

# LCA per gli edifici verdi

**Bibbiani C. <sup>(1)</sup>, F. Fantozzi <sup>(2)</sup>, C. Gargari <sup>(2)</sup>**

(1)Dip. Di Scienze Veterinarie, Università di Pisa

(2)Dip. di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC), Università di Pisa





# PROGETTARE EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO

## NZEB

Edifici ad Energia Quasi Zero



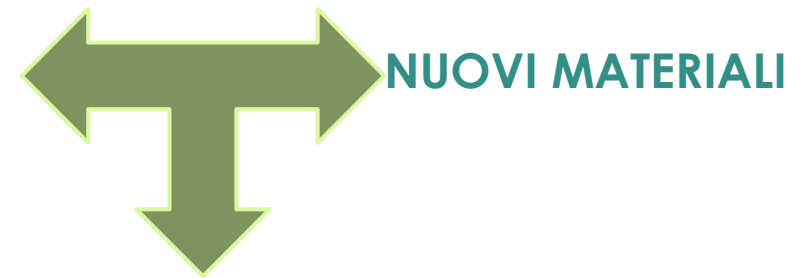
$$E \approx 0$$

NUOVE  
TECNOLOGIE

Una progettazione integrata che consideri anche le energie inglobate nei materiali da costruzione, può consentire un significativo risparmio aggiuntivo, pari a

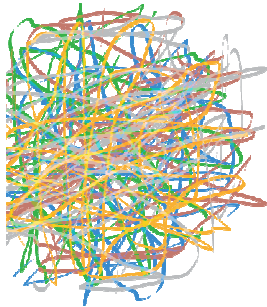
circa il **20%** senza comportare costi addizionali

Il primo obiettivo è stato quello di ridurre i consumi “operativi”, ossia i consumi di energia per il funzionamento dell’edificio (riscaldamento, condizionamento, illuminazione...)



NUOVI MATERIALI

NUOVE  
NORMATIVE E  
REGOLAMENTI



un edificio **LC-ZEB** è un edificio in cui l'**energia primaria** utilizzata nell'edificio (produzione dei materiali e dei sistemi costruttivi, gestione dell'edificio) è uguale o inferiore all'energia prodotta da fonte rinnovabile all'interno dell'edificio nel corso della sua vita utile, .

4.0-6.2 GJ/m<sup>2</sup>



EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE  
DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE  
CITTÀ



