

Provisió de serveis a l'ecosistema urbà mitjançant infraestructura verda

Dr. Gabriel Pérez Luque

Universitat de Lleida

Marta Chafer Nicolás

Universitat de Lleida



ESCOLA
POLITÀCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA



Universitat de Lleida

2^a Setmana de la
Construcció Sostenible

- Introducció
- Investigació sobre infraestructura verda urbana a la ***Universitat de Lleida***
 - Cobertes enjardinades
 - Sistemes verticals de vegetació de edificis
- Propostes de futur
- Agraïments



- **Introducció**
- Investigació sobre infraestructura verda urbana a la *Universitat de Lleida*
 - Cobertes enjardinades
 - Sistemes verticals de vegetació de edificis
- Propostes de futur
- Agraïments



- La infraestructura verda urbana **cobertes enjardinades** i els **sistemes de vegetació vertical** d'edificis proporcionen múltiples serveis a l'ecosistema urbà, tanta a escala urbana como en l'edifici:
 - **A escala de l'edifici:**
 - Regulació tèrmica i estalvi energètic
 - Protecció dels materials
 - Aïllament acústic
 - Millora estètica i revalorització de la propietat
 - Producció d'aliments



– A escala urbana:

- Reducció de l'efecte illa de Calor
- Control i millora del drenatge urbà
- Suport a la biodiversitat
- Captura de CO₂ i de la contaminació
- Efectes psicològics positius



- Aspectes que poden penalitzar a la infraestructura verda urbana respecte la infraestructura gris:
 - Possibles danys derivats sobre la edificació (plantes, aigua, etc.)
 - Sistemes constructius en procés de desenvolupament i basats en materials no sostenibles
 - Cost de manteniment
 - Dificultat de quantificar els beneficis, sovint variables.
 - Les solucions actuals no consideren la provisió de serveis al ecosistema urbà (multifuncionalitat)



- Introducció
- **Investigació sobre infraestructures verdes urbanes a la *Universitat de Lleida***
 - Cobertes enjardinades
 - Sistemes verticals de vegetació d'edificis
- Propostes de futur
- Agraïments



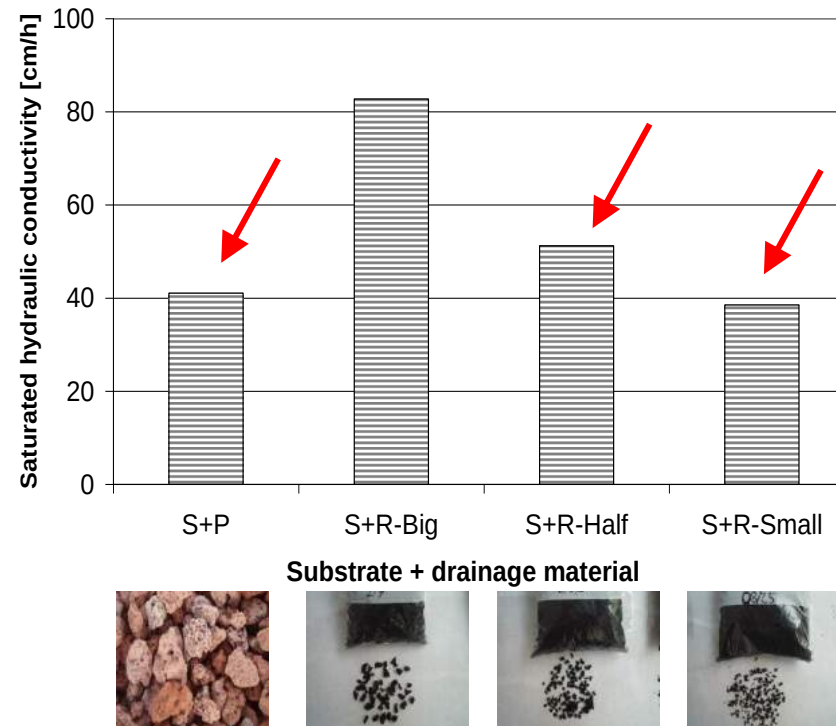
- Estudiar el potencial de la infraestructura verda urbana per a la provisió de serveis a l'ecosistema urbà:
 - Sistemes passius d'estalvi energètic en edificis
 - Sistemes passius d'aïllament acústic en edificis
- Disseny de nous nous sistemes constructius de infraestructura verda urbana d'acord a criteris de sostenibilitat (materials, aigua i energia):
 - Substitució dels materials actuals per altres de més sostenibles
 - Anàlisis del cicle de vida (LCA) de las solucions proposades



- Introducció
- Investigació sobre infraestructures verdes urbanes a la *Universitat de Lleida*
 - **Cobertes enjardinades**
 - Sistemes verticals de vegetació d'edificis
- Propostes de futur
- Agraïments



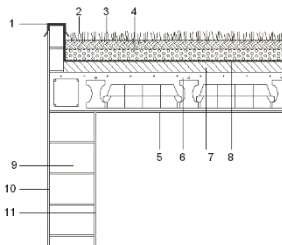
- Potencial de les cobertes enjardinades extensives com a sistemes passius d'estalvi energètic en edificació
- Us del cautxú reciclat com a material de drenatge



- Pérez, G., Vila, A., Rincón, L., Solé, C., Cabeza, L. F. Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material. *Applied Energy* (2012) 97, 347–354.
- Vila, A., Pérez, G., Solé, C., Fernández, A.I., Cabeza, L. F. Use of rubber crumbs as drainage layer in experimental green roofs. *Building and Environment* (2012) 48, 101-106.

