

**Tesi di laurea magistrale**  
**in**  
**Architettura per il progetto sostenibile**

**Gli edifici multipiano in legno e  
l'impatto ambientale.**

Analisi LCA (Life Cycle Assessment) di  
un edificio multipiano in legno destinato al  
social housing sito in Castenaso (BO)



**Politecnico di Torino**  
**Facoltà di Architettura**  
**A.A. 2017/2018**

**Relatore: prof. Guido Callegari**  
**Correlatore: prof. Corrado Carbonaro**

**Candidato: Federico Pavia**

In Italia e nel Mondo, cresce in maniera esponenziale lo sviluppo di edifici multipiano a struttura portante in legno, il quale sta modificando la concezione di sostenibilità nell'ambito dell'edilizia. Cosa sta portando il mondo dell'edilizia verso questa direzione? La situazione ambientale del nostro pianeta è diventata allarmante, le emissioni in atmosfera sono ormai insostenibili ed il surriscaldamento globale è implacabile da oltre 100 anni. Per questo motivo, le politiche ambientali europee e nazionali hanno elaborato programmi validi da oggi al prossimo futuro, finalizzati a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera ed il deperimento delle risorse derivanti da fonti non rinnovabili. L'edilizia gioca un ruolo fondamentale in questo ambito, per questo motivo è necessario un cambiamento di mentalità da parte di tutti, dagli architetti ai committenti, al fine di non recare ulteriori problemi alle generazioni che verranno.

Gli edifici in legno sono, quindi, in grado di soddisfare gli obiettivi futuri imposti dalle politiche e dare un contributo all'abbattimento delle emissioni di carbonio in atmosfera?

Per trovare una risposta concreta, in questa tesi è stato sottoposto ad analisi LCA (Life Cycle Assessment) un edificio multipiano in legno, un caso di social housing in corso di costruzione in provincia di Bologna, denominato il "Frusso" di Castenaso progettato da "SBASTUDIO di Gianluca Brini".

Al termine dell'analisi, il caso studio è stato sottoposto a confronto con altre analisi LCA effettuate in altre parti del Mondo per verificare l'attendibilità dei risultati, e di conseguenza l'effettiva sostenibilità ambientale del progetto con i relativi vantaggi rispetto agli edifici realizzati con soluzioni tecnologiche tradizionali.

L'obiettivo finale della tesi è quello di verificare l'impatto che ha sull'ambiente questa soluzione costruttiva mista legno/calcestruzzo in termini di utilizzo di energia primaria CED (Cumulative Energy Demand) e di potenziale di surriscaldamento globale GWP (Global Warming Potential).

Gli impatti sono stati calcolati nella fase "from cradle to gate" e nella fase d'uso mediante il software SimaPro.



# Indice

*Pagine*

<b>0. Introduzione</b> _____	<b>10</b>
<b>1. L'ambiente e la sua sostenibilità</b> _____	<b>14</b>
<b>2. Situazione ambientale del nostro pianeta</b> _____	<b>20</b>
<b>3. Le politiche ambientali europee</b> _____	<b>32</b>
<b>3.1 I primi quattro programmi di azione ambientale</b> _____	<b>34</b>
<b>3.2 Il quinto programma di azione ambientale</b> _____	<b>37</b>
<b>3.3 Il sesto programma di azione ambientale</b> _____	<b>38</b>
<b>3.4 Il settimo programma di azione ambientale</b> _____	<b>40</b>
<b>4. Sostenibilità ambientale in Europa</b> _____	<b>42</b>
<b>4.1 Una governance integrata delle politiche comunitarie         sul clima e l'energia</b> _____	<b>46</b>
<b>4.2 Progressi fatti verso gli obiettivi nazionali</b> _____	<b>47</b>
<b>4.3 Riduzione del consumo energetico</b> _____	<b>48</b>
<b>5. Life Cycle Assessment</b> _____	<b>50</b>
<b>5.1 Uno strumento accurato per valutare l'impatto         ambientale</b> _____	<b>54</b>
<b>5.2 La valutazione dell'impatto ambientale secondo il         modello LCA</b> _____	<b>57</b>
<b>5.3 Tipologie di Life Cycle Assessment</b> _____	<b>61</b>

<b>6. Carbon Footprint</b>	<b>65</b>
<b>6.1 Rilevanza del Carbon Footprint</b>	<b>68</b>
<b>6.2 Sistemi di valutazione a punteggio</b>	<b>71</b>
<b>7. Il legno come riserva di carbonio</b>	<b>75</b>
7.0.1 Le foreste ed il carbonio	76
7.0.2 L'accumulazione di carbonio nelle foreste	77
<b>7.1 La sequestrazione di carbonio nei prodotti di legno</b>	<b>80</b>
7.1.1 Gestione delle riserve di carbonio	83
<b>8. Life Cycle Assessment degli edifici in legno</b>	<b>85</b>
<b>8.1 Edifici in legno: vantaggi e svantaggi</b>	<b>89</b>
8.1.1 Esempio di Life Cycle Assessment per sistema costruttivo in XLAM	92
<b>9. Il social housing in legno in Italia ed in Europa</b>	<b>95</b>
<b>9.1 Edifici multipiano in legno: la sfida sostenibile</b>	<b>99</b>
<b>10. Caso studio: Il "Frullo" di Castenaso (BO)</b>	<b>105</b>
<b>10.1 Il progetto</b>	<b>108</b>
10.1.1 Piante (fuori scala)	114
<b>10.2 Aspetti tecnologici</b>	<b>122</b>
10.2.1 L'utilizzo del Biomattone in Canapa e Calce	130
10.2.2 L'utilizzo del sughero come materiale isolante	132
<b>11. Analisi LCI (Life Cycle Inventory Analysis)</b>	<b>135</b>
11.0.1 Schemi grafici degli elementi tecnici analizzati	137
<b>11.1 Analisi e calcoli degli elementi tecnici</b>	<b>141</b>

11.1.1 S0_Solaio piano terreno _____	141
11.1.2 S1_Solaio piano primo in c.a. _____	144
11.1.3 S2_Solaio interpiano su parti abitative a struttura lignea _____	147
11.1.4 S3_ Solaio di copertura piana su parte abitativa _____	150
11.1.5 S4_ Solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale _____	155
11.1.6 S5_Solaio balconi e terrazze _____	157
11.1.7 S6_Solaio da interno riscaldato verso esterno	161
11.1.8 S7_Solaio piano primo in c.a. verso esterno__	165
11.1.9 S8_Solaio sporto non calpestabile _____	168
11.1.10 S9_Solaio balcone piano primo _____	170
11.1.11 S10_Solaio di copertura su vano scala _____	173
11.1.12 S11_Solaio di copertura piana su balcone __	175
11.1.13 P1_Pareti perimetrali su parti abitative PT __	179
11.1.14 P2_Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti intonacate _____	182
11.1.15 P3_Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti ventilate _____	186
11.1.16 P4_Parapetti opachi in copertura - Pareti ventilate _____	190
11.1.17 P4_Parapetti opachi in copertura - Pareti intonacate _____	193
11.1.18 P6_Parapetti opachi balconi _____	195
11.1.19 R1_Pareti interne tra unità abitative _____	198
11.1.20 D1_Pareti divisorie interne _____	202
11.1.21 V1_Pareti su vano scala - alloggi _____	205

11.1.22 V2_Pareti su vano scala - esterno _____	208
11.1.23 V3_Pareti su vano scala - esterno (Fronte Sud-Est piano terreno) _____	210
11.1.24 T1_Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi _____	212
11.1.25 T1_Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B) _____	214
<b>11.2 Analisi degli elementi tecnici a scala dell'edificio _____</b>	<b>217</b>
11.2.1 Considerazioni sulle analisi effettuate _____	220
<b>12. Analisi LCIA (Life Cycle Impact Assessment) del "Frullo" di Cstenaso (BO) _____</b>	<b>222</b>
<b>12.1 Analisi LCIA degli elementi tecnici - U.F. [1m<sup>2</sup>] _____</b>	<b>227</b>
12.1.1 S0_Solaio piano terreno _____	227
12.1.2 S1_Solaio piano primo in c.a. _____	229
12.1.3 S2_Solaio interpiano su parti abitative a struttura lignea _____	231
12.1.4 S3_Solaio di copertura piana su parte abitativa _____	233
12.1.5 S4_Solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale _____	235
12.1.6 S5_Solaio balconi e terrazze _____	237
12.1.7 S6_Solaio da interno riscaldato verso esterno	239
12.1.8 S7_Solaio piano primo in c.a. verso esterno__	241
12.1.9 S8_Solaio sporto non calpestabile _____	243
12.1.10 S9_Solaio balcone piano primo _____	245

12.1.11 S10_Solaio di copertura su vano scala _____	247
12.1.12 S11_Solaio di copertura piana su balcone _____	249
12.1.13 P1_Pareti perimetrali su parti abitative PT _____	251
12.1.14 P2_Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti intonacate _____	253
12.1.15 P3_Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti ventilate _____	255
12.1.16 P4_Parapetti opachi in copertura - Pareti ventilate _____	257
12.1.17 P4_Parapetti opachi in copertura - Pareti intonacate _____	259
12.1.18 P6_Parapetti opachi balconi _____	261
12.1.19 R1_Pareti interne tra unità abitative _____	263
12.1.20 D1_Pareti divisorie interne _____	265
12.1.21 V1_Pareti su vano scala - alloggi _____	267
12.1.22 V2_Pareti su vano scala - esterno _____	269
12.1.23 V3_Pareti su vano scala - esterno (Fronte Sud-Est piano terreno) _____	271
12.1.24 T1_Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi _____	273
12.1.25 T1_Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B) _____	275

## 12.2 Analisi LCIA delle unità tecnologiche

Il "Frullo" di Castenaso _____	277
12.2.1 Solaio piano terreno _____	277
12.2.2 Solai interpiano _____	278
12.2.3 Solai di copertura _____	279
12.2.4 Pareti interne verticali _____	280



12.2.5 Pareti perimetrali verticali _____	281
12.2.6 Infissi esterni verticali _____	282
<b>12.3 Considerazioni sui risultati - Unità tecnologiche _____</b>	<b>285</b>
<b>12.4 Risultati dell'analisi LCA: Edifici a confronto</b>	
Il "Frullo" di Castenaso - Edificio di riferimento _____	288
<b>12.5 Fase d'uso e manutenzione _____</b>	<b>291</b>
12.6.1 Fase d'uso e manutenzione: 50 anni _____	293
<b>12.6 Conclusioni: risultati finali a confronto _____</b>	<b>302</b>
 <b>Bibliografia _____</b>	 <b>307</b>
 <b>Ringraziamenti _____</b>	 <b>315</b>

# Introduzione

Sono state numerose le domande poste nel corso di questi due anni di laurea magistrale, a cui spesso, facevo fatica a trovare risposte concrete, esaustive. Proprio queste domande sono state il punto d'inizio per cominciare il percorso che mi ha portato alla redazione di una tesi improntata sull'analisi del ciclo di vita di un edificio multipiano in legno. Perché proprio un'analisi LCA (Life Cycle Assessment)?

Perché questo tipo di analisi racchiude in se la risposta a tutte le domande poste nel corso di questi anni, durante le lezioni, i sopralluoghi delle aree di intervento degli Atelier, le visite nei cantieri, durante i seminari di docenti esterni e via dicendo.

Le domande di cui sto parlando, non sono nient'altro che domande che vengono poste continuamente da persone esterne all'ateneo, persone comuni, quelle con cui interfacciandomi, dicendo loro che corso di studi sto frequentando, spesso mi pongono.

Durante i corsi degli Atelier di progettazione, con i gruppi di lavoro siamo sempre giunti come risultato finale, a progettare edifici con struttura in legno, a struttura portante in Crosslam oppure con sistema a telaio, un po' per scelta personale ed un po' su consiglio dei docenti. In queste sedi sorsero le prime riflessioni, chiedendomi perché venisse scelto proprio il legno come materiale strutturale e non altri materiali magari tecnologicamente più avanzati o, perché no, più sostenibili.

Le lezioni sono state utili ad acquisire maggior conoscenza su questo materiale, i suoi usi, i suoi pregi e difetti nell'edilizia moderna, vedere come viene impiegato nelle sue varie forme in giro per il mondo, ma tutto ciò non bastava a soddisfare le mie riflessioni, non mi sembravano abbastanza quelle caratteristiche positive spiegate a lezione, e continuavo a chiedermi come avrei fatto un domani a convincere un committente, da un padre di famiglia ad un imprenditore, che il futuro dell'edilizia saranno gli edifici in legno e che quindi costruire in legno conviene?

Si sente parlare continuamente di sostenibilità, cambiamenti climatici ed inquina-

mento atmosferico, e l'edilizia in questo ambito, come appreso dalle lezioni frequentate, da un contributo consistente. Per questo motivo, mi chiedevo come gli edifici in legno potessero dare un contributo in termini di sostenibilità, o meglio mi chiedevo quanto fossero sostenibili rispetto ad un comune edificio energivoro costruito negli anni '80, quindi in termini numerici, mi sono chiesto come si misura la sostenibilità di un edificio. Siccome per convincere persone che non abbiano competenze in questo ambito, non basta raccontare solo dei vantaggi degli edifici in legno a parole, ci vogliono dei numeri che li sensibilizzino.

Sulla base di queste riflessioni, ho deciso di intraprendere un percorso con il professor Guido Callegari, il quale dedica il suo tempo e la sua professione allo sviluppo ed alla realizzazione di edifici in legno, grazie al quale, coadiuvato anche dal professor Corrado Carbonaro, sono riuscito a trovare le risposte che cercavo ed a rafforzare la mia conoscenza su questa tipologia costruttiva di edifici.

Inizialmente, il percorso è cominciato cercando di andare a comprendere le motivazioni che stanno spingendo il mondo dell'edilizia ad impiegare così tante risorse sullo sviluppo e la realizzazione di edifici in legno. Partendo da questo spunto di riflessione, è stata effettuata un'approfondita ricerca sulle politiche ambientali passate, presenti e future che stanno portando questo mondo ad un'inversione di rotta, ovvero alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera minimizzando i consumi energetici derivanti da fonti non rinnovabili, il tutto al fine di evitare un continuo aumento della temperatura atmosferica.

Successivamente è stata condotta una ricerca per capire meglio quali siano ad oggi i metodi validi per misurare la sostenibilità ambientale nei vari settori, andando quindi ad analizzare il metodo LCA, il Carbonaro Footprint, l'ESI e l'EMPIs.

Per trovare ulteriori risposte alle riflessioni fatte in precedenza, è stato analizzato in maniera più approfondita il legame tra il legno e la riduzione del Carbonio in atmosfera, andando quindi a consolidare la teoria, che sia proprio il legno il materiale idoneo a soddisfare i requisiti che prospettano le politiche future, analizzate nelle

battute iniziali della tesi. Appurato questo, la ricerca si è quindi concentrata su alcune analisi LCA effettuate sia su edifici costruiti in legno sia su quelli realizzati con struttura portante in cls o acciaio ed altre tecnologie tradizionali.

Questo step, necessario per avere dei termini di paragone effettivi tra le due tipologie ed evidenziare quali siano le differenze in termini di sostenibilità, si è rivelato parecchio complicato, in quanto negli studi effettuati, sulle pubblicazioni che si possono trovare in rete o su articoli scientifici, non sono stati reperiti risultati utili da poter considerare come standard, poichè ogni LCA ha delle caratteristiche intrinseche proprie che rendono ogni studio un caso unico. Data la scarsità di informazioni, la ricerca si è quindi focalizzata sull'analisi di edifici multipiano in legno traendo dalla letteratura quelli che possono essere i vantaggi e svantaggi di questa tipologia di edifici dal punto di vista del comfort igrometrico che mediamente si riesce a raggiungere, alle tempistiche di realizzazione e di progettazione, al funzionamento ed all'articolazione delle fasi di cantiere ed infine ponendo l'attenzione ai vari accorgimenti utili per realizzare un edificio nella maniera più corretta possibile.

L'attenzione è poi stata rivolta alla ricerca di casi concreti di edifici multipiano in legno realizzati a livello internazionale, notando come anche nel campo del social housing si stiano facendo grandi progressi in questa direzione. Sono stati individuati alcuni casi di social housing in Italia ed in Europa realizzati con struttura portante in legno nelle sue varie sfaccettature, come esempi e dimostrazioni che anche in questo ambito, la tecnologia strutturale in legno, trova spazio in quanto offre vantaggi anche dal punto di vista economico raggiungendo allo stesso tempo elevati livelli di qualità progettuale. Gli esempi di social housing realizzati con struttura portante in legno individuati nelle fasi di ricerca, sono stati utili al fine di comprendere come in Italia e in Europa si stia già lavorando in quest'ottica per il raggiungimento degli standard di sostenibilità previsti nei prossimi anni dalle politiche, ed anche per appurare il fatto che questo sia un settore in forte crescita in gran parte d'Europa con forti segnali provenienti anche dall'Italia.

Per questo motivo, su consiglio del professor Callegari, per sviluppare l'analisi LCA è stato scelto proprio su un caso di social housing in legno, il quale è in corso di realizzazione in provincia di Bologna in località Castenaso.

Il caso studio, denominato il "Frullo", realizzato da GBAsudio dell'architetto Gianluca Brini è un chiaro esempio italiano di come, anche in un caso di social housing, grazie alla tecnologia portante in legno, in questo caso a telaio, si possano raggiungere elevati livelli di qualità dell'abitare.

Su questo caso studio, sono state svolte tutte le più minuziose e necessarie indagini per determinare i dati più attendibili possibili; per questo motivo, la fase di Analisi d'inventario (LCI) è stata la parte più laboriosa della redazione dell'intera tesi, poiché l'elevata qualità progettuale di SBA studio ha portato alla progettazione di 25 elementi tecnici, i quali andranno a comporre tutte le parti dell'edificio, per un totale di 45 materiali differenti analizzati uno ad uno.

Il lavoro di LCA è stato poi finalizzato alla determinazione di due categorie di impatto (Cumulative Energy Demand e Global Warming Potential) che l'edificio ha sull'ambiente, considerando il processo solamente nella fase "dalla culla al cancello" ed in quella d'uso per un periodo di 50 anni.

I risultati, sono stati ricavati mediante l'utilizzo di un software denominato SimaPro, la cui licenza di proprietà del Politecnico di Torino ha vincolato l'utilizzo di tale software nelle sedi in cui questa è presente, sempre supervisionato e coadiuvato dal professor Corrado Carbonaro.

Il fine ultimo della tesi, volto a dimostrare l'effettiva sostenibilità degli edifici con struttura portante in legno, e nel nostro caso, quella del "Frullo" di Castenaso, è stato raggiunto mettendolo a paragone con un'altri studi LCA effettuati in altre parti del Mondo, dimostrando l'effettiva sostenibilità ambientale del progetto.

## INTRODUZIONE

Nel corso dei decenni recenti, i problemi di tipo ambientale si sono globalizzati, sia come esistenza che come effetti; allo stesso modo, le forze di tipo sociale ed economico che ne sono la causa hanno subito una profonda globalizzazione. In effetti, gli esseri umani si sono trovati di fronte a condizioni ambientali precarie in tutta la loro storia; tuttavia, le istanze di tipo ambientale sono diventate più evidenti e comuni grazie ai processi di industrializzazione e di urbanizzazione. A titolo di esempio, considerando gli Stati Uniti d'America, l'inquinamento che interessa l'aria e l'acqua, causate dalla presenza di fabbriche e da una forte urbanizzazione, ha attirato una crescente attenzione, diventando un problema riconosciuto a partire dagli anni Sessanta. Inoltre, dalle preoccupazioni concernenti alla salubrità dell'acqua e dell'aria, si è passati ad altri ordini di problemi, che hanno a che fare con l'erosione del suolo, la deforestazione, la contaminazione causata dai pesticidi, e la diminuzione di specie e popolazioni animali, solo per citare qualche esempio (Fig.1).



Figura 1. Alcuni esempi di problematiche ambientali

Tale consapevolezza si è resa possibile grazie al lavoro ed alla dedizione di attivisti, scienziati dell'ambiente e da decisori politici; tale tipo di preoccupazioni, con il passare del tempo, ha finito con il convergere nella categoria generale dei 'problemi ambientali'<sup>1</sup>. Da tale coscienza nacque l'iniziativa nota come il 'Giorno della Terra', che si tenne negli Stati Uniti nel 1970, precedendo di quasi due anni la Conferenza di Stoccolma organizzata dalle Nazioni Unite, che fece della 'qualità ambientale' una

<sup>1</sup> Dunlap, R.E., Jorgenson, A.K., *Environmental problems*, The Wiley-Blackwell Encyclopedia of Globalization, 2012, p. 1.

delle urgenze dell'agenda politica internazionale. Inoltre, in seguito ad un'altra conferenza, quella tenutasi nella capitale del Brasile nel 1992, nacquero dei partiti politici 'verdi' in diversi Paesi dell'Europa, richiamando sulle istanze ambientali l'attenzione di cittadini e governi nel mondo intero<sup>2</sup>. I problemi legati all'ambiente, specialmente quelli legati ai cambiamenti climatici indotti dalle attività umane, continuano ad avere un posto importante all'interno dell'agenda politica globale. Tuttavia, quando si parla di 'problematiche dell'ambiente', ci si riferisce ad un concetto omni-comprendivo e piuttosto vago; di conseguenza, è necessario fare un po' di chiarezza sulla natura di tali problemi, e di come essi nascano dall'utilizzo dell'ambiente da parte degli esseri umani. A questo proposito, gli ecologisti osservano che esso fornisca diversi 'beni e servizi' per gli esseri umani<sup>3</sup>; tuttavia, è possibile classificare questi ultimi all'interno di tre funzioni generali. Prima di tutto, l'ambiente fornisce le risorse che sono necessarie per la vita dell'essere umano, come l'aria e l'acqua pulite, cibo e riparo, oltre alle risorse naturali che vengono usate dalle attività di tipo industriale. Da tale prospettiva, l'ambiente serve come 'deposito', provvedendo quello che gli ecologisti chiamano il 'sostentamento di base' per le società umane. Le risorse che vengono messe a disposizione sono di tipo rinnovabile e non; di conseguenza, quando si ha un uso eccessivo di queste ultime, come l'acqua, è possibile avere una carenza anche delle prime, come può succedere per le energie fossili. Inoltre, nel corso del processo di consumo delle risorse, l'uomo produce prodotti di scarto; in effetti, gli esseri umani producono una grande quantità e diversità di scarti, in misura nettamente maggiore rispetto alle altre specie. Da questo punto di vista, l'ambiente serve da 'deposito di rifiuti', sia mediante il loro assorbimento che il loro riciclo in altre sostanze, utili, o almeno che rechino meno danno. Quando gli scarti risultano superiori alla capacità che l'ambiente possiede nell'assorbirli, si ha come risultato

---

2 Frank, D.J., Hironaka, A., Schofer, E., *The nation-state and the natural environment over the twentieth century*, *American Sociological Review* 65, 2000, pp. 96–116.

3 deGroot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*, *Ecological Economics* 41, 2002, pp. 393–408.

l'inquinamento dell'acqua e dell'aria. Infine, esattamente come avviene per le altre specie, anche gli esseri umani hanno bisogno di un posto dove svolgere le loro vite. In questo senso, si può dire che l'ambiente fornisca l'habitat umano, ovvero il luogo in cui svolgere le diverse attività umane, come il lavoro, il viaggio ed altre attività<sup>4</sup>. In questo modo, si vede chiaramente come la terza funzione sia quella di fornire uno spazio in cui vivere alle diverse popolazioni umane; quando tale spazio viene usato in modo eccessivo, che si tratti di una singola città o dell'intero pianeta, quello che ne risulta è la sovrappopolazione e/o un sovraffollamento. In altri termini, quando gli esseri umani sfruttano eccessivamente le capacità dell'ambiente nel svolgere le sue diverse funzioni, il risultato sono i 'problemi ambientali', ovvero l'inquinamento, la scarsità di risorse e la sovrappopolazione. Inoltre, non solamente l'ambiente deve poter assolvere alle tre funzioni menzionate in precedenza, ma si deve considerare che, quando ci si avvale di una singola funzione, la capacità di provvedere le altre diminuisce. A questo proposito, si nota come sia apparente l'incompatibilità tra la funzione di spazio vitale e quella di deposito per gli scarti. Infatti, quando un'area viene usata per depositare gli scarti, essa diviene immediatamente inutilizzabile come spazio per vivere; allo stesso modo, quando materiali pericolosi penetrano nel suolo e lo contaminano, interessando, eventualmente, anche le acque, è chiaro come l'area non possa essere più usata come deposito di acqua potabile o per la produzione di prodotti agricoli. Infine, si consideri come la conversione di un'area forestale o adibita alle colture in abitazioni crei maggior spazio per le persone, in termini di spazio per vivere, ma, allo stesso tempo, la stessa terra non può più essere usata come un habitat per le altre specie o come fonte di legname.