NZEB



LC-ZEB

4,0-6,2 GJ/m<sup>2</sup>



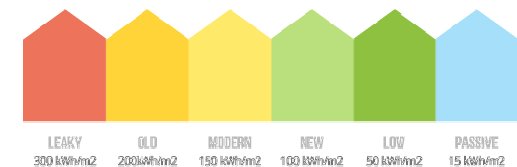
1100-1700 kWh/m<sup>2</sup>

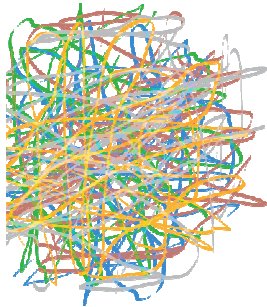


34 kWh/m<sup>2</sup>

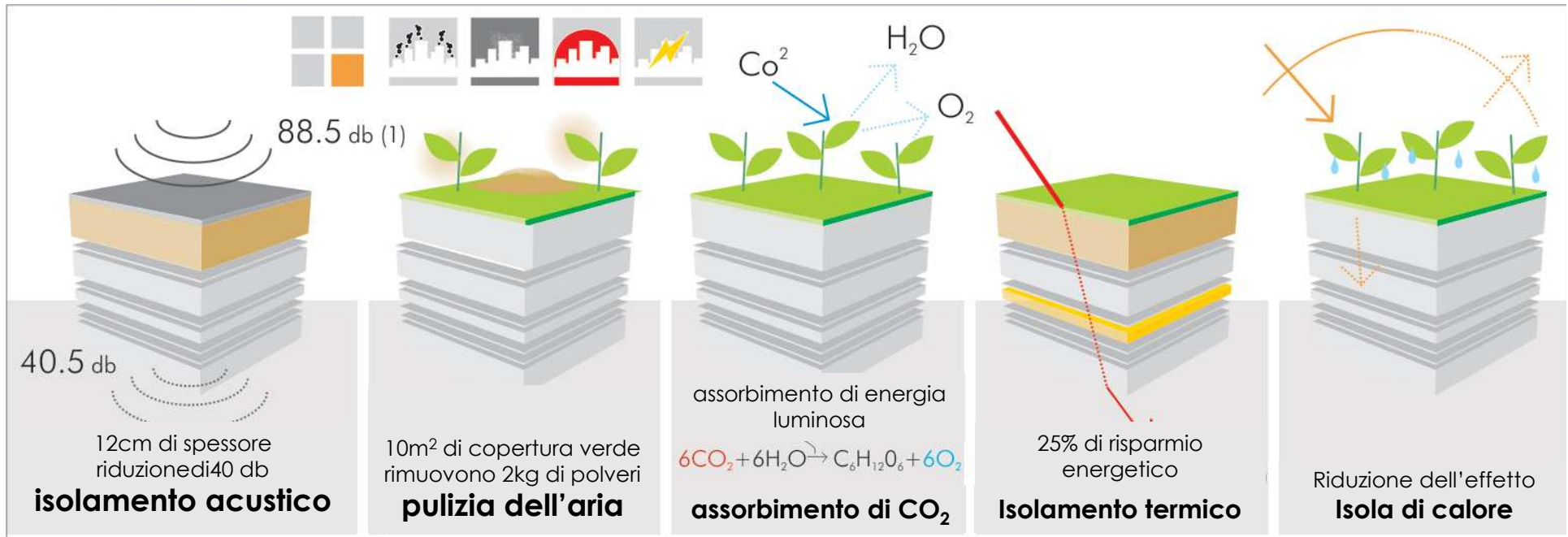


Heating need per unit floor area





# EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ



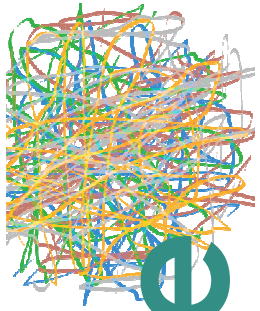
\* **Design guidelines for green roofs**