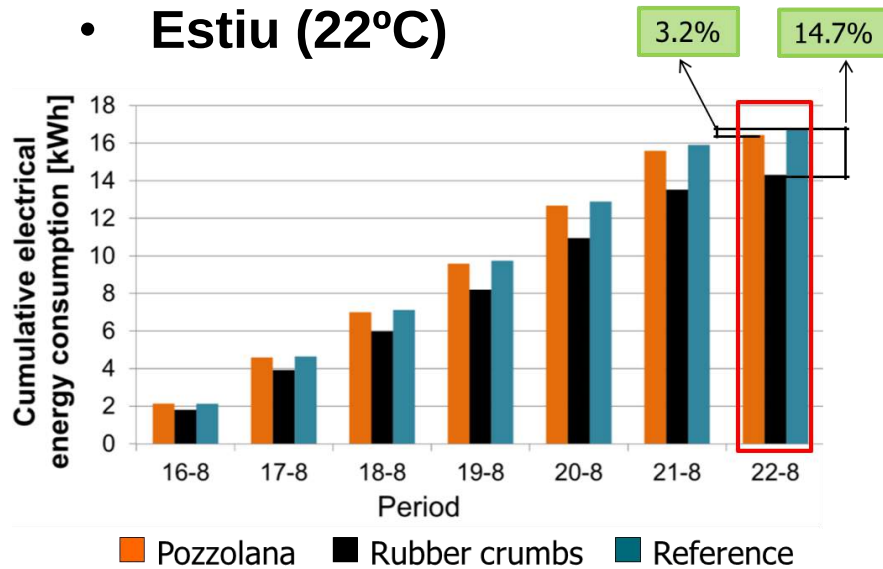


1. Galvanized steel sheet
2. Vegetation
3. Substrate
4. Drainage
5. Coating with plaster
6. Roof structure made with concrete precast beams, mortar pieces plus and a 5 cm concrete layer
7. Relieved concrete, to obtain a slope of 2%
8. Double waterproofing membrane
9. Alveolar brick 30x19x29 cm
10. Exterior coating with one layer of mortar
11. Plaster lining

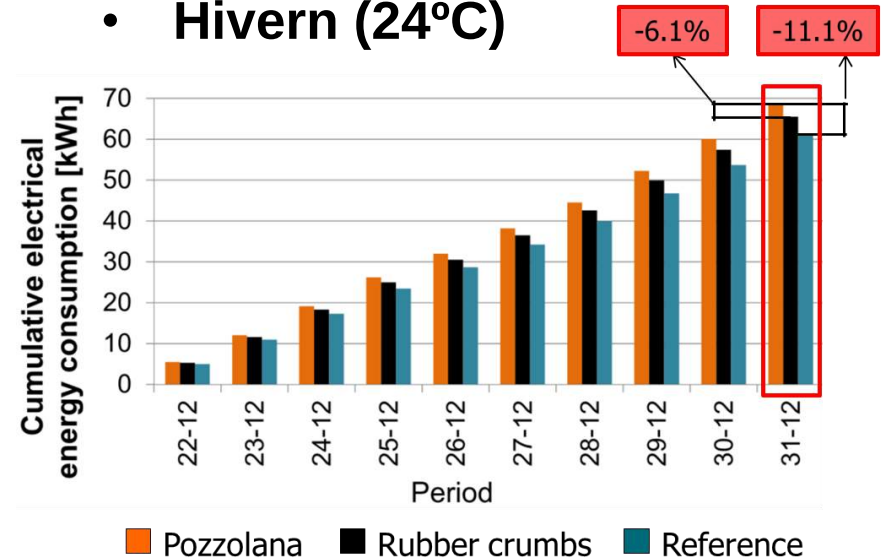




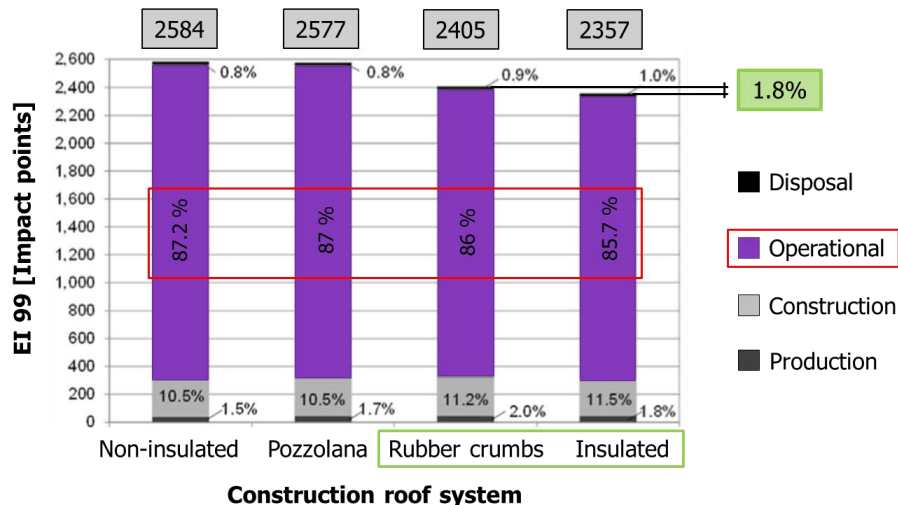
• Estiu (22°C)



• Hivern (24°C)



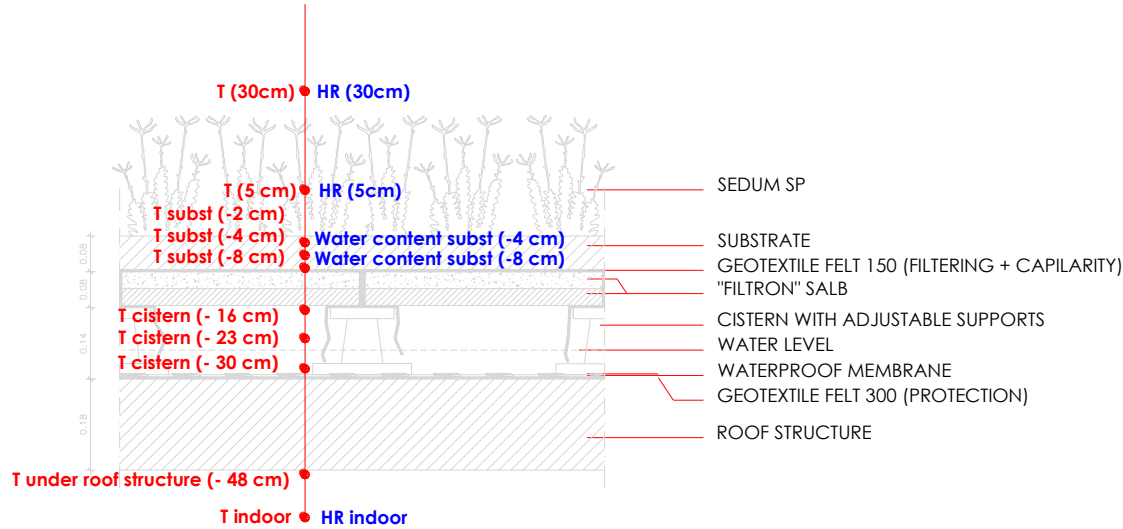
• Anàlisi del Cicle de Vida (LCA)