Separare le funzioni dell'ambiente ed analizzare gli usi conflittuali che si possono fare di esse, serve ad avere una maggiore comprensione rispetto all'evoluzione dei problemi ambientali nel corso del tempo. Infatti, durante gli anni Sessanta e l'inizio della decade successiva, la consapevolezza di tali problematiche stava crescendo negli Stati Uniti d'America; di conseguenza, i problemi che erano maggiormente

<sup>4</sup> Dunlap, R.E., Jorgenson, A.K., *Environmental problems*, op.cit.



percepiti erano quelli riguardanti l'inquinamento dell'aria e dell'acqua, oltre alla protezione delle aree che presentavano bellezze di tipo naturale ed avevano un valore di tipo ricreativo. Successivamente, la 'crisi energetica' del 1973-1974 mise in luce il problema della dipendenza dai combustibili fossili delle moderne economie industrializzate, insieme alla vulnerabilità rispetto alla carenza di energia che, in ultima analisi, deriva dal fatto che il deposito di risorse energetiche globali è limitato. Invece, la rilevanza della funzione intesa come spazio vitale cominciò a diventare una priorità verso la fine degli anni Settanta, quando si scoprì che un intero quartiere dello Stato di New York era costruito su un sito abbandonato di scorie chimiche, da cui fuoriuscivano sostanze tossiche. Purtroppo, la scoperta non fu isolata, ma fu solo la prima di una lunga serie di siti contaminati, anche se raramente si cercava di rimediare alla situazione; ovviamente, il discorso non è valido solamente per gli Stati Uniti d'America, ma anche per il resto del mondo. In particolare, i problemi ambientali si accompagnano ad una maggiore industrializzazione, che comporta un uso più intenso delle risorse naturali, con la loro conseguente diffusione a livello locale e regionale<sup>5</sup>. Inoltre, è necessario considerare come le problematiche derivanti dalle incompatibilità a livello funzionale che riguardano scale geografiche più grandi siano diventate più comuni negli ultimi decenni. In particolare, il bisogno di spazi per vivere, di terreni agricoli e di legname ha comportato il fenomeno della deforestazione tropicale e la perdita di biodiversità (Fig.2), mentre l'uso dell'atmosfera come sito di smaltimento per gas tossici, come quello 'serra', ha prodotto un danneggiamento alla fascia di ozono, comportando anche cambiamenti di tipo climatico.



Figura 2. Immagine relativa al fenomeno della deforestazione

5 Ibidem, p. 2.

A sua volta, il fenomeno del riscaldamento globale minaccia l'abitabilità o la produttività agricola di alcune aree, con particolare riguardo per quelle costiere, producendo cambiamenti che riguardano anche le temperature dell'oceano, che diventano pericolose per la barriera corallina e le popolazioni ittiche da cui dipendono gli esseri umani.

Quando si considera la scala geografica di tali problematiche, con gli impatti che hanno a livello internazionale, si capisce come si sia in presenza di una vera e propria globalizzazione dei problemi dell'ambiente. Le considerazioni svolte in precedenza, mostrano come le attività svolte dall'uomo diminuiscano la capacità dell'ambiente di assolvere alle sue funzioni; tuttavia, sembra più corretto parlare di 'ecosistemi' e non di 'ambiente', quando si considerano i servizi e prodotti offerti all'uomo così come alle altre specie. Quando si eccede la capacità di un dato ecosistema di assolvere ad una o più delle sue funzioni, non si mette solo in pericolo quella funzione, ma anche l'intero ecosistema. Un esempio di uso eccessivo da parte dell'uomo, che ha comportato un potenziale collasso dell'ecosistema, lo si ha nella condizione estremamente precaria che caratterizza il mare di Aral, situato nell'area dell'ex-Unione Sovietica. Tale situazione è il risultato della combinazione tra inquinamento portato dalle attività industriali e la diversione dell'acqua per scopi agricoli. Simili processi, combinati con l'urbanizzazione, pongono una seria minaccia alla sopravvivenza per la zona della 'Everglades' in Florida; gli ecologisti e gli esperti del clima sono preoccupati ancora di più dal crescente uso dei combustibili fossili, usati come fonte principale di energia da parte delle moderne economie industrializzate. Infatti, tale situazione comporta, se non viene corretta, un cambiamento climatico significativo, mediante l'emissione di gas-serra, come l'anidride carbonica. In questo modo, l'impatto sull'intero ecosistema potrebbe avere conseguenze irreversibili e non prevedibili, potenzialmente dannose sia per gli esseri umani che per le altre specie. A questo proposito, gli esperti parlano di 'ecological footprint' (Fig.3), una misura in grado di considerare le tre funzioni svolte dall'ambiente, valutando il 'cari-

co' posto dalle attività umane sull'intero ecosistema<sup>6</sup>.



Figura 3. L'ecological Footprint

I risultati suggeriscono che le attività svolte dall'uomo non sono sostenibili nel lungo termine, in termini di produzione di scarti, uso della terra e delle risorse naturali<sup>7</sup>. Detto in altri termini, questo significa che lo stile di vita delle popolazioni umane stanno esaurendo risorse non rinnovabili, come i combustibili di tipo fossile, oltre a creare mancanze di risorse rinnovabili, come l'acqua fresca, foreste e stock di ittico. Inoltre, tale situazione comporta livelli crescenti di inquinamento, con particolare riguardo per gli scarti pericolosi; in questo modo, la crescente popolazione umana sta eccedendo la capacità di sostentamento degli ecosistemi a livello globale.

I cambiamenti che si sono prodotti nella domanda globale di ecosistemi possono essere meglio compresi se si confronta la situazione, anche se in maniera semplificata, rispetto ad un secolo prima. Quando viene operato tale confronto, si nota come in passato il conflitto tra le tre funzioni fosse relativamente modesto, dato che, generalmente, la disponibilità di terreno disponibile per le attività umane era molto elevata. Inoltre, l'uso combinato dell'ecosistema globale per le tre funzioni menzionate in precedenza era sostenibile nel lungo termine; invece, la situazione attuale si caratterizza per una maggiore diffusione di conflitti tra le funzioni ambientali, dato che esse sono sempre più sfruttate da parte degli esseri umani, rendendo

6 Haberl, H., Wackernagel, M., Krausmann, F., et al., *Ecological footprints and human appropriation of net primary production: a comparison*, Land Use Policy 21, 2004, pp. 279–288.

7 Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., et al., *Shrink and share: humanity's present and future footprint*, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 363, 2008, pp. 467–475.

le attività dell'uomo non più sostenibili nel lungo termine. Ancora, sembra apparente che il carico dato dalle popolazioni umane sia non sostenibile, dato che l'uso delle risorse presenti negli ecosistemi risulta superiore alla capacità di sostegno nel lungo termine.

Da un punto di vista storico, il concetto che le società umane fossero limitate nella loro crescita, si basava sulla possibilità di esaurire le riserve di cibo o di risorse naturali, come il petrolio; tuttavia, quando si parla di 'limiti ecologici', ci si riferisce al fatto che la capacità dell'ecosistema di assolvere alle tre funzioni allo stesso tempo sia finita. Forzare l'uso degli ecosistemi può significare danneggiarli in modo irreparabile; uno di tali limiti consiste nella capacità dell'atmosfera terrestre in termini di assorbimento delle emissioni di gas-serra senza avere impatti deleteri sul clima, rendendo la prevenzione del riscaldamento globale una missione di importanza primaria. Ancora, si può considerare la natura globale di quelli che vengono chiamati problemi o limiti ecologici; tuttavia, nonostante venga riconosciuta l'ampiezza di tali problematiche, che hanno un impatto sulle società umane che popolano il mondo intero, sembra chiaro come alcune di queste abbiano dato un contributo decisamente sproporzionato ai problemi correnti, ponendo domande maggiori sugli ecosistemi globali. A questo proposito, gli analisti dell'ambiente sottolineano come il contributo dato dalle nazioni più povere siano decisamente inferiori a quello dato dalle nazioni più ricche e dai loro cittadini<sup>8</sup>.

## 2 Situazione ambientale del nostro pianeta

La relazione reciproca tra progresso economico, gestione dell'ambiente e benessere individuale è decisamente complessa, ed ha un profondo impatto sulla qualità e

---

<sup>8</sup> York, R., Rosa, E.A., Dietz, T., *Footprints on the earth: the environmental consequences of modernity*, American Sociological Review, 68, 2003, pp. 279–300.

sulla sostenibilità delle società in cui gli uomini si trovano a vivere<sup>9</sup>. In generale, si assiste ad una crescente presa di coscienza, sia da parte del pubblico che da parte di operatori specializzati, come ingegneri, coloro che hanno la responsabilità di prendere le decisioni, attivisti dell'ambiente e ricercatori dell'area medica, di come le tre aree che si sono menzionate in precedenza siano profondamente legate tra loro. Nel corso del tempo passato, gli ecosistemi del mondo sono stati in grado di assorbire il danno a loro arrecato da parte di un esteso sviluppo ed industrializzazione. Tuttavia, il rapido aumento della popolazione mondiale, oltre che dei processi di industrializzazione, hanno comportato delle maggiori richieste in termini di risorse naturali, come l'acqua fresca, rendendo non più sostenibile il modello che prevedeva un ecosistema equilibrato ed in buono stato<sup>10</sup>. Di conseguenza, la risoluzione dei problemi di natura ambientale richiede un approccio coordinato; inoltre, il modello dello sviluppo sostenibile viene considerato come quello da seguire, da parte di diverse organizzazioni e portatori di interessi. A questo proposito, si assiste ad un crescente numero di aziende che agiscono e comunicano in funzione degli obiettivi posti dalle tre aree date dall'economia, dalla società e dall'ambiente<sup>11</sup>.

Si sente dunque l'esigenza di migliorare il livello generale di salute delle società in cui gli uomini si trovano a vivere; una delle chiavi di questo miglioramento consiste nella comprensione del nesso esistente tra la gestione dell'ambiente, la salute umana e lo sviluppo sostenibile. Inoltre, date le implicazioni di questo discorso, è bene considerare alcuni fenomeni, come la globalizzazione, la salute degli ecosistemi, il progresso umano, la povertà e la bioetica, ed infine l'uso delle risorse ed il loro riciclo.

---

9 Maila, M.W., *Grounding Sustainable Development in Praxis-Furthering Accountability and Collaboration*, in Ahmad, A., *World Sustainable Development Outlook 2006: A Global and Local Resources in Achieving Sustainable Development*, Switzerland, Inderscience, 2006, pp. 1-11.

10 Mahmoudi, H., et al., *Application of geothermal energy for heating and fresh water production in a brackish water greenhouse desalination unit: A case study from Algeria*, JR-SER, 14(1), 2010, pp. 512- 517.

11 Goosen M.F A., et al., *Fouling of Reverse Osmosis and Ultrafiltration Membranes: A Critical Review*, Separation Science and Technology, 39(10), 2004, pp. 2261-2298.

Per cominciare, è possibile considerare come la bioetica sia legata in modo molto stretto al tema degli ecosistemi; una visione di bioetica del genere, molto ampia, si abbina perfettamente alla nozione di sviluppo sostenibile.

A questo proposito, è stato suggerito come un'educazione al rispetto di questo modello dovrebbe essere la base dell'educazione delle nuove generazioni, dato che rappresenta il mezzo principale per promuovere i cambiamenti culturali che sono richiesti per la sopravvivenza<sup>12</sup>.

In questo senso, la bioetica dovrebbe essere una piattaforma utile per l'educazione alla sostenibilità, dato che è stato osservato come sia essenziale poter applicare valori e principi per guidare le condotte dei decisori o di chi usa la tecnologia<sup>13</sup>. Inoltre, i progressi fatti dalla giurisprudenza ambientale internazionale sostengono la funzione di guida dei principi bioetici, all'interno del processo di sviluppo a livello mondiale. A questo riguardo, esiste uno studio decisamente interessante, che ha preso come caso di studio il continente africano, analizzato in termini di povertà (Fig.4), sviluppo sostenibile e terre urbane<sup>14</sup>.



Figura 4. Immagine che rappresenta la situazione di povertà nel continente africano

12 Goosen, M.F., *Environmental management and sustainable development*, Procedia Engineering, 33, pp. 6-13.

13 Gabaldón, A.J., Aguilera, M., *Bioethical Dimensions of Sustainable Development*, in Laboy-Nieves, E.N, et al., *Environmental Management, Sustainable Development and Human Health*, Taylor & Frances Publ, London, 2009, pp. 59-66.

14 Hammond, F.N., Somevi, J., *Poverty, Urban Land and Africa's Sustainable Development Controversy*, in Laboy-Nieves, E.N, et al., *Environmental Management, Sustainable Development and Human Health*, op.cit., pp. 95-110.

La scelta dell’Africa non è stata affatto casuale, dato che essa si configura come un caso unico in termini di povertà e sviluppo sostenibile, dato che circa il 41% dei suoi abitanti vive in condizioni di povertà estrema, con meno di 1\$ al giorno<sup>15</sup>.

Da una parte, si notano le pressioni internazionali sui governi per riabilitare i sistemi economici e raggiungere gli obiettivi di riduzione della povertà fissati dalle Nazioni Unite; a questo proposito, si nota come la stessa povertà derivi da un’allocazione non efficiente delle risorse naturali, oltre che del lavoro e del capitale, di sotto-utilizzazione delle risorse e di una distribuzione dei redditi altamente iniqua. Gli esperti di economia con un orientamento liberale o moderato affermano che le persone in quanto attori economici cercano di massimizzare il proprio interesse ed i relativi profitti. In questo modo, si determinerebbe, anche se non volontariamente, un’allocazione ed uso delle risorse efficienti; lo sviluppo sostenibile si compone di un profilo ambientale, oltre che di uno economico ed uno sociale. Da una prospettiva puramente economica, una risorsa viene allocata in modo efficiente ed usata in modo ottimale, quando ne viene fatto un uso che genera il ritorno più alto possibile. Da un punto di vista sociale, poi, un’equa distribuzione dei redditi può essere ottenuto mediante meccanismi e benefici di tipo sociale, come le misure di sostegno al reddito, oppure di benefici in condizione di disoccupazione, o ancora mediante lo studio gratuito o la fornitura di servizi essenziali, come la salute o i trasporti. Dal punto di vista ambientale, che è quello che interessa in questa sede, gli obiettivi sociali ed economici devono essere perseguiti in modi che arrechino il danno minimo alla qualità dell’ambiente, e che siano in grado di limitare o arrestare l’esaurimento delle risorse che non possono essere sostituite.

Un altro rapporto interessante è quello che si instaura tra la sostenibilità e la performance dell’organizzazione; infatti, sempre più imprese, a livello globale, decidono di includere attività e performance ecologica all’interno dei loro bilanci e documenti finanziari. Inoltre, i portatori di interesse richiedono, in misura crescente, di trovare

---

15 Stern, N., *The Economics of Climate Change: the Stern Review*, UK Government Report, October, 2006, pp. 1ss.

nuove e migliori modalità per la comunicazione delle istanze legate all'ambiente (Fig.5). Infine, si osserva come il top management diventi sempre più consapevole del fatto che le istanze ambientali debbano essere affrontate e gestite da parte delle loro organizzazioni<sup>16</sup>.



Figura 5. Immagine esemplificativa delle istanze legate all'ambiente

Tuttavia, si capisce bene come tale presa di coscienza generale non possa essere soddisfatta solamente dal cosiddetto 'reporting ambientale'; al contrario, è possibile usare la *Balanced Scorecard* per individuare le istanze relative all'ambiente, mediante l'identificazione delle aree-chiave che richiedono l'attenzione e l'azione del top management. In questo modo, è possibile avere sostegno per i miglioramenti che si rendono necessari, attraverso la definizione di un concetto di performance ambientale che sia, allo stesso tempo, attuabile e raggiungibile. Per questa ragione, alcuni autori hanno considerato la variabile ambientale come quinto fattore della *Balanced Scorecard*, capace di migliorare i risultati di un'organizzazione<sup>17</sup>.

16 Kaplan, R.S., Norton, D.P., *The Strategy-Focused Organization*, Boston, Harvard Business School Press, 2001, pp. 1ss.

17 Ajlouni, M.M., *The Environment as a Fifth Component of a Balanced Scorecard for*



Per quanto riguarda nel merito la situazione globale del nostro pianeta, dal punto di vista ambientale, essa viene catturata da diversi documenti predisposti dalle diverse organizzazioni internazionali; a questo proposito, uno dei riferimenti più autorevoli è rappresentato dal report annuale preparato dalle Nazioni Unite<sup>18</sup>. Le parole iniziali del segretario generale di questa organizzazione non sono incoraggianti; infatti, viene sottolineato come il 2016 sia stato uno degli anni più critici, dato che si sono registrate le temperature più alte di un secolo che è appena iniziato. Una situazione del genere non mette a rischio solamente gli ecosistemi e la biodiversità a livello globale, ma pone anche una seria minaccia per la pace, la sicurezza ed un modello di sviluppo sostenibile<sup>19</sup>. In effetti, si osserva come diversi conflitti siano innescati, peggiorati o prolungati dalla competizione che avviene rispetto alle risorse naturali che sono scarse. Il cambiamento climatico in corso peggiorerà tale situazione, ed è per questa ragione che la protezione dell'ambiente diventa di primaria importanza per la prevenzione delle guerre ed il sostegno della pace a livello globale. Inoltre, il segretario generale osservava come il tempo e le risorse che erano spese per reagire alle crisi fossero eccessive, e di come fosse decisamente preferibile adottare un approccio che si basi sulla loro prevenzione, al cui centro deve essere posta la cura per l'ambiente. In particolare, si nota come, aiutando le diverse nazioni a ridurre ed adattarsi agli effetti del cambiamento climatico, sia possibile diminuire il rischio di avere disastri naturali che conducono all'instabilità. Per questo motivo, sono state individuate tre aree su cui concentrare gli sforzi, ovvero la 'resilienza climatica', una crescita che sia a basse emissioni di agenti tossici, ed infine il programma conosciuto come 'REDD+' (Fig.6). Rispetto al primo obiettivo, si osserva come le Nazioni Unite sostengano i Paesi che si avvalgono un approccio basato sugli ecosistemi, per contribuire alla resilienza rispetto al cambiamento climatico. Per quanto riguarda

*Improving Organizational Performance, in Laboy-Nieves, E.N, et al., Environmental Management, Sustainable Development and Human Health, op.cit., pp. 111-132.*

18 United Nations, 2016 Annual Report, *Empowering people to protect the planet*, 2017, pp. 1ss.

19 *Message from Antonio-Gutierrez, Secretary-General of the United Nations*, in United Nations, 2016 Annual Report, *Empowering people to protect the planet*, op.cit.

il secondo obiettivo, invece, il sostegno è verso le nazioni che scelgono di adottare misure per l'efficienza energetica, per l'accesso al finanziamento dell'energia pulita, e che hanno come obiettivo la riduzione delle emissioni di gas-serra ed altri agenti inquinanti, mediante la transizione verso le fonti rinnovabili di energia.



Figura 6. Logo del programma REED+

Infine, il programma 'REDD+' prevede una capitalizzazione degli sforzi dei Paesi che decidono di investire in attività che hanno l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas inquinanti che derivano dalla deforestazione e dalla degradazione delle foreste.

Questo viene fatto attraverso adeguate tutele dal punto di vista sociale ed ambientale. Grazie agli sforzi che sono stati compiuti in questo senso, nel 2016 diversi Paesi hanno avuto la possibilità di accedere a finanziamenti per l'implementazione di adattamenti basati sugli ecosistemi.

Rispetto, invece, alla promozione di una crescita alimentata da basse emissioni di agenti inquinanti, sono stati sostenuti sei Paesi del continente africano per consentire loro di esplorare il potenziale in termini di energia geotermica. Tali sforzi hanno permesso di installare 3 milioni di metri quadri di pannelli solari in 5 di tali nazioni, aiutando altre otto ad accedere alle tecnologie legate all'energia rinnovabile ed all'efficienza energetica.

Sul fronte dei disastri e dei conflitti, il lavoro delle Nazioni Unite si è concentrato in due aree principali, ovvero la riduzione del rischio e la risposta e riabilitazione; rispetto al primo versante, le nazioni vengono aiutate ad avvalersi della gestione ambientale per prevenire e ridurre i rischi che si abbiano pericoli naturali, disastri industriali e conflitti. Invece, per quanto riguarda la seconda dimensione, si tratta di

sostenere i Paesi che devono affrontare le conseguenze di un conflitto o disastro, allo scopo di individuare e risolvere i rischi di tipo ambientale che potrebbero comportare serie conseguenze dal punto di vista economico e sociale. A livello globale, si è notato come una delle chiavi che determinano il successo di questo tipo di interventi sia data dall'integrazione delle soluzioni ambientali per la riduzione dei rischi all'interno del sistema e delle politiche delle Nazioni Unite.

Rispetto, invece, al management dell'ecosistema, le aree su cui si sono concentrati gli sforzi sono state tre; la prima è relativa al 'enabling environment', mediante la quale le nazioni vengono aiutate ad incorporare il valore ed il funzionamento a lungo termine degli ecosistemi nei loro modelli di pianificazione ed accounting.

La seconda dimensione è invece data dalla produttività degli ecosistemi, acquatici e terrestri; in questo caso, i Paesi vengono aiutati ad adottare un approccio ecosistemico per la gestione delle risorse che si trovano in acqua così come sulla terraferma. Infine, ci si è concentrati sulla produttività che riguarda gli ecosistemi marini, dando un aiuto per adottare un approccio ecosistemico in quest'area.

In generale, i diversi Paesi vengono aiutati a tenere in considerazione i servizi forniti dagli ecosistemi, a valutare la qualità delle acque, e ad incorporare le richieste dell'ambiente quando si tratta di sviluppare i modelli alla base delle loro politiche<sup>20</sup>. Alla fine del 2016, sono stati 11 i Paesi, tra cui le Filippine, il Kenya ed il Brasile, che avevano messo in atto dei sistemi di rendicontazione basati sugli ecosistemi. Inoltre, 13 nazioni avevano cominciato a mettere in atto misure per aggiornare i loro modelli sulla qualità delle acque, mentre 44 avevano provveduto ad incorporare la salute e la produttività degli ecosistemi all'interno dei modelli adottati per almeno una o due aree relative alle politiche.

Sul fronte delle sostanze chimiche e degli scarti, gli sforzi si sono focalizzati in tre macro-aree principali; la prima ha riguardato le capacità dell'ambiente, sostenendo i Paesi che intendono sviluppare politiche e capacità istituzionali per una sana

---

20 *Ecosystem Management*, in United Nations, *2016 Annual Report, Empowering people to protect the planet*, op.cit.

gestione delle sostanze chimiche e degli scarti. La seconda, invece, ha operato nel supporto dei Paesi e di altri portatori di interesse rilevanti per la gestione delle sostanze di tipo chimico, dando vita ad accordi multilaterali; infine, ci si è concentrati sugli scarti, in vista di una gestione degli stessi e dell'attuazione dei relativi accordi di carattere multilaterale. Grazie all'azione delle Nazioni Unite, alla fine del 2016 sono stati 15 i Paesi che hanno proceduto alla ratificazione degli accordi sul mercurio di Minamata. In questo modo, sono necessarie altre 15 ratifiche affinché la Convenzione possa cominciare ad essere operativa; ancora, è interessante notare come, 7 nazioni abbiano dichiarato di aver predisposto precise politiche per il controllo del piombo nelle vernici, facendo aumentare a 66 il numero dei Paesi ad averlo fatto. Dal punto di vista delle sostanze chimiche, si nota come nel corso del 2016 siano stati tre i governi ad aver affrontato le problematiche legate a tali istanze; ancora, il Comitato Olimpico ha deciso di usare solamente oro certificato per produrre le medaglie olimpiche da assegnare ai Giochi di Rio de Janeiro. Rispetto, invece, agli scarti, un governo, due imprese private e tre organizzazioni che provengono dalla società civile hanno potuto affrontare tale priorità, grazie al supporto delle Nazioni Unite. In seguito al devastante terremoto in Pakistan del 2015, tale organizzazione internazionale ha sostenuto il governo nello sviluppo di una strategia per gestire circa 4 milioni di tonnellate di detriti lasciati dal disastro naturale. Inoltre, questo Paese è stato anche aiutato a creare un modello sostenibile di ricostruzione che fosse anche efficiente dal punto di vista energetico.