Steven W Peck; Monica Kuhn

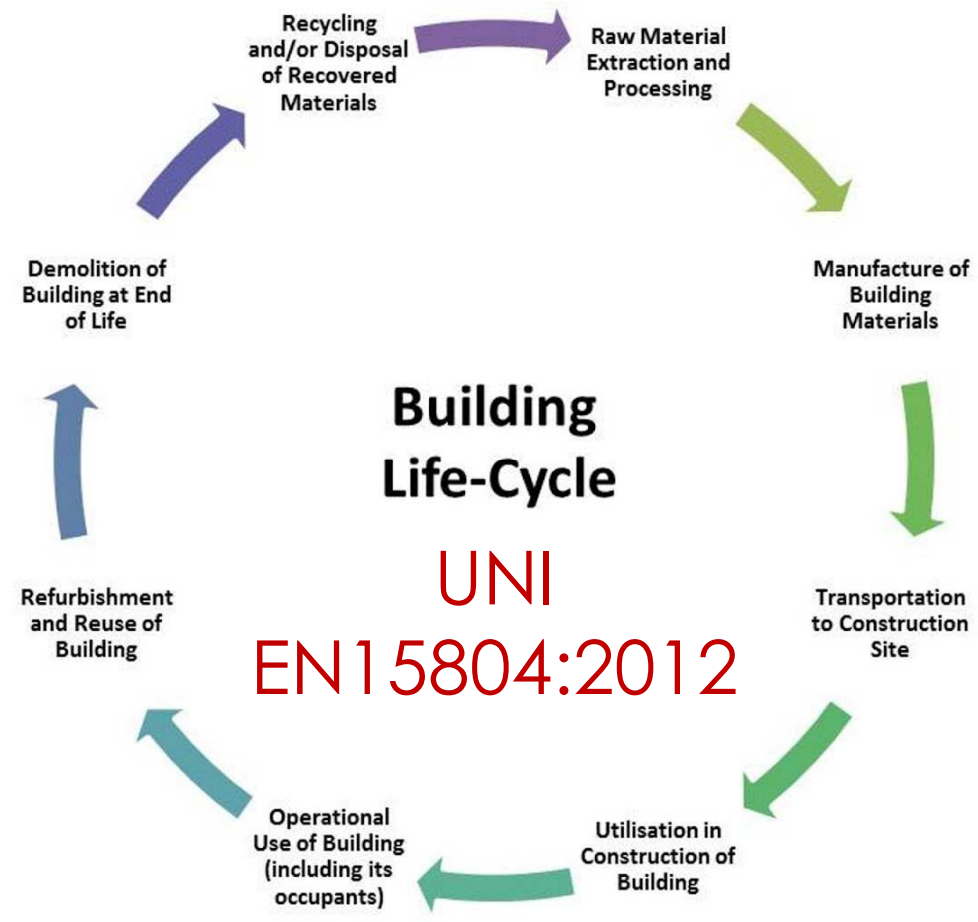


Università degli Studi di Pisa – Dip. DESTEC Laboratorio TEA

*Milano, 5 febbraio 2019*



# Life Cycle Assessment



Environmental Product Declaration

# EPD







## Fasi cruciali del LCA:

- A1-A3 produzione dei materiali per il tetto verde (*strato isolante, membrana impermeabile, strato drenante, elementi di filtraggio, substrato o sedum di crescita*)
- A4 trasporto al cantiere
- B2 manutenzione
- B4 sostituzione
- B6 consumo di energia in uso
- B7 consumo di acqua in uso
- C2 trasporto ad impianti di smaltimento
- C3 trattamento rifiuti
- C4 smaltimento

### **Module D**

Benefici e impatti oltre i confini del sistema. Il Modulo D non è stato considerato nello studio



## EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ



Extensive Green Roof HD	Extensive Green Roof LD	Intensive Green Roof HD	Intensive Green Roof RC
Sedum <b>Medium A 80mm</b>	Sedum <b>Medium B 80mm</b>	Sedum <b>Medium C 150mm</b>	Grass <b>Medium D 150mm</b>
Filter layer	Filter layer	Filter layer	Filter layer
Drainage/insulation layer EPD 80mm	Drainage/insulation layer EPD 80mm	<b>Drainage/insulation layer EPD 62mm</b>	<b>Drainage/insulation layer EPD 62mm</b>
Root barrier	Root barrier	Root barrier	Root barrier
Light concrete screed 40mm	Light concrete screed 40mm	Light concrete screed 40mm	Light concrete screed 40mm
Clay blocks floor slab 160mm	Clay blocks floor slab 160mm	Clay blocks floor slab 160mm	Clay blocks floor slab 160mm
Plaster 15mm	Plaster 15mm	Plaster 15mm	Plaster 15mm

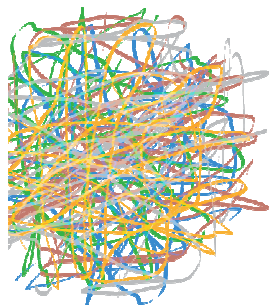
Medium A	Medium B	Medium C	Medium D
<b>878 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>500 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>904 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1000 kg/m<sup>3</sup></b>
Pumice 75% Lapillum 15% Compost 10%	Pumice 20% Lapillus 64% Zeolithe 0.5% Peat 14% Compost 1.5%	Pumice 25% Lapillum 60% Compost 15%	Expanded clay 10% Recycled bricks 80% Compost 10%