- **J. Coma, G. Pérez, A. Castell, C. Solé, L. F. Cabeza, Green roofs as passive system for energy savings in buildings during the cooling period: use of rubber crumbs as drainage layer. *Energy Efficiency* 7 (2014) 841–849.**
- **Coma J. Pérez G., Solé C., Castell A., Cabeza Luisa F. Thermal assessment of extensive Green roofs as passive tool for energy savings in buildings. *Renewable Energy* 85 (2016) 1106–1115**
- **L. Rincón, J. Coma, G. Pérez, A. Castell, D. Boer, L.F. Cabeza, Environmental performance of recycled rubber as drainage layer in extensive green roofs. A comparative Life Cycle Assessment. *Building and Environment*, 74 (2014) 22–30.**

- Coberta aljub. PCiTAL Gardeny Lleida

Temperature Humidity



• Coberta aljub. PCiTAL Gardeny Lleida

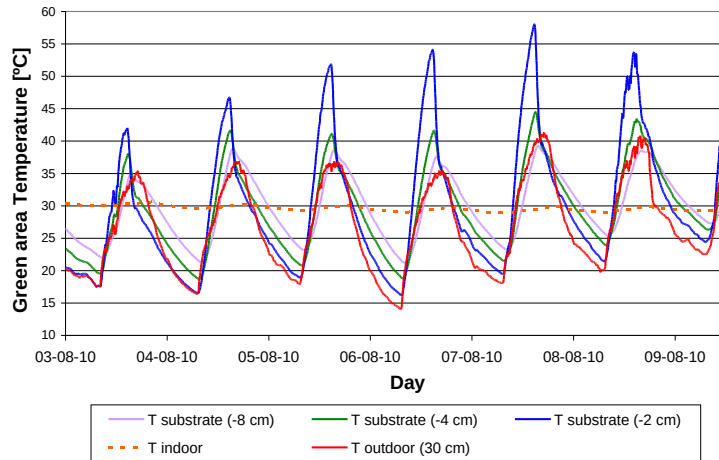


Table 3. Mean cover (in percentage) and frequency of occurrence of sowed and colonizing species along the sampling (May 2013-April 2014)

PLOT 1 (green area)			PLOT 2 (gravel area)			PLOT 3 (green area)		
Species	Mean % Cover	Frequency	Species	Mean % Cover	Frequency	Species	Mean % Cover	Frequency
Sowed species								
<i>Sedum sediforme</i>	25.91	11	<i>Sedum sediforme</i>	1.88	11	<i>Sedum sediforme</i>	20.45	11
<i>Sedum rupestre</i>	5.94	11	<i>Sedum album</i>	0.08	9	<i>Sedum rupestre</i>	10.00	11
<i>Sedum spurium</i>	5.00	11				<i>Sedum album</i>	5.47	11
<i>Sedum album</i>	4.14	11				<i>Sedum acre</i>	0.08	9
Colonizing species								
<i>Trifolium campestre</i>	24.10	11	<i>Avena barbata</i>	3.65	7	<i>Trifolium arvense</i>	15.45	6
<i>Medicago lupulina</i>	12.27	6	<i>Senecio vulgaris</i>	1.82	4	<i>Trifolium campestre</i>	3.50	5
<i>Crepis sp.</i>	8.65	11	<i>Crepis sp.</i>	0.47	3	<i>Arenaria sp.</i>	2.74	5
<i>Oxalis pes-caprae</i>	5.03	11	<i>Medicago polymorpha</i>	0.05	5	<i>Sonchus tenerrimus</i>	2.06	9
<i>Sonchus tenerrimus</i>	3.68	11	<i>Sonchus tenerrimus</i>	0.05	5	<i>Lactuca serriola</i>	1.83	5
<i>Arenaria sp.</i>	3.18	5	<i>Lactuca serriola</i>	0.04	4	<i>Conyza canadensis</i>	1.39	6
<i>Cerastium sp.</i>	2.73	5	<i>Cerastium sp.</i>	0.03	3	<i>Cerastium sp.</i>	0.93	4
<i>Lactuca serriola</i>	1.85	7	<i>Stellaria media</i>	0.02	2	<i>Spergularia diandra</i>	0.91	1



- Pérez G., Vila A., Solé C., Coma J., Castell A., Cabeza Luisa F. The thermal behaviour of extensive green roofs under low plant coverage conditions. *Energy Efficiency* (2015) DOI 10.1007/s12053-015-9329-3
- Bevilacqua P., Coma J., Pérez G., Chocarro C., Juárez A., Solé C., De Simone M., Cabeza Luisa F. Plant cover and floristic composition effect on thermal behavior of extensive green roofs. *Building and Environment* 92 (2015) 305-316.

