



POLITECNICO DI BARI

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica
(DICATECh)

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi (D.M. 270)

Tesi di Laurea in : Sostenibilità dei sistemi edilizi + BIM

VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DI CHIUSURE OPACHE VERTICALI ESTERNE MEDIANTE METODOLOGIA LCA

Relatore: Chiar.mo Prof. Guido Raffaele Dell'Osso

Laureanda: Federica Losapio

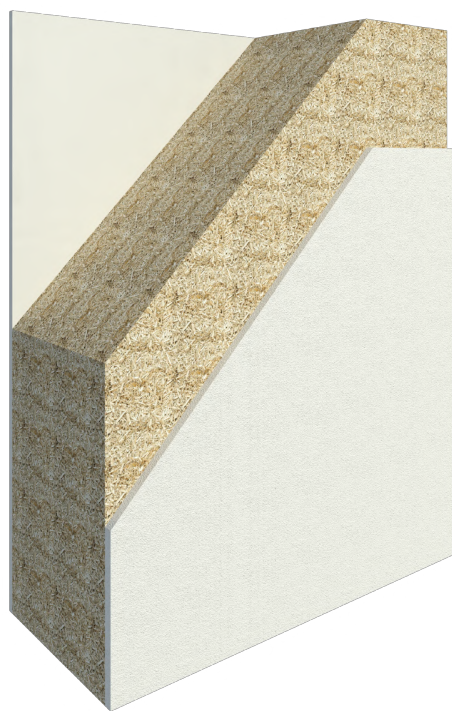
Anno Accademico 2020/2021



Obiettivi

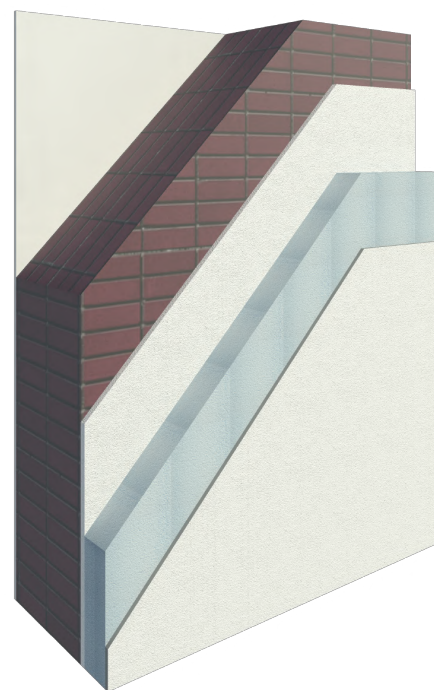
Svolgere una valutazione di sostenibilità ambientale, mediante metodologia **LCA**, di due sistemi di chiusura opaca verticale esterna, modellati in **BIM**, caratterizzati da due tipologie di coibentazione.

Sistema a base vegetale-naturale con Biomattone in calce e canapulo



Canapulo: sottoprodotto della lavorazione della fibra di canapa.

Sistema «a cappotto» con pannelli isolanti in XPS



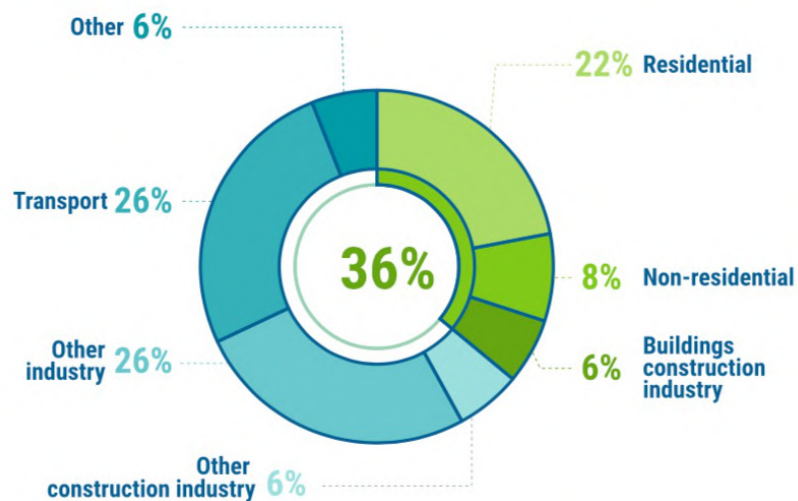
Coibente sintetico, derivato dal petrolio, realizzato a partire da granuli di polistirene.



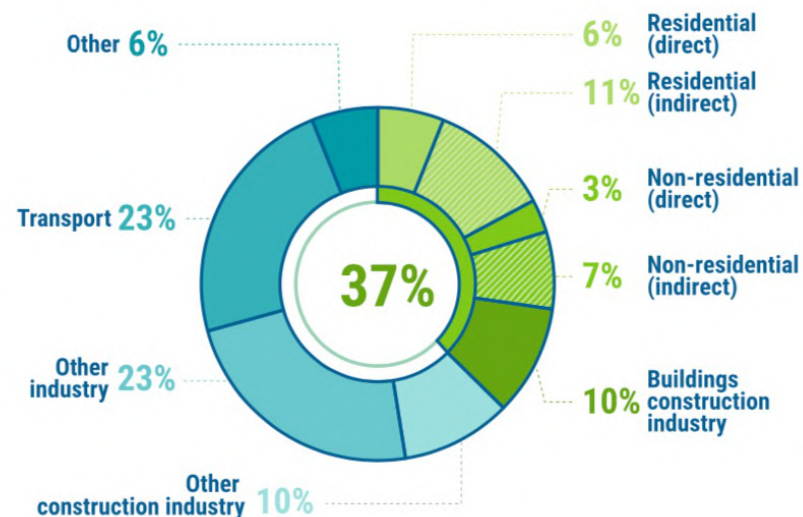
L'impatto del settore edile sull'ambiente

«RAPPORTO SULLO STATO GLOBALE PER EDIFICI E COSTRUZIONI 2021»

ENERGIA



EMISSIONI



Global Alliance
for Buildings and
Construction



Gli edifici rappresentano il **36%** della domanda energetica globale e il **37%** delle emissioni di CO₂ legate al consumo di energia.