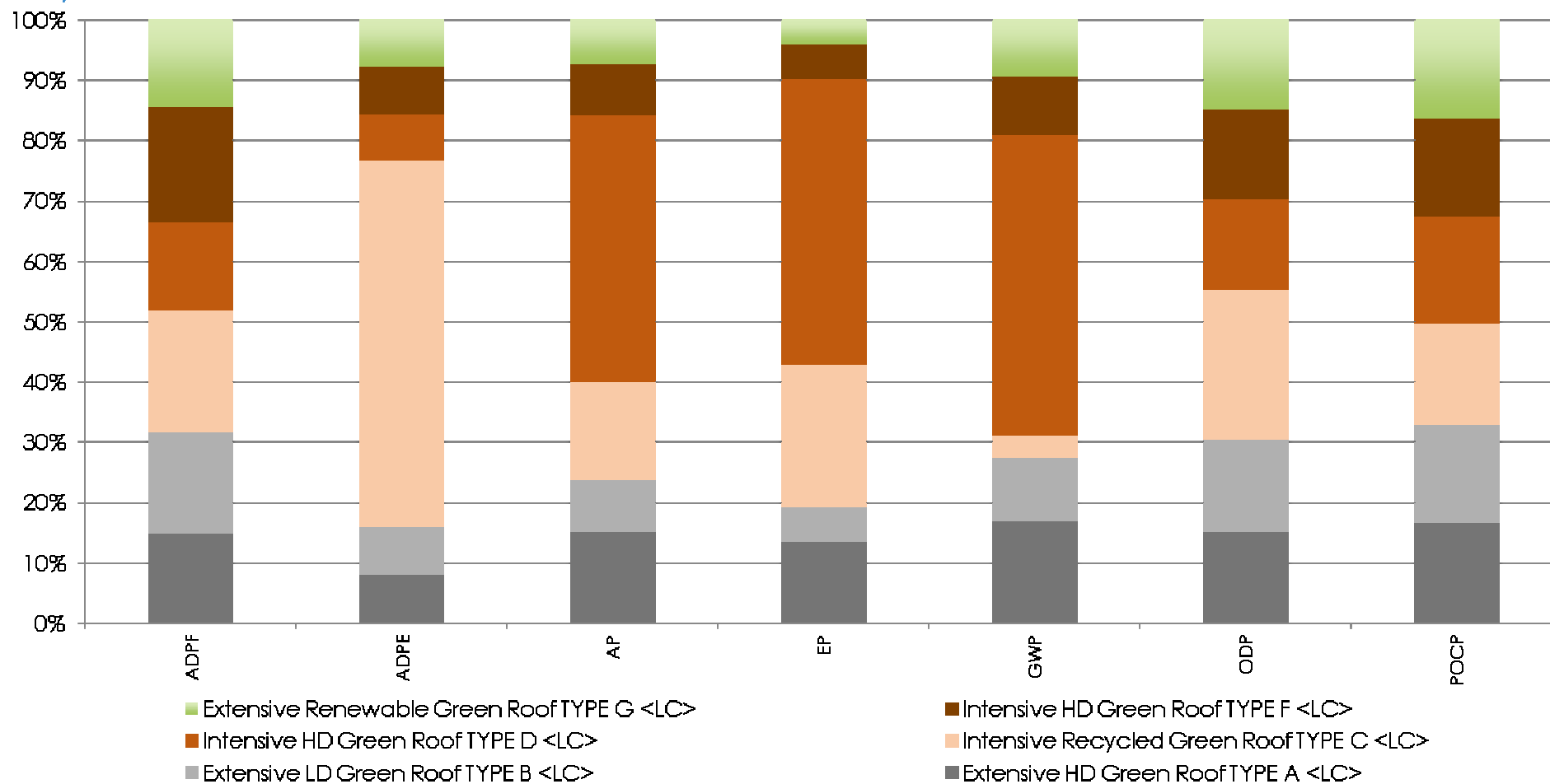


# UNI EN 15804

	Unit	Extensive HD Green Roof TYPE A <LC>	Extensive LD Green Roof TYPE B <LC>	Intensive Recycled Green Roof TYPE C <LC>	Intensive HD Green Roof TYPE D <LC>	Intensive HD Green Roof TYPE F <LC>	Extensive Renewable Green Roof TYPE G <LC>
EN15804 - Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPF) [MJ]	MJ	3,11E+02	3,55E+02	4,28E+02	3,08E+02	4,05E+02	3,05E+02
EN15804 - Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPE) [kg Sb eq.]	kg Sb eq.	1,66E-06	1,63E-06	1,27E-05	1,63E-06	1,64E-06	1,61E-06
EN15804 - Acidification potential (AP) [kg SO2 eq.]	kg SO2 eq.	3,03E-02	1,73E-02	3,26E-02	8,89E-02	1,71E-02	1,48E-02
EN15804 - Eutrophication potential (EP) [kg Phosphate eq.]	kg Phosphate eq.	5,14E-03	2,20E-03	9,10E-03	1,82E-02	2,18E-03	1,60E-03
EN15804 - Global warming potential (GWP) [kg CO2 eq.]	kg CO2 eq.	1,34E+01	8,22E+00	2,95E+00	3,94E+01	7,76E+00	7,45E+00
EN15804 - Ozone Depletion Potential (ODP) [kg R11 eq.]	kg R11 eq.	2,06E-11	2,05E-11	3,39E-11	2,03E-11	2,03E-11	2,03E-11
EN15804 - Photochemical Ozone Creation Potential (POCP) [kg Ethene eq.]	kg Ethene eq.	3,32E-02	3,29E-02	3,37E-02	3,58E-02	3,29E-02	3,28E-02



## EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ



EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE  
DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE  
CITTÀ