- Caracterització tèrmica dels substrats per cobertes enjardinades



Substrate 1



Substrate 2



Substrate 3

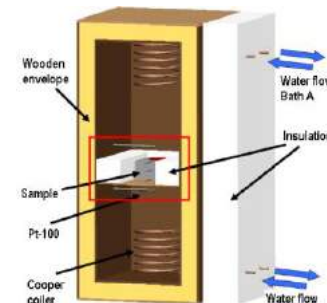
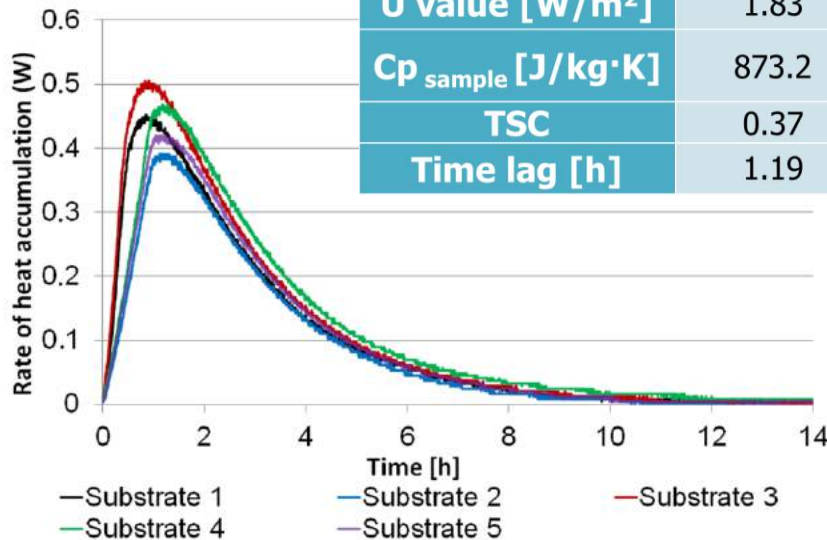


Substrate 4



Substrate 5

	Substrate 1	Substrate 2	Substrate 3	Substrate 4	Substrate 5
Density [kg/m³] *When dry	0.788	0.923	1.360	0.546	0.375
U value [W/m²]	1.83	1.91	2.60	2.63	2.09
C_p sample [J/kg·K]	873.2	759.6	772.7	748.4	724.4
TSC	0.37	0.35	0.32	0.25	0.24
Time lag [h]	1.19	1.36	1.21	1.15	1.18

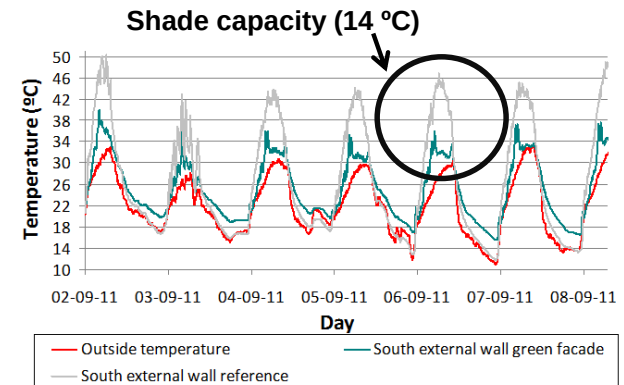
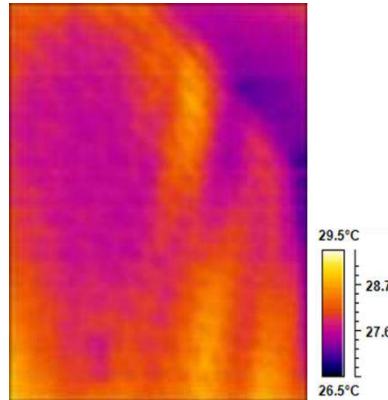
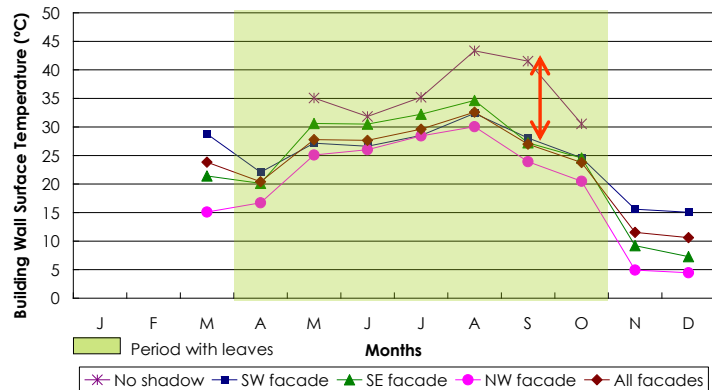


- Coma J., de Gracia A. Chafer M., Pérez G., Cabeza Luisa F. Thermal characterization of different substrates under dried conditions for extensive green roofs. *Energy and Buildings* 144 (2017) 175–180**

- Introducció
- Investigació sobre infraestructures verdes urbanes a la *Universitat de Lleida*
 - Cobertes enjardinades
 - **Sistemes verticals de vegetació d'edificis**
- Propostes de futur
- Agraïments



