adients. A més, s'ha dut a terme la instal·lació dels equips necessaris, disseny de les enquestes i mètodes per a recollida de dades, disseny d'un aplicatiu per a la compilació, processament i compartició en obert de les dades.

D'aquestes activitats de recerca es poden extreure les següents conclusions generals:

- **Anàlisi retrospectiva de projectes existents.** La gran complexitat que suposa fer el seguiment de projectes reals de cobertes i façanes verdes. Atesa l'elevada heterogeneïtat, deguda a diferències en el disseny arquitectònic, els sistemes constructius i instal·lacions, l'ús de l'edifici, les condicions de context urbà, els diferents usuaris directes i indirectes, entre d'altres variables, la definició d'uns aspectes clau i els indicadors, així com les metodologies de monitorització i la seva implementació, són un gran repte per a l'equip de treball.
- **Anàlisi dels grups d'interès.** Pel que fa a l'anàlisi dels grups d'interès, aquest ha permès visualitzar la riquesa dels agents interessats i implicats a les cobertes, i aquest és un dels valors que cal tenir en compte quan s'avalua l'impacte de les

solucions. Així, aspectes clau com són la diversitat dels interessats, la participació, la identitat pro-ambiental, entre d'altres són tant o més importants com ho puguin ser els aspectes més coneguts, com ara la reducció de l'efecte d'illa de calor, o el control de l'escolament urbà.

- **Aspectes clau per a l'avaluació de les cobertes i façanes verdes.** La primera definició dels aspectes clau ha posat de manifest la importància d'alguns, sovint infravalorats, com poden ser els de tipus social, els quals una vegada mesurats i posats en valor poden suposar en el futur una font molt important de dades sobre l'impacte real d'aquests sistemes constructius.
- **Monitorització continua i Pla de Monitorització.** Malgrat que el temps de monitoratge ha estat insuficient i que el nombre de dades recollides es baix en alguns dels aspectes clau, la definició dels aspectes claus i dels mètodes de recollida d'informació establerts i comprovats durant el Projecte Verd de Proximitat BCN permeten concloure que la implantació d'un "Pla de seguiment i avaluació del funcionament i de l'impacte de la integració de la vegetació a l'envoltant dels edificis que sigui inclusiu i participatiu, econòmicament viable i sostenible al llarg del temps" a la ciutat de Barcelona és possible i pot arribar a ser una eina molt interessant tant en fase de disseny com de funcionament dels projectes.

Agraïments

El projecte *Verd de Proximitat BCN* ha rebut el suport financer de l'Ajuntament de Barcelona i la Fundació "la Caixa" en el marc del Pla Barcelona Ciència 2020-2023.

Els membres del consorci agraeixen a les associacions ASESCUVE (Associació Espanyola de Cobertes Verdes i Enjardinaments Verticals), COEAC (Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya), i CAATEEB (Col·legi d'Aparelladors , Arquitectes Tècnics i Enginyers d' Edificació de Barcelona) pel suport al projecte.

Així mateix, els membres del consorci volen agrair el suport constant i la dedicació al projecte de les persones vinculades als projectes seleccionats: Dr. Jordi Casas, Sra. Alba Fortuny, Sra. Carme Gironès, Sr. Marc Balcells, Sr. Sergio Carratalá, Sr. Juan Mora, Sr. Joan Bosch, Sra. Núria Castelló, Sra. Ariadna Morella, Sr. Jaume Albalat, Sr. Joan Berrueto, Sr. Angel Gil i Sra. Mar Marin.

Agraïm també les col·laboracions amb altres entitats de caire científic amb les que s'ha col·laborat com són la Universitat degli Studi di Trieste, a través del Dr. Stefano Martellos, i ScienceforChange amb la Sra. Joana Burbano.

L'autor Dr. Julià Coma és Serra Hünter Fellow .

Referències

- [1] Sustainable Development Goals (SDGs). United Nations, 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>
- [2] Pla del verd i la biodiversitat 2012-2020 . Barcelona City Council. <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla%20del%20verd%20i%20de%20la%20biodiversitat%20de%20Barcelona%202020.pdf>
- [3] Pla Natura Barcelona 2021-2030. <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/que-fem-i-per-que/ciutat-verda-i-biodiversitat/pla-natura>
- [4] Mesura de govern : programa d'impuls de la infraestructura verda urbana. Increment i millora del verd . Balanç Maig 2019. <https://docplayer.es/160770718-Mesura-de-govern-programa-d-impuls-de-la-infraestructura-verda-urbana-increment-i-millora-del-verd-maig-2019.html>
- [5] Protocol d'implantació de coberts verds a edificis municipals promogut per l'Institut Municipal del Paisatge Urbà i la Qualitat de Vida. 7 de juliol de 2021. <https://w123.bcn.cat/APPS/egaseta/home.do?reqCode=downloadFile&publicacionsId=21638>
- [6] Living Roofs and Walls from policy to practice 10 anys d'urban greening in London and beyond. Major of London 2019.
- [7] Evaluating the impact of Nature-Based Solutions. A handbook for practitioners. European commission. Directorate-General for Research and Innovation. March 2021.
- [8] Maes , J. et al. EU Ecosystem Assessment: Summary for policymakers. EUR 30599 EN, Publicacions Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-30423-4. <https://doi.org/10.2760/190829, JRC123783>
- [9] Kumar, P. et al. 'The nexus between air pollution, green infrastructure and human health', Environment international, Vol. 133 A, 2019, p. 105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>
- [10] Pérez G i Perini K. Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability (2018). Elsevier. Imprint: Butterworth-Heinemann. eBook ISBN: 9780128123249. Paperback ISBN: 9780128121504. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03181-9>
- [11] Manso M., Teotoni I., Matos Silva C., Oliveira Creu C. Green roof and green wall benefits and costs: Review of the quantitative evidence. Renewable and Sustainable Energy Reviews 135 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>
- [12] <https://www.csmon-life.eu/>
- [13] <https://scienceforchange.eu/>

[14] Liberalesso T et al. Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. Land and Policy 96 (2020) 104693. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104693>