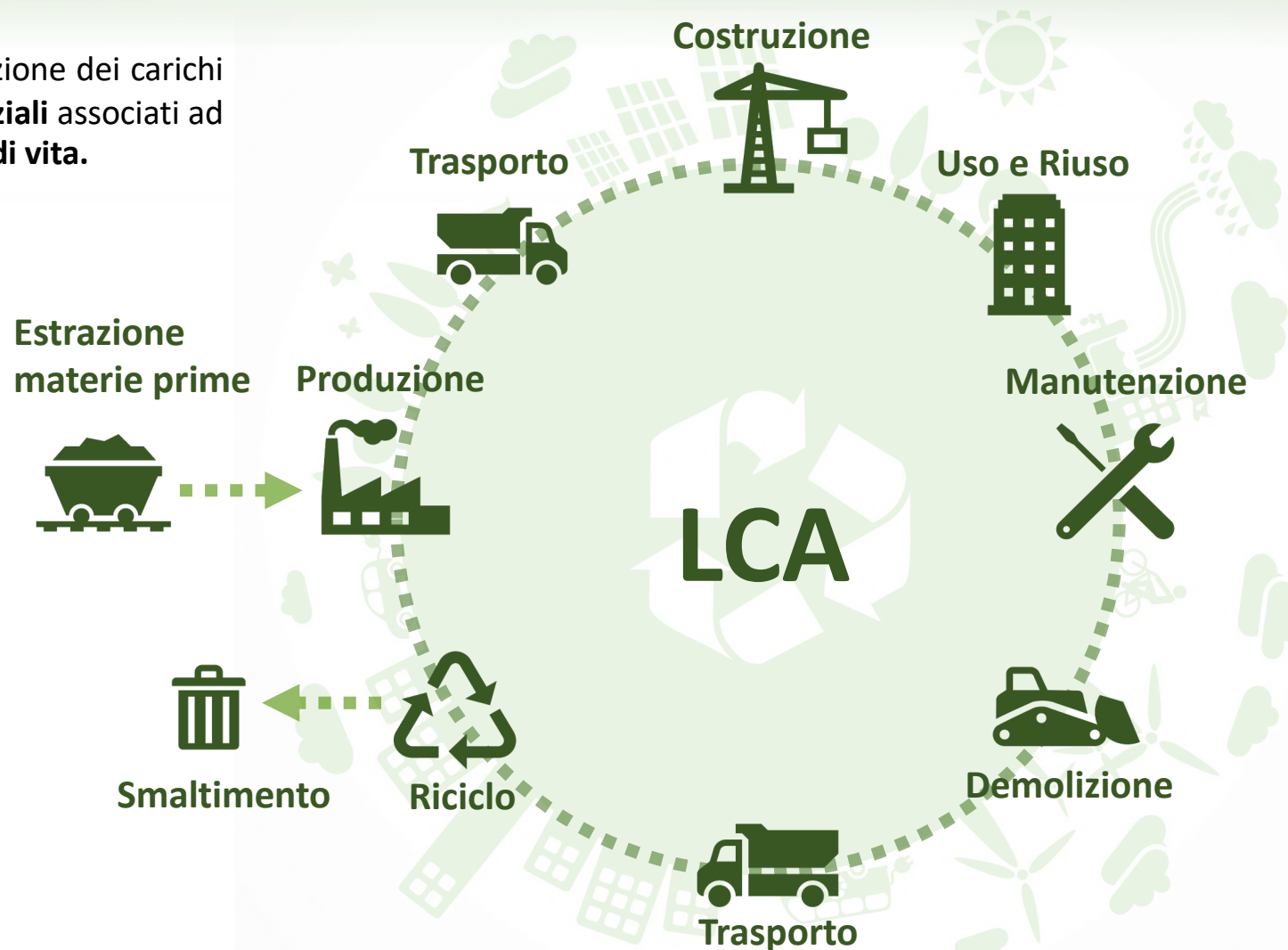
Responsabilità del settore edile nei confronti dell'ambiente.



Life Cycle Assessment

Metodo oggettivo di quantificazione dei carichi energetici e degli **impatti potenziali** associati ad un processo lungo l'intero **ciclo di vita**.

Valutare **tutte le fasi** di un processo produttivo come **correlate e dipendenti**.



Riferimento normativo:

- UNI EN ISO 14040:2021 "Gestione ambientale, valutazione del ciclo di vita, principi e quadro di riferimento".
- UNI EN ISO 14044:2021 "Gestione ambientale, valutazione del ciclo di vita, requisiti e linee guida".



LCA: Struttura

1

Goal and scope definition

Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione



Stabilire le ragioni per le quali l'analisi viene condotta e i confini del sistema.

Approcci all'analisi:

- "From cradle to grave"



- "From cradle to gate"



- "From gate to gate"



2

Life Cycle Inventory Analysis LCI

Analisi dell'inventario

3

Life Cycle Impact Assessment, LCIA

Valutazione dell'impatto

4

Life Cycle Interpretation

Interpretazione



LCA: Struttura

1

Goal and scope definition

Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

2

Life Cycle Inventory Analysis LCI

Analisi dell'inventario

Quantificare gli elementi in ingresso e in uscita dal sistema.

3

Life Cycle Impact Assessment, LCIA

Valutazione dell'impatto

4

Life Cycle Interpretation

Interpretazione



LCA: Struttura

1

Goal and scope definition

Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

2

Life Cycle Inventory Analysis LCI

Analisi dell'inventario

3

Life Cycle Impact Assessment, LCIA

Valutazione dell'impatto

Analizzare le conseguenze ambientali generate dal sistema oggetto di studio partendo dai risultati dell'LCI.

4

Life Cycle Interpretation

Interpretazione



LCA: Struttura

1

Goal and scope definition

Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

2

Life Cycle Inventory Analysis LCI

Analisi dell'inventario

3

Life Cycle Impact Assessment, LCIA

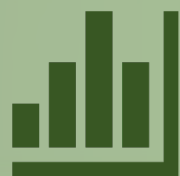
Valutazione dell'impatto

4

Life Cycle Interpretation

Interpretazione

Generare un procedimento iterativo di riesame e di revisione del campo di applicazione, della natura e della qualità dei dati raccolti.

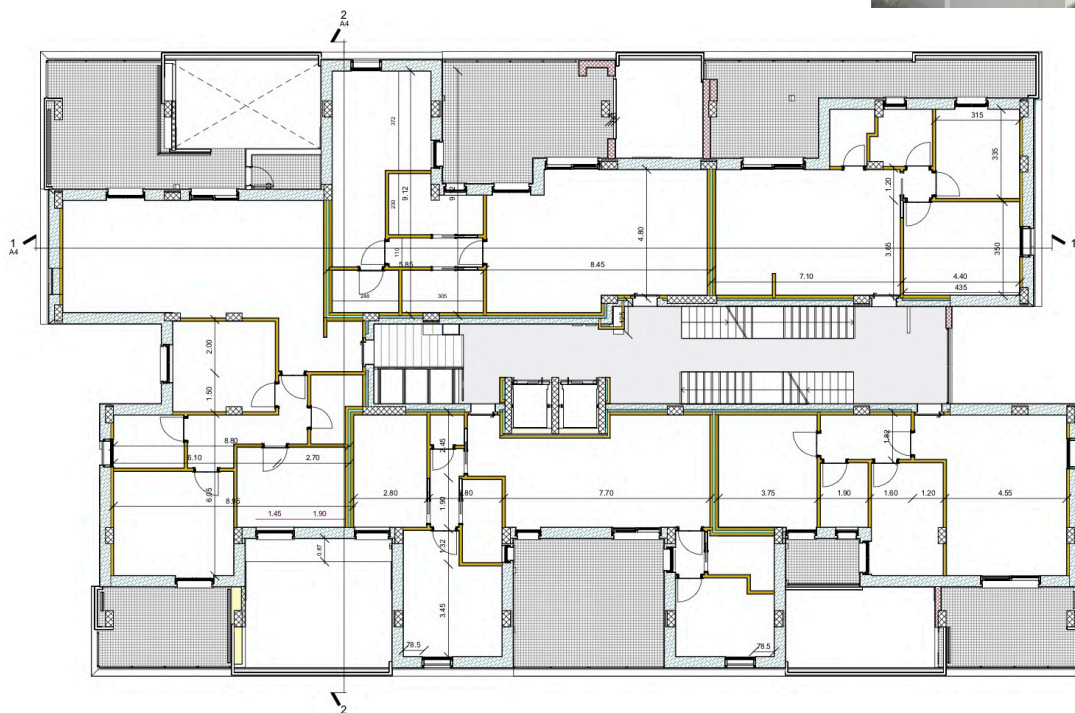


Il caso di studio: Casa di Luce

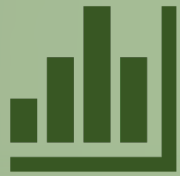
Ubicazione: Bisceglie

Studio: Pedone Working S.r.l.