- Estudis previs sobre façanes verdes

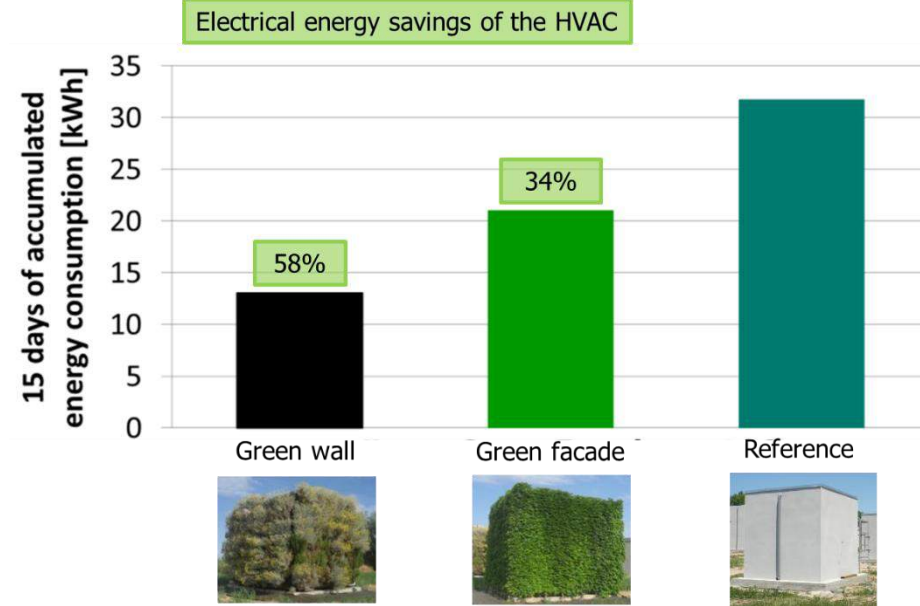
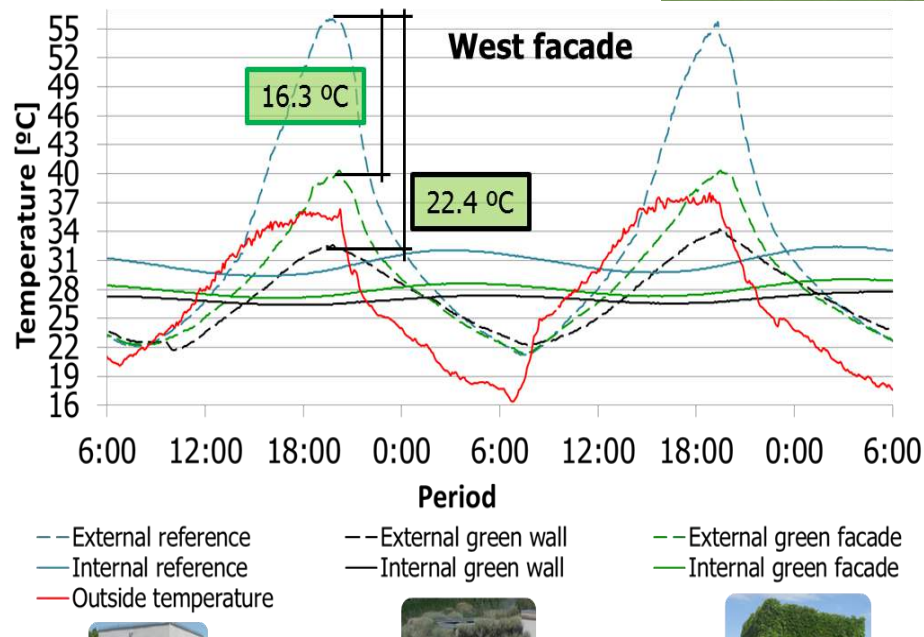
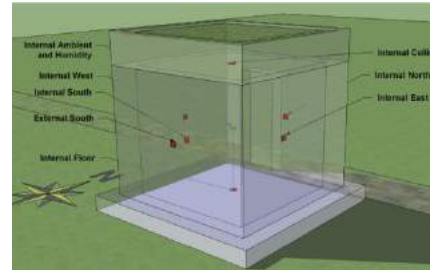


- Pérez G., Rincón L., Vila A., Gonzalez JM., Cabeza Luisa F. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. *Applied Energy* 88 (2011) 4854-4859
- Pérez G., Rincón L., Vila A., Gonzalez JM., Cabeza Luisa F. Behaviour of green façades in Mediterranean Continental climate. *Energy Conversion and Management* 52 (2011) 1861-1867