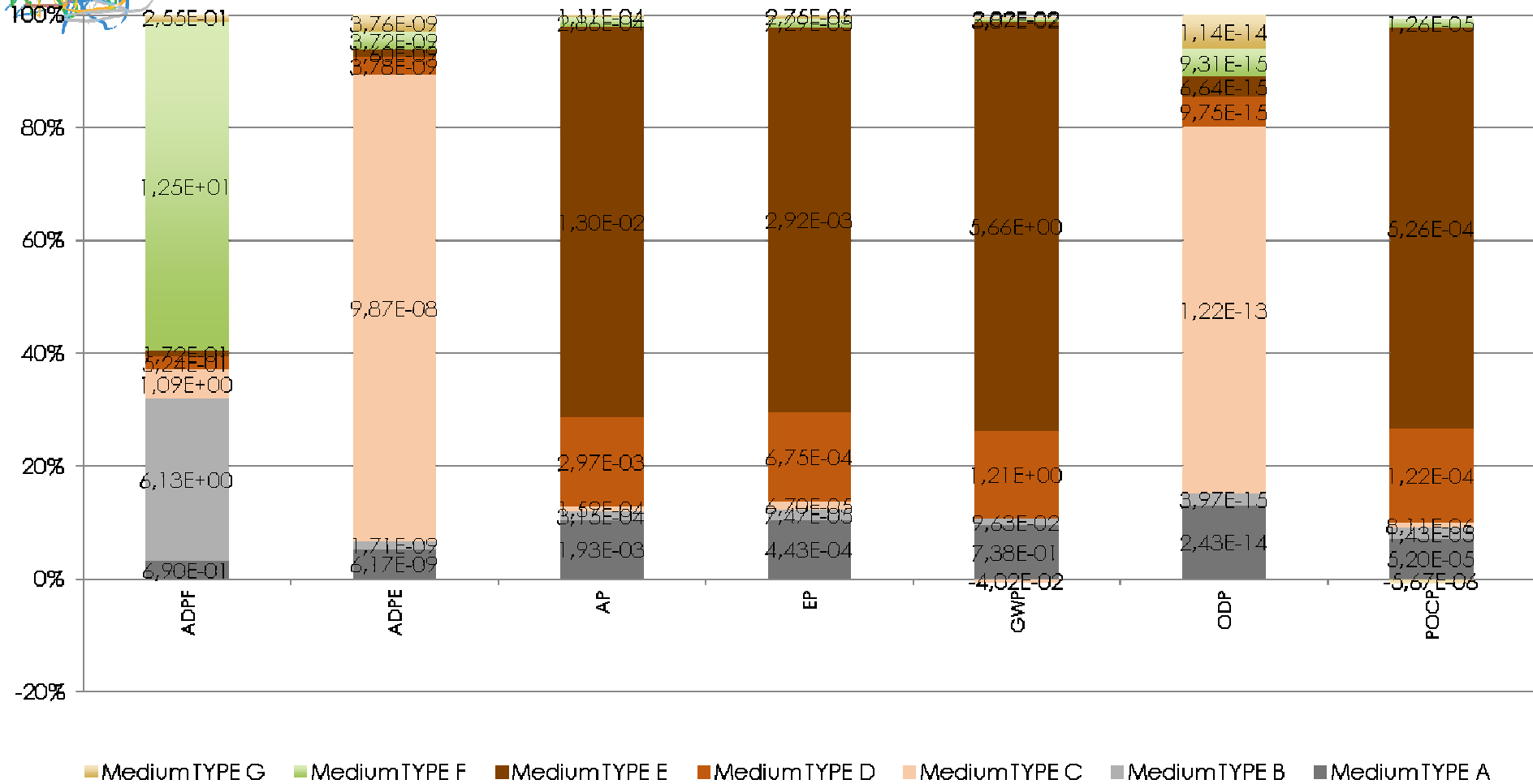
## TETTI VERDI

- uno **strato vegetativo**;
- uno **sestrato antiradice**
- uno strato **isolante** in EPS;
- uno strato **impermeabilizzante**