Materiale principale: **Canapa**

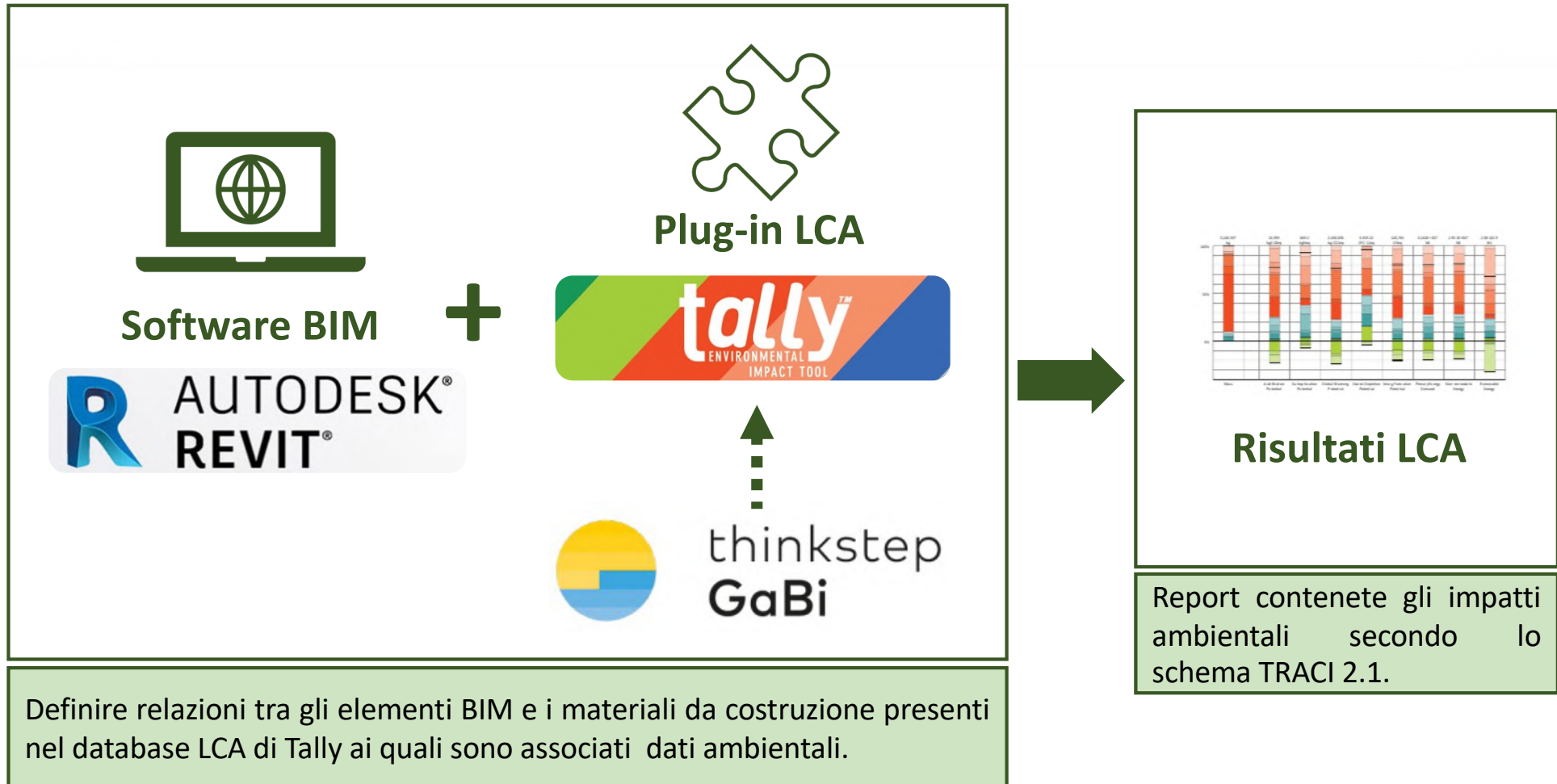


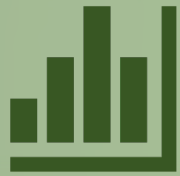
- Materiale da costruzione nell'involucro e nelle finiture;
- Funzione di **involucro** e di **isolante**.



Il software Tally

Plug-in per software BIM per sviluppare analisi LCA di interi edifici o di loro componenti in maniera semi-automatica.





Il software Tally

Tipologie
di valutazione

Analisi completa - "Full building study"

come le varie parti di un edificio contribuiscono all'impatto ambientale totale dello stesso.

Analisi comparativa - "Design option comparison"

delle varianti di progetto implementate nel modello BIM.

Modulo di
valutazione

Object of Study

Type: Full Building Study

Please check all categories, phases, worksets, and linked models you wish to include.

Categories

- Ceilings
- Curtainwall Mullions
- Curtainwall Panels
- Doors
- Floors
- Roofs
- Stairs and Railings
- Structure
- Walls
- Windows

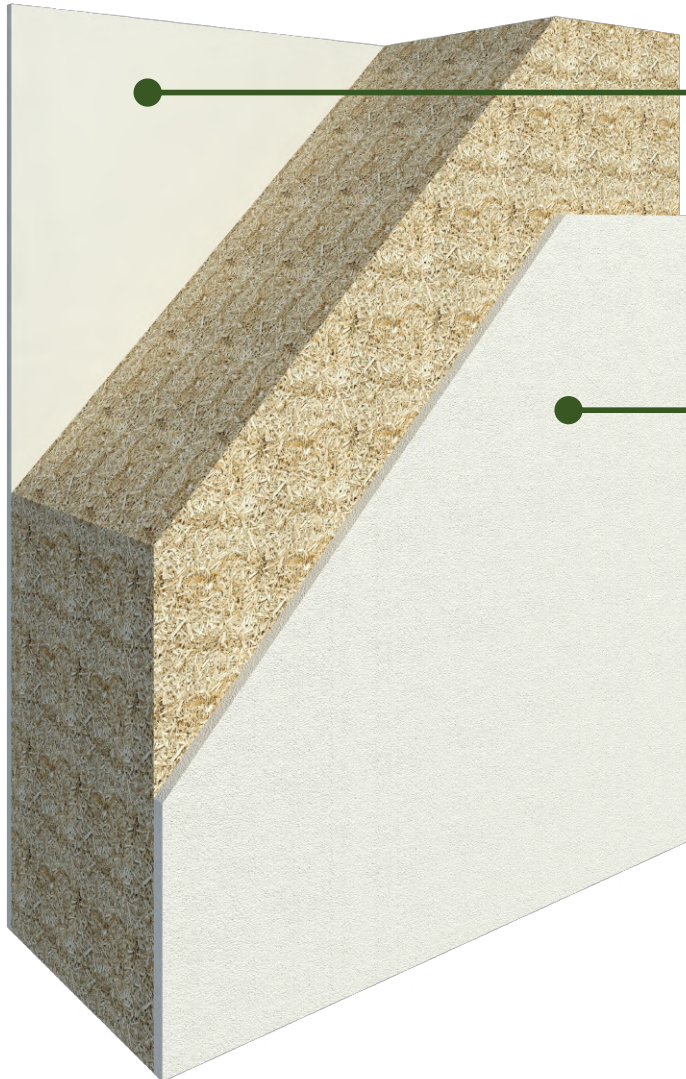
- Worksets
 - Griglie e livelli condivisi
 - Workset1
- Phase created
 - Stato di Fatto
 - Stato di Progetto
- Phase demolished
 - None



Assegnazione dei materiali

Soluzione A

Chiusura opaca verticale esterna con Biomattone in calce e canapa



Rasante esterno e Intonaco interno

«Portland cement stucco», intonaco applicabile per la finitura interna o esterna di opere murarie.

Densità: 600 kg/m³

Define Components and Quantity Takeoffs Save Cancel

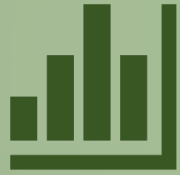
Portland cement stucco
Portland cement plastering, applicable for interior or exterior wall finishing. User to specify paint type and coverage. Default values represent 7/8" stucco layer over 2.5 lb. flat diamond mesh metal lath. User to specify application thickness, metal lath (if any), paper backing (if any) and paint type/coverage.