- Mesura del comportament tèrmic i estalvi energètic

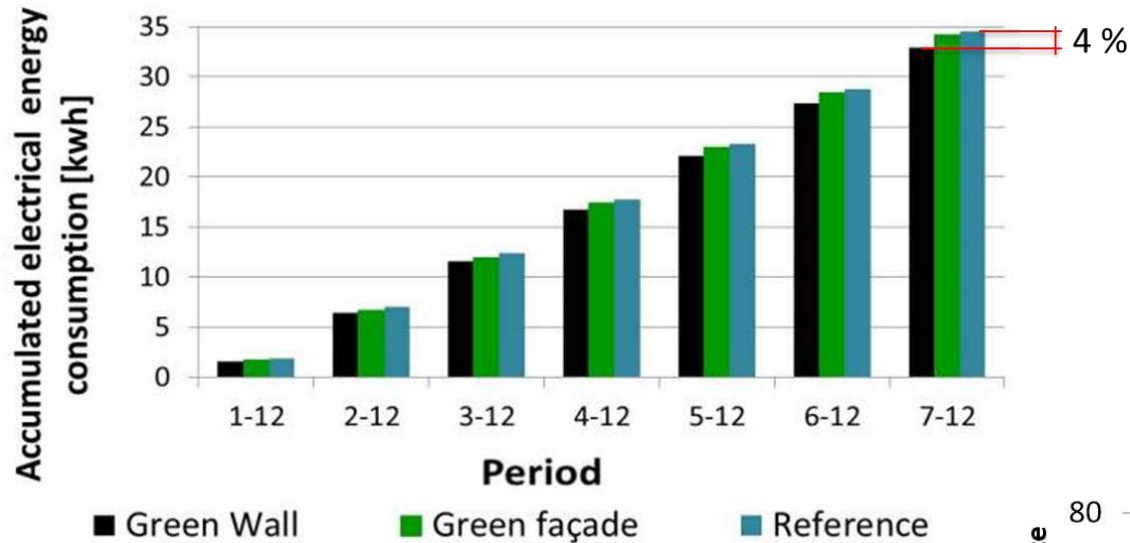


- Mesura del comportament tèrmic i estalvi energètic
- **Estiu (24°C)**

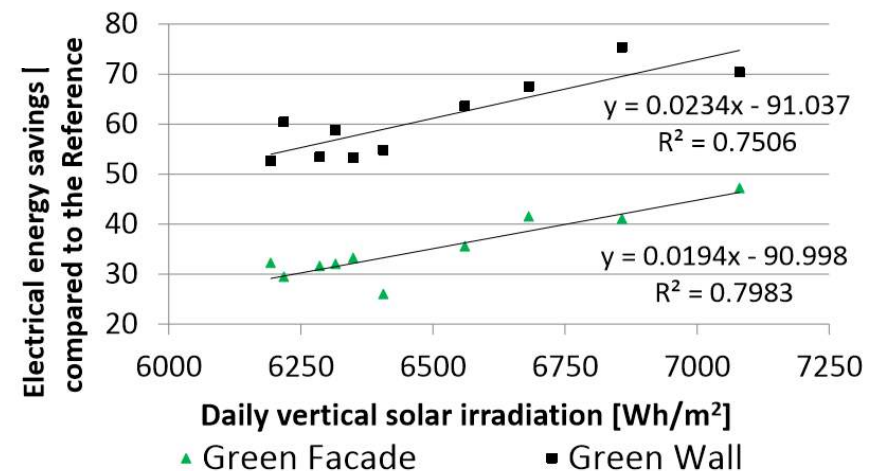


- **Pérez G., Coma J., Martorell I., Cabeza Luisa F.** Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 (2014) 139-165
- **Coma J., Pérez G., de Gracia A., Burés S., Urrestarazu M., Cabeza Luisa F.** Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades. *Building and Environment* 111 (2017) 228-237

- Hivern (22°C)**



- Correlació radiació-estalvi energia**



- Caracterització de la correlació entre la densitat de fullatge amb l'estalvi energètic



LAI East

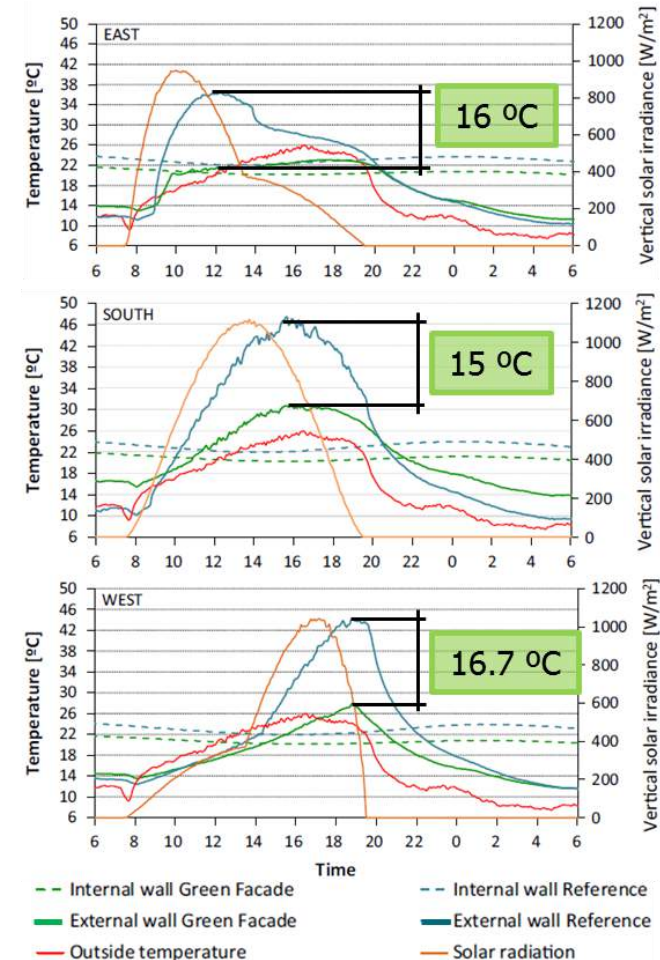
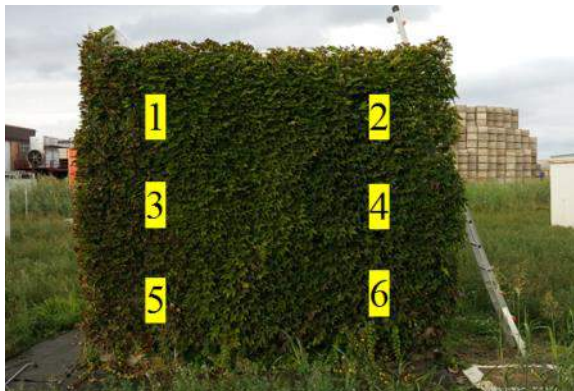
3.2	3.3	3.4
3.3	3.5	3.7
2.8	3.4	3.9

LAI South

2.0	2.9	3.7
2.9	3.0	3.0
3.3	3.1	2.9

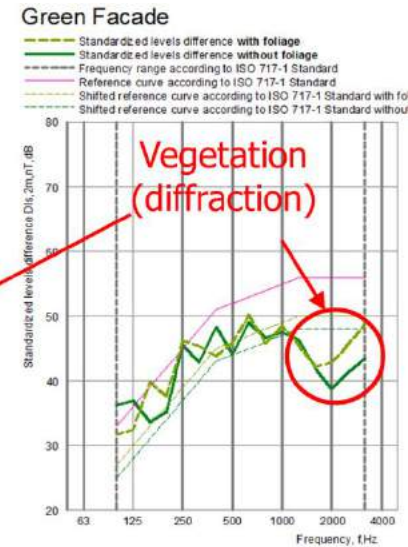
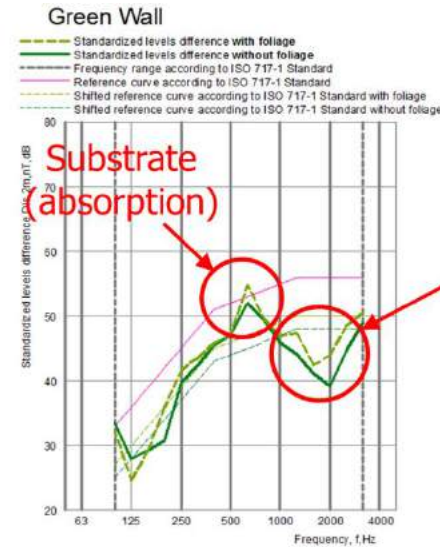
LAI West