Tuttavia, gli sforzi delle Nazioni Unite in ambito ambientale non si esauriscono certamente agli ambiti di cui si è discusso brevemente in precedenza; infatti, l'attività si è concentrata anche sull'efficienza delle risorse. A questo proposito, tre sono state le dimensioni ad essere affrontate, di cui la prima è relativa alle abilità che riguardano il contesto delle politiche; a questo proposito, si osserva come le nazioni siano state supportate ad effettuare la transizione verso economie 'verdi' di tipo inclusivo. La seconda area ha riguardato i settori e l'offerta, ovvero il lavoro svolto insieme ai

vari governi, alle imprese ed alle organizzazioni della società civile per rendere maggiormente sostenibili le catene di fornitura globale. Infine, ci si è focalizzati sugli stili di vita e sul consumo, per mettere nelle condizioni di vivere e consumare in modo sostenibile non solo i Paesi, ma anche le imprese ed altri portatori di interesse<sup>21</sup>. Grazie agli sforzi fatti, nel 2016 sono state 10 le nazioni che hanno adottato un modello 'green' di economia, o che hanno iniziato ad implementarlo; sempre lo stesso numero di Paesi hanno deciso di adottare lo stesso modello per la produzione o il consumo. Tale lavoro è necessario per promuovere una transizione globale verso un modello di economia che si basi su un basso uso di carbone, un'efficienza globale delle risorse, ed infine un'inclusione effettiva dal punto di vista sociale. Nel tentativo di avere a disposizione delle catene di fornitura sostenibili, le aree su cui si sono concentrati maggiormente gli sforzi sono state quella finanziaria, quella degli edifici e delle costruzioni, del turismo, così come delle piccole e medie imprese. Nel corso del 2016, grazie a tale impegno, sono state 27 le nazioni, imprese ed istituzioni ad aver intrapreso passi concreti per rendere i settori dell'economia menzionati in precedenza maggiormente sostenibili. Grazie agli strumenti analitici messi a loro disposizione, 10 hotels in Marocco hanno avuto la possibilità di ottenere certificati nazionali per l'eco-turismo. Inoltre, il progetto conosciuto come 'Eco-Innovation' (Fig.7) è stato adottato da 12 imprese operanti in Paesi e settori diversi.



Figura 7. Logo di Eco-Innovation

Tale programma ha l'obiettivo di sostenere un'analisi delle catene del valore, in vista dello sviluppo di nuovi modelli e strategie di business che siano sostenibili.

<sup>21</sup> *Resource Efficiency*, in United Nations, 2016 Annual Report, *Empowering people to protect the planet*, op.cit.

Inoltre, sempre nel corso del 2016, i governi cinque Paesi sono stati aiutati a rendere maggiormente sostenibili i loro acquisti, fornendo loro un mezzo efficace per stimolare la domanda di prodotti e servizi sostenibili.

Un'altra area di fondamentale importanza è il costante monitoraggio dell'ambiente; a questo proposito, gli sforzi sono stati tesi a ridurre il gap esistente tra chi produce e chi usa le informazioni di tipo ambientale, con particolare riguardo a tre aree principali. La prima concerne le valutazioni, ed il sostegno delle Nazioni Unite si concentra sull'adozione delle politiche, a livello sia nazionale che regionale, usando le informazioni sull'ambiente che sono disponibili sulle piattaforme di tipo 'aperto'. La seconda dimensione, invece, è quella relativa agli allarmi precoci; in questo caso, si tratta di dare alle autorità responsabili della pianificazione le informazioni che riguardano le istanze ambientali emergenti. Infine, la terza area concerne la gestione delle informazioni, rafforzando la capacità dei Paesi di generare, accedere, analizzare, usare e comunicare la conoscenza e le informazioni sull'ambiente. Il lavoro si svolge con diversi partners, in modo da coordinare gli sforzi a livello globale, generando dati relativi al progresso verso il raggiungimento degli obiettivi sullo sviluppo sostenibile<sup>22</sup>. Una ricerca condotta nel 2016, ha confermato che gli stakeholders hanno avuto accesso alle informazioni fornite dalle Nazioni Unite; l'uso che ne è stato fatto è stato principalmente a scopo educativo, analitico e di guida. Inoltre, tali informazioni sono state usate per influenzare le politiche nel 40% dei casi circa; infine, si è lavorato sulle capacità statistiche in senso ambientale, grazie alla collaborazione con la Divisione Statistica delle Nazioni Unite. Un evento che ha richiamato l'attenzione di esperti e governi è dato dalle tempeste di sabbia e polvere, che dispiegano il loro potenziale di distruzione e si trovano spesso al centro dell'informazione mediatica. Nel solo Nord della Cina, tali fenomeni hanno causato perdite economiche per circa 1 miliardo di dollari tra il 2010 ed il 2013; nel corso del 2016, i partners della Divisione Ambiente delle Nazioni Unite hanno provveduto alla pubblicazione del pri-

---

22 *Environment under review*, in United Nations, *2016 Annual Report, Empowering people to protect the planet*, op.cit.

mo report globale relativo a tali disastri naturali<sup>23</sup>. Nel report in questione, vengono descritte le fonti delle polveri, insieme alle tendenze principali, offrendo specifiche raccomandazioni rispetto alle politiche che possono essere adottate.

Infine, si può citare la governance in tema di ambiente, che include le regole, pratiche, politiche ed istituzioni che determinano come le persone interagiscono con gli ecosistemi; le Nazioni Unite lavorano a stretto contatto con le istituzioni dei Paesi Membri, per migliorare tale area, affrontando tre dimensioni principali.

La prima è relativa al miglioramento della coerenza e dello sfruttamento delle sinergie presenti; in questo caso, lo scopo è quello di aiutare il sistema delle Nazioni Unite ad essere maggiormente coerente con quello dato dagli accordi ambientali multilaterali.

La seconda riguarda il rafforzamento di leggi ed istituzioni, allo scopo di raggiungere gli obiettivi fissati in ambito ambientale. Infine, la terza area concerne nello sforzo di integrare le questioni ambientali all'interno del discorso generale sullo sviluppo, aiutando le nazioni a considerare la sostenibilità ambientale all'interno della loro pianificazione per lo sviluppo.

---

23 United Nations Environment Program, *Global Assessment of Sand and Dust Storms*, 2016, pp. 1ss.

# 3

## Le politiche ambientali europee

### INTRODUZIONE

La protezione dell'ambiente non era menzionata in alcun modo nel Trattato di Roma del 1957, ma quest'assenza non deve sorprendere, dato che questo tema non era ancora rilevante per l'agenda politica del tempo. A conferma di questo fatto, anche le legislazioni nazionali non se ne occupavano, se non per qualche accenno; tuttavia, durante gli anni Sessanta del secolo scorso, sono aumentate le preoccupazioni per le condizioni dell'ambiente all'interno di quella che era la Comunità Economica Europea, così come in altri Paesi industrializzati, come è stato accennato in precedenza. Un passo in avanti, come discusso in precedenza, lo si ebbe solamente nel luglio del 1971, quando venne organizzata la prima Conferenza sull'Ambiente Umano a Stoccolma, da parte delle Nazioni Unite. In quell'occasione, la Commissione affermò come fosse necessario fissare delle linee-guida per un programma comunitario di azione ambientale<sup>24</sup>. L'anno successivo, alla Conferenza di Stoccolma che si tenne nel mese di giugno, i Paesi europei partecipanti, ovvero i sei fondatori originali, non sono riusciti ad ottenere il sostegno rispetto alla loro richiesta di misure internazionali più stringenti in campo ambientale. Delusi dagli scarsi risultati ottenuti, i capi di Stato e di Governo si sono riuniti nuovamente a Parigi, nel mese di ottobre del 1972; in quell'occasione venne dichiarato ufficialmente che l'espansione economica non poteva essere fine a sé stessa, ma che dovrebbe comportare un migliore livello della qualità della vita. In pratica, si riconobbe che deve essere prestata una speciale attenzione ai valori che non sono materiali, come la protezione dell'ambiente. Venne anche riconosciuta la necessità di procedere alla definizione di un programma comunitario per la protezione dell'ambiente; il primo, conosciuto come 'Programma di Azione' venne adottato nel 1973, seguito da altri 6 programmi

---

24 Langlet, D., Mahmoudi, S., *EU environmental law and policy*. Oxford University Press, 2016, p. 27



che si sono succeduti fino ai nostri giorni. Da notare come i primi cinque programmi di azione, che hanno interessato il periodo che va dal 1973 al 2000, siano stati adottati come dichiarazione, nel caso del primo, oppure di risoluzione, per quelli che vanno dal secondo al quinto, sia da parte del Consiglio che degli Stati Membri. La ragione è che fino al 1987, ovvero il periodo coperto dai primi 4 programmi, la Comunità Europea non aveva una competenza esplicita per adottare programmi nel campo della protezione ambientale. Inoltre, si riteneva che i programmi dovessero essere implementati sia dalla Comunità che dagli Stati Membri, in funzione delle misure.

A seguito di un emendamento introdotto nel Trattato di Maastricht, la competenza per i programmi di azione è passata nelle mani del Consiglio e del Parlamento Europeo, secondo la procedura legislativa ordinaria<sup>25</sup>. Di conseguenza, quando si paragonano gli ultimi programmi con quelli emanati nel periodo precedente, si nota come essi abbiano un carattere diverso, dato dal fatto che la fonte della legge è differente. A questo proposito, si nota come si riteneva che uno degli effetti dei programmi di azione fosse di rendere evidente la capacità legale della Comunità di adottare atti legislativi all'interno delle aree interessate dai programmi, in modo da raggiungere gli obiettivi che questi ultimi si ponevano. Questo è diventato ancora più chiaro, grazie all'attuale procedura decisionale, che segue quanto previsto dall'articolo 192 del Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea. Tale discorso assume un particolare rilievo rispetto al principio di sussidiarietà, secondo il quale l'Unione Europea ha capacità legislativa o di adottare altre misure all'interno di un'area, solamente quando lo scopo pianificato può essere raggiunto in grado sufficiente da parte degli Stati Membri.

---

25      Articolo 192(3) del *Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea*

# 3.1

## I primi quattro programmi di azione ambientale

Il primo programma, che, come si è accennato in precedenza, ha coperto il periodo che andava dal 1973 al 1976, è servito per fissare i principi di base della politica europea sull'ambiente; tra questi, esiste il principio secondo cui l'inquinamento deve essere prevenuto alla fonte. Inoltre, si riconobbe che gli effetti di un progetto ambientale debbano essere valutati nel corso dei processi decisionali; ancora, si affermò che si deve fare un uso razionale delle risorse naturali, e di come i costi che derivano dalla prevenzione e dal riparo dei danni all'ambiente devono essere compresi all'interno dei costi che devono essere sostenuti dai consumatori, secondo un principio di internalizzazione dei costi.

Inoltre, venne riconosciuto che le politiche ambientali degli Stati Membri devono considerare nel modo dovuto gli interessi dei Paesi in via di sviluppo, di come l'informazione sull'ambiente debba essere accessibile da parte di chiunque, ed infine di come si debba provvedere ad impartire un'educazione di tipo ambientale.

Nel corso degli anni che seguirono, tali principi si cristallizzarono in modo graduale, grazie all'impatto esercitato dalle leggi comunitarie; attualmente, sono conosciuti, tra gli altri, come 'valutazione dell'impatto ambientale', oppure 'diritto all'informazione', o ancora come 'chi inquina paga'.

Al fine di realizzare tali obiettivi, il primo programma di azione indicò una serie di misure che vennero ricapitolate in tre dimensioni; la prima riguardava le azioni per ridurre o prevenire l'inquinamento, la seconda quelle per migliorare la qualità ambientale, mentre la terza era relativa alle azioni che venivano svolte in cooperazione con le organizzazioni internazionali. Quest'ultimo tipo di misure costituiva la maggioranza di quelle previste dal primo programma; tra di esse, si può menzionare la fissazione di criteri scientifici per decidere i limiti degli agenti maggiormente inquinanti per l'acqua e l'aria, come il diossido di zolfo, il biossido di azoto, il mercurio, i fenoli ed il monossido di carbonio.

Ancora, si può ricordare lo sviluppo di parametri per fissare gli obiettivi della qualità ambientale, e le decisioni sugli standard di emissione, che in larga parte riguardavano l'inquinamento dell'acqua. Infine, non si deve dimenticare la formulazione di una valutazione dei costi uniforme, a proposito delle misure che intendevano dare attuazione al principio che a pagare deve essere chi inquina.

Successivamente, durante il periodo che va dal 1977 al 1981, coincidente con il secondo programma di azione ambientale, si nota che l'atteggiamento verso i problemi di tipo ambientale, in confronto a quello avuto fino alla prima metà degli anni Settanta, cambiò leggermente. Infatti, il problema maggiore che veniva percepito era quello relativo agli agenti inquinanti, mentre le misure ritenute più urgenti erano quelle che si riferivano alla limitazione di tali sostanze. Esattamente come previsto dal Primo Programma, anche il Secondo mise l'accento sulle misure di controllo; di conseguenza, i principi che vennero affermati in precedenza, ricomparvero anche nel Secondo Programma, ma in una forma maggiormente elaborata. Quello che cambiò rispetto alla situazione precedente, fu una maggiore attenzione per la conservazione delle risorse naturali.

Al Secondo Programma fece seguito il terzo, che interessò gli anni che vanno dal 1982 al 1986; in particolare, si nota come esso venne adottato all'inizio del 1983, in coincidenza con la crescente attenzione della Comunità Europea per le problematiche legate all'ambiente, oltre che con una maggiore partecipazione attiva del Parlamento Europeo al dibattito che riguardava tematiche ambientali.

Il Terzo Programma introdusse diversi nuovi elementi all'interno della politica comunitaria in questo ambito; probabilmente, la novità di maggior rilievo fu il riconoscimento della necessità di procedere all'integrazione della politica ambientale con gli altri ambiti di intervento della Comunità<sup>26</sup>. Inoltre, venne redatta una lista delle priorità in tema di protezione dell'ambiente, a livello comunitario; in particolare, si parlò di difesa dell'ambiente marino nel Mediterraneo, delle movimentazioni transfronta-

---

26 Rentier, A., *Europe: Policy-Making without Legislating?*, Common goods: Reinventing European and international governance, 2002, pp. 185ss.

liere di materiale di scarto pericoloso, di rumore dal trasporto, e dello sviluppo di tecnologie 'pulite', che vennero indicate come istanze più urgenti. Gli Stati Membri vennero invitati a prendere in considerazione le ricadute sull'ambiente dei Paesi in via di sviluppo, quando si trattava di scambi commerciali con queste realtà.

Invece, il programma successivo, il Quarto, venne adottato nel mese di ottobre del 1987, tre mesi dopo l'entrata in vigore del 'Single European Act'; attraverso quest'ultimo, venne inclusa una nuova sezione dedicata all'ambiente all'interno del Trattato della Comunità Economica Europea. La necessità di avere misure maggiormente stringenti in ambito ambientale era talmente elevata, che non sorprende il fatto che tale programma, che copriva gli anni che vanno dal 1987 al 1992, contenesse diverse nuove idee che in precedenza erano ritenute impossibili<sup>27</sup>. A questo proposito, si consideri come, nel corso della metà degli anni Ottanta, l'istanza relativa all'implementazione ed al controllo di direttive legate all'ambiente erano diventate un problema rilevante, a cui il Quarto programma prestò attenzione. Inoltre, divenne chiaro che la sola presenza di regole più strette non avrebbe potuto migliorare la situazione, ma di come esse dovessero essere accompagnate da un'azione efficace di education e da informazioni complete disseminate tra il pubblico generale.

L'approccio adottato da questo programma era di tipo trasversale rispetto ai settori, e con un orientamento alla sostanza, dato che le misure di tipo preventivo non erano ristrette ad un ambito all'interno del settore ambientale. In questo modo, le misure per una prevenzione efficace si concentrarono sul coordinamento della lotta contro l'inquinamento, allo scopo di evitare che i problemi in un settore, come quello relativo all'aria, si potessero trasferire ad altri, come l'aria<sup>28</sup>.

Il Quarto Programma considerava diversi nuovi ambiti, come le biotecnologie e la protezione delle aree costiere e di quelle marine più a rischio.

---

27 Johnson, S.P., Corcelle, G., *The Environmental Policy of the European Communities*, Kluwer Law International, 1995, pp. 19ss.

28 Hildebrand, P.M., *The European Community's Environmental Policy, 1957 to '1992': From Incidental Measures to an International Regime?*. In *A green dimension for the European Community*, Routledge, 2014, pp. 13-44.

Il Quinto, adottato nel mese di febbraio del 1993, per il periodo che andava fino al 2000, si collocò circa un anno dopo la firma del Trattato di Maastricht, che fu quello che consentì alla Comunità Europea di mostrare l'aumento di interesse ed il ruolo di maggior preminenza nella protezione ambientale, considerata in senso ampio. Il suo orientamento ed i suoi obiettivi si possono desumere dal titolo che venne scelto, ovvero 'verso la sostenibilità'; i mezzi concreti per raggiungere tale obiettivo consistevano in un ottimo riutilizzo e riciclo per evitare sprechi e prevenire l'esaurimento delle risorse naturali. Inoltre, si cercò di razionalizzare la produzione ed uso dell'energia, e di suscitare un cambiamento nelle abitudini di consumo; tale programma differì in modo sostanziale da quello precedente, dato che si preoccupava di affrontare direttamente il problema delle attività che sono in grado di esaurire le risorse di tipo naturale e di danneggiare l'ambiente, al posto di aspettare che i problemi si presentassero. Ancora, si cercò di apportare cambiamenti nelle pratiche e negli sviluppi che potevano avere impatti negativi sull'ambiente, aspirando ad ottenere tali modificazioni nel comportamento mediante l'impegno dei settori della società, in un'ottica di responsabilità condivisa. In effetti, questo programma si riferisce spesso a tale nozione, intesa come responsabilità comune tra le pubbliche amministrazioni, il pubblico e le imprese, sia pubbliche che private, oltre che al criterio di sussidiarietà. Inoltre, a differenza dei programmi che l'hanno preceduto, che si concentravano in via quasi esclusiva su misure di tipo legislativo, il Quinto Programma si presenta decisamente variegato in termini di strumenti. Infatti, oltre ai classici strumenti di tipo legislativo, si è fatto ricorso a quelli basati sul mercato, mediante l'internalizzazione dei costi esterni, in una logica basata sul richiamo all'uso responsabile delle risorse naturali da parte di produttori e consumatori.

Ancora, ci si è avvalsi di strumenti orizzontali di supporto, come la formazione, le informazioni e lo sviluppo di tecnologie maggiormente pulite; infine, si sono usati

meccanismi di sostegno finanziario, prevedendo l'assistenza finanziaria ad alcuni Stati Membri. Tale programma, dai tratti decisamente innovativi, venne rivisto nel 1998, anche a causa dei requisiti che provenivano dalla cosiddetta 'Agenda 21', ovvero il programma di azione adottato dalla Conferenza sull'Ambiente e lo Sviluppo, promosso dalle Nazioni Unite nel 1992, a Rio de Janeiro. Inoltre, vennero considerate le altre obbligazioni di tipo internazionale che derivavano da accordi ambientali internazionali; infine, vennero prese in considerazione le richieste che provenivano dall'adeguamento della legislazione europea ambientale alle regole più stringenti adottate da alcuni Paesi Europei, come la Finlandia e la Svezia, quando venne il momento di accedere all'Unione Europea nel 1995<sup>29</sup>.

## 3.3

### Il sesto programma di azione ambientale

A seguito di una decisione del Parlamento e del Consiglio Europeo risalente al mese di luglio del 2002, è stato adottato il Sesto Programma di Azione Ambientale, che copre il periodo che andava dal 2002 al 2012. Se viene confrontato con i programmi che l'hanno preceduto, il sesto presentava un nuovo carattere; in particolare, esso inserisce, per la prima volta, la dimensione relativa all'ambiente all'interno di una strategia inclusiva per lo sviluppo sostenibile. Uno degli obiettivi espliciti di tale strategia è quello di separare le pressioni ambientali dallo sviluppo economico<sup>30</sup>; da notare come priorità ed obiettivi vengano classificati all'interno di quattro macro-aree, ovvero il cambiamento climatico, la biodiversità e la natura, le risorse naturali e lo spreco, ed infine l'ambiente, la salute e la qualità della vita.

Inoltre, il Sesto programma si occupa anche di indicare i mezzi per ottenere gli

29 Decision 2179/98/EC by the European Parliament and the Council on a *Review of the European Community Action Programme for the Environment and a Sustainable Development called 'Towards a Sustainable Development'*, OJ L.257/1, 1998.

30 Decision 1600/2002/EC by the European Parliament and the Council on *the establishment of the Community's Sixth Action Programme for the Environment*, OJ L.242/1, 2002.

obiettivi indicati, come la promozione di un'efficace attuazione della legislazione europea in materia ambientale, l'incoraggiamento di migliori regole per il permesso, ispezione, supervisione ed esecuzione da parte degli Stati Membri.

Infine, un ultimo mezzo viene individuato in una revisione maggiormente sistematica dell'attuazione della legislazione ambientale in seno agli Stati Membri. Una parte rilevante del programma è consistito nell'integrazione delle richieste di protezione dell'ambiente all'interno delle altre politiche comunitarie, come previsto dall'attuale articolo 11 del Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea. In particolare, un obiettivo molto ampio del programma era dato dalla stabilizzazione delle concentrazioni di gas-serra all'interno dell'atmosfera, riportandole ad un livello capace di scongiurare impatti dannosi sul clima terrestre. Le misure previste dal programma includono lo sviluppo di strategie 'tematiche', abbinate alla valutazione di quelle esistenti per le priorità ambientali che hanno bisogno di un approccio molto ampio. Inoltre, in questo programma, così come in quello che lo ha immediatamente preceduto, alla Commissione è stato assegnato il compito di valutare i progressi compiuti durante i quattro anni di programmazione. Tale valutazione, presentata nel 2007, non è stata per nulla incoraggiante, dato che in essa è stato sottolineato come le modificazioni climatiche che sono state prodotte dal cambiamento generale del clima abbia avuto un impatto significativo a livello economico. Inoltre, è stato rilevato come la perdita di diversità biologica sia stata continua ed a ritmi allarmanti; infine, è stato osservato che i comportamenti relativi al consumo ed alla produzione, all'interno dell'Unione Europea, sono stati instabili. Sembra dunque che dopo il Sesto Programma, le istituzioni europee fossero ancora lontane dal raggiungimento dell'obiettivo di separare lo sviluppo economico dagli effetti negativi derivanti dall'uso delle risorse. Alla luce di tali osservazioni, la Commissione ha concluso che, se il loro utilizzo continuerà con questo ritmo, non si potranno fermare o rallentare i processi relativi alla distruzione ed esaurimento delle risorse naturali<sup>31</sup>.

---

31 Johnson, S.P., Corcelle, G., *The Environmental Policy of the European Communities*, op.cit., p. 31.

# 3.4

## Il settimo programma di azione ambientale

L'ultimo programma di azione ambientale, il Settimo, è stato adottato nel mese di novembre del 2013, e si estende fino al 2020; il titolo scelto è decisamente evocativo, 'Living well, within the limits of our planet', ovvero 'vivere bene, nei limiti del nostro pianeta'. Una delle differenze principali rispetto ai suoi predecessori consiste nel fatto che, nonostante il periodo di programmazione sia di 7 anni, abbraccia una visione più ampia, che va ben oltre il 2020, per estendersi agli anni immediatamente seguenti al 2050. Quella proposta è la società che ci si aspetta di trovare nel 2050, ovvero di un contesto dove si viva bene, rimanendo nei limiti ecologici del nostro pianeta. La prosperità e la salubrità di questo tipo di futuro derivano da un modello di economia circolare ed innovativo, dove nulla viene sprecato, ed in cui le risorse naturali vengono gestite in modo sostenibile, mediante la protezione della biodiversità, che viene valorizzata e ristabilita in modi che servono a migliorare la resilienza della società. In questo futuro ideale, la lenta crescita del carbone è stata separata dall'uso delle risorse, aprendo la strada ad una società globale che sia sicura e sostenibile. Rispetto alla sua struttura, il programma attuale presenta similarità con quello che l'ha preceduto, dato che le linee-guida indicate sono state divise in 9 priorità tematiche. Tali aree sono presentate in un modo più esaustivo ed aggiornato, e corrispondono alla difesa del capitale naturale dell'Unione, della salute umana, ad una migliore integrazione delle istanze ambientali nelle altre politiche dell'Unione, ed in un'aumentata della conoscenza, mediante la diffusione di informazioni che riguardano l'ambiente. Ancora, tra le priorità individuate si possono rinvenire un'efficace attuazione della legislazione europea sull'ambiente, un modo maggiormente efficace di affrontare le sfide ambientali internazionali, ed infine l'internalizzazione dei costi dell'ambiente, relativamente alle attività svolte in seno alla società. Invece, una delle aree principali di azione consiste nella creazione delle condizioni che possono contribuire alla trasformazione del modello economico dell'Unione Europea, in



uno che usi poco carbone e consenta di usare le risorse in modo efficiente. Questo obiettivo dovrebbe essere ottenuto mediante misure che intendono affrontare due dimensioni; la prima è relativa agli sforzi, che dovrebbero privilegiare il raggiungimento dei cosiddetti obiettivi '20-20-20' (Fig.8), ovvero quelli relativi al clima ed all'energia che l'Unione Europea ha fissato per il 2020<sup>32</sup>.