Stucco type
Stucco, portland cement Portland cement plastering (stucco), 7/8" (22.25 mm) nominal thickness is typical

Service Life
Use default (60 years) Existing or salvaged material

Takeoff Method Density or % Solid
by Volume Manually Specify 600 kg/m³

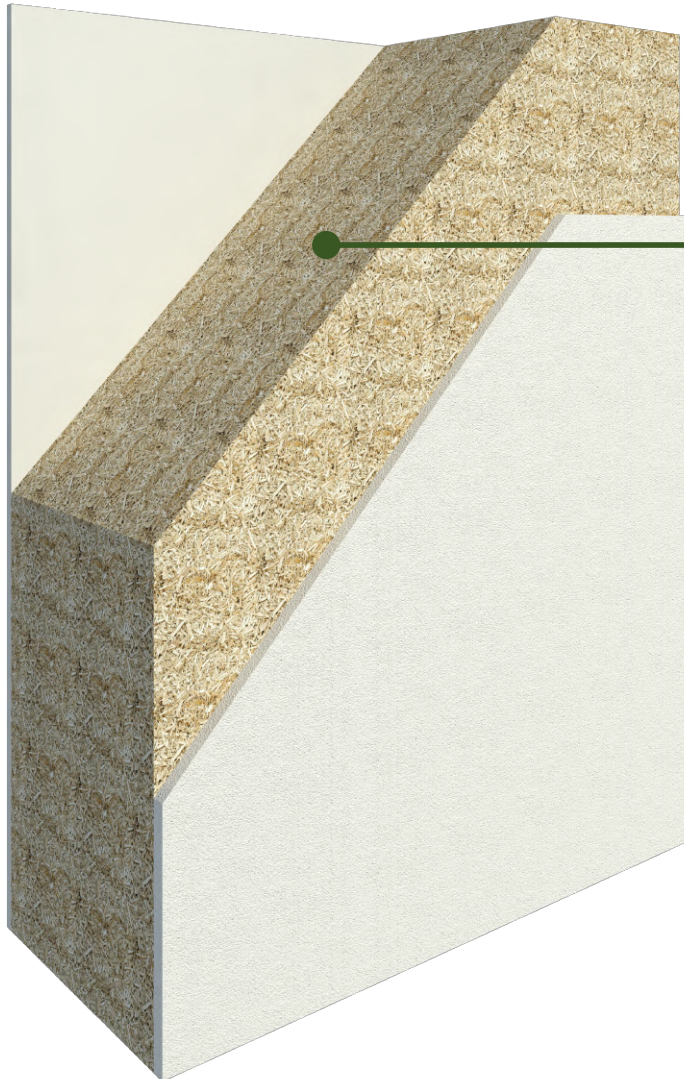
• Metal lath	None
• Backing type	None
• Finish	None



Assegnazione dei materiali

Soluzione A

Chiusura opaca verticale esterna con Biomattone in calce e canapa

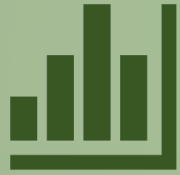


Biomattone

«Cast-in-place concrete, custom mix”, calcestruzzo personalizzabile in cui definire dei parametri tali da renderlo affine al biocomposto utilizzato per la sua realizzazione:

- “Lime”: calce per prodotti in calcestruzzo personalizzati come malta o canapulo. **Densità: 400 kg/m³**
- “Hemp hurds”: canapulo per materiali a base di calce-canapulo. **Densità: 100 kg/m³**

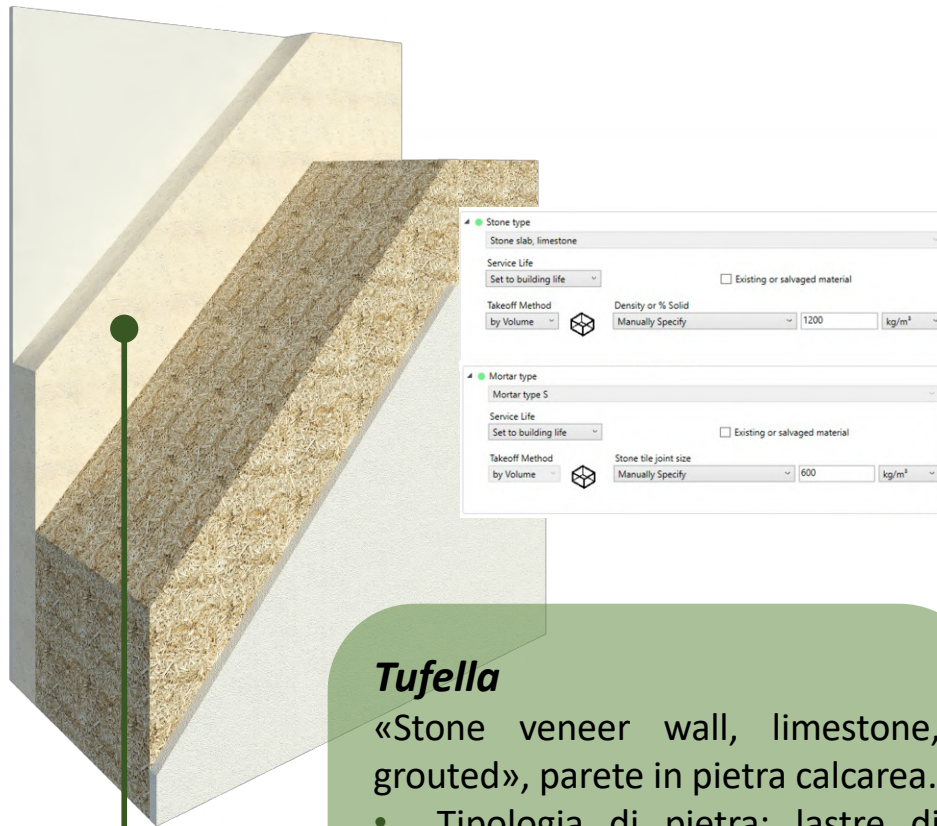
Cement	
Lime	Concrete mix ingredient: Lime for custom concrete products such as mortar or hempcrete
Service Life Default to building life	<input type="checkbox"/> Existing or salvaged material
Takeoff Method by Volume	Density or % Solid Manually Specify 400 kg/m ³
Add-ins	
Hemp hurds	Concrete mix ingredient: Hemp hurds for use in hempcrete production
Service Life Default to building life	<input type="checkbox"/> Existing or salvaged material
Takeoff Method by Volume	Density or % Solid Manually Specify 100 kg/m ³



Assegnazione dei materiali

Soluzione A

Chiusura opaca verticale esterna con Biomattone in calce e canapa



Tufella

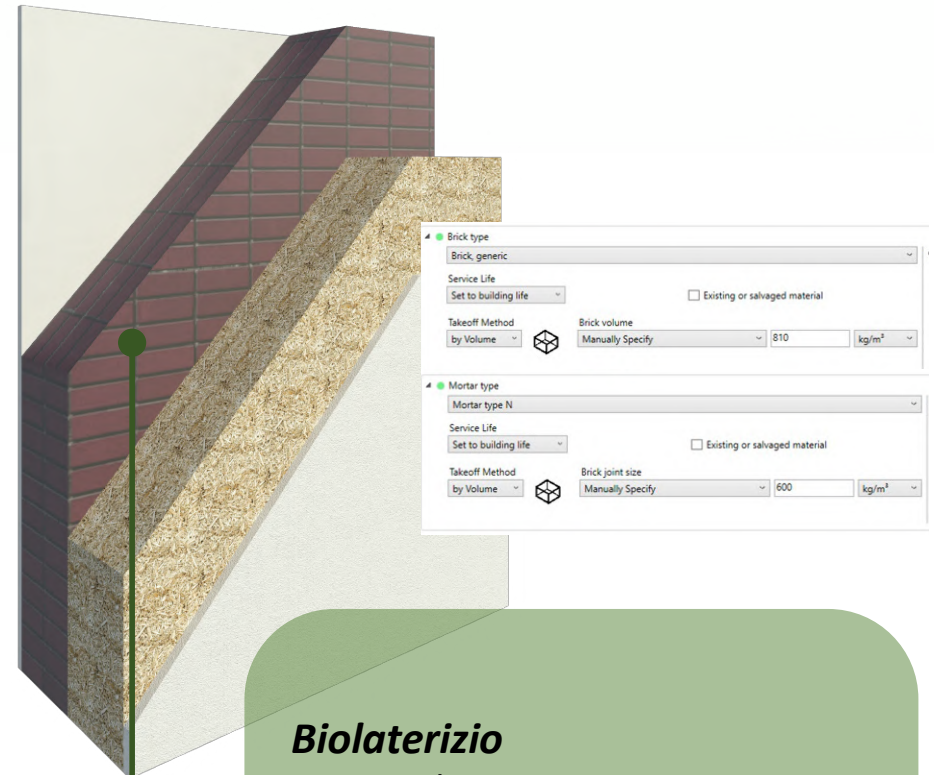
«Stone veneer wall, limestone, grouted», parete in pietra calcarea.