1.3	1.1	0.8
2.4	2.4	2.4
3.1	3.1	3.1



- Pérez G., Coma J., Sol S., Cabeza Luisa F. Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and façade orientation on the shadow effect. Applied Energy 187 (2017) 424-437*

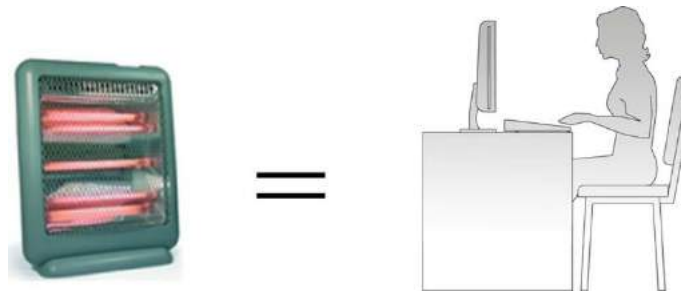
- Mesura de l'aïllament acústic proporcionat



		$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Δ dB	Corrected value to pink noise (C)	Δ dB	Corrected value to traffic noise (C _{tr})	Δ dB
Green Façade	With Foliage	46	+2	(-1) 45	+3	(-3) 43	+1
	Without Foliage	44		(-2) 42		(-2) 42	
Green Wall	With Foliage	46	+2	(-2) 44	+2	(-5) 41	+1
	Without Foliage	44		(-2) 42		(-4) 40	

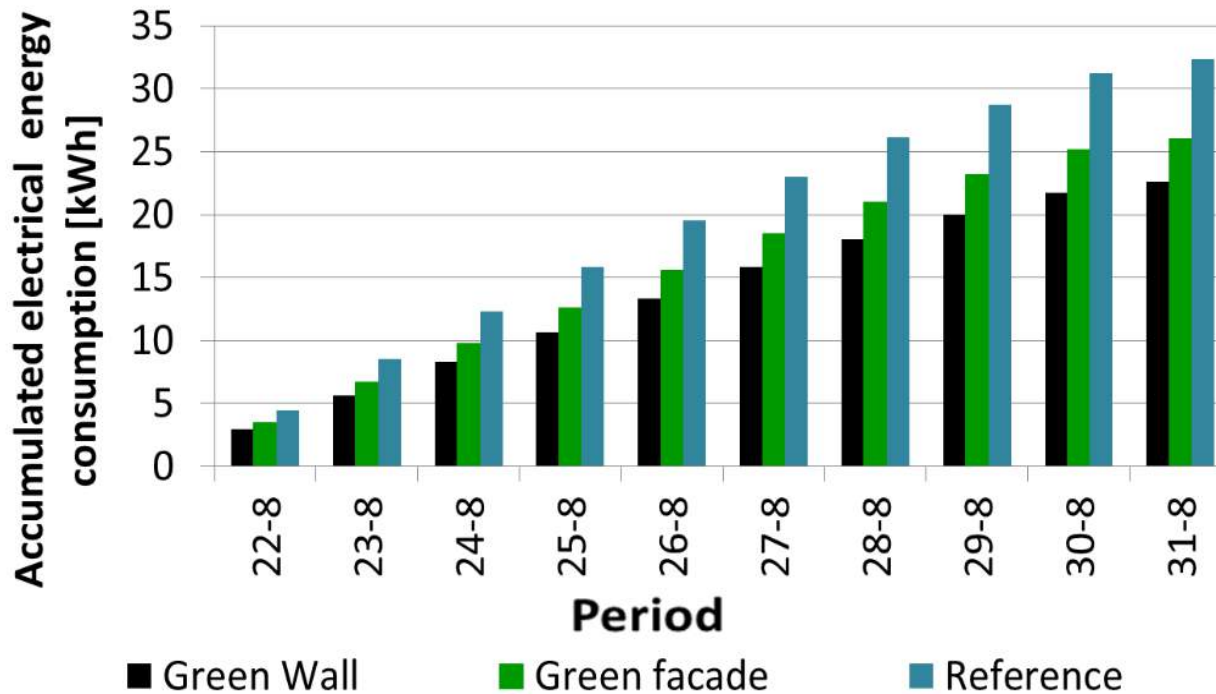
- Azcorra Z., Pérez G., Coma J., Cabeza Luisa F. Burés S. Álvaro JE. Erkoreka A., Urrestarazu M. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics* 89 (2015) 46-56
- Pérez G., Coma J., Barreneche C., de Gracia A., Urrestarazu M., Burés S., Cabeza Luisa F. Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings. *Applied Acoustics* 110 (2016) 218-226

- **Com afecta la ocupació interna en els sistemes verticals?**
 - Les càrregues internes existents en un edifici real es van simular utilitzant un radiador infraroig HJM mod.301 (1000 W) ajustable a diferents sortides de potència. A més, es va utilitzar un temporitzador per establir l'escenari tèrmic com en un perfil d'oficina a Espanya (9:00 a.m. - 02:00 a.m., i de 04:00 a.m. a 07:00 p.m.). El cas considerat és una oficina amb una persona, una computadora amb pantalla i la il·luminació, obtenint una potència total d'uns 330 W equivalent a $57.3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Aquest cas es va determinar segons els estàndards ASHRAE (fonaments del manual de Ashrae, 1997)