Figura 8. Obiettivi da raggiungere entro il 2020 fissati dall'UE

La seconda dimensione interessata, invece, è quella che si riferisce all'impatto ambientale del consumo, che andrebbe ridotto. In particolare, si intendono problematiche come l'aumento dello spreco di cibo, oltre all'uso delle biomasse in un modo che risulti sostenibile; di conseguenza, è possibile affermare che il Settimo programma si concentri in modo particolare sul modo di trasformare lo spreco in risorse, richiamando la necessità di avere a disposizione indicatori e traguardi rispetto all'efficienza delle risorse. Inoltre, si nota come tale programma si incarichi di fare da supplemento e migliorare le idee e l'impostazione delle politiche che sono state espresse nel Sesto programma; a questo scopo, l'ultimo programma di azioni fornisce delle linee-guida solide e sicure per l'implementazione delle politiche ambientali dei differenti Stati Membri. Infine, esso è in grado di dare anche alla Commissione i mezzi per la pianificazione di proposte necessarie per implementare la legislazione in materia ambientale ben oltre la scadenza del piano, fissata per il 2020<sup>33</sup>.

32 Calvin, K., et al., *EU 20-20-20 energy policy as a model for global climate mitigation*, *Climate policy*, 14(5), 2014, pp. 581-598.

33 Johnson, S.P., Corcelle, G., *The Environmental Policy of the European Communities*, op.cit., p. 33.

# 4

## Sostenibilità ambientale in Europa

Dopo aver discusso, nelle pagine precedenti, le politiche dell'Unione Europea sull'ambiente, menzionando gli obiettivi dell'attuale strategia europea, conosciuta come '20-20-20', sembra interessante vedere quali sono i progressi svolti. Per farlo, ci si affida ai dati che le istituzioni europee danno a proposito delle tendenze in questo ambito<sup>34</sup>; i dati che verranno brevemente presentati sono basati sulle informazioni relative al 2017, ovvero quelle più aggiornate attualmente disponibili. La prima area è quella delle emissioni di gas-serra; a questo proposito, l'Unione Europea osserva come, a partire dal 2015, si sia iniziata una riduzione di tali emissioni nocive, con livelli che risultavano inferiori del 22% rispetto ai livelli fatti registrare nel 1990. Un risultato di questo genere supera l'obiettivo posto per il 2020, fissato al 20%, anche se nel 2015 le emissioni di tale gas risultavano di poco superiori a quelle registrate l'anno precedente. La ragione risiede nel fatto che il 2014 è stata un'annata che ha fatto registrare temperature molto elevate in diversi Paesi europei, spingendo una domanda inferiore per il riscaldamento invernale. Per quanto riguarda, invece, il tema delle energie rinnovabili, si osserva la loro continua diffusione all'interno dell'energy-mix europeo. Infatti, il loro uso ha continuato ad aumentare, arrivando a costituire il 16.7% del consumo lordo finale di energia nel 2015, ed avvicinandosi al target del 20% fissato per il 2020. Da notare come la percentuale relativa alle energie rinnovabili, nel 2015, sia stata più elevata rispetto ai livelli medi richiesti per il 2015 e 2016, dalla Direttiva sull'Energia Rinnovabile. In effetti, le prime stime per il 2016 indicavano un trend in aumento delle energie rinnovabili, che avrebbero dovuto raggiungere una percentuale di poco inferiore al 17% del consumo lordo finale di energia. Di conseguenza, il traguardo fissato per il 2020 potrebbe essere raggiunto se venisse mantenuto il ritmo mostrato fino al 2016; tuttavia, avvicinandosi alla

<sup>34</sup> European Environment Agency, *Overall progress towards the European Union's '20-20-20' climate and energy targets*, disponibile qui: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/trends-and-projections-in-europe/trends-and-projections-in-europe-2017/overall-progress-towards-the-european> consultato il 1 ottobre 2018

‘scadenza’, sembra che le traiettorie che conducono al raggiungimento del target si facciano più complesse, dato che le barriere di accesso ai vari mercati sono ancora previste da diversi Stati Membri.

Un altro tema molto importante è quello relativo all’efficienza energetica; a questo proposito, si nota come, durante gli ultimi dieci anni, la tendenza che riguarda il consumo primario di energia dell’Unione Europea è diminuito ad un tasso che, se proseguirà inalterato fino al 2020, potrebbe essere sufficiente per raggiungere il relativo obiettivo fissato al 20%. Tuttavia, i recenti aumenti nei consumi di energia primaria che si sono registrati nel 2014 e nel 2015, abbinati ad un aggiornamento del target nazionale da parte di alcuni Stati Membri, rende il raggiungimento dell’obiettivo europeo per il 2020 alquanto incerto. Da notare come il consumo di energia finale si sia posto al di sotto del target per il 2020 a partire dal 2014; tuttavia, nel 2015 il gap è diminuito in maniera significativa. Questo significa che il raggiungimento dell’obiettivo nel 2020 è legato al fatto che gli Stati Membri provvedano a rafforzare la loro legislazione corrente, aumentando gli sforzi per mantenere sotto controllo il consumo di energia.

Un’altra area molto sensibile è quella che riguarda i progressi svolti rispetto agli obiettivi europei sul clima e l’energia, per il medio e lungo termine; su questo punto, si osserva il fatto che, nonostante si siano registrati dei buoni progressi per gli obiettivi a breve termine, sia da parte dell’Unione Europea che degli Stati Membri, quelli che si riferiscono al lungo periodo necessitano di un considerevole aumento degli sforzi per essere raggiunto. Infatti, i leaders europei si sono impegnati a raggiungere l’obiettivo di ridurre le emissioni di gas-serra nella misura dell’80-95% rispetto ai livelli registrati nel 1990, contribuendo in modo ragionevole a ridurre il cambiamento climatico, mantenendo il riscaldamento globale al di sotto della soglia dei 2 gradi centigradi. Per garantire che l’Unione stia perseguendo una strategia efficiente dal punto di vista dei costi per raggiungere tale obiettivo nel lungo periodo, i suoi leaders hanno concordato un modello per il clima e l’energia, accordandosi su nuovi

obiettivi da raggiungere entro il 2030<sup>35</sup>. Tale accordo prevede un target non negoziabile di almeno il 40% in termini di riduzione delle emissioni domestiche di gas-serra, rispetto ai livelli fatti registrare nel 1990. Tale traguardo si inserisce nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico, come contributo nazionale dell'Unione Europea e dei suoi Stati Membri all'Accordo sul Clima di Parigi. L'obiettivo generale previsto si divide ulteriormente in due sotto-obiettivi; uno riguarda una riduzione nella misura del 43% nei settori che sono coperti dalla legislazione conosciuta come 'effort sharing', rispetto ai livelli del 2005. Inoltre, è previsto un aumento, a livello europeo, della quota di energie rinnovabili di almeno il 27% del consumo finale di energia, da raggiungere entro il 2030; da notare come, nonostante tale obiettivo sia considerato obbligatorio a livello europeo, non sono stati fissati dei targets specifici per i singoli Stati Membri. Infine, esso include un obiettivo indicativo per l'Unione Europea nel suo insieme, consistente in un miglioramento del 27% in tema di efficienza energetica, basato sullo scenario preparato nel 2007 da parte della Commissione Europea<sup>36</sup>. Nel mese di giugno del 2017, il Consiglio Europeo si è impegnato a raggiungere un obiettivo del 30% di efficienza energetica entro il 2030<sup>37</sup>. Tale target è equivalente ad una riduzione del consumo primario di energia del 23% circa, rispetto ai livelli del 2005; invece, confrontato con i livelli di consumo energetico finale, esso corrisponde ad una diminuzione del 17%, sempre rispetto ai livelli fatti registrare nel corso del 2005.

Inoltre, secondo le proiezioni riportate dagli Stati Membri nel 2017, potrebbe essere raggiunto un decremento tra il 30 ed il 32% dei gas-serra prodotti a livello europeo, entro il 2030, rispetto ai dati fatti segnare nel 1990. Si vede bene come tali stime siano ben lontane dal target del 40% fissato per il 2030; secondo le proiezioni disponibili, i futuri tagli alle emissioni avverranno principalmente attraverso i settori

35 European Council, *Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework*, European Council, Brussels, 2014

36 European Commission, *European energy and transport, trends to 2030, update 2007*, European Commission, Brussels, 2008

37 European Council, *Increased energy efficiency: ensuring progress towards EU's climate and energy goals*, European Council, Brussels, 2017

che sono coperti dalla legislazione dall'ETS, mentre quelli coperti dalla legislazione sull'Effort Sharing daranno un contributo decisamente inferiore. Ancora, se si mantenesse il ritmo corrente di sviluppo delle energie rinnovabili a livello europeo, sarebbe possibile superare l'obiettivo del 27% fissato per il 2030. A questo proposito, si nota che, nel suo insieme, l'Unione Europea ha aumentato in modo costante il consumo di energie che sono rinnovabili, grazie agli schemi presenti a livello nazionale, nonché alle significative riduzioni di costo permesse da questo genere di fonti energetiche. Tuttavia, si deve rilevare come, all'inizio del decennio corrente, i cambiamenti adottati per sostenere le energie di tipo rinnovabile, con particolare riguardo per i tagli alle tariffe, hanno comportato, anche se limitatamente ad alcuni Stati Membri, una certa instabilità sui mercati, respingendo potenziali investitori. In generale, dal 2005 al 2014 si è assistito ad un buon progresso rispetto al raggiungimento degli obiettivi sull'efficienza energetica. Tuttavia, tale trend sembra aver subito un rallentamento nel corso degli ultimi anni, facendo aumentare l'incertezza sul fatto che l'Unione Europea possa raggiungere i suoi obiettivi di efficientamento energetico entro il 2020, o ancora peggio, entro il 2030. Affinché gli obiettivi fissati per quest'ultima data possano essere realisticamente raggiunti, i diversi Stati Membri dovranno moltiplicare i loro sforzi per tenere sotto controllo i consumi energetici. Tale raccomandazione sembra di particolare valore in uno scenario di crescita economica prolungata; inoltre, dovranno essere adottate con tempestività politiche e misure relative. Infine, anche se si dovessero raggiungere gli obiettivi stabiliti per il 2030, ci sarebbe ancora la necessità di operare sforzi in vista dei traguardi, previsti per il 2050, relativi alla decarbonizzazione delle economie europee. In particolare, dopo il 2030, le emissioni nocive dovrebbero diminuire ad un ritmo decisamente superiore di quello che viene stimato attualmente, se si vogliono raggiungere gli obiettivi fissati per il 2050. Inoltre, per raggiungere l'altro obiettivo, quello relativo alla diminuzione della quota di carbone all'interno dell'energy-mix, il ritmo di crescita delle energie di tipo rinnovabile dovrebbe essere superiore prima del 2050.

# Una governance integrata 4.1 delle politiche comunitarie sul clima e l'energia

La strategia energetica dell'Unione Europea è stata adottata nel 2015, ed il suo scopo è quello di garantire che avvenga una transizione verso un sistema energetico europeo che sia compatibile con il clima, sicuro, non dispendioso ed integrato, entro il 2030<sup>38</sup>. Tale strategia si articola in alcuni elementi di base, che ne definiscono la struttura, ovvero la sicurezza della fornitura, l'efficienza energetica, l'integrazione del mercato interno dell'energia, la ricerca ed innovazione, ed infine la decarbonizzazione. A questo proposito, si nota come gli obiettivi relativi alle energie rinnovabili, all'efficienza dell'energia ed al clima, introdotte con il modello di politiche energetico e climatico per il 2030, siano una parte rilevante della strategia energetica dell'Unione.<sup>39</sup> Il progresso rispetto a tale strategia viene monitorato con cadenza annuale da parte della Commissione Europea, mediante il suo report sullo Stato dell'Energia dell'Unione. Inoltre, nel mese di novembre del 2016, questa istituzione europea ha prospettato una proposta legislativa che ha lo scopo di creare un sistema di governance trasparente ed affidabile in ambito energetico comunitario, aiutando gli Stati Membri a raggiungere i loro obiettivi energetici e climatici. Tale modello di governance si appoggia sugli elementi che sono già presenti, come i programmi nazionali per il clima sviluppati mediante la legislazione europea ed allineati all'accordo di Parigi. Inoltre, la proposta di governance energetica intende affrontare direttamente il problema dell'integrazione della pianificazione, reporting e monitoraggio degli Stati Membri per assicurare coerenza ed adeguatezza di politiche e misure a tutti i livelli. Ci si aspetta che da tale sforzo di integrazione derivi la disponibilità di piani coerenti a livello nazionale, che potranno aumentare l'efficacia delle misure prese, anche at-

---

38 European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank 'Energy Union Package: A framework strategy for a resilient Energy Union with a forward-looking climate change policy', 25 February 2015a.

39 European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European and Social Committee of the Regions and the European Investment Bank 'State of the Energy Union 2015', 18 November 2015b.

traverso l'uso di proiezioni e dell'anticipazione degli effetti, così come la misurazione di quelli già realizzati. Tali informazioni, a loro volta, serviranno a rendere migliori le valutazioni dei progressi rispetto agli obiettivi climatici ed energetici.

## 4.2

### Progressi fatti verso gli obiettivi nazionali

Quando si passa a considerare la situazione dei vari Stati Membri, si scopre che non tutti stanno facendo registrare dei buoni risultati rispetto agli obiettivi fissati a livello nazionale per il 2020; tuttavia, quando si considera la situazione generale, si nota come le scarse prestazioni degli Stati meno performanti siano bilanciate dagli ottimi risultati ottenuti da quelli più virtuosi. A questo proposito, si nota come nel 2015 tutti, ad eccezione di Malta, hanno raggiunto gli obiettivi fissati sulle emissioni di gas-serra. Di conseguenza, l'unico Paese che non è riuscito nel compito, deve assicurare il rispetto del programma mediante meccanismi che garantiscano maggiore flessibilità, come l'acquisto di una concessione annuale da parte degli Stati Membri che hanno ecceduto i loro obiettivi. Secondo le stime fatte per il 2016, sono stati quattro ad avere emissioni più alte rispetto ai loro target annuali, mentre, secondo le proiezioni per il 2017, 21 Stati Membri saranno in grado di raggiungere i loro obiettivi fissati per il 2020, considerando le misure e politiche correnti che esistono e sono operanti. Gli altri Stati dovranno procedere all'implementazione di misure aggiuntive per il raggiungimento dei targets fissati a livello nazionale; alternativamente, essi potranno avvalersi di meccanismi per la flessibilità. Ancora, si osserva come 25 Stati Membri hanno fatto dei buoni progressi rispetto agli obiettivi nazionali in tema di energie rinnovabili fissati per il 2015-2016. Rispetto, invece, agli obiettivi nazionali per il consumo di energia primaria, nel 2015 solamente cinque Stati Membri, tra cui Francia, Germania e Paesi Bassi, non hanno compiuti dei progressi soddisfacenti. Inoltre, dato che il consumo primario di energia è aumentato in tutti i Paesi europei,

altri tre Membri dovranno ridurre il consumo energetico in maniera più veloce, se intendono raggiungere gli obiettivi fissati per il 2020<sup>40</sup>. In totale, nel 2015 erano 17 gli Stati considerati sulla giusta strada per raggiungere i tre obiettivi legati al clima e all'energia entro il 2020.

E' interessante notare come esistano dei forti legami tra i miglioramenti nell'efficienza energetica, la riduzione delle emissioni di gas-serra e lo sviluppo delle energie rinnovabili; a questo proposito, si osserva come la riduzione di gas tossici all'interno dell'atmosfera siano determinati da una maggiore efficienza energetica e da una maggiore disponibilità di risorse rinnovabili. Tale situazione, a sua volta, comporta una riduzione dei settori industriali che usano altre fonti energetiche.

## 4.3 Riduzione del consumo energetico

La Direttiva Europea sull'efficienza energetica, richiamata in precedenza, definisce l'obiettivo in termini di efficienza energetica per il 2020, che può essere espresso sia come consumo primario di energia che come consumo finale di energia. Per raggiungere entrambi gli obiettivi, è necessaria una riduzione del consumo di energia, sia primario che finale, nella misura del 20% entro il 2020; a questo proposito, si noti come l'Unione Europea si può considerare sulla giusta strada quando il consumo energetico si trova al di sotto della sua traiettoria lineare. Di conseguenza, quando il livello si pone al di sopra della traiettoria ideale, si configura la necessità di ridurre, o almeno limitare il consumo ad un ritmo più veloce, per raggiungere il relativo traguardo fissato per il 2020. Rispetto al raggiungimento di tali obiettivi, nel 2015 l'Unione Europea stava seguendo la traiettoria corretta; tuttavia, statistiche recenti mostrano che il consumo, sia finale che primario di energia, sta crescendo a partire dal 2014<sup>41</sup>. Inoltre, secondo le stime preliminari condotte dall'Agenzia Ambienta-

40 European Environment Agency, *Overall progress towards the European Union's '20-20-20' climate and energy targets*, op.cit.

41 European Environment Agency, *Progress of the European Union towards its 2020*



le Europea, il consumo finale e primario di energia, a livello di Unione Europea, è aumentato nuovamente nel corso del 2016<sup>42</sup>. Questo lieve aumento nel consumo energetico riflette una modesta ripresa economica dell'Unione Europea, anche se si possono menzionare altri elementi che hanno giocato un ruolo in questo senso. Le prime stime che derivano da un'analisi ancora in fase di elaborazione da parte della Commissione Europea, mostrano che il decremento osservato tra il 2005 ed il 2015 rispetto al consumo primario di energia era dovuto in gran parte ad una diminuzione dell'intensità di energia primaria, oltre che da miglioramenti nell'efficienza con cui è stata trasformata l'energia, che hanno comportato un decremento di consumo di energia primaria pari al 2%. Invece, la diminuzione osservata nei livelli di consumo finale di energia, sempre tra il 2005 ed il 2015, sono stati determinati da diversi elementi. Tra questi, si possono menzionare i cambiamenti strutturali verso settori industriali caratterizzati da un uso meno intenso di energia; ancora, sono intervenuti miglioramenti che hanno riguardato l'efficienza dell'uso finale, specialmente nel settore residenziale. Ancora, nello stesso periodo si è segnalato un consumo meno elevato di energia da parte del settore dei trasporti, anche se si sono osservati aumenti nei consumi relativi a partire dal 2014. Infine, è necessario considerare la recessione economica, che ha spinto verso il basso il consumo energetico; in generale, il consumo finale di energia deriva dalla combinazione di diversi elementi, come i risparmi energetici che si sono potuti realizzare nel periodo considerato, anche se questi sono in parte stati contro-bilanciati dall'impatto delle variabili demografiche e dagli stili di vita<sup>43</sup>.

---

*energy efficiency targets*, disponibile qui: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/trends-and-projections-in-europe/trends-and-projections-in-europe-2017/progress-of-the-european-union-1> consultato il 2 ottobre 2018

42 EEA, *Primary energy consumption by fuel*, 2017, disponibile qui: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/primary-energy-consumption-by-fuel-6/assessment-1> consultato il 2 ottobre 2018

43 Odysee-Mure, *Monitoring of energy efficiency trends and policies in the EU*, 2015, pp. 1ss.

## INTRODUZIONE

Quando si parla di 'life cycle assessment', ovvero di 'analisi del ciclo di vita', si fa riferimento ad un metodo relativamente recente per la valutazione dell'impatto ambientale di prodotti e servizi<sup>44</sup>; tuttavia, i primi tentativi di adottare un pensiero ispirato al ciclo di vita dell'ambiente risalgono agli anni Sessanta del secolo scorso<sup>45</sup>. In particolare, si nota come durante gli anni Settanta siano stati condotti svariati studi negli Stati Uniti d'America, sulla base del modello sull'analisi delle Risorse e del Profilo Ambientale, che può essere considerata la prima applicazione pratica del modello LCA come lo si intende attualmente<sup>46</sup>. Tuttavia, tali indagini non possono essere considerate a pieno titolo come progetti basati sul modello LCA, anche se essi costituiscono senza dubbio un importante contributo in questo ambito. Infatti, queste prime applicazioni prevedevano una precisa valutazione del volume di risorse naturali che vengono consumate, identificando anche quanto viene rilasciato nell'ambiente. Al contrario, un'analisi che si possa definire di tipo LCA deve procedere alla valutazione critica dell'impatto ambientale associato a specifici prodotti e servizi, come si può vedere dalla figura 9.<sup>47</sup>

---

44 Klöpffer, W., Grahl, B., *Life Cycle Assessment (LCA). A guide to best practice*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 2014, pp. 1ss.

45 Hunt, R.G., Franklin, W.E., *LCA—How it came about*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 1(1), 1996, pp. 4–7

46 Klöpffer, W., *The role of SETAC in the development of LCA*, International Journal of LCA, 11(1), 2006, pp. 116–122

47 Jensen, A. A., et al., *Life Cycle Assessment (LCA). A guide to approaches, experiences and information sources*, European Environment Agency, Environmental Issues Series, No. 6.



Figura 9. Esempificazione del concetto di 'Life Cycle Assessment'.

Nel corso degli anni seguenti, il concetto originario subì una rapida evoluzione, sia in Europa che nel Nord America; nel Vecchio Continente tale concetto venne presto accettato a livello scientifico e divenne noto come 'eco-balancing'<sup>48</sup>. Dato che il problema del consumo energetico era in primo piano nell'agenda politica del tempo, la nozione di LCA ha conosciuto un particolare sviluppo nel campo energetico.

A questo proposito, si nota come l'approccio basato sul ciclo di vita venne utilizzato, per citare una delle applicazioni più significative, per identificare le aree in cui era possibile ridurre il consumo energetico dei processi produttivi. La rinnovata capacità da parte del life cycle assessment di valutare la diversità e l'ampiezza dell'impatto energetico, insieme al 'carbon footprint', si è tradotta nella sua attuale diffusione come strumento completo per stimare il modo di utilizzo dell'energia. Inoltre, esso ha anche promosso la formazione di branche specialistiche e di collegati strumenti al suo interno, come il 'life cycle energy assessment', che attualmente vengono usati con una certa frequenza<sup>49</sup>.

48 Ibidem

49 Filimonau, V., et al., *A critical review of methods for tourism climate change appraisal: life cycle assessment as a new approach*, Journal of Sustainable Tourism, 19(3), 2011, pp. 301–324.

L'interesse per tale approccio crebbe ulteriormente nel corso degli anni Ottanta, sulla spinta del movimento 'green' presente nel mondo intero, portando ad una maggior precisazione della nozione; in particolare, l'LCA cominciò a concentrarsi maggiormente sugli effetti ambientali che non erano legati all'energia, come quelli che riguardano la fase finale della vita di prodotti e servizi. A questo punto, tale modello ottenne un ampio riconoscimento da parte del mondo scientifico e venne adottato da parte della Società di Tossicologia e Chimica Ambientale. Quest'ultima si configura come un'organizzazione professionale diffusa a livello mondiale che non opera a scopo di lucro e che ha come obiettivo quello di sostenere lo sviluppo di principi e pratiche sostenibili, riconoscendo il ruolo cruciale del modello LCA<sup>50</sup>. Inoltre, la 'PE INTERNATIONAL', nel 1989 sviluppò il primo software specialistico che comprendeva i primi strumenti e database specificamente concepiti per operare l'analisi del ciclo di vita di prodotti e servizi<sup>51</sup>. La validità di tale sforzo è testimoniata dal fatto che una versione recente di tale programma viene ancora usato ai nostri giorni.

Successivamente, durante gli anni Novanta, si è assistito ad una rapida diffusione delle possibilità applicative del modello LCA; a questo proposito, si nota come furono due i seminari promossi dalla SETAC, in Europa e Stati Uniti d'America, per lo sviluppo delle linee-guida di tipo tecnico che devono guidare le analisi LCA, oltre che per armonizzare il contesto metodologico. In questo momento, le espressioni 'life cycle analysis' e 'life cycle assessment' assunsero un tono ufficiale.

In questo modo, vennero stabiliti i principi fondamentali del modello, mentre la sua analisi venne documentata e condivisa; riconoscendo la crescente importanza globale di tale paradigma, visto come uno strumento per fornire un'ampia prospettiva dell'impatto ambientale derivante da prodotti e servizi, l'ISO incaricò gli esperti della SETAC di sviluppare le linee-guida per il processo di standardizzazione di tale me-

---

50 Hertwich, E.G., Pease, W.S., Koshland, C.P., *Evaluating the environmental impact of products and production processes: A comparison of six methods*, Science of the Total Environment, 196(1), 1997, pp. 13-29.