- Tipologia di pietra: lastre di pietra calcarea tagliata.

Densità :1200 kg/m³

- Malta di tipo “S” di media resistenza.

Densità: 600 kg/m³



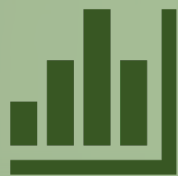
Biolaterizio

- «Brick generic»

Densità: 810 kg/m³

- Malta di tipo «N» di media resistenza, adoperata nelle opere murarie.

Densità: 600 kg/m³



Implementazione soluzione B

Chiusura opaca verticale esterna con sistema di isolamento "a cappotto"

TerMus-G
Trasmittanza termica e Glaser

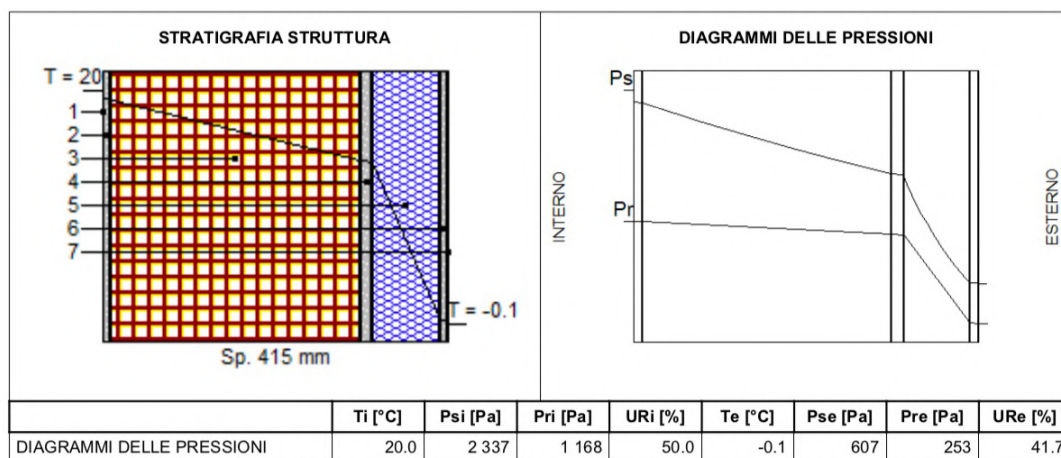


N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m³]	P<50*10¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco interno.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014
3	Blocco forato di laterizio (300*250*250) spessore 300	300		1.064	208.00	25.710	840	0.940
4	Malta di calce o di calce e cemento.	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017
5	Polistirene - espanso estruso (con pelle) - mv.35	80	0.033	0.413	2.80	0.940	1200	2.424
6	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014
7	Adduttanza Esterna	0		25.000				0.040
RESISTENZA = 3.579 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.279 W/m²K		
SPESSORE = 415 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 42.018 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 238 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.03 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.11			SFASAMENTO = -11.86 h			
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.7086								

Calcolo del valore di trasmittanza

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Appendice A, Decreto «Requisiti Minimi»



Verifica alla formazione di condensa superficiale ed interstiziale

Risultato delle Verifiche

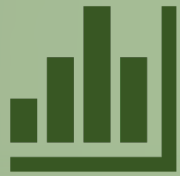
Verifica Interstiziale: **VERIFICATA**

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

Verifica Superficiale: **VERIFICATA**

Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6139 (mese critico: Novembre). Valore massimo ammissibile di U = 1.5442 W/m²K.

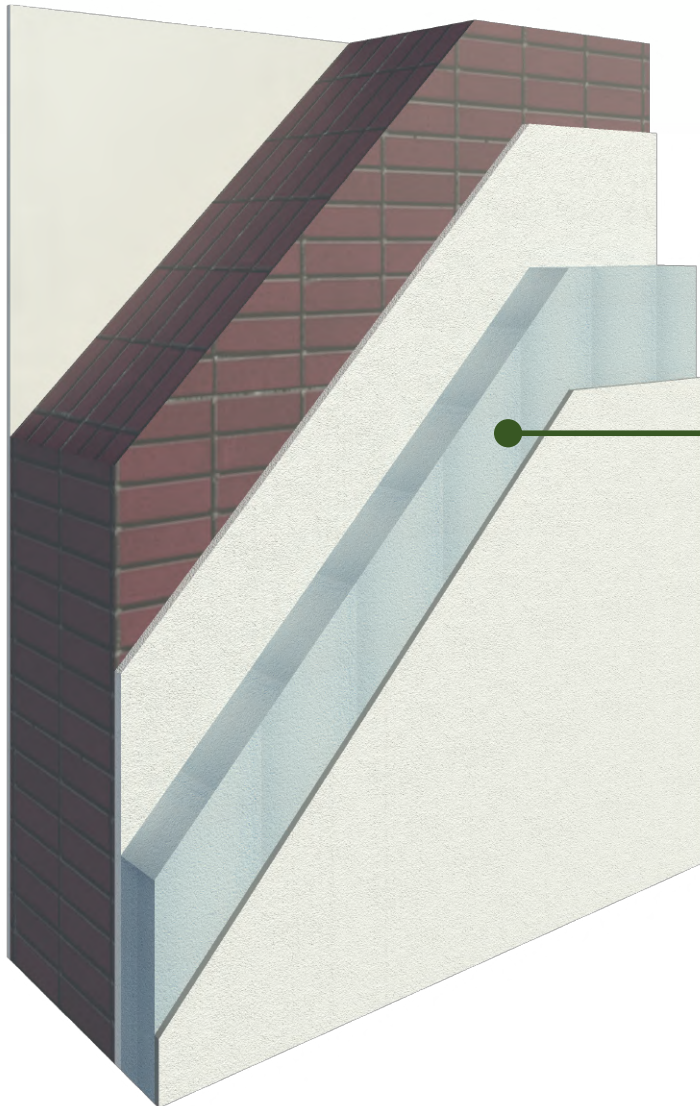
UNI EN ISO 13788:2013



Assegnazione dei materiali

Soluzione B

Chiusura opaca verticale esterna con sistema di isolamento “a cappotto”



Strato di coibentazione in XPS

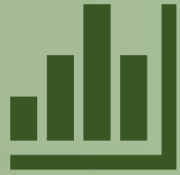
«Exterior insulation and finish system (EIFS)», sistema di isolamento e finitura esterna composto da un nucleo isolante in XPS e un sistema di drenaggio. **Densità: 32 kg/m³**

Strato di finitura

«Stucco synthetic», stucco acrilico sintetico generalmente applicato su maglia in PVC.