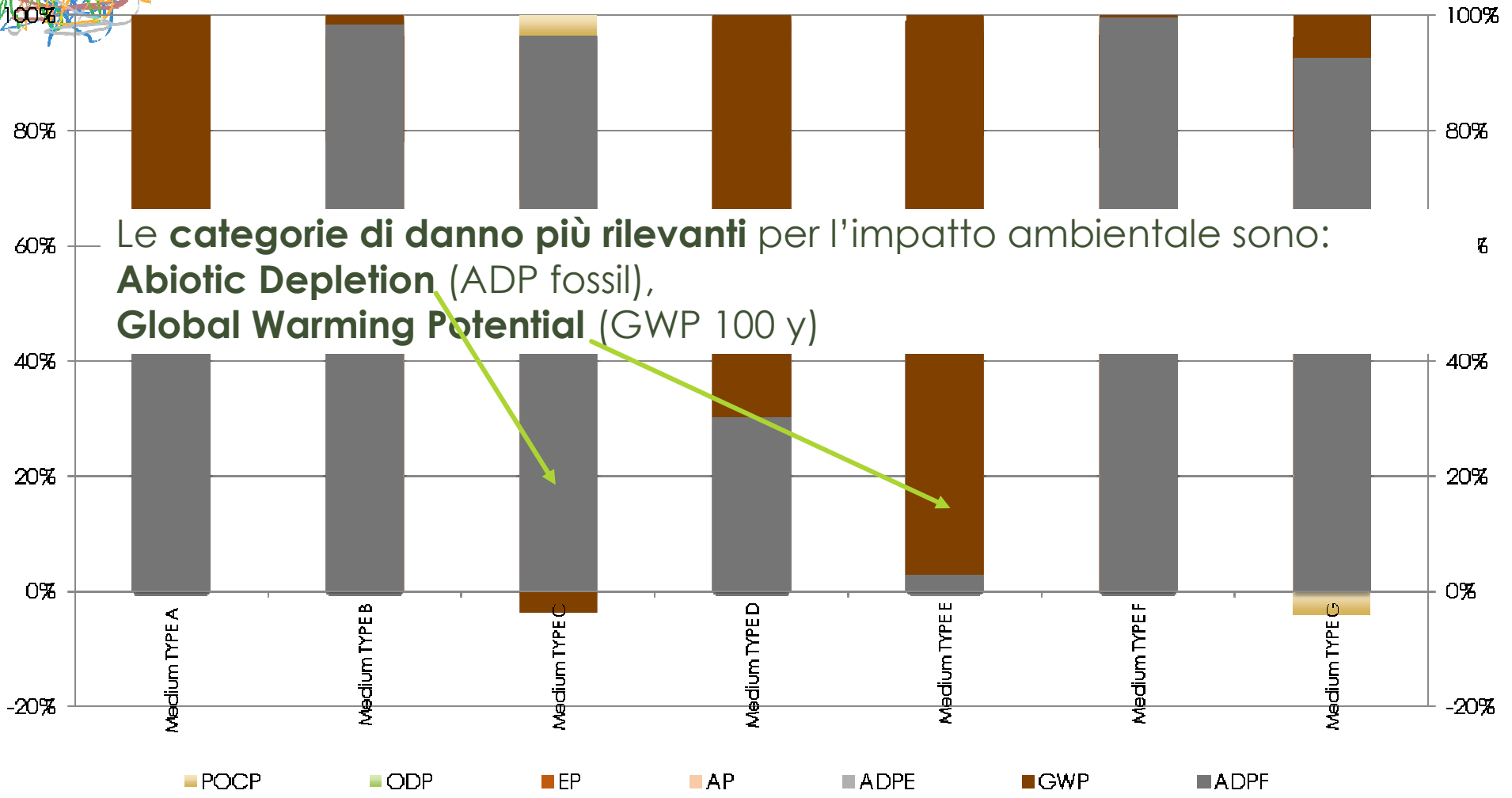
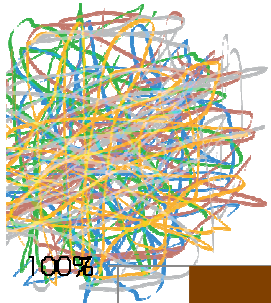
- **Tipo A:** 75% o, 15% Lapilli, 10% Compost
- **Tipo B:** 20% Pomice, 63% Lapillo, 2% Compost, 1% Zeolite, 14% Torba
- **Tipo C:** 10% Pumice, 80% graniglia di laterizio, 8% Torba, 2% Grass
- **Tipo D:** 25% Pomice, 60% Lapillos, 15% Compost
- **Tipo E:** 20% Pomice, 80% Compost
- **Tipo F:** 25% Pomice, 60% Lapillo, 15% Torba
- **Tipo G:** 45% Fibre di cocco, 25% Perlite espansa, 15% Pomice, 15% Ghiaia