51 Jeswani, H.K., et al., *Options for broadening and deepening the LCA approaches*, Journal of Cleaner Production, 18(2), 2010, pp. 120-127.

todo a livello internazionale. Di conseguenza, si ebbero i primi standard nel 1997, che vennero sottoposti ad un processo di revisione nel 2006 e pubblicati come serie 'ISO 14040'.<sup>52</sup> A partire da questo momento, la popolarità del modello LCA ha continuato ad aumentare in modo costante, sia in termini di diffusione geografica, che di applicazione. Inoltre, accanto alle linee-guida generali, ne sono state sviluppate altre maggiormente specifiche, come quella relativa alle emissioni di gas provenienti da beni e servizi, predisposta dal ministero britannico per l'Ambiente, il Cibo e gli Affari Rurali, in collaborazione con il 'Carbon Trust' e con il 'British Standards Institution'.<sup>53</sup> Ancora, si segnala il contributo della Commissione Europea, che ha rilasciato, mediante il suo centro per la Ricerca sull'Ambiente e la Sostenibilità, in collaborazione con altre agenzie internazionali, il 'Reference Life Cycle Data System Handbook'.<sup>54</sup> Questi standards sono stati elaborati allo scopo di tenere in considerazione il valore di questo modello, facilitandone l'applicazione da parte delle più diverse organizzazioni che hanno la necessità di valutare gli effetti che la loro attività esercita sull'ambiente. In questo modo, essi possono essere usati dalle aziende che lo desiderano, piuttosto di riferirsi ai singoli prodotti e servizi. Data la domanda crescente di questo strumento da parte delle imprese, l'ISO ha recentemente aggiornato la sua serie di standards, introducendone uno nuovo, conosciuto come 'ISO 14070'; tale famiglia è stata pensata in modo specifico per le entità che prevedono una revisione dei risultati a livello ambientale.<sup>55</sup>

Il numero crescente di studi e pubblicazioni dimostra la rapida diffusione dell'interesse nei confronti dell'analisi mediante il metodo LCA, oltre che rispetto allo sviluppo del modello in sé; a questo proposito, le indagini annuali sono cresciute da 10 nel 1992 ad oltre 1,700 nel 2013.<sup>56</sup>

52 International Organization for Standardization, *ISO/TC 207/SC 5—Life cycle assessment*, ISO, Geneva, Switzerland, 2015a.

53 Such, B., *PAS 2050 research report*, BSI, London, 2011, pp. 1ss.

54 Wolf, M.A., et al., *The International reference Life Cycle Data system (ILCD) Handbook*, JRC reference reports, European Commission, 2012, pp.1ss.

55 International Organization for Standardization, *ISO/TC 207/SC 5—Life cycle assessment*, ISO, Geneva, Switzerland, 2015b

56 McManus, M.C., Taylor, C.M., *The changing nature of life cycle assessment*, Biomass and bioenergy, 82, 2015, pp. 13-26.

Inoltre, è aumentato in modo considerevole anche il numero di prodotti e servizi analizzati mediante l'LCA<sup>57</sup>; tali prove mostrano come il riconoscimento a livello accademico e l'accettazione a livello internazionale rendano il life cycle assessment un potente strumento per valutare l'impatto ambientale, le decisioni prese da parte delle aziende e l'elaborazione delle politiche.

## 5.1 Uno strumento accurato per valutare l'impatto ambientale

Dalla definizione che è stata adottata negli anni Novanta, il Life Cycle Assessment si configura come uno strumento in grado di svolgere una comprensiva analisi dell'intero prodotto o sistema di servizi, allo scopo di individuare e quantificare i materiali e l'energia usati, e valutare il relativo impatto sull'ambiente<sup>58</sup>.

In particolare, il modello in esame è stato riconosciuto dalla comunità scientifica internazionale per la sua capacità di migliorare la performance ambientale di servizi e prodotti, rivelando le potenzialità di prevenzione e riduzione degli effetti ambientali di segno negativo<sup>59</sup>. Inoltre, esso è considerato il metodo più opportuno per la valutazione e confronto di materiali, servizi e prodotti, dal punto di vista dell'ambiente<sup>60</sup>; di conseguenza, tale modello viene considerato uno strumento affidabile e scientificamente valido per la gestione ambientale e per prendere decisioni in diversi settori

57 Finkbeiner, M., *Product environmental footprint—breakthrough or breakdown for policy implementation of life cycle assessment?*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 19(2), 2014, pp. 266–271

58 Junnila, S., Horvath, A., *Life-cycle environmental effects of an office building*, Journal of Infrastructure Systems, 9(4), 2003, pp. 157–166.

59 Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G., *Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA*, Construction and Building Materials, 23(1), 2009, pp. 28–39.

60 Arena, A.P., De Rosa, C., *Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza—Argentina*, Building and Environments, 38(2), 2003, pp. 359–368.

dell'economia globalizzata<sup>61</sup>. Il Life Cycle Assessment ha provato il suo rigore analitico e la sua validità scientifica in diverse discipline, mostrando la sua adeguatezza nella valutazione degli impatti ambientali delle aziende di servizi<sup>62</sup>.

Quando non viene considerata tale prospettiva nella valutazione dell'impatto sull'ambiente di beni e servizi, si potrebbe giungere a conclusioni imprecise rispetto alla loro valenza ambientale; di conseguenza, si potrebbero avere delle politiche e decisioni manageriali errate. Uno dei tratti distintivi dell'LCA consiste nella sua flessibilità, che consente di analizzare diverse alternative di prodotti e servizi grazie all'analisi di sensitività e dei futuri scenari<sup>63</sup>. Questa è una caratteristica essenziale, dato che gli strumenti di valutazione ambientale sono influenzati da ipotesi che vengono definite quando si fissa l'obiettivo della ricerca. A questo proposito, si nota come l'analisi di sensitività contribuisca all'identificazione dei fattori e delle variabili che sono in grado di esercitare la loro influenza in modo rilevante. Di conseguenza, quando le valutazioni ambientali sono basate sul modello LCA, esse sono in grado di far emergere le istanze di un prodotto o servizio sia attuali che potenziali. Inoltre, è anche possibile capire come ridefinire prodotti, servizi, politiche e modelli di management per ridurre l'impatto sull'ambiente<sup>64</sup>.

Probabilmente, il maggior beneficio ad usare il modello LCA consiste nell'avere a disposizione una valida base per valutare gli effetti indiretti e nascosti sull'ambiente che derivano da servizi e prodotti.

I vincoli del ciclo di vita ambientale vengono stimati da gruppi di ricercatori specializzati, relativamente ad un'ampia gamma di servizi e prodotti che rappresentano diversi punti del pianeta, per poi essere inseriti all'interno di ampi inventari sul ciclo

---

61 Koroneos, C., et al., *Life cycle assessment of kerosene used in aviation*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 10(6), 2005, pp. 417–424.

62 Junnila, S.I., *Empirical comparison of process and economic input-output life cycle assessment in service industries*, Environmental Science and Technology, 40(22), 2006b, pp. 7070–7076.

63 Ally, J., Pryor, T., *Life-cycle assessment of diesel, natural gas and hydrogen fuel cell bus transportation systems*, Journal of Power Sources, 170(2), 2007, pp. 401–411.

64 Thollier, K., Jansen, B., *Reducing life cycle impacts of housing and computers in relation with paper*, Journal of Cleaner Production, 16, 2008, pp. 790–800.

di vita, come il database 'Ecoinvent'<sup>65</sup>. Attraverso tali banche-dati, vengono inclusi o esclusi gli impatti ambientali di tipo indiretto, che possono essere associati a beni di tipo capitale, oppure alle fasi finali del ciclo di vita di un prodotto o di un servizio. Dato che il modello LCA si occupa della valutazione dell'impatto ambientale dalla nascita di un prodotto o servizio, fino alla sua 'morte', ovvero quando esso viene definitivamente ritirato, si parla di un principio di valutazione che va dalla 'culla alla tomba'<sup>66</sup>. In questo modo, il Life Cycle Assessment può aiutare ad effettuare una stima dell'impatto ambientale indiretto da parte della catena di produzione 'a monte', ovvero quella parte che si riferisce ai fornitori.

Alcuni autori affermano che il modello LCA sia capace di considerare meno della metà degli effetti indiretti, limitandosi ai primi tre ordini di fornitori<sup>67</sup>; tuttavia, quando si considerano gli strumenti alternativi, ci si accorge che essi non considerino del tutto tali effetti, e, quando lo fanno, si limitano al primo ordine di fornitori<sup>68</sup>. Dati i suoi limiti, l'LCA risulta adeguato per una scala di valutazione ridotta, ovvero quando si considerano singoli prodotti o servizi<sup>69</sup>; in particolare, l'errore di stima può anche arrivare al 50%. Di conseguenza, le valutazioni basate su questo modello risultano maggiormente precise rispetto agli altri strumenti di valutazione disponibili, rendendo questo metodo una valida soluzione per tenere conto della significativa diversità ed ampiezza degli impatti sull'ambiente che derivano dalla catena di fornitura.

Inoltre, mediante l'LCA è anche possibile valutare l'impatto ambientale dei processi che si collocano 'a valle'; in questo modo, si capisce come tale modello sia in grado di fornire una visione completa del servizio o prodotto che si sta esaminando.

65 Frischknecht, R., Rebitzer, G., *The ecoinvent database system: A comprehensive web-based LCA database*, Journal of Cleaner Production, 13(13-14), 2005, pp. 1337-1343.

66 Vogtländer, J., *A Practical Guide to LCA for Students, Designers and Business Managers, Cradle-to-grave and Cradle-to-cradle*, VSSD, Delft, The Netherlands, 2010, pp. 1ss.

67 Berners-Lee, M., Howard, D.C., Moss, J., et al., *Greenhouse gas footprinting for small businesses—the use of input-output data*, Science of the Total Environment, 409(5), 2011, pp. 883-891.

68 Lundie, S., Dwyer, L., Forsyth, P., *Environmental-economic measures of tourism yield*, Journal of Sustainable Tourism, 15(5), 2007, pp. 503-519.

69 Foran, B., et al., *Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting*, Ecological Economics, 52(2), 2005, pp. 143-157.



# 5.2

## La valutazione dell'impatto ambientale secondo il modello LCA

Gli standards ISO della serie 14040, hanno fissato e definito il metodo con cui è possibile procedere all'analisi LCA per singoli servizi e prodotti, individuando 4 fasi distinte, che si possono apprezzare dalla figura 10.



Figura 10. Fasi del processo LCA.

La prima consiste nella definizione dell'obiettivo e dell'ampiezza dell'analisi. In particolare, in questo momento iniziale si procede alla spiegazione dello scopo dell'indagine, introducendo un'unità di analisi funzionale, definendo i confini del sistema e delineando le variabili scelte in merito all'impatto. Inoltre, la prima fase serve a giustificare il metodo di valutazione, spiegando le assunzioni che vengono applicate all'analisi. A questo proposito, è bene sottolineare come i dati che vengono usati nel modello LCA sono da collegare ad una base di confronto, conosciuta come 'unità funzionale'<sup>70</sup>; quest'ultima viene considerata un elemento centrale per svolgere un'analisi con il modello LCA e costituisce la quantificazione della performance di un prodotto o servizio<sup>71</sup>.

70 Paulsen, J.H., Borg, M., *A building sector related procedure to assess the relevance of the usage phase*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 8(3), 2003, pp. 142–150.

71 Jonsson, A., *Tools and methods for environmental assessment of building products-methodological analysis of six selected approaches*, Building and Environment, 35, 2000, pp. 223–238.

Un esempio di tale unità di analisi, per capire meglio il concetto, potrebbe essere dato dai cicli di una lavatrice a pieno carico, quando l'analisi è condotta mediante l'LCA di questo elettrodomestico. In questo modo, diventa essenziale definire la precisa funzione di un servizio o prodotto, dato che, in caso contrario, si potrebbe avere una valutazione finale errata.

Un altro elemento molto importante di questa fase iniziale consiste nella precisa definizione dei confini del sistema studiato, ovvero dei processi inclusi o meno dall'analisi, oltre che nei criteri di inclusione<sup>72</sup>. Infatti, l'individuazione dei confini è in grado di influenzare il risultato della valutazione finale; di conseguenza, essa deve essere sottoposta ad una precisa verifica e giustificata in modo adeguato. Solitamente, tale processo chiama in causa un elemento soggettivo<sup>73</sup>; tuttavia, tale caratteristica appartiene a qualunque tipo di valutazione, e non è certo esclusiva dell'analisi LCA. Per comprendere meglio le implicazioni dei confini del sistema, è possibile svolgere analisi di sensibilità ed incertezza nella fase finale dell'intero procedimento, ovvero quello che riguarda, come si vedrà più avanti, l'interpretazione.

Una volta esaurita tale fase, è possibile passare a quella successiva, conosciuta come 'life cycle inventory analysis', che consiste nella raccolta di dati e nella loro sistematizzazione; in questo modo, gli inputs e gli outputs ambientali che sono legati ad un prodotto o servizio da analizzare vengono individuati, ed assemblati, per essere presentati come un inventario. Tale fase del processo di LCA viene considerato quello che richiede maggior sforzo data la presenza di banche dati di grande dimensione e di buona qualità per facilitare le fasi seguenti.

Il momento successivo, consiste nella valutazione dell'impatto, per stimare le ricadute ambientali di un determinato prodotto o servizio; a questo proposito, si ricorda come l'intera procedura LCA sia caratterizzata dalla presenza di quattro fattori strut-

---

72 Kellenberger, D., Althaus, H.J., *Relevance of simplifications in LCA of building components*, Building and Environment, 44, 2009, pp. 818–825.

73 Berners-Lee, M., Howard, D.C., Moss, J., et al., *Greenhouse gas footprinting for small businesses—the use of input-output data*, Science of the Total Environment, 409(5), 2011, pp. 883–891.

turali, ovvero la classificazione, la caratterizzazione, la normalizzazione e la ponderazione. L'ISO 14040 prescrive come i primi due elementi che servono a convertire la valutazione dell'impatto in un indicatore quantitativo di facile lettura siano obbligatori in ogni caso. Invece, gli ultimi due, dato che hanno la funzione di mostrare il significato relativo di tale impatto, sono lasciati alla discrezione di chi conduce l'analisi; infatti, si ricorda come gli ultimi due elementi consentano l'individuazione di politiche per ridurre l'impatto generato dai servizi e prodotti.

A questo proposito, si considera come la normalizzazione e la ponderazione possono essere caratterizzati da elevati livelli di incertezza, che è il parziale risultato di un'insufficiente validità delle prove scientifiche a sostegno delle decisioni alla base degli elementi citati in precedenza. Inoltre, l'incertezza osservata deriva anche dal fatto che la scelta a sostegno di tali decisioni ha un carattere altamente soggettivo<sup>74</sup>; tuttavia, essi sono considerati due fattori di grande utilità per l'analisi LCA, dato che potrebbero contribuire all'interpretazione della valutazione, migliorandone la comprensibilità per coloro che non sono professionisti del settore<sup>75</sup>.

Infine, si può procedere all'interpretazione dei risultati emersi, che rende possibile trarre conclusioni e fornire raccomandazioni per miglioramenti rispetto all'ambiente; nuovamente, gli standards ISO raccomandano di svolgere una serie di verifiche per assicurare che le conclusioni a cui si è giunti risultino fattibili. A questo scopo, come si è anticipato in precedenza, dovrebbero essere effettuate analisi di sensitività ed incertezza, capendo come cambiamenti nelle variabili valutative possono influenzare i risultati dello studio. Un altro elemento analitico di cui ci si può avvalere nella fase finale dell'analisi LCA è dato dalla cosiddetta 'contribution analysis', che serve a stabilire il contributo ambientale relativo di ciascuna fase dello studio al ciclo di vita del prodotto o servizio in esame, rispetto al risultato globale<sup>76</sup>.

74 Blengini, G. A., *Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy*, Building and Environment, 44(2), 2009, pp. 319–330.

75 Brady, J., Ebbage, A., Lunn, R., *Environmental management in organizations. The IEMA handbook*, Earthscan, Oxon, UK, 2011, pp. 1ss.

76 Williams, A. S., *Life cycle analysis: A step by step approach*, Sustainable Technology Center, Champaign, Illinois, IL, 2009, pp. 1ss.

Inoltre, è bene ricordare come i database sui cicli di vita consentano di costruire inventari relativamente ad uno specifico prodotto o servizio; tuttavia, l'oggetto dell'analisi può essere talmente unico da non avere a disposizione banche dati per la caratterizzazione dei possibili impatti a livello ambientale. Ancora, il prodotto o servizio in esame può provenire da aree geografiche che non sono rappresentate nei database esistenti; in questi casi, i dati dovrebbero essere ottenuti da chi richiede di svolgere la valutazione. Infatti, non solo questo diventa l'unico modo per averli, ma è anche necessario considerare come questo genere di dati siano più precisi; di conseguenza, si dovrebbe ricorrere a questo canale ogni volta che se ne presenti l'opportunità, sia pratica che economica. Una volta raccolti dal cliente, tali dati possono essere calibrati rispetto ai database esistenti, per migliorare la possibilità di generalizzarli e renderli maggiormente rappresentativi dei risultati dello studio. Dato che tale processo è caratterizzato da una grande complessità, esistono dei software dedicati all'analisi LCA, come 'SimaPro', oppure 'GaBi', per citarne due usati in modo diffuso. A questo proposito, si nota come non esista un consenso su quale sia il pacchetto migliore, dato che ciascuno presenta punti di forza e di debolezza; di conseguenza, la scelta viene determinata dal budget disponibile, dalle preferenze di chi deve usarlo e dalla familiarità. Inoltre, è necessario considerare come le ingenti risorse che sono necessarie per costruire gli inventari e mantenerli determinano una forma commerciale, e possono essere molto costosi da usare. Tale elemento costituisce il principale ostacolo alle analisi LCA da parte di imprese con budget limitati; per questo motivo, ci sono stati diversi tentativi di affrontare tale problema, garantendo l'accesso ad un ampio database da parte di molte aziende.

Probabilmente, l'iniziativa di maggior successo è quella intrapresa mediante la banca dati conosciuta come 'European Life Cycle Database', che è stato lanciato nel 2006. Il suo scopo è quello di promuovere l'approccio del ciclo di vita nel mondo degli affari; inoltre, ci si è posti l'obiettivo di dare vita ad una banca dati completa, aggiornata in modo regolare e ad accesso libero.

# 5.3

## Tipologie di Life Cycle Assessment

Attualmente, il modello LCA viene riconosciuto come il metodo più appropriato per eseguire valutazioni ambientali comprensive, grazie al suo approccio strutturato ed analitico, che lo rende preferibile rispetto ad altre alternative<sup>77</sup>. A questo proposito, si nota come spesso ci si riferisca al modello in esame in termini di rappresentatività delle interazioni tra l'uomo e la natura, grazie alla sua capacità di tenere in considerazione una larga parte degli impatti ambientali derivanti da servizi e prodotti<sup>78</sup>.

Tuttavia, se unico è il modello generale, sono molte le varianti disponibili; in termini di 'scope' relativo all'analisi ed alla determinazione dei confini, si osserva un tradizionale approccio 'cradle to grave', menzionato in precedenza. In questo caso, l'intenzione è quella di tenere in considerazione tutti i processi che sono legati all'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita di beni e servizi, ovvero che riguarda tutte le fasi, da quando 'nasce', a quando 'muore'. In questo modo, per un bene di tipo industriale la fase iniziale potrebbe coincidere con l'estrazione della materia grezza, continuare con la fabbricazione, l'assemblaggio, la distribuzione, l'uso da parte del consumatore e la fine della vita del prodotto, che potrebbe consistere nel suo riciclo. Una variante di questo modello generale è dato da quella conosciuta come 'well to wheel'<sup>79</sup>; in questo caso, il concetto è simile, ma il suo utilizzo più diffuso è per la valutazione dell'impatto ambientale derivante dai combustibili, specialmente in termini di consumo totale di energia e di emissioni di gas-serra<sup>80</sup>. Allo stesso modo, nel caso di analisi LCA legate all'agricoltura ed ai sistemi di produzione del cibo, viene applicata la variante conosciuta come 'farm to fork', che si basa sullo stesso

77 Ness, B., et al., *Categorising tools for sustainability assessment*, Ecological Economics, 60(3), 2007, pp. 498–508.

78 Heiskanen, E., *The institutional logic of life cycle thinking*, *Journal of Cleaner Production*, 10(5), 2002, pp. 427–437.

79 Bengtsson, S., Andersson, K., Fridell, E., *A comparative life cycle assessment of marine fuels, liquefied natural gas and three other fossil fuels*, *Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 225(2), 2011, pp. 97–110.

80 Nanaki, E.A., Koroneos, C. J., *Comparative LCA of the use of biodiesel, diesel and gasoline for transportation*, *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 2012, pp. 14–19.

principio di base.<sup>81</sup>

Inoltre, a differenza dell'approccio tradizionale, che considera l'intero ciclo di vita, ce ne sono anche di tipo parziale, che escludono dall'analisi alcuni impatti di tipo ambientale<sup>82</sup>; una di tali varianti, conosciuta come 'cradle-to-gate', si concentra sull'impatto ambientale prodotto solamente dai processi 'a monte', ovvero fino al punto in cui un prodotto lascia i cancelli del luogo di produzione per essere costruito ed assemblato<sup>83</sup>. Si capisce bene come tale tipo di approccio risulti incompleto, dato che non considera l'apporto delle fasi produttive che si collocano 'a valle', che può anche essere significativo e non andrebbe ignorato. Tuttavia, è possibile considerarlo un valido metodo quando il contributo prevalente proviene dalle fasi che si situano 'a monte' della catena, oppure quando le informazioni sul prodotto o servizio, relativamente alle fasi 'a valle', risultano non disponibili o insufficienti per svolgere un'analisi completa<sup>84</sup>.

Un'altra variante del modello LCA, di tipo parziale come quello precedente, è conosciuto come 'gate-to-gate', che si focalizza sugli impatti ambientali legati alle operazioni di una specifica impresa. In questo modo, vengono esclusi sia gli effetti che provengono 'da monte' che 'da valle', per considerare solamente gli impatti che derivano dalle operazioni svolte nel sito dell'azienda; anche questa variante è stata soggetta a critiche. In ogni caso, il suo utilizzo appare giustificato quando i dati che servirebbero per un'analisi completa sono assenti o di scarsa qualità<sup>85</sup>; in tempi

81 Wong, A., Hallsworth, A., *Farm-to-Fork: A proposed revision of the classical food miles concept*, International Journal of Food System Dynamics, 3(1), 2012, pp. 74–81.

82 Fusi, A., Guidetti, R., Benedetto, G., *Delving into the environmental aspect of a Sardinian white wine: From partial to total life cycle assessment*, Science of The Total Environment, 472, 2014, pp. 989–1000.

83 Kara, S., Manmek, S., Herrmann, C., *Global manufacturing and the embodied energy of products*, CIRP Annals Manufacturing Technology, 59(1), 2010, pp. 29–32.

84 Thorn, M.J., Kraus, J. L., Parker, D.R., *Life-cycle assessment as a sustainability management tool: Strengths, weaknesses, and other considerations*, Environmental Quality Management, 20(3), 2011, pp. 1–10.

85 Rugani, B., et al., *A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector*, Journal of Cleaner Production, 54, 2013, pp. 61–77.

recenti, grazie all'ascesa dell'approccio basato sulla 'circular economy', la variante totale, 'dalla culla alla tomba', sembra aver guadagnato il favore degli studi sulla LCA<sup>86</sup>. Tale logica si pone come obiettivo quello di rendere minimo l'ammontare di rifiuti che vengono generati alla fine del ciclo di vita di un prodotto o servizio. In questo modo, si vorrebbe preservare la sua condizione di risorsa, che può essere usata nuovamente in seguito per la produzione di beni o l'erogazione di servizi che abbiano un valore uguale o superiore a quello precedente<sup>87</sup>. Tale processo è anche noto come 'upcycling'<sup>88</sup>; in ogni caso, la fattibilità di tale approccio è stato oggetto di dibattito in seno alla comunità scientifica<sup>89</sup>. Di conseguenza, quello tradizionale, insieme alla variante 'cradle-to-gate' è quella a prevalere attualmente, anche se la situazione potrebbe essere diversa in futuro.

A questo proposito, è necessario considerare ancora come esistano varianti al modello LCA che si preoccupano di integrare la valutazione ambientale all'interno dell'analisi economica, e sono conosciuti come 'eco-LCAs'.