Massa superficiale: 14 kg/m²

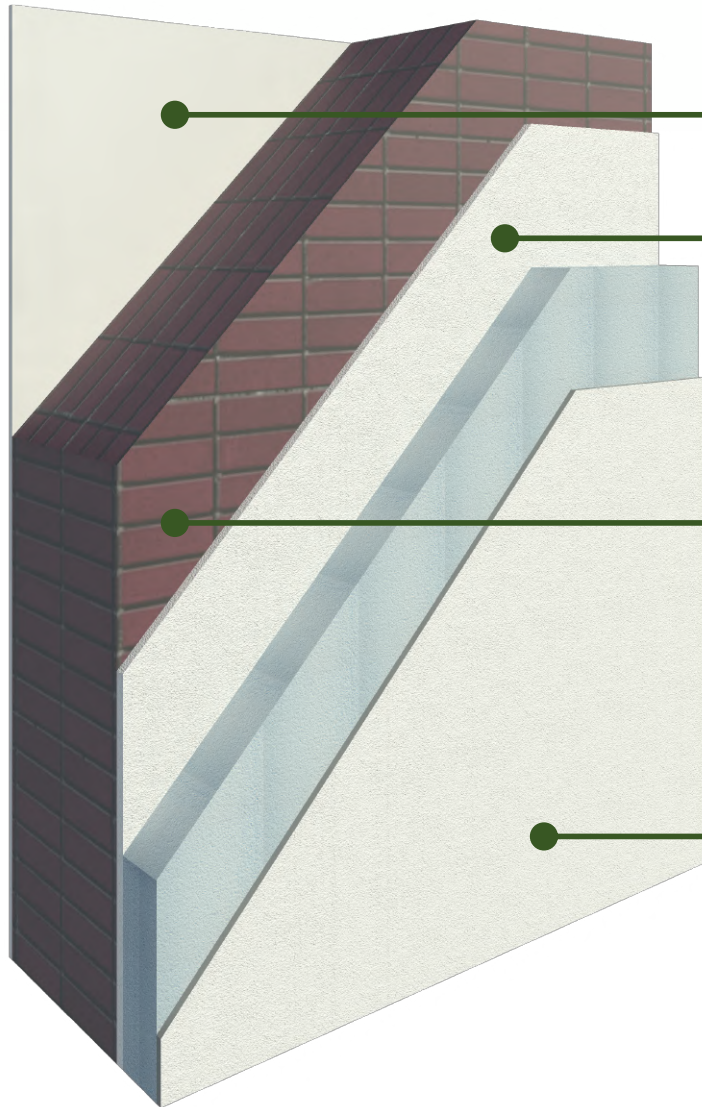
Insulation type	
XPS insulation, Foamular 150, Owens Corning - EPD	FOAMULAR 150 XPS (polystyrene) insulation board, HFC foaming agent. EPD representative of US manufacturing condition. FOAMULAR insulation board is available with a variety of R-values and compressive strengths. This entry is based on a compressive strength of 15 psi. If the intended R-value is known, use the drop-down menu to designate a specific board thickness.
Service Life Use default (50 years)	<input type="checkbox"/> Existing or salvaged material
Takeoff Method by Volume	Density or % Solid Manually Specify 32 kg/m ³
Finish	
Stucco, synthetic	Acrylic latex stucco layer, typically applied over a PVC lath. Base stucco layer with a default thickness of 3/8" (9.5 mm).
Service Life Use default (30 years)	<input type="checkbox"/> Existing or salvaged material
Takeoff Method by Area	Thickness or Area Density Manually Specify 14 kg/m ²



Assegnazione dei materiali

Soluzione B

Chiusura opaca verticale esterna con sistema di isolamento "a cappotto"



Intonaco interno e collante di malta cementizia
«Portland cement stucco». Densità: 1400 kg/m^3

Laterizio alveolato
«Brick generic». Densità: 570 kg/m^3
«Mortar type N». Densità: 1800 kg/m^3

Intonaco esterno
«Dummy material»: gli impatti ambientali che ne deriverebbero risultano già inclusi nella voce del sistema di isolamento.

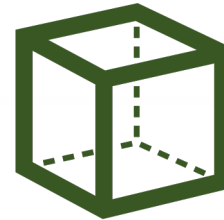


Interpretazione dei risultati

Per ciascun materiale assegnato sono stati definiti:



Vita utile

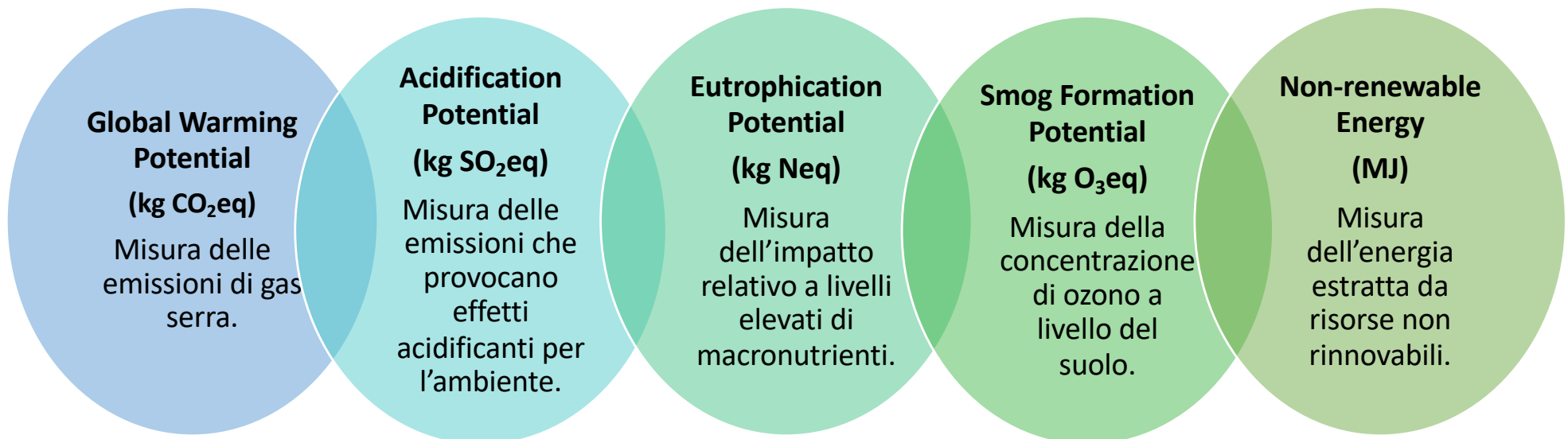


Metodo di misura



Distanza di trasporto

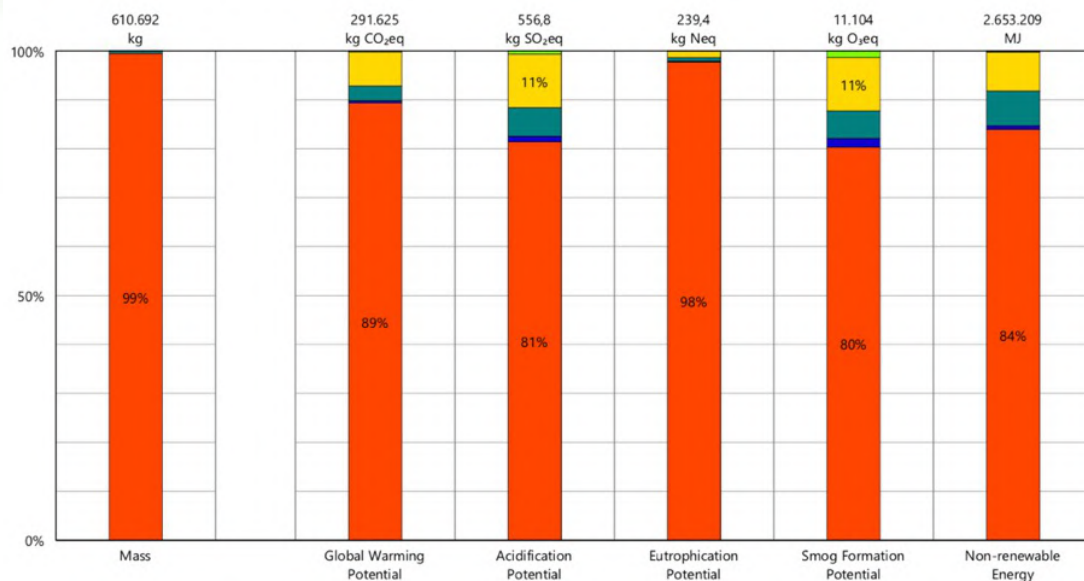
L'analisi produce un report nel quale vengono definiti cinque **potenziali di impatto ambientale** misurati in chilogrammi di contributo relativo equivalente di un'emissione.