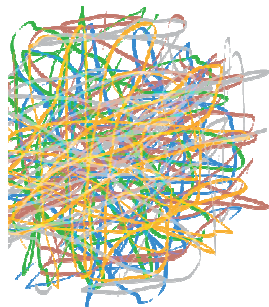


# EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ

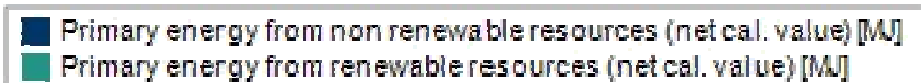


# EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ

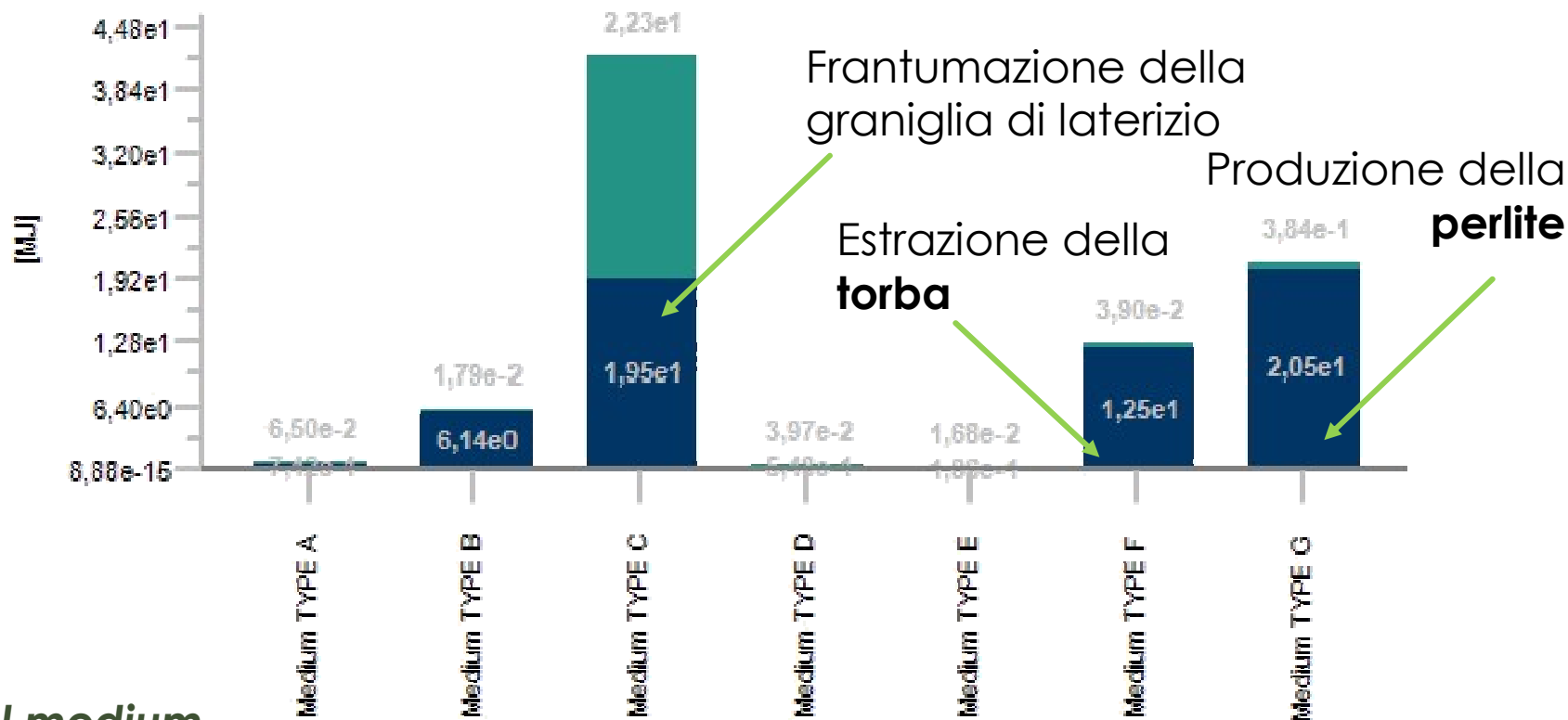




# EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ



### Domanda di Energia Pirmaria [MJ]



## LCA del medium

I consumi di energia primaria sono particolarmente rilevanti per i medium "c", "f", "g".







# EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI PER LA RIGENERAZIONE DELLE CITTÀ

## DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED)

PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	X	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	MND	X	X	X	X

## RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT: 1 m<sup>2</sup> URBANSCAPE Extensive Green Roof System

Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	C2	C3	C4	D
GWP	[kg CO <sub>2</sub> -Eq.]	3.97E+0	6.68E-1	2.02E+0	-1.50E+1	5.33E-2	1.96E+1	5.03E-1	-1.78E+0
ODP	[kg CFC11-Eq.]	3.74E-10	3.07E-12	1.41E-10	0.00E+0	2.45E-13	1.01E-11	4.32E-10	-3.20E-10
AP	[kg SO <sub>2</sub> -Eq.]	2.44E-2	1.65E-3	6.64E-4	0.00E+0	1.31E-4	1.94E-3	4.29E-5	-2.63E-3
EP	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> -Eq.]	3.86E-3	3.81E-4	1.14E-4	0.00E+0	3.04E-5	5.12E-4	7.62E-6	-3.17E-4
POCP	[kg ethene-Eq.]	1.51E-3	-4.62E-4	5.30E-5	0.00E+0	-3.69E-5	2.88E-4	4.34E-6	-2.67E-4
ADPE	[kg Sb-Eq.]	1.35E-6	4.45E-8	4.46E-8	0.00E+0	3.55E-9	2.97E-7	2.36E-9	-4.32E-7
ADPF	[MJ]	7.80E+1	9.20E+0	1.78E+0	0.00E+0	7.34E-1	5.73E+0	7.65E-2	-2.23E+1

© by Architect Kristof van Hoof – Zandhoven (B)



**FASE DI PRODUZIONE A1-A3:**

- Gli impatti ambientali delle soluzioni di tetto verde dipendono primariamente dalla stratigrafia e dai materiali impiegati
- I database LCI internazionali includono pochi dati generici (di scarsa attendibilità) sui materiali riciclati e necessitano di una revisione e ampliamento
- I produttori tetti verdi raramente rendono pubbliche le informazioni sulla composizione dei substrati con conseguente approssimazione nella elaborazione degli inventari LCI e dei profili LCA delle soluzioni.
- I risultati delle valutazioni sono pertanto affetti da tale incertezza.
- Sono indispensabili nuovi profili specifici elaborati a partire da inventari diretti realizzati presso le aziende di produzione e di recupero dei materiali inerti

**FASE DI TRASPORTO A4:**

- Considerata la diffusione capillare di produttori e distributori sul territorio oggetto di indagine, questa fase può avere impatto relativo sul profilo LCA complessivo

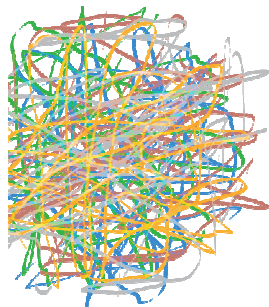


## **FASE DI USO**

- **B1 manutenzione:** l'impiego di fertilizzanti e la conseguente emissione in aria acqua e suolo deve essere considerata
- **B4 sostituzione:** le operazioni di sostituzione degli strati obsoleti oltre i 40 anni della DSL devono essere considerate
- **B6 energia in uso:** il risparmio energetico dovuto alla presenza del tetto verde può contribuire sensibilmente alla riduzione degli impatti ambientali durante la fase d'Uso B6. Nei climi temperati nei quali questo contributo non è particolarmente significativo, come a Pisa, può essere rischioso affermare che i tetti verdi presentano un impatto ambientale inferiore a quello di una copertura tradizionale senza aver condotto una analisi LCA completa del tipo **dalla culla alla tomba**.

## **FINE VITA C2-C4**

- La distanza dai siti di smaltimento o trattamento è rilevante. Gli scenari di riciclo o riuso ipotizzati devono essere tecnicamente praticabili
- I database internazionali LCI includono pochi dati generici (di bassa qualità) sui processi di riciclaggio dei materiali da costruzione ed una implementazione/aggiornamento delle banche dati e necessari



## CONCLUSIONI

Esiste un **AMPIO MARGINE DI MIGLIORAMENTO** nella qualità dei dati di inventario LCI per la elaborazione di profili LCA di tetti verdi ✓ .

LCA può costituire uno strumento utile a supporto dell'industria nella identificazione di nuove soluzioni progettuali a minor ✓ .  
impatto

Nuovi materiali per il *substrato di crescita* (vergini o riciclati) ✓ .  
possono essere indagati attraverso la metodologia LCA per  
determinare il contributo alla riduzione del consumo di energia e  
risorse nel ciclo di vita del tetto verde



*It's not easy being green.....*

*grazie*

*teaunipi@gmail.com*