Questi ultimi fanno ricorso alle stesse tecniche di valutazione e strategie del modello tradizionale, ma ampliano maggiormente l'ambito di analisi, dato che si concentrano sui servizi ecosistemici e sul ruolo da essi svolto nel sostenimento delle economie nazionali<sup>90</sup>.

Un approccio simile è quello adottato dalla variante 'economic input-output LCA', che si propone una valutazione aggregata dei dati settoriali, per mettere in luce l'impatto ambientale proveniente da ciascun settore dell'economia nazionale.

---

86 Vogtländer, J., *A Practical Guide to LCA for Students, Designers and Business Managers, Cradle-to-grave and Cradle-to-cradle*, op.cit.

87 van Dijk, S., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen, A., *Continuing the building's cycles: A literature review and analysis of current systems theories in comparison with the theory of Cradle to Cradle*, Resources, Conservation and Recycling, 82, 2014, pp. 21–34.

88 Braungart, M., McDonough, W., Bollinger, A., *Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design*, Journal of Cleaner Production, 15(13–14), 2007, pp. 1337–1348.

89 Bjørn, A., Hauschild, M.Z., *Absolute versus relative environmental sustainability*, Journal of Industrial Ecology, 17(2), 2013, pp. 321–332.

90 Baral, A., Bakshi, B.R., Smith, R.L., *Assessing resource intensity and renewability of cellulosic ethanol technologies using Eco-LCA*, Environmental Science and Technology, 46, 2012, pp. 2436–2444.

Il vantaggio di tali varianti è quello di prendere in considerazione gli effetti ambientali che sono associati ai comparti che fanno parte della catena di fornitura, visto che i dati usati per l'analisi derivano direttamente dalle statistiche nazionali, risultando precise e dettagliate<sup>91</sup>. Tuttavia, tale vantaggio rappresenta anche un difetto, dato che la disponibilità di larghi database richiederebbe di estendere l'analisi dei settori economici in tutti i loro comparti, mentre in questo caso la possibilità di valutare la performance ambientale risulta ridotta, dato che si usano dati disaggregati<sup>92</sup>.

Da ultimo, sembra interessante citare la variante LCA conosciuta come 'process-based', che non è altro che la tradizionale analisi compiuta a livello 'micro', ovvero di singoli e specifici prodotti e servizi. Anche se non è chiaro se tale approccio sia migliore di quello che considera il livello 'macro', basato sull'approccio 'input-output', ci sono prove a sostegno del fatto che le stime generate in quanto ad impatto ambientale siano maggiori in quest'ultimo caso<sup>93</sup>.

Le valutazioni più basse che derivano da una logica 'micro' sono comunque spiegabili dall'errore di 'truncation' citato in precedenza. Infatti, dato che non tutti i contributi vengono presi in considerazione, sarà sempre presente un errore, dovuto a processi non conosciuti o non considerati.

---

91 Matthews, H.S., Small, M., *Extending the boundary of life-cycle assessment through environmental economic input-output-models*, *Journal of Industrial Ecology*,4(3), 2001, pp. 7–10.

92 Lenzen, M., *Errors in conventional and input-output-based life-cycle inventories*, *Journal of Industrial Ecology*,4(4), 2000, pp. 127–148.

93 Fthenakis, V.M., Kim, H.C., *Greenhouse-gas emissions from solar electric- and nuclear power: A life-cycle study*, *Energy Policy*,35(4), 2007, pp. 2549–2557.



## INTRODUZIONE

Le origini del metodo conosciuto come ‘carbon footprint’, possono essere fatte risalire ad un sotto-gruppo di una categoria più ampia, ovvero dell’ecological footprint<sup>94</sup>; questo concetto si riferisce alla porzione di terra e mare produttive da un punto di vista biologico richieste per sostenere una data popolazione umana, e si indica in ettari globali. Secondo tale logica, il carbon footprint si riferisce all’area terrestre necessaria per assorbire tutta l’anidride carbonica prodotta dall’uomo nella sua vita. Dato che il tema del riscaldamento globale assunse una grande rilevanza nell’agenda politica globale, l’uso di questa misura divenne comune, anche se in una forma modificata<sup>95</sup>.

La misura di cui ci si sta trattando è stata usata da diversi decenni, ma conosciuta in modo diverso, come indicatrice del potenziale di riscaldamento globale<sup>96</sup>; di conseguenza, la forma attuale del carbon footprint può essere vista come un ibrido che deriva il suo nome dal concetto più generale di ‘ecological footprint’. Inoltre, da un punto di vista concettuale, essa è una misura del potenziale di riscaldamento globale; per questa ragione, non stupisce che esistano pochi studi che si riferiscono a tale misura in termini di ettari globali, nonostante il legame moderno che esiste<sup>97</sup>. Inoltre, a parte la sua ampia e favorevole reputazione presso il pubblico come indicatore per il riscaldamento globale, esiste confusione sul suo esatto significato<sup>98</sup>.

---

94 Wackernagel, M., Rees, W.E., *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, 1996, pp. 1ss.

95 East, A.J., *What is a carbon footprint? An overview of definitions and methodologies. In Vegetable industry carbon footprint scoping study*, Discussion papers and workshop, Horticulture Australia Limited, Sydney, 26 September 2008.

96 Finkbeiner, M., *Carbon footprinting—Opportunities and threats*, International journal of Life Cycle Assessment, 14, 2009, pp. 91–94.

97 Browne, D., O’Regan, B., Moles, R., *Use of carbon footprinting to explore alternative household waste policy scenarios in an Irish city-region*, Resources, Conservation and Recycling, 54, 2009, pp. 113–122.

98 Peters, G.P., *Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales*, Current Opinion in Environmental Sustainability, 2(4), 2010, pp. 245–250.

Ancora, è necessario segnalare come la letteratura scientifica su questo tema risulta scarsa, dato che la maggior parte degli studi sono stati condotti da organizzazioni private e da imprese interessate all'andamento dei loro affari e non da un senso di responsabilità verso l'ambiente.

Inoltre, esistono altri termini che spesso sono associati a questo concetto o che sono sinonimi di carbon footprint, come 'embodied carbon', oppure 'climate footprint'; tuttavia, le definizioni presentano una scarsa uniformità. Tuttavia, una delle più diffuse è quella di ammontare totale di anidride carbonica che si accumula, in modo diretto o indiretto, durante le fasi di vita di un prodotto; a questo proposito, si osserva come sia stato suggerito nuovo termine, ovvero 'climate footprint', che includesse anche le emissioni di gas-serra. Inoltre, non esiste alcuna uniformità sulla scelta delle emissioni dirette ed indirette, anche se le prime sono quelle che provengono direttamente dai processi produttivi.

A titolo di esempio, l'anidride carbonica che si origina durante la combustione di un boiler industriale a gas può essere considerata un'emissione diretta; tuttavia, se il boiler è elettrico, non si osservano emissioni dirette. Se però l'elettricità usata per alimentare il bollitore fosse generata da una centrale termica, l'anidride carbonica rilasciata in tale processo viene considerata come emissione indiretta.

Si capisce bene come diventi difficile includere tutte le possibili emissioni, e, di conseguenza, la maggior parte degli studi scelgono di riportare solamente le emissioni di tipo diretto o quelle indirette di tipo 'first order'<sup>99</sup>. Dato che non c'è coerenza tra la selezione delle caratteristiche da attribuire al carbon footprint, in termini di gas o di confini per il calcolo di tale misura, le stime fatte da diverse organizzazioni sono necessariamente diverse tra loro<sup>100</sup>.

Tuttavia, il carbon footprint è associata a transazioni monetarie in forma di tasse, o di aumento/diminuzione nelle scelte dei consumatori, è fondamentale avere a di-

---

99 Matthews, S.C., Hendrickson, C.T., Weber, C.L., *The importance of carbon footprint estimation boundaries*, Environmental Science and Technology, 42(16), 2008, pp. 5839–5842.

100 Padgett, J.P., et al., *A comparison of carbon calculators*, Environmental Impact Assessment Review, 28, 2008, pp. 106–115.

sposizione delle misure coerenti per facilitare i confronti. A questo proposito, si nota come, nonostante le differenze tra le stime, è stata riconosciuta ed accettata come unità di misura del carbon footprint la massa equivalente di anidride carbonica che si sviluppa in 100 anni di riscaldamento globale potenziale<sup>101</sup>.

Inoltre, è opinione diffusa che i footprint in generale siano da considerare indicatori spaziali<sup>102</sup>; di conseguenza, sarebbe meglio non parlare di 'carbon footprint', ma di 'carbon mass'<sup>103</sup>. Tuttavia, la massa di anidride carbonica equivalente è stata promossa come unità del carbon footprint, a causa della relativa facilità del calcolo e dalla sua ampia accettazione<sup>104</sup>. Di conseguenza, tale misura può essere definita come *'la quantità di gas-serra espressa in termini di anidride carbonica equivalente, emessa nell'atmosfera da parte di un individuo, un'organizzazione, un processo, un prodotto, od un evento, e proveniente da un determinato orizzonte'*<sup>105</sup>.

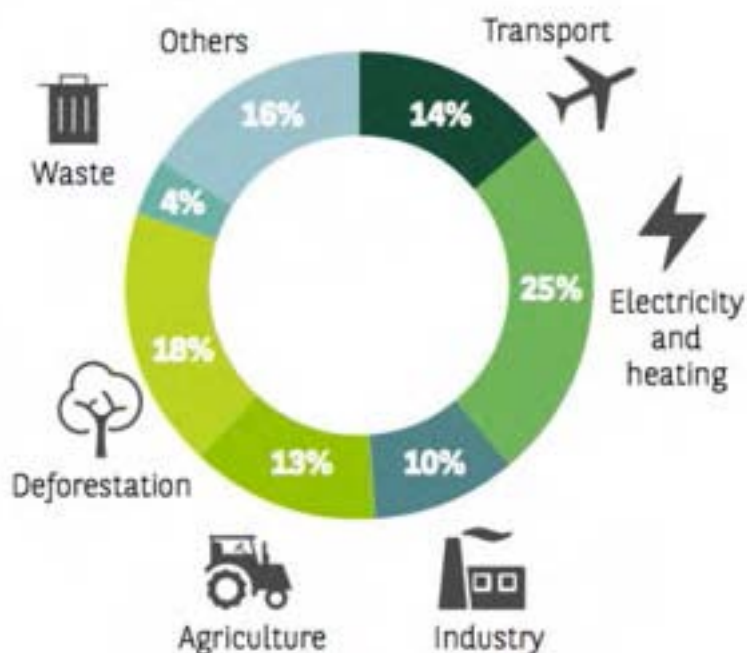


Figura 11. Esempio di carbon footprint, in termini di percentuale delle emissioni provenienti dai vari settori a livello globale (2016).

101 BSI, *Publicly available specification 2050. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, British Standards Institute, 2008.

102 Hammond, G., *Time to give due weight to the 'carbon footprint' issue*, *Nature*, 445(7125), 2007, pp. 256ss.

103 Jarvis, P., *Never mind the footprints, get the mass right*, *Nature*, 446, 2007, pp. 24ss.

104 Lynas, M., *Carbon counter*, Harper Collins Publishers, Glasgow, 2007, pp. 1ss.

105 Pandey, D., Agrawal, M., Pandey, J. S., *Carbon footprint: current methods of estimation*, *Environmental monitoring and assessment*, 178(1-4), 2011, p. 138.

Ovviamente, la serie di gas-serra ed i confini vengono definiti secondo una determinata metodologia che segue la logica del carbon footprinting<sup>106</sup>. Un esempio di carbon footprint si può vedere nella figura 11.

## 6.1 Rilevanza del Carbon Footprint

Dato che il carbon footprint esprime in modo quantitativo le emissioni di gas-serra provenienti dalle attività produttive, tale misura consente la gestione delle emissioni, oltre a valutare l'efficacia delle misure per ridurle.

Una volta che sono state quantificate le emissioni, è possibile individuare le fonti principali, permettendo di dare la corretta priorità alla aree in cui si deve procedere ad una diminuzione delle emissioni nocive ed in cui è necessario aumentare l'efficienza. In questo modo, viene creata la possibilità di avere efficienza da un punto di vista ambientale e di apportare riduzioni di costo. Inoltre, diversi ordinamenti prevedono come obbligo di riportare la misura di carbon footprint ai terzi, oppure al pubblico in generale come parte della responsabilità sociale d'impresa, o ancora per migliorare l'immagine del brand<sup>107</sup>. Ancora, sono state intraprese diverse azioni legislative per quantificare e ridurre il carbon footprint di città ed organizzazioni, esercitando una significativa influenza sulla definizione delle politiche<sup>108</sup>.

A titolo di esempio, negli Stati Uniti d'America è obbligatorio tenere un registro delle emissioni provenienti dalle attività svolte dalle imprese<sup>109</sup>.

106 Wright, L. A., Kemp, S., Williams, I., 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition, *Carbon management*, 2(1), 2011, pp. 61-72.

107 L.E.K. Consulting LLP, *The L.E.K. Consulting carbon footprint report 2007: Carbon footprints and the evolution of brand-consumer relationships*, L.E.K. Consulting Research Insights, I., L.E.K. LLB., London, 2007, pp. 1ss.

108 Courchene, T.J., Allan, J.R., *Climate change: The case of carbon tariff/tax*, *Policy Options*, 3, 2008, pp. 59-64.

109 Rich, D., *Designing a U.S. Greenhouse Gas Emissions Registry*, Climate and energy. World Resource Institute, 2008.

Anche l'Unione Europea ha deciso di formulare vincoli legali per la riduzione delle emissioni che provengono dall'aviazione, mentre lo Stato della California ha scelto di porre un limite massimo alle emissioni di gas-serra che provengono dai settori principali della sua economia. Inoltre, essa ha posto un dazio sull'importazione di combustibili non convenzionali per i veicoli, che viene meno quando il loro carbon footprint risulta inferiore a quello dei combustibili derivati dal petrolio<sup>110</sup>. Inoltre, una legge del 2006 sul riscaldamento globale ha inteso riportare il livello di emissioni a quelle registrate nel 1990 entro il 2020<sup>111</sup>; nel Regno Unito, invece, mediante il 'Low Carbon Transition Plan' del 2009, il governo ha incoraggiato le famiglie a dare il loro contributo per costruire un futuro in cui l'uso del carbone è minimo. A questo proposito, è interessante notare come la maggior parte delle organizzazioni e degli sforzi personali si siano concentrati sulla riduzione delle emissioni, oppure sul bilanciamento delle emissioni, per mezzo di crediti del carbone o altre misure di controllo simili. Infatti, oltre ai problemi legati alle politiche pubbliche, il carbon footprint risulta di enorme importanza anche per il mondo delle imprese. In particolare, il mondo degli affari si rende conto di come in futuro l'uso del carbone dovrà diminuire<sup>112</sup>; di conseguenza, si assiste ad una vera e propria corsa al calcolo di questa misura, oltre che a ridurre le emissioni, considerato come un vantaggio di tipo competitivo. A questo proposito, i fatti provano che il numero di aziende che partecipano al 'Carbon Disclosure Project', siano aumentate da 383 nel 2008 a 409 nel 2009<sup>113</sup>; inoltre, da una ricerca condotta dalla società di consulenza 'L.E.K. Consulting', è emerso come il 44% dei consumatori ha dichiarato la preferenza per i prodotti che davano informazioni sul carbon footprint, mentre il 43% di essi ha dichiarato di essere disposto a pagare una maggiorazione di prez-

---

110 Courchene, T.J., Allan, J.R., *Climate change: The case of carbon tariff/tax*, op.cit.

111 Capoor, K., Ambrosi, P., *State and trends of the carbon market 2009*, The World Bank, Washington DC, 2009, pp. 1ss.

112 Kleiner, K., *The corporate race to cut carbon*, Nature, 3, 2007, pp. 40-43.

113 CDP, *Carbon disclosure project report 2009: Global 500, on behalf of 385 investors with assets of \$57 trillion*, Carbon Disclosure Project, 2009, pp. 1ss.

zo per i prodotti che originano basse emissioni<sup>114</sup>.

Si vede dunque come il settore 'corporate', ovvero quelle delle imprese, abbia risposto alla sfida ambientale in modo significativo; infatti, grazie alla crescente consapevolezza nei confronti del cambiamento climatico, nelle persone è nata una significativa preoccupazione rispetto alla loro responsabilità all'emissione di gas-serra. Tale presa di coscienza ha determinato la nascita di un numero crescente di strumenti e studi legati al carbon footprinting personale, in termini di consulenze e calcolatori. Inoltre, si nota come tale movimento sia particolarmente accentuato nei Paesi sviluppati<sup>115</sup>; tali servizi, dopo aver provveduto ad una stima del carbon footprint, viene suggerito di controbilanciare le emissioni mediante nuovi alberi da piantare, il sostegno delle foreste e delle fonti di energia di tipo rinnovabile<sup>116</sup>. Di conseguenza, si è osservata un significativo aumento del mercato del carbone volontario, sin dal 1989<sup>117</sup>; in particolare, la diminuzione delle emissioni che provengono dai sistemi di trasporto si può ottenere dalla propensione ad usare mezzi alternativi, quando possibile, come le biciclette, ed in generale cambiando le abitudini delle persone<sup>118</sup>. Oltre ad essere un importante indicatore per il mondo delle imprese, il carbon footprint lo è anche per misurare l'impatto dello stile di vita dei cittadini di un determinato Paese, rispetto alle emissioni di carbone. Per questo motivo, esistono delle pubblicazioni che riportano la quota di carbone pro-capite dei diversi Paesi, offrendo un modo conveniente di confrontare i contributi provenienti, da nazioni, città, e settori rispetto al riscaldamento globale. Ovviamente, è chiaro che i Paesi a più alto reddito siano anche quelli che contribuiscono maggiormente alle emissioni

114 L.E.K. Consulting LLP, *The L.E.K. Consulting carbon footprint report 2007: Carbon footprints and the evolution of brand-consumer relationships*, op.cit.

115 Kenny, T., Gray, N.F., *Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland*, Environmental Impact Assessment Review, 29, 2008, pp. 1-6.

116 Murray, J., Day, C., *The carbon neutral free for all*, International Journal of Greenhouse Gas Control, 3, 2009, pp. 237-248.

117 Hamilton, K., et al., *State of the voluntary carbon markets 2007: Picking up steam*, Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance, 2009, pp. 1ss.

118 Frank, L.D., et al., *Carbonless footprints: Promoting health and climate stabilization through active transportation*, Preventive Medicine, 50, 2010, pp. S99-S105.

catturate dal carbon footprint, mentre esso risulta sostanzialmente basso per quelli che sono in via di sviluppo. Data la loro importanza e diffusione, i carbon footprints vengono usati come importanti indicatori per l'event management<sup>119</sup>.

Di conseguenza, si stanno diffondendo studi che riguardano l'impatto su sistemi naturali e semi-naturali per mezzo del carbon footprint<sup>120</sup>; essi potrebbero contribuire in modo significativo a confrontare l'impatto sull'ambiente derivante dall'azione umana.

## 6.2 Sistemi di valutazione a punteggio

In aggiunta al modello LCA, esistono altri sistemi di valutazione dell'ambiente; tra i diversi modelli che sono stati sviluppati, ne verranno presi in considerazione tre, ovvero 'l'ecological footprint, che è già stato menzionato in precedenza, l'environmental sustainability index (ESI), ed infine, l'Emergency Performance Indices (EMPIs).

L'ecological footprint, nella sua forma concettuale venne introdotto all'inizio degli anni Novanta, per essere rielaborato in seguito<sup>121</sup>; in pratica, tale misura rappresenta una stima della richiesta di risorse naturali. La sua logica si basa sulla misura dell'impatto della popolazione, espressa come area appropriata; in altri termini, tale stima rappresenta la superficie di territorio ecologicamente produttivo nelle sue diverse declinazioni, come le foreste, oppure il mare che sono necessari per fornire le risorse necessarie per i consumi di una determinata popolazione, tenendo conto del livello tecnologico. Di conseguenza, la biocapacità esprime la produttività biologica di una determinata area, ovvero la capacità di un 'bioma', che può essere il mare

119 Gössling, S., *Carbon management in tourism: Mitigating the impacts on climate change*, Routledge, 2010, pp. 1ss.

120 Chambers, J.Q., et al., *Hurricane Katrina's carbon footprint on U.S. gulf coast forests*, *Science*, 318, 2007, pp. 1107ss.

121 Wackernagel, M., Rees, W.E., *Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective*, *Ecol. Econ.* 20, 1997, pp. 3–24.

come la foresta, di generare biomassa, ovvero il peso della materia organica, sia viva che morta. E' interessante notare come la biocapacità costituisce la capacità massima teorica sostenibile per il periodo di un anno; mediante il confronto tra la domanda con le risorse disponibili, è possibile procedere alla stima della sostenibilità ecologica di territori o interi Paesi, come si può vedere dalla figura 12.



Figura 12. Esempio di Ecological Footprint per la metropoli di Hong Kong.

Il secondo indice, l'ESI, venne sviluppato da un gruppo di ricercatori degli atenei di Yale e Columbia, ma la presentazione formale fu in occasione del Forum Economico Mondiale del 2000<sup>122</sup>; nella logica di questo indicatore, la sostenibilità ambientale è un concetto essenziale di tipo multi-dimensionale. Essa rappresenta la capacità di mantenere beni ambientali di valore nei decenni a venire, gestendo i problemi che emergono dalle mutevoli condizioni ambientali<sup>123</sup>; tale indice comprende 21 indicatori e 21 variabili, che lo rendono uno dei più completi e diffusi a livello globale. Una delle dimensioni considerate è l'ecological footprint, di cui si è discusso in precedenza, mentre il punteggio di un Paese può variare tra 0 e 100.

In particolare, l'ESI prende in considerazione cinque dimensioni, ovvero i sistemi

122 Siche, J.R., et al., *Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices*, Ecological Economics, 66(4), 2008, pp. 628-637.

123 Esty, D., et al., *Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship*, Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven, 2005, pp. 1ss.



ambientali, come l'aria, l'acqua o la biodiversità e gli stress, ovvero le situazioni di criticità in termini di inquinamento, oppure un livello eccessivo di sfruttamento delle risorse naturali. Ancora, viene considerata la vulnerabilità umana, ovvero la situazione in termini nutrizionali e le malattie che derivano dall'ambiente, la capacità sociale ed istituzionale, intesa come abilità nell'affrontare le problematiche e le sfide poste dall'ambiente, ed infine la 'global stewardship', ovvero gli sforzi ed i progetti che derivano dalla cooperazione internazionale sulla responsabilità globale.

Infine, è interessante considerare l'ultima serie di indici, che si riferiscono ad indicatori che sono usati nella valutazione della sostenibilità di un sistema economico; in pratica, vengono considerati due indicatori, ovvero quello relativo alla rinnovabilità e quello che si riferisce all'indice di sostenibilità di emergenza<sup>124</sup>. L'analisi di tipo emergenziale è stata formalizzata in seguito a diversi studi, ed è concepita come un metodo per valutare l'ecosistema dal punto di vista dell'economia biofisica. In altri termini, tale tipo di analisi comprende le variabili geofisiche per stimare l'ammontare di energia collegata alla produzione ed uso delle risorse, sia naturali che antropiche; il suo scopo è quello di ottenere una misura termodinamica dell'energia usata per produrre una risorsa. A questo scopo, viene usata un'unità di misura comune alle risorse esaminate, ovvero la quantità equivalente di energia solare; quest'ultima viene utilizzata per valorizzare le risorse naturali che l'economia tradizionale non è in grado di valutare in modo corretto, come la pioggia o la biodiversità, oppure quelle risorse che provengono dall'economia, ovvero i combustibili fossili ed i suoi derivati. Data la sua particolare natura, l'analisi emergenziale viene usata per studiare gli inventari ambientali e l'impatto che ha su di essi l'azione dell'uomo; in pratica, tale tipo di analisi è formata da alcuni elementi principali. Il primo consiste nell'identificazione dei materiali e dei flussi di energia che prendono parte ai processi svolti all'interno di un determinato sistema, calcolando tali flussi per mezzo del fattore di conversione conosciuto come 'transformity'. Quest'ultimo non è altro che l'energia

124 Brown, M.T., Ulgiati, S., *Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation*, Ecol. Eng. 9, 1997, pp. 51–69.

solare necessaria per produrre 1 Joule di prodotto o servizio<sup>125</sup>.

Il secondo elemento è dato dall'aggregazione di flussi dello stesso tipo, come possono esserlo le fonti locali di energia rinnovabile e l'energia totale usata in un determinato sistema. Infine, dopo il calcolo di un indice intermedio, è possibile procedere alla stima dell'indice di sostenibilità energetica, che è una misura aggregata del rendimento e del carico ambientale di un sistema. Infine, è bene osservare come anche il REN sia stato suggerito per la valutazione dello stress di un dato ecosistema, dato che un basso valore di questo indicatore segnala la presenza di un'elevata pressione sull'ambiente<sup>126</sup>.