Interpretazione: Risultati per fase del ciclo di vita

Soluzione A

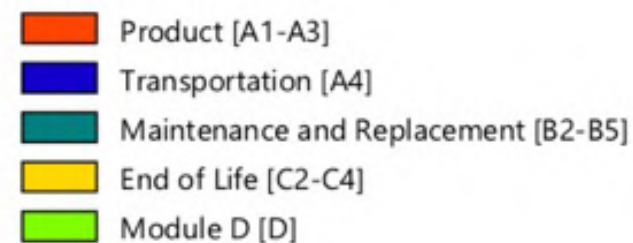


- Impatto maggiore registrato nella fase di produzione;
- Impatti ridotti per la fase di manutenzione e sostituzione.

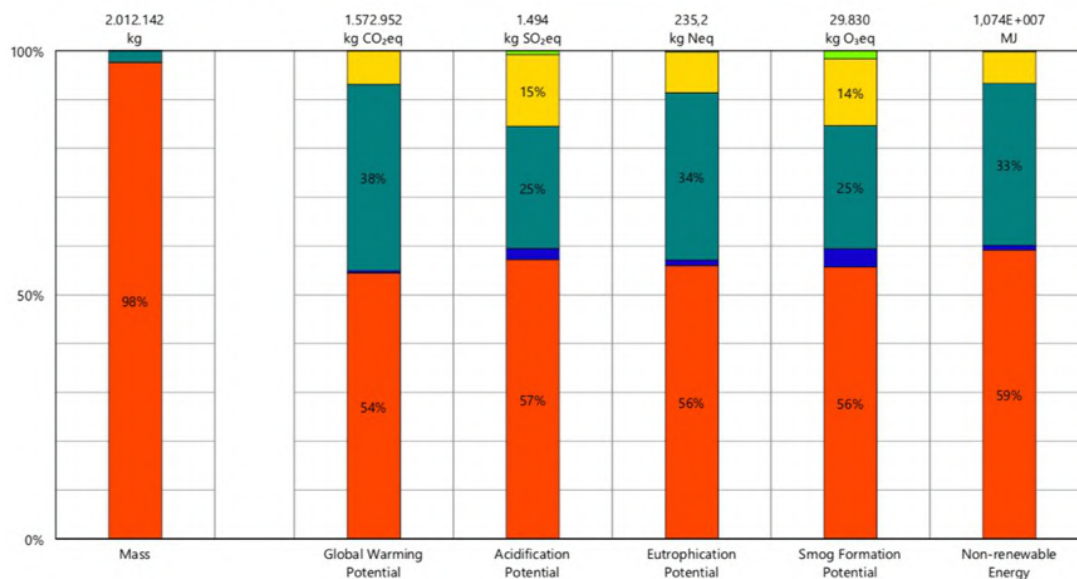
Legend

EN 15978:2011

Life Cycle Stages



Soluzione B

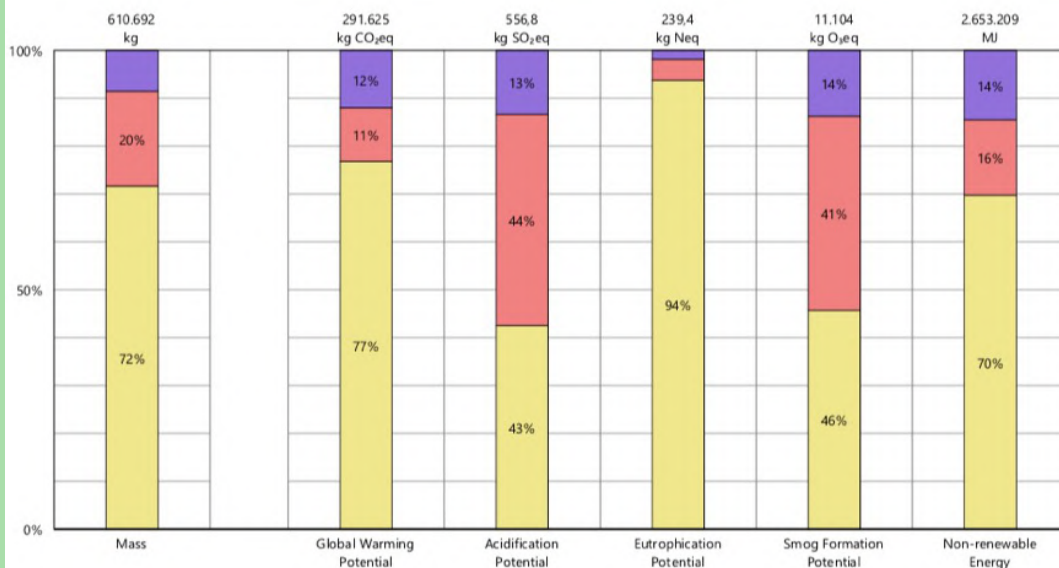


- Impatti minimi relativi alla fase di trasporto.



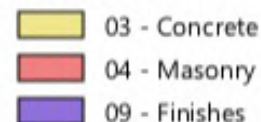
Interpretazione: Risultati per CSI Divisions

Soluzione A

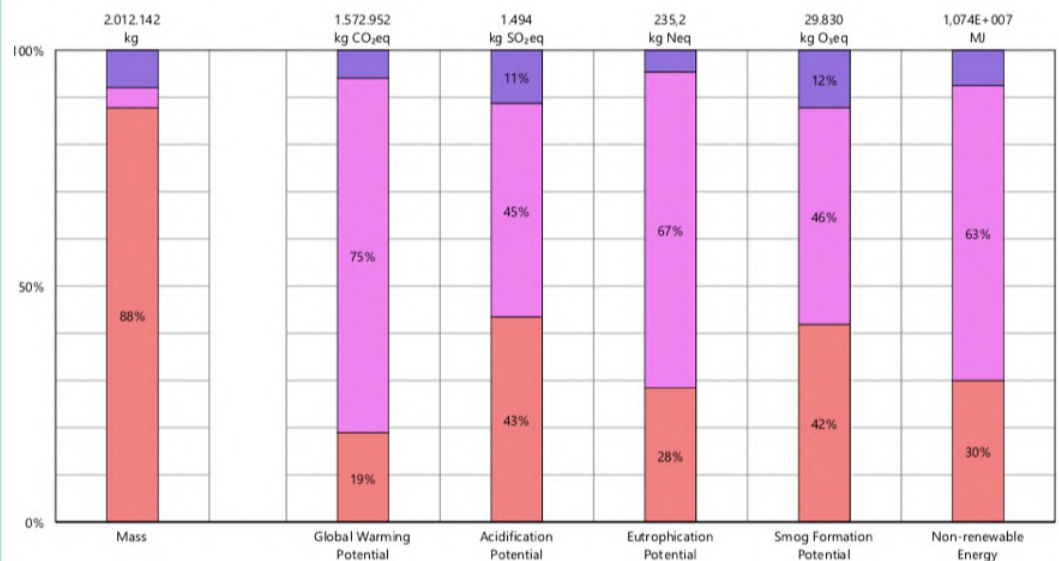


- La categoria «Concrete» registra un valore del GWP pari al 77%.

Divisions

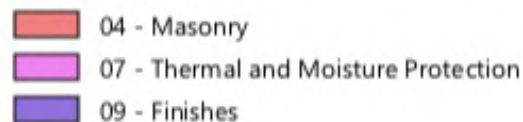


Soluzione B



- La categoria «Protezioni termiche» registra un valore del GWP pari al 75%.
- Ad esso si somma il 19% derivante dalla categoria «Masonry».
- Risparmio in termini di kg di CO₂ equivalente correlato alla soluzione A.