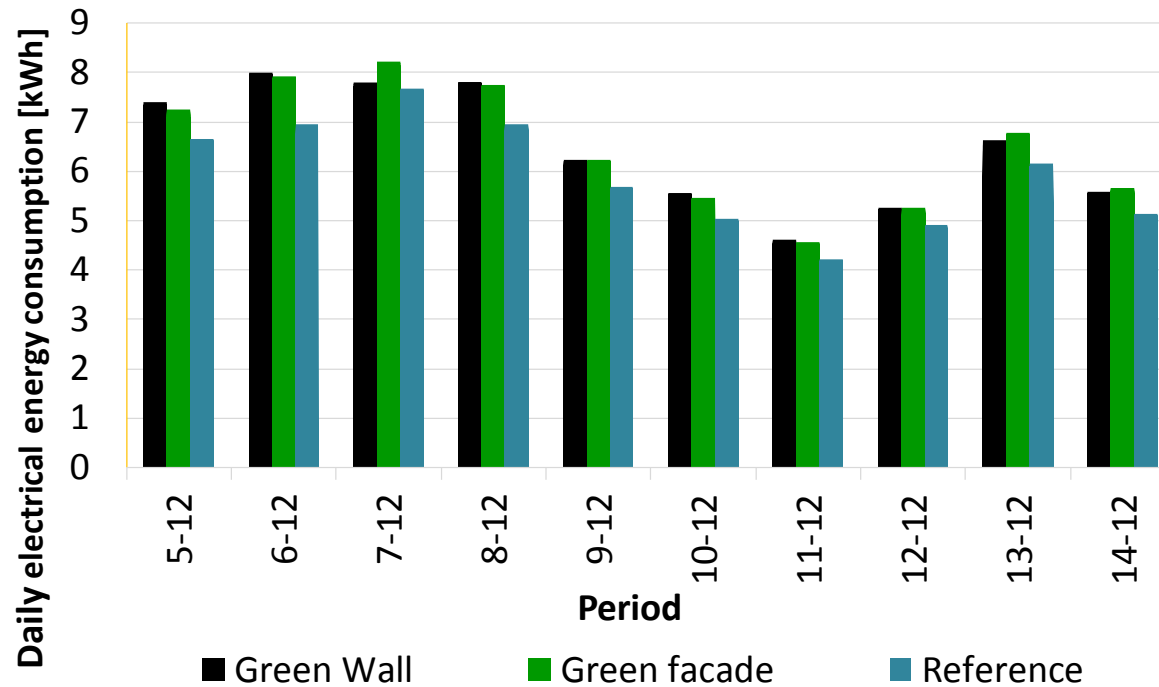
- Com afecta la ocupació interna en els sistemes verticals? Resultats

– Estiu 24°C



- Com afecta la ocupació interna en els sistemes verticals? Resultats

– Hivern 21°C

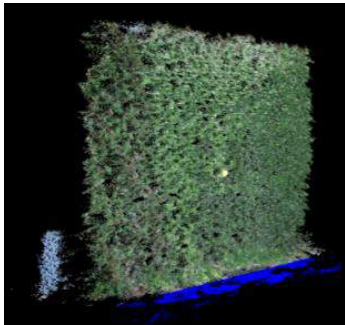


- Com afecta la ocupació interna en els sistemes verticals? Conclusions
 - L'efectivitat dels sistemes de la façana verda intensiva i de doble façana verda va disminuir un 23% i un 28%, respectivament comparat en estudis anteriors, a causa de les càrregues de calor internes en condicions d'estiu, però encara hi ha estalvis energètics potencials per a refrigeració.
 - A l'hivern no hi ha diferències notables en termes de consum d'energia diària entre les diferents casetes. No obstant això, es va detectar una petita diferència de consum d'energia quan es van comparar els dos sistemes verticals amb la referència. No obstant això, la paret verda intensiva és lleugerament castigada a l'hivern.

- Introducció
- Investigació sobre infraestructures verdes urbanes a la *Universitat de Lleida*
 - Cobertes enjardinades
 - Sistemes verticals de vegetació d'edificis
- **Propostes de futur**
- Agraïments



- La quantificació de tots els beneficis proporcionats (serveis a l'ecosistema), però també els impactes negatius, per tal d'obtenir un catàleg adequat d'indicadors i mètriques realistes i útils per als usuaris finals (dissenyadors, enginyers, arquitectes, urbanistes, fabricants, etc.).
- La millora i disseny de nous solucions considerant no tan sols la supervivència i bon desenvolupament de les plantes, sinó la provisió de serveis a l'ecosistema urbà.



- Estudi de sistemes vegetals en exterior per al confort exterior.
- Veure com afecta en l'interior dels edificis les solucions exteriors
- Proposta de sistemes Cradle to Cradle amb baix impacte
- Proposta per atenuar els efectes de l'illa de calor en les zones urbanes



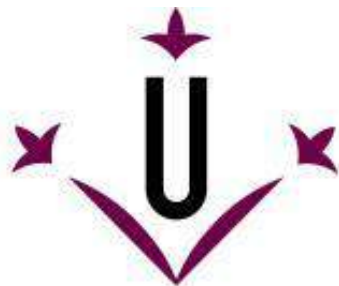
- Introducció
- Investigació sobre infraestructures verdes urbanes a la *Universitat de Lleida*
 - Cobertes enjardinades
 - Sistemes verticals de vegetació d'edificis
- Propostes de futur
- **Agraïments**



Agradecimientos

Todas las investigaciones presentadas han sido desarrolladas por el **grupo de investigación GREiA de la Universidad de Lleida**. Estas investigaciones han estado parcialmente financiadas por el **Gobierno de España** (Proyectos ENE2008-06687-C02-01/CON, ENE2011-28269-C03-02, ENE2011-28269-C03-03, ENE2015-64117-C5-1-R, ENE2015-64117-C5-3-R, ULLE10-4E-1305), la **Unión Europea** (COST Action COST TU0802, Seventh Framework Programm - FP/2007–2013 under Grant agreement No. PIRSES-GA-2013-610692 - INNOSTORAGE, Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 657466 - INPATH-TES, el **Gobierno de Cataluña** por la acreditación de calidad concedida al grupo GREiA durante estos años (2009 SGR 534, 2014 SGR 123) y la **Fundación Mapfre**. Los autores quieren agradecer especialmente la colaboración con las **empresas Soprema, Gestión Medioambiental de Neumáticos S.L, y Buresinnova S.A**, así como a los **Ayuntamientos** de Golmés y Puigverd de Lleida.





Universitat de Lleida

Gracies per la seva atenció

gperez@diei.udl.cat

marta.chafer@diei.udl.cat