---

125 Odum, H.T., *Environmental accounting, emergy and decision making*, J. Wiley, New York, NY, 1996, pp. 1ss.

126 *Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation*, op.cit.

## INTRODUZIONE

Quando si parla di legno, foreste ed istanze legate al carbonio, è necessario partire da un discorso generale sul cambiamento climatico e sulle emissioni di gas-serra; a questo proposito, si osserva come l'anidride carbonica sia solamente uno di questi gas, responsabili di assorbire energia dal sole e di condurre al fenomeno conosciuto come 'riscaldamento globale', ovvero il riscaldamento che riguarda l'atmosfera terrestre. In particolare, è bene notare che molti di tali gas siano presenti in modo naturale, dato che servono a regolare la temperatura globale, mantenendola nei corretti parametri per sostenere la vita. Infatti, se non esistessero i gas-serra, la temperatura della Terra si abbasserebbe di 30 gradi centigradi, determinando la scomparsa della maggior parte delle forme di vita presenti. Tuttavia, la comunità scientifica è concorde sul fatto che sia in atto un cambiamento del clima terrestre a causa dell'aumento della concentrazione di gas-serra nell'atmosfera. Tra tali gas, quello che assume la maggiore rilevanza è sicuramente l'anidride carbonica, che contribuisce maggiormente al cosiddetto 'effetto serra'<sup>127</sup>.

Nel corso degli anni Novanta, la concentrazione di questo gas è aumentata di circa 1.5 parti per milione all'anno, in continuità di tendenza con un aumento da 280 ppm del periodo pre-industriale agli attuali 370<sup>128</sup>.

A tale incremento è sotteso un complesso processo, formato da scambi di carbone tra l'atmosfera, gli oceani, le riserve di combustibili fossili e la vegetazione terrestre, incluse le foreste.

A questo proposito, si nota un legame preciso tra queste ultime ed il ciclo globale del carbone; in particolare, si nota come il tasso con cui i gas-serra vengo-

---

127 Lal, R., Residue management, *conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment*, Soil and Tillage Research, 43(1-2), 1997, pp. 81-107.

128 Forestry Commission, *Forests, Carbon and Climate Change: the UK Contribution*, Information Note, June 2003, p. 1.

no rilasciati all'interno dell'atmosfera sia aumentato principalmente a causa della combustione di combustibili fossili che vengono usati sia in ambito domestico che industriale. Tuttavia, un contributo significativo è giunto anche dalla deforestazione e dall'impoverimento del suolo; infatti, tutte le piante contengono carbonio, che solitamente costituisce circa la metà del peso 'a secco'. Di conseguenza, quando avviene la combustione o la decomposizione degli alberi che sono stati tagliati, il carbonio viene rilasciato all'interno dell'atmosfera, principalmente come anidride carbonica. Infatti, le piante, e gli alberi in particolare, a causa della loro ampia concentrazione di biomassa, continuano a dare un importante contributo al ciclo globale del carbonio. A questo proposito, si consideri che si stima che i processi di deforestazione, durante gli anni Novanta, abbiano rilasciato 1.6 gigatonnellate di carbonio nell'atmosfera, mentre la vegetazione terrestre dovrebbe averne assorbito dalle 2 alle 3 gigatonnellate. Tale risultato è in parte dovuto alle maggiori concentrazioni di anidride carbonica nell'atmosfera, ampliando il processo di fotosintesi delle piante; in parte, invece, lo si deve alla ricrescita di regioni forestali che in precedenza erano state gestite in modo inefficiente o erano state sottoposte a deforestazione. Alla luce di tali osservazioni, si è diffusa l'idea che alcune misure legate alla forestazione potessero dare un significativo contributo alla riduzione del cambiamento climatico. In particolare, questo poteva avvenire mediante l'arresto della deforestazione, il sostegno della riforestazione e la conservazione o il miglioramento del contributo dato dalle foreste esistenti, mediante una gestione opportuna e maggiormente efficiente.

### 7.0.1 Le foreste ed il carbonio

Quando si intende valutare il contributo apportato dai boschi e dalle foreste, rispetto all'equilibrio di carbonio, è necessario considerare la necessità di stimare il tasso di anidride carbonica che viene rimossa dall'atmosfera, così come la quantità di carbonio che viene trattenuto dalle foreste come riserva<sup>129</sup>.

129 Gibbs, H.K., et al., Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality, *Environmental Research Letters*, 2(4),2007, pp. 23-45.

Tale valutazione dovrebbe includere anche le riserve che sono contenute in luoghi diversi da quelli visibili, ovvero quelli che si trovano sotto la superficie del suolo; di conseguenza, risulta relativamente semplice esprimere un apprezzamento relativo al fatto che le radici degli alberi contengono una quantità significativa, ma nascosta, di carbonio. Invece, determinare quella nascosta nel suolo non è così semplice; inoltre, a questi elementi, bisogna ancora aggiungere il carbonio associato al legno che viene tagliato e che viene trattenuto nel breve come nel lungo termine nei prodotti in legno.

Quando si parla di alberi e foreste, si deve considerare come essi siano dei depositi naturali di anidride carbonica; infatti, al pari delle altre piante verdi, gli alberi assimilano tale componente dall'atmosfera, mediante i processi legati alla fotosintesi. A questo proposito, si osserva come le semplici molecole di zucchero che inizialmente si formano a partire dall'anidride carbonica, siano combinate in un momento successivo, producendo cellulosa, oltre alla lignina, nel caso di piante che contengono legno. La maggior parte del carbonio che viene assimilato dalla fotosintesi viene rilasciato nuovamente come anidride carbonica mediante la respirazione, che si configura, da questo punto di vista, come il costo energetico associato alla crescita e mantenimento di materiale vivente. Il carbonio residuo viene allocato alle foglie, alla radice, ai semi, al legno ed alle biomasse di tipo 'branch'; in seguito, con un ritmo annuale, il carbonio legato alle componenti temporanee della foresta tornano all'atmosfera mediante i processi di decomposizione, mentre solamente una parte di esso viene trattenuto nel lungo termine, in qualità di legno.

### 7.0.2 L'accumulazione di carbonio nelle foreste

L'andamento che caratterizza l'accumulazione di carbonio nelle biomasse legnose, durante il ciclo di vita di una popolazione di alberi, riflette l'incremento del legname; infatti, a secco, il peso del legno è costituito per la metà, come si è notato in precedenza, da carbonio, mentre nel tronco si concentra la stragrande maggioranza di

biomasse. A questo proposito, è bene precisare che esistono modelli e tavole che forniscono una stima della crescita del legname e della performance delle foreste, che possono essere usati per la valutazione dell'accumulazione di carbonio, anche se tali modelli considerano solamente una parte delle variabili rilevanti nella gestione delle foreste. Le analisi che derivano dai modelli di rendimento a cui si faceva riferimento in precedenza, mostrano come l'accumulazione di carbonio sia bassa durante la fase di 'stand establishment', e di come possono anche avere segno negativo, in seguito alla perdita di questo componente derivante dalla fase di preparazione del suolo<sup>130</sup>. A tale fase iniziale, segue quella denominata 'full-vigor', che consiste in un periodo di rapido assorbimento, con livelli che aumentano fino alla fase di maturità, per poi decrescere. Infine, quando la foresta si avvicina all'ultima fase, conosciuta come 'old-growth', si raggiunge l'equilibrio di lungo termine, in cui il carbonio viene perso a seguito della morte degli alberi ed altri fattori, che impediscono qualunque crescita ulteriore.

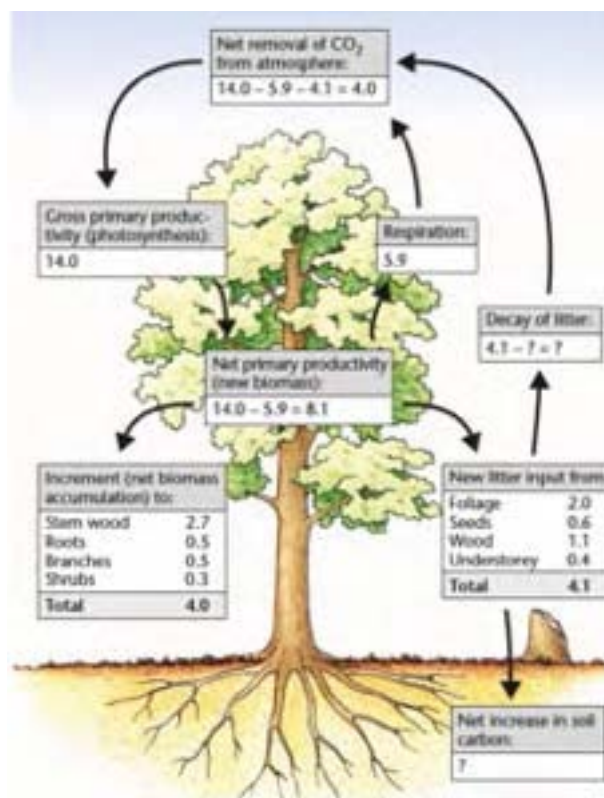


Figura 13. Esempio di scambio di carbonio.

130 Richter, D.D., et al., *Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest*. Nature, 400(6739), 1999, pp. 56ss.

Tuttavia, è possibile che piccole quantità di carbonio continuino ad essere accumulate nel suolo; in questo caso, è interessante osservare come il tempo richiesto dal carbonio contenuto nel suolo per raggiungere il punto di equilibrio sia superiore a quello necessario per la biomassa della foresta.

Spesso, ci si riferisce all'accumulazione di carbone da parte delle foreste con l'espressione 'carbon sequestration'; tale formula rende molto bene l'idea dello scambio che avviene nella dinamica del carbonio, come si può vedere dalla figura 13.

In particolare, quattro elementi sembrano essere quelli di maggior rilievo, cominciando con lo scambio continuo di singoli atomi di carbonio tra l'atmosfera e la foresta; inoltre, nel corso dell'intero ciclo di vita, sono maggiori gli atomi di carbonio ad essere accumulati rispetto a quelli che vengono rilasciati, consentendo un'accumulazione di tale molecola nella foresta.

Ancora, è interessante notare come tale processo avvenga fino a quando la foresta non raggiunge il suo punto di equilibrio, rendendo finita la quantità di carbonio accumulato. Infine, è bene precisare come tale processo abbia una natura reversibile, dato che tale componente torna all'atmosfera mediante la morte, la combustione o la decomposizione, quando la foresta non viene mantenuta integra.

# 7.1

## La sequestrazione di carbonio nei prodotti di legno

Quando si considera l'andamento storico e quello prospettico della sequestrazione di carbonio e le emissioni che provengono dai prodotti in legno o carta, si vede come esistano diversi elementi da considerare. In particolare, si osserva come il carbonio totale contenuto nel legno grezzo tagliato e nelle importazioni è diminuito tra il 1910 ed il 1940 negli Stati Uniti d'America; tale risultato è stato determinato in parte dal costante declino dell'utilizzo di legna da ardere, ovvero usata come combustibile. Dopo gli anni Quaranta, l'ammontare di carbonio nel legno grezzo è raddoppiato a partire dal 1995, mentre quello derivante dalle importazioni dovrebbe aumentare dal 2040, come sembrano indicare le proiezioni e le stime del Ministero statunitense<sup>131</sup>. Inoltre, dai primi anni del Novecento l'uso di legno grezzo per i prodotti primari è cambiato da prodotti solidi e combustibili ad un insieme di prodotti che include una crescente proporzione di prodotti in carta, comportando maggiori residui da prodotti solidi in legno. Nonostante si stimi che il carbonio contenuto in questo tipo di prodotti raddoppi tra il 1950 ed il 2040, la quantità di questa molecola contenuta nella pasta di legno che viene usata per la produzione della carta dovrebbe aumentare del 600%.

In generale, il tasso di ritenzione netto del carbonio dei prodotti in legno e nelle discariche ha avuto un incremento del 170% tra il 1970 ed il 1990; tale aumento netto riflette lo smaltimento e la decomposizione dei prodotti che non sono più stati usati e che sono stati inviati alle discariche oppure bruciati, oltre alla decomposizione di legno e carta all'interno dei luoghi di scarico dei rifiuti.

Tale aumento è in parte spiegabile con quello che ha interessato il consumo dei prodotti, dato che quello di legno grezzo ha visto un incremento del 51% tra il 1970 ed

---

131 Skog, K.E., Nicholson, G.A., *Carbon sequestration in wood and paper products*, in Linda A., et al., *The impact of climate change on America's forests: a technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA Assessment*, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-59, US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 2000, p. 79-88.



il 1991<sup>132</sup>; inoltre, una parte è dovuta al rapido aumento che ha interessato il tasso di accumulazione di carbonio nelle discariche, dato che queste sono state usate in prevalenza dall'inizio degli anni Ottanta.

Inoltre, dalle proiezioni relative ai prodotti che derivano dalle foreste, il tasso annuale di sequestrazione del carbone nelle foreste e nel suolo dovrebbe diminuire in modo significativo entro il 2040<sup>133</sup>. Tale andamento riflette un rallentamento nel tasso di accumulazione del carbonio delle foreste site nella parte Nord del Paese, dato che esse si stanno avvicinando ad una fase di crescita più lenta rispetto agli alberi, oltre al fatto che anche il carbonio nel suolo è interessato dallo stesso trend. Inoltre, si assiste ad una minore raccolta di legno sui terreni pubblici siti ad Occidente, insieme ad aree che vengono gestite in modo più intensivo dove precedentemente le foreste erano nella fase di 'old growth'. Ancora, per spiegare il risultato osservato si deve tenere in considerazione una maggiore intensità di gestione nel Sud, dove il processo di accumulazione viene controbilanciato dalle rimozioni di alberi<sup>134</sup>.

Quando invece si considera il tasso netto di accumulo dei prodotti che sono in uso, si osserva come questo sia in leggero decremento, dovuto in parte alla crescente quota di legno che viene usata nei prodotti cartacei, caratterizzati da una vita utile più corta rispetto ai prodotti solidi in legno. Invece, il tasso annuo netto di rimozione del carbonio dall'atmosfera, per quanto riguarda gli Stati Uniti d'America, risulta lievemente inferiore rispetto all'accumulazione delle riserve, dato che in questo caso intervengono le importazioni nette. Nel 1990, la quota di carbonio rimossa dall'atmosfera e diretta verso le foreste ed i prodotti collegati era pari al 24% delle emissioni derivanti dai combustibili fossili a base di carbonio.

In definitiva, le proiezioni che provengono dallo studio che è stato esaminato, indicano che sono state accumulate ingenti quantità di carbonio nel legno e nei prodotti

132 Heath, L.S., Birdsey, R.A., *Carbon trends of productive temperate forests of the coterminous United States*, Water, Air, and Soil Pollution, 70(1-4), 1993, pp. 279-293.

133 Skog, K.E., Nicholson, G.A., *Carbon sequestration in wood and paper products*, op.cit., p. 86.

134 Heath, L.S., Birdsey, R.A., *Carbon trends of productive temperate forests of the coterminous United States*, op.cit.

a base di esso e di carta; tale risultato comprende sia i prodotti in uso che quelli all'interno delle discariche degli Stati Uniti d'America tra il 1910 ed il 1990.

Inoltre, si è osservato che il tasso annuo di accumulazione del carbone era leggermente superiore a quello di rimozione; tuttavia, è utile considerare come il tasso netto di accumulo negli stocks includa anche le importazioni nette, mentre quello di rimozione non ne tiene conto. Inoltre, la rimozione di carbonio dall'atmosfera potrebbe essere aumentata mediante la combustione di metano dalle discariche, per convertirlo in anidride carbonica, con un effetto serra minore. Ancora, la scelta del metodo contabile, ovvero centrato sugli stocks oppure sulla rimozione di carbonio dall'atmosfera, potrebbe determinare la modalità con cui un Paese decide di impostare il livello di importazioni ed esportazioni, allo scopo di controbilanciare le emissioni di gas serra, rispettando i vincoli che sono posti a livello internazionale. A loro volta, tali scelte potrebbero influenzare la modalità di gestire le foreste ed i settori industriali; infatti, nel caso in cui venga concesso credito per aumentare gli stocks, un decisore razionale dovrebbe aumentare le importazioni e restringere le esportazioni. Invece, quando vengono dati incentivi per promuovere la rimozione di carbonio dall'atmosfera, la preferenza dovrebbe ricadere sull'aumento della sequestrazione di tale molecola, sia nelle foreste che nei prodotti che derivano dal legname nazionale, decidendo di aumentare le esportazioni e diminuire le importazioni. Inoltre, in questo caso, potrebbe anche determinarsi una maggiore enfasi sulla diminuzione delle emissioni di metano che derivano dalla decomposizione dei prodotti in legno che si trovano nelle discariche.

### 7.1.1 Gestione delle riserve di carbonio

Rispetto al carbonio, tre sono gli approcci che emergono, cominciando con la gestione delle relative riserve; in questo caso, l'intervento è minimo, e prevede un graduale aumento, nel lungo termine, delle riserve di tale molecola. Oltre a servire per ridurre il cambiamento climatico, tale opzione può comportare anche significativi benefici, in termini di biodiversità ed amenità, specialmente quando si decide di piantare specie native. In questo modo, è anche possibile rendere minima la perdita di carbonio derivante dal fuoco o da disastri naturali, come le inondazioni; per questo motivo, si rende necessario tenere in considerazione diversi profili di rischio, così come le proiezioni sul cambiamento climatico. Contemporaneamente, bisognerebbe rendere minimo l'uso di combustibili fossili, per non annullare, anche se parzialmente, i miglioramenti ottenuti nelle riserve di carbonio; in definitiva, la gestione delle riserve di carbonio sembra particolarmente indicata per le foreste che hanno una bassa crescita, oppure in luoghi dove ci sono limitate opportunità di trovare legno tagliato. Un'alternativa all'approccio considerato in precedenza è dato da una gestione basata sulla sostituzione del carbonio; in questo caso, si determinano cambiamenti ciclici della densità di tale molecola, all'interno dell'ecosistema forestale. In questo caso, il mantenimento delle riserve di carbonio del sito passa in secondo piano; tale tipo di management risulta particolarmente adeguato a foreste che presentano un'anzianità omogenea, con moderati o elevati tassi di crescita, e che si trovano in luoghi dove ci sono molte opportunità di usare il legno tagliato<sup>135</sup>. Infine, si può considerare la gestione fondata su un intervento di tipo selettivo sul carbonio; tale opzione è simile alla prima, ma prevede anche la necessità di tagliare alcuni alberi che hanno determinate caratteristiche, destinati a fornire per prodotti di nicchia ad elevato valore. Di conseguenza, tale approccio risulta la scelta di riferimento quando si è in presenza di alberi di qualità diversa, ed in cui non esiste

---

135 Forestry Commission, *Forests, Carbon and Climate Change: the UK Contribution*, op.cit., p. 11.

un significativo rischio di elementi di disturbo naturali, oltre ad essere distanti dai centri residenziali ed industriali. In generale, tale tipo di gestione, insieme a quella basata sulle riserve di carbonio, avranno come risultato di avere maggiori riserve di carbonio a lungo termine, all'interno di un determinato ecosistema. Invece, quando si sceglie la sola strada della sostituzione o dell'intervento selettivo, esiste la possibilità di avere maggiori emissioni a lungo termine di gas serra.

Nel corso degli anni, sono diversi gli autori che hanno analizzato l'impatto ambientale legato al ciclo di vita degli edifici<sup>136</sup>; molti di tali studi si concentrano sull'emissione di gas-serra, senza prendere in considerazione altri tipi di impatto ambientale. Uno studio di particolare interesse è quello dei professori Bowyer e colleghi, che hanno analizzato coppie di edifici di dimensione media costruiti con materiali leggeri per un clima caldo ed umido, realizzati in legno oppure in cemento. Allo stesso tempo, sono stati analizzati edifici fabbricati per un clima freddo, realizzati in legno oppure acciaio; tale studio<sup>137</sup> si pone in linea con gli standards ISO relativi e considera il consumo primario di energia per l'intero ciclo di vita. In questo modo, vengono inclusi elementi fondamentali come la manutenzione, l'uso, la pulizia, il riscaldamento/raffrescamento dei locali, e il momento finale, ovvero lo smaltimento. Invece, altri elementi, come il volume di acqua ed aria vengono analizzati solamente per la fase iniziale, ovvero quella costruttiva.

Uno degli studi di maggior interesse è quello dei professori Lippke e colleghi, che hanno studiato l'intero ciclo di vita di quattro edifici residenziali<sup>138</sup>; in questo caso, sono stati considerati alcuni elementi. Uno di questi è il flusso di materiali che vengono usati negli edifici residenziali e del relativo impatto sull'ambiente; a questo scopo tali elementi sono stati tenuti sotto controllo mediante il metodo LCA per le risorse forestali, per i prodotti in legno ed il trasporto. Tali dati sono stati inseriti all'interno del modello denominato 'ATHENA EIE', che integra varie combinazioni di prodotti

---

136 Fossdal, S., *Environmental impact and energy flow of building materials in Norway, in Proceedings of the RILEM workshop on 'Environmental Aspects of Building Materials and Structures*, VTT Building Technology, Technical Research Centre of Finland, Espoo, 1995.

137 Bowyer, J., et al., *Life cycle environmental performance of renewable materials in the context of residential building construction; phase I research report on the research plan to develop environmental performance measures for renewable building materials with alternatives for improved performance*, Consortium for Research on Renewable Industrial Materials, CORRIM, Seattle/WA, 2004.

138 Lippke, B., et al., *Life cycle environmental performance of renewable building materials*, Forest Prod J, CORRIM, 54, 2004.

in gruppi equivalenti degli assemblati e delle strutture, riportando cinque indicatori sulla performance ambientale. In particolare, i flussi di massa, energia ed emissioni vengono riportate in funzione della loro estrazione e dell'attività manifatturiera, del trasporto verso il sito e delle attività costruttive. In questo modo, le attività legate alla costruzione, che comportano il consumo di materiali ed energia, nonché la produzione di rifiuti solidi e di emissioni, includono tutte le attività che sono coinvolte nella produzione dei materiali da costruzione, così come quelli associati alle attività costruttive vere e proprie. Invece, l'energia che viene usata per il rinfrescamento, la manutenzione e lo smaltimento, sono state considerate a parte.

Al fine di confrontare i diversi indici, si è provveduto al completamento del Life Cycle Inventory per le alternative proposte; in questo caso, il riferimento era il legno, mentre l'alternativa era data dall'acciaio e dal cemento. Inoltre, sono stati confrontate le implicazioni energetiche 'dalla culla alla tomba' di un edificio residenziale, oltre che dell'effetto derivante dalla sostituzione di vari materiali legnosi, individuando alcune opportunità di miglioramento. Fatta tale premessa, è possibile passare all'analisi vera e propria; a questo proposito, si nota come esistano diversi materiali comuni tra le due alternative prese in considerazione. Inoltre, la maggioranza dell'energia legata alla fase costruttiva, escludendo quella usata per uso abitativo, è stata usata per l'estrazione delle materie grezze, oltre che per la manifattura dei materiali da costruzione. A livello di edifici, si è osservato come la quasi totalità della sostituzione dei materiali, nel progetto di Minneapolis, ha riguardato le componenti di tipo strutturale e l'isolamento. Invece, per quanto riguarda gli edifici di Atlanta, la sostituzione ha riguardato fondamentalmente la struttura; a livello di performance ambientale, lo studio ha messo in evidenza come gli indicatori comportassero un rischio ambientale minore per i progetti in legno. Invece, rispetto alla produzione di rifiuti solidi, entrambe le alternative hanno dato risultati simili nel caso di Minneapolis, mentre risultati simili sono stati osservati ad Atlanta per quanto concerne l'inquinamento dell'acqua. A questo proposito, non si può non notare la differenza a livello di per-

formance ambientale con quella evidenziata da studi precedenti<sup>139</sup>. In particolare, le mura degli edifici di Minneapolis hanno usato un minore quantitativo di energia, dando luogo, al tempo stesso, a minori livelli di potenziale per il riscaldamento globale, rispetto alle mura di acciaio. Inoltre, le mura di cemento degli edifici di Atlanta hanno fatto segnare punteggi peggiori rispetto a quelli di legno, dato che il muro di cemento conteneva uno strato di legno addizionale per isolare termicamente la casa.