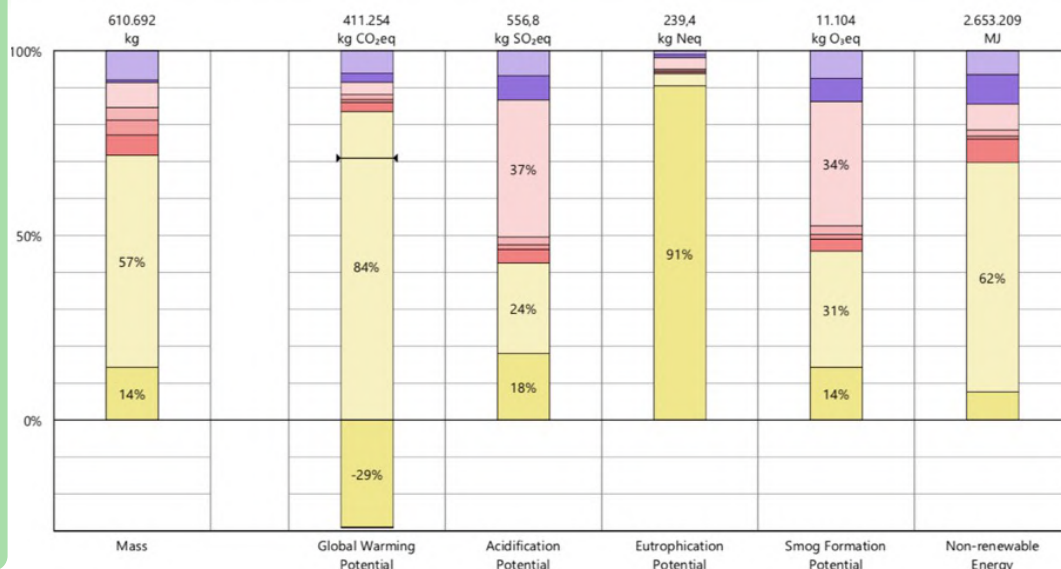
Divisions





Interpretazione: Risultati per CSI Division, dettagliati per materiale

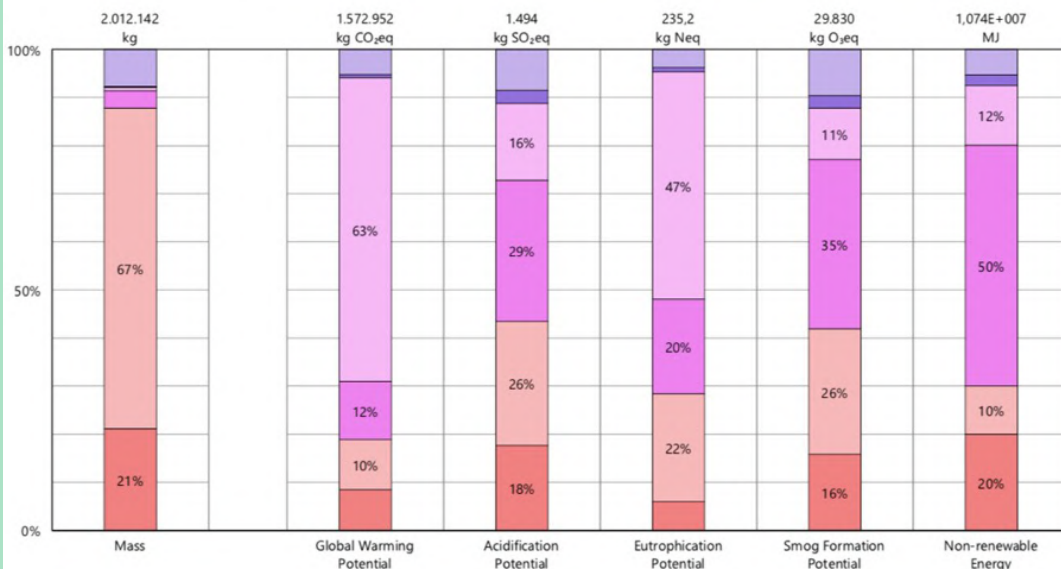
Soluzione A



- 03 - Concrete
 - Hemp hurds
 - Lime
 - 04 - Masonry
 - Brick, generic
 - Mortar type N
 - Mortar type S
 - Stone slab, limestone
 - 09 - Finishes
 - Paint, interior acrylic latex
 - Stucco, portland cement
- Net value (impacts + credits)

L'impiego di «hemp hurds» produce un valore del GWP pari a **-29%**, garantendo una diminuzione del valore netto dell'impatto.

Soluzione B



- 04 - Masonry
 - Brick, generic
 - Mortar type N
- 07 - Thermal and Moisture Protection
 - Stucco, synthetic
 - XPS insulation, Foamular 150, Owens Corning
- 09 - Finishes
 - Paint, interior acrylic latex
 - Stucco, portland cement

L'impiego di «XPS Insulation» produce un valore del GWP pari al **63%**.



Conclusioni: Considerazioni sui risultati ottenuti

Differenza del possibile impatto ambientale tra un prodotto di origine naturale ed uno sintetica

Canapa: oltre alle **ottime qualità di coibenza termica**, la sua capacità di **assorbire CO₂** garantisce un bilancio positivo rispetto agli impatti sull'ambiente.



La scelta dei materiali assume un peso consistente all'interno del processo edilizio.



Usufruire di informazioni inerenti alla sostenibilità in fase di progettazione

consente di indagare una pluralità di alternative di progetto in una **fase** ancora **flessibile** del processo edilizio, effettuando scelte consapevoli e ottenendo una **progettazione ad alto contenuto qualitativo e attenta alla questione ambientale.**



Programmazione

Progettazione

Costruzione

Gestione

Dismissione
Riqualificazione

Fasi del processo edilizio

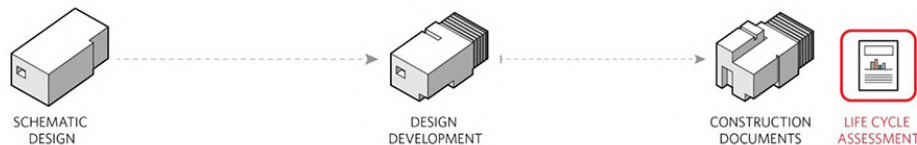


Conclusioni: Considerazioni sul software Tally

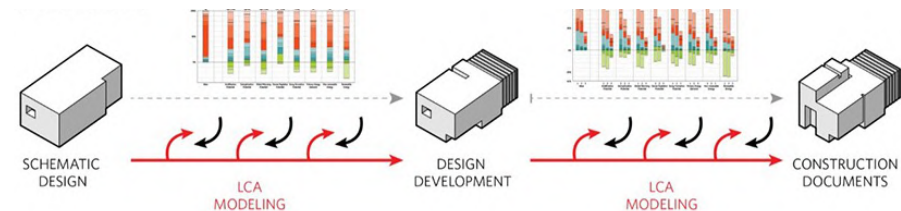
Il BIM a supporto delle analisi LCA

La modellazione BIM consente di gestire un complesso sistema di informazioni e di effettuare, attraverso specifici plug-in, valutazioni LCA in maniera semplificata e quasi immediata.

Standard Workflow



Tally Workflow



Tally database: GaBi 2018

Personalizzazione: Pur non essendo possibile aggiungere i propri dati LCA, molte delle voci nel database consentono un margine di personalizzazione di alcuni parametri.

Provenienza: Banca dati sviluppata all'estero potrebbe produrre risultati poco contestualizzati. La disponibilità di una banca dati riferita al contesto nazionale permetterebbe di incrementare la loro affidabilità.





Flessibilità

Accuratezza

Facilità di utilizzo

Strumento di supporto alla progettazione sostenibile

KNOW

YOUR

IMPACT

Grazie per l'attenzione!