Per quanto riguarda il progetto di Minneapolis, l'energia totale 'contenuta' nella struttura in legno era significativamente più bassa rispetto a quella in acciaio; dato che tale tipo di energia include la bioenergia prodotta internamente dalla lavorazione del legno, l'energia di tipo non biologico che deve essere acquistata risulta minore per la casa in legno. Nonostante l'energia totale per la struttura in acciaio fosse più elevata del 17% rispetto alla soluzione in legno, l'energia di tipo non biologico usata nel caso dell'acciaio risultava superiore del 281% rispetto alla controparte. Senza entrare in ulteriori dettagli che non è interessante riportare in questa sede, sembra opportuno notare come, in questo caso, dato che il confronto è avvenuto solamente sui materiali sostituiti, il vantaggio del legno come soluzione costruttiva è stata sottovalutata.

A livello di materiali legnosi, gli autori dello studio che si sta prendendo in esame hanno osservato come, fino a pochi anni fa, venisse spesso usato come rivestimento il legno pressato; di conseguenza, è stata analizzata la sostituzione di tale materiale con i pannelli a fibre orientate (OSB). In questo caso, i risultati hanno mostrato un impatto ambientale inferiore del 3% per una casa completata, nel caso del compressato; l'unica eccezione è stata per gli effetti legato all'acqua, a causa, probabilmente, del fatto che la soluzione a base di OSB fosse allineata alla stretta regolamentazione in ambito di emissioni nelle acque. Ancora, come dato generale è risultato che, quando vengono usati co-prodotti di basso grado come bio-energia,

---

139 Bowyer, J., et al., *A report of progress and a glimpse of the future*, Forest Prod. J, 51(10), 2001.

anche il requisito energetico risulta inferiore, specialmente rispetto all'asciugatura. Quando si parla di 'co-prodotti', ci si riferisce a quei prodotti che derivano da un tronco che non viene usato nella casa ma che viene venduto sul mercato. A questo proposito, l'analisi di sensitività ha rivelato che l'uso esclusivo di questo genere di prodotti ha avuto come risultato un surplus energetico per la produzione di legno, compensando parte di quella necessaria per l'acquisto dell'acciaio, del materiale isolante, del cemento e di altri materiali<sup>140</sup>. Inoltre, questo tipo di analisi solleva anche il problema dell'efficienza rispetto all'uso del materiale; a questo riguardo, si nota come l'OSB sia prodotto dal legno di diverse specie, che generalmente vengono considerate di minore valore. Da questo punto di vista, tale soluzione si configura come una risposta all'eccessiva pressione esercitata sul terreno che ha prodotto legno di qualità superiore, e che, di conseguenza, ha una domanda più elevata. L'efficienza nell'uso dei materiali può essere significativa quando l'utilizzo del legno viene fatta risalire al terreno che l'ha prodotto. Rispetto al ciclo di vita, l'uso di energia a scopo di riscaldamento e di raffrescamento è quello più rilevante per ciascuna fase dell'intero ciclo; tuttavia, da un punto di vista economico, l'energia usata per tali attività viene diviso nei 75 anni di vita dell'abitazione, risultando una quota molto bassa dell'investimento iniziale totale per la costruzione. Il periodo scelto risulta in linea con quello adottato da altri studi, anche se probabilmente quello reale dovrebbe essere superiore agli 85 anni.

Ancora, si nota come le emissioni di carbonio legate all'uso dell'energia siano uno dei più rilevanti impatti sull'ambiente; a questo riguardo, si osserva come il carbonio presente nelle foreste agisca come compenso per tali emissioni. In particolare, le emissioni che derivano dalla manifattura dei prodotti, dalla costruzione e dalla demolizione, sono state aggiunte a quelle che sono una conseguenza della manutenzione, del riscaldamento e del raffrescamento. In generale, è possibile affermare come tali emissioni siano compensate da quelle che non si verificano in quanto

---

140 Bowyer., J., et al., *Life cycle environmental performance of renewable building materials in the context of residential building construction*, CORRIM Inc., Seattle, WA, 2004.



trattenute dal carbonio presente nelle foreste e nei prodotti in legno. Di conseguenza, mentre le fonti totali di emissioni erano costituite principalmente dall'impatto dell'energia usata per le attività menzionate in precedenza. Il risultato è stato quello di evitare l'emissione di 55 tonnellate di anidride carbonica per la struttura del progetto di Minneapolis, rispetto a quella in acciaio; il progetto di questo sito è risultato il solo a mostrare una maggiore quantità di carbonio stoccato rispetto alle emissioni.

# 8.1

## Edifici in legno: Vantaggi e svantaggi

Gli edifici in legno presentano una serie di vantaggi e di svantaggi, che verranno brevemente discussi in questo paragrafo; il primo dei benefici del legno è dato dalla velocità, elemento che i costruttori generalmente riconoscono. Infatti, quando viene usato un telaio prefabbricato in legno, il tempo necessario per costruire una casa è decisamente inferiore a quello necessario per lo stesso edificio con cemento e acciaio. Questo si verifica in quanto il telaio viene solitamente eretto direttamente sul sito da parte del personale del fornitore, in un lasso di tempo che si misura in giorni e non in settimane. A questo proposito, si nota come il tempo medio si aggiri intorno ai 7-10 giorni, calcolati da quando la squadra di specialisti arriva sul sito a quando il telaio è pronto; inoltre, si consideri come molti dei processi necessari per la costruzione di un edificio residenziale non possono iniziare fino a quando l'interno è protetto dagli agenti atmosferici. Nel caso venga scelto il legno, tali lavori possono essere iniziati prima, e, di conseguenza, l'intero edificio richiede un tempo minore per essere portato a termine. Tuttavia, nonostante il tempo necessario per costruire un telaio pre-fabbricato sia breve, è necessario prevederne per essere elaborato e fabbricato, che solitamente non risulta mai inferiore ai tre mesi. Di conseguenza, l'elaborazione deve essere finalizzata prima possibile, ed il tempo di attesa risulta

superiore rispetto ad un edificio costruito in cemento.

Un altro vantaggio consiste nella qualità e nella facilità di costruzione; a questo proposito, si nota come la parte più semplice sia l'erezione del telaio. Tuttavia, la qualità richiede un continuo monitoraggio. Per questa ragione, coloro che forniscono il kit sono anche quelli ad occuparsi di erigere il telaio; inoltre, dato che quest'ultimo viene costruito con grande precisione, la sua erezione sarà semplice e veloce.

Tuttavia, tale elemento richiede solitamente un elevato grado di supervisione del sito, per garantire un adeguato standard costruttivo<sup>141</sup>.

Un'altra serie di considerazioni è possibile farla a proposito della performance termica, che è uno dei vantaggi riconosciuti del legno<sup>142</sup>; infatti, in questo caso, l'isolamento è contenuto nella profondità della struttura. Una volta che è stato ottenuto un buon livello in quest'ambito, la perdita di calore derivante dall'aria che esce dall'edificio diventa più significativa; quando la struttura è in legno, tale quantità d'aria risulta minima, dato che esse sono sigillate, in modo da impedire alla maggior parte dell'aria di entrare o uscire dall'edificio.

Ancora, è necessario considerare il profilo dell'isolamento dal rumore e dai suoni; a questo riguardo, si nota come il modo più semplice per difendersi da un rumore molesto sia mettere qualcosa di pesante e solido tra la persona e la fonte.

Per questo motivo, i materiali densi e pesanti sono intrinsecamente adatti per smorzare qualunque tipo di suono; dato che i mattoni si configurano come un suono 'morto', gli edifici costruiti in questo modo hanno un vantaggio rispetto al materiale legnoso più leggero. Tuttavia, può essere ottenuta una riduzione dei rumori costruendo due mura separate con una separazione strutturale tra di esse; in particolare, viene inserito un materiale che assorbe il suono, come una lana minerale.

Un rischio da prendere in considerazione è quello relativo alla condensazione, che

---

141 Buchanan, A. H., Honey, B.G., *Energy and carbon dioxide implications of building construction*, Energy and Buildings, 20(3), 1994.

142 Skotnicova, I., et al., *Experimental measurements and numerical simulations of dynamic thermal performance of external timber frame wall*, in *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publications, 889, 2014.

è causata da aria calda e umida che si forma quando si svolgono particolari attività, come la cottura di cibi oppure il lavaggio di vestiti. Dato che l'umidità è in grado di passare attraverso i muri, la temperatura dell'aria cala, mentre si riduce la sua capacità di trattenere il vapore, dando luogo alla formazione di acqua. Durante l'inverno, tale processo si può verificare sia sulla superficie delle mura che delle finestre, ed in generali sulle superfici interne od esterne, ponendo un rischio di danno nel lungo termine. Nel caso di una costruzione in cemento, è possibile che la condensazione sia tale che aria calda interna riesca a passare attraverso l'isolamento; inoltre, la superficie esterna permette all'umidità di passare attraverso, conducendo allo scolo dell'acqua. Quando però il telaio è di legno, la condensa rappresenta uno dei maggiori ostacoli e preoccupazioni per architetti e costruttori; la tecnica più usata consiste nel porre un foglio di politene tra il muro esterno e l'isolamento, in modo da non farci passare il vapore.

Uno dei benefici più evidenti delle costruzioni in legno è dato dal loro profilo 'green', e dall'impatto in termini di riduzione di anidride carbonica; infatti, l'uso del legno come materiale da costruzione promuove la crescita e l'espansione delle foreste. Queste ultime, oltre a fornire il materiale, servono anche ad assorbire l'anidride carbonica, contribuendo alla riduzione del riscaldamento globale. Oltre alla capacità di assorbimento, è necessario considerare il fatto che gli alberi non necessitano di attività che producono la CO<sub>2</sub> per essere prodotti; al contrario, per produrre l'acciaio, bisogna procedere all'estrazione delle materie grezze, al loro trasporto, per poi essere combinate all'interno di fabbriche che producono rifiuti di vario tipo<sup>143</sup>.

Da ultimo, è interessante svolgere qualche considerazione sui costi; a questo riguardo, si nota come non sia semplice procedere ad un raffronto tra il telaio in legno ed altri materiali. Tuttavia, è probabile che il costo della soluzione basata sul legno sia qualche punto percentuale più elevato rispetto alla controparte in mattoni.

A questo riguardo, si osserva come costruttori ed architetti abbiano la tendenza a

---

143 Evans, L., Cross Laminated Timber Taking wood buildings to the next level, in Continuing Education, 2014.

far lievitare i loro prezzi, in modo da compensare il tempo addizionale che si rende necessario per essere sicuri che il design sia corretto. Tuttavia, ci possono essere altri elementi che possono influire sulla struttura in legno, e che si riferiscono più al modo con cui vengono scelti i fornitori che ai costi legati alle tecniche di costruzione. Infatti, la maggior parte delle strutture di legno viene venduta come kit pre-confezionati, che risulta una modalità costruttiva relativamente più costosa, a prescindere dal materiale che viene usato. Per questa ragione, il prezzo delle strutture in legno sembra elevato; un altro elemento che porta confusione rispetto al reale costo del legno è il modo con cui vengono quotati i prezzi relativi. Infatti, succede spesso che il prezzo iniziale sia solo un'approssimazione del corrispettivo del metro quadro; alcune imprese calcolano tale valore sulla base dell'area lorda, che include la larghezza delle mura così come quella delle stanze all'interno della casa, per ciascun piano. Altre aziende, invece, scelgono di avvalersi dell'area netta, che è quella misurata all'interno delle pareti interne, senza prendere in considerazione lo spessore delle mura. In quest'ultimo caso, il prezzo potrebbe anche essere inferiore del 10-15%, allo stesso tempo, alcune imprese includono il telaio o altri elementi, ed in ogni caso il costo legato all'erezione del telaio, mentre altre potrebbero decidere di aggiungere tali elementi come 'extra' in una fase successiva delle negoziazioni.

### 8.1.1 Esempio di Life Cycle Assessment per sistema costruttivo in X-LAM

Quando si parla di X-Lam o di CLT, si fa riferimento a pannelli di legno pressato 'a croce', prodotto da legno morbido che in seguito viene sottoposto ad un processo di laminatura; la consistenza di tale materiale varia dai 3 ai 7 strati, a seconda dei requisiti in termini di spessore. In seguito, gli strati vengono segati e limati, per poi essere incollati insieme sotto pressione, per mezzo di adesivi sintetivi o naturali<sup>144</sup>. I pannelli risultanti possono poi assumere le dimensioni richieste dal costruttore, anche se esiste un limite massimo; tale premessa è necessaria, dato che, quando si

<sup>144</sup> Durlinger, B., Crossin, E., Wong, J., *Life Cycle Assessment of a cross laminated timber building*, Forest & Wood Products Australia, 2013

parla di edifici in legno, sono tali pannelli ad essere usati.

Qualunque tipo di LCA parte da una definizione dei confini dei processi da includere nell'analisi, compresi il materiale ed i flussi di energia che partono o sono diretti all'ambiente associato alle fasi di produzione e smaltimento. Un tipico processo di analisi può includere i processi necessari al trasporto e produzione delle materie grezze, al trasporto e conversione di queste ultime in prodotti finiti. Inoltre, sono considerati il funzionamento ed uso degli edifici ed infine la demolizione degli stessi alla fine delle loro vite, dando luogo al bisogno di procedere alla gestione dei rifiuti che vengono generati.

Per operare tale analisi, è necessario sviluppare un LCI, 'Life Cycle Inventory', che serve a raccogliere i dati preliminari per alcuni processi da analizzare in seguito, come quelli relativi alla produzione dei pannelli, al loro trasporto, alle proprietà dei materiali, al design dei piani, solo per citarne alcuni di particolare interesse. Di conseguenza, ogni edificio avrà un proprio inventario da cui si partirà per l'analisi del ciclo di vita; a questo proposito, si nota che, nonostante esistano diversi studi, sono pochi quelli che considerano tutte le fasi. Infatti, spesso la manutenzione non viene considerata, oppure vengono esclusi altri elementi che riguardano alcuni materiali di scarto, quando tali elementi non vengono considerati fondamentali al caso in esame<sup>145</sup>.

In generale, dal punto di vista ambientale, la fase di messa in opera, nel caso del legno, ha un minore impatto dal punto di vista ambientale, rispetto alle altre fasi; inoltre, nel caso del legno, si deve considerare come la produzione non ha ricadute di tipo ambientale. La valutazione che viene fatta si riferisce spesso alle tonnellate di materiali; inoltre, il trasporto e la messa in opera vengono valutati rispetto a diversi parametri. Tra questi, se ne possono ricordare alcuni, come la tossicità per il suolo, l'occupazione del terreno, i danni che vengono arrecati all'aria ed all'acqua, le ricadute sulla salute umana, come i problemi respiratori ed il rischio di riscaldamento globale, così come le ricadute sull'estrazione di minerali e sulle energie non

145 Ibidem

rinnovabili. In questi casi, non sempre gli impatti che derivano dal CLT sono minori rispetto a quelli di altri materiali; infatti, il problema molte volte risiede dall'eccessiva distanza dell'azienda che produce il legno lamellare, che potrebbe annullare il beneficio che questo materiale comporta.

La fase d'uso comporta una manutenzione, che, per una struttura in X-Lam, riguarda la corrosione portata alla superficie dell'acciaio, oppure all'azione dei raggi ultravioletti, delle muffe e dei tarli; per ovviare al primo problema, solitamente vengono applicate delle sostanze contro la corrosione, direttamente sulla parte superficiale relativa al collegamento tra il pilastro e la trave, oltre che tra le fondamenta e quest'ultimo. Nel secondo caso, viene applicata una sostanza impregnante per il legno, a base di solventi, sulle superfici che risultano esposte, come quelle di pilastri, travi e balconi. Anche in questo caso, l'applicazione di tali sostanze potrebbe essere richiesta di frequente, e potrebbe annullare il vantaggio rispetto all'uso di altri materiali.

Infine, rispetto all'ultima fase, si devono considerare in modo separato due sotto-fasi, ovvero quella di demolizione e di smaltimento; nel primo caso, c'è bisogno di uno scavatore cingolato, che sia dotato di un martello di tipo pneumatico e di una pinza idraulica. Oltre a tale strumento, si rendono necessari 4 autocarri, per trasportare il legno, l'acciaio ed altri materiali inerti, in vari viaggi; rispetto, invece, allo smaltimento, è necessario che essi vengano trattati nella maniera opportuna. In particolare, l'acciaio che serve per l'armatura può essere riciclato solamente nella misura del 65%, mentre il resto finisce in discarica. Invece, quello che serve per i profilati può essere riciclato quasi totalmente, nella misura del 98%; ancora, si osserva come, per i materiali inerti, il tasso di riciclo si aggira intorno al 65%. Infine, il legno lamellare può essere riciclato solamente nella misura del 40%; del rimanente, il 4% finisce all'inceneritore mentre il 56% finisce nelle discariche<sup>146</sup>.

---

146 Taylor, J., Warnken, K., *Wood recovery and recycling: A source book for Australia*, Report for Forest & Wood Products Australia, Clayton South, CSIRO Materials Science and Engineering, 2008.

Il fenomeno del social housing, che, sia in Europa che a livello internazionale è molto diffuso, stenta a diffondersi nel nostro Paese; infatti, in Italia, questa possibilità sembra preclusa, come sembra risultare da una recente indagine condotta da Federcasa e Censis<sup>147</sup>. In particolare, emergono tre elementi, che, nel loro insieme, disegnano un quadro non proprio incoraggiante; il primo è dato dalla domanda in costante aumento di soluzioni abitative in affitto, che però sembra non trovare una risposta adeguata da parte degli investitori di tipo istituzionale. Inoltre, il contributo individuale per la corresponsione del canone di locazione risulta inadeguata da un punto di vista quantitativo; ad ogni modo, esso non riesce a risolvere il problema in maniera strutturale, dato che richiederebbe una spesa corrente costantemente crescente nel tempo. Infine, si nota come l'offerta relativa agli alloggi sociali sia diminuita in senso percentuale, dato che le case sono state vendute; di conseguenza, l'offerta attuale non è in grado di soddisfare la domanda che proviene dai grandi centri.

In un quadro che è decisamente desolante, si capisce la necessità di procedere alla sperimentazione di tecniche e materiali inediti, all'interno di progetti di social housing; tuttavia, un discorso del genere sembra di difficile applicazione, dato che solitamente le soluzioni innovative comportano un costo maggiore. Tuttavia, esistono casi in cui è stato fatto il tentativo di abbinare la necessaria innovazione all'economicità, preservando la qualità e la funzionalità architettonica. Uno degli esempi si può rinvenire in Germania, dove esiste un progetto residenziale conosciuto come 'Smart Material House'<sup>148</sup>. Si tratta di un progetto che ha come scopo quello di riqualificare le aree periferiche sottoposte a degrado; la realizzazione è avvenuta mediante lo studio 'Barkow Lebinger Architects', che ha collaborato con l'impresa

147 Fondazione Censis e Federcasa, *Social Housing e agenzie pubbliche per la casa*, Ricerca commissionata da Dexia-Crediop, 2008, pp. 1ss.

148 International Building Exhibition IBA Amburg, *Smart Material Houses*, disponibile qui: <https://www.iba-hamburg.de/en/projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-material-houses.html> consultato il 10/11/2018.

nota come 'Transsolar' e l'ateneo berlinese 'Technische Universität'.

In questo caso, la proposta è stata quella di realizzare unità residenziali di dimensione variabile, comprese tra i 90 e i 225 metri quadri; la peculiarità di tali edifici consiste nel materiale usato, che è di tipo monolitico a base di cemento, e viene usato per le mura strutturali che ne disegnano il perimetro. Tale composto è poi reso più leggero da una schiuma di vetro riciclato, che contribuisce ad una diminuzione ponderale notevole, corrispondente al 33% circa, incrementando anche la possibilità di isolare l'edificio termicamente. Uno dei punti di forza di tale progetto è dato dal fatto che il materiale risulta monolitico, dato che tale soluzione consente una significativa riduzione dei costi, sia nella fase produttiva iniziale che in quella successiva in cui l'edificio viene messo in opera. Un'altra peculiarità di tali edifici sono le pareti, le cui tubazioni risultano annegate all'interno della matrice di cemento, dove è possibile far fluire acqua calda o fredda a seconda delle esigenze. Ancora, è interessante notare come i serramenti, costituiti da un triplo strato di vetro, abbinati ad una copertura a tetto completino il profilo di sostenibilità dell'intero progetto.

A proposito di materiali, uno di quelli che viene usato con maggiore frequenza all'interno dei progetti di social housing è sicuramente il legno; infatti spesso quest'ultimo viene associato in maniera naturale all'idea di sostenibilità, anche se spesso tale etichetta risulta riduttiva, ma può anche essere errata. Infatti, anche se rimane vero che tale materiale chiami in causa nozioni legate alla tradizione ed alla natura, allo stesso tempo è necessario considerare come le attuali tecniche di commercio e produzione implicano la presenza di certificazioni che ne attestino la provenienza. Di fatto, pur con questo caveat in mente, il comparto dell'edilizia in legno, in Italia ottiene risultati in netta controtendenza rispetto a quelli del settore in generale<sup>149</sup>. Infatti, in un quadro generale segnato dal calo di investimenti in tale settore, per le costruzioni in legno la situazione è opposta; un contributo è stato dato dalle ricostruzioni a seguito dei terremoti, come quello avvenuto in Abruzzo. Dato che il legno

---

149 Rossetti, M., *L'innovazione nel social housing*, Archivio di studi urbani e regionali, 105(3), 2012.



consente dei tempi di costruzione rapidi, il 70% delle abitazioni è stato costruito con tale materiale, dando un significativo impulso alla diffusione degli edifici in legno anche in altre parti d'Italia.

Attualmente, la quota di mercato delle abitazioni in legno rimane bassa rispetto al totale degli edifici; nel 2012 tale percentuale si aggirava intorno al 2.8% per le abitazioni ed all'8.5% per gli edifici in generale<sup>150</sup>. Uno degli esempi migliori tra gli edifici in legno costruiti a scopo sociale è dato dal complesso che si può rinvenire a Motta di Livenza, situato all'interno della provincia di Treviso (Fig.14).



Figura 14. Social housing, edificio multipiano in legno a Motta di Livenza (TV)

Tale idea è stata elaborata dall'architetto Matteo Thun, che lo ha realizzato secondo quanto indicato dall'ATER, che chiedeva formule di tipo innovativo che, allo stesso tempo, fossero rispettose delle caratteristiche locali, e che dessero una particolare attenzione per la qualità in senso architettonico. Tale progetto presenta un approccio funzionale ed identificabile senza difficoltà; in particolare, è previsto un terrazzo centrale abbinato a ballatoi che servono per la distribuzione; in questo modo, si è riusciti ad evitare l'uso delle scale interne 'cieche'. Inoltre, tale soluzione si basa sulla tradizione del luogo, dato che vengono usate in modo copioso sia scale che

150 Ibidem

ringhiere; dal punto di vista costruttivo, la tecnologia è mista, nel senso che per il piano terra è stato usato laterizio e calcestruzzo, mentre per quello superiore sono stati utilizzati pannelli in legno. Tale soluzione ha consentito di avere una maggiore rapidità nell'eseguire i lavori, e, al tempo stesso, il costo si è mantenuto al di sotto dei 1,000 Euro al metro quadro.

Tuttavia, il social housing in legno non riguarda solamente gli edifici a due piani, ma, al contrario, anche quelli più alti sono interessati da significativi progetti di questo genere, come si vedrà meglio più avanti nel corso del capitolo. Tra questi, si possono menzionare la torre a 15 piani che è conosciuta come 'Social Main Street', realizzata dallo Studio Benini; in questo caso, per i primi tre piani si è fatto ricorso al calcestruzzo, mentre i rimanenti sono formati da pannelli di X-Lam (Fig.15).



Figura 10. 'Social main street', sorgerà nel quartiere Bicocca a Milano.

Ancora, è possibile considerare il progetto dell'architetto Prodi a Milano, che prevede 4 edificio prevede 9 piani, in cui verranno realizzati 124 appartamenti. Tuttavia, oltre all'altezza, usare il legno per l'edilizia di tipo sociale consente di godere di alcuni vantaggi; per cominciare, questo materiale consente di ridurre il costo rispetto ad altri tipi di materiale, oltre a permettere una messa in opera più rapida nella fase costruttiva. Inoltre, è possibile sfruttare le proprietà del legno dal punto di vista termico; in Italia, oltre ai vantaggi che offre il legno si aggiungono vantaggi concessi dalla legge, come quelli dati dalle modifiche al Decreto Monti 201/2011<sup>151</sup>, che ha

151 Decreto-Legge 6 dicembre 2011, n. 201, *Disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici*, pubblicato in G.U. Serie Generale n.284 del 06/12/2011, Suppl. Ordinario n. 251.

eliminato la necessità di ottenere il nulla osta da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per costruire edifici nuovi in legno con più di quattro piani.

## 9.1 Edifici multipiano in legno: la sfida sostenibile

In Europa si moltiplicano e diffondono in misura crescente i progetti di edifici residenziali in legno a più piani, che intendono rispondere alla sfida della sostenibilità; a questo proposito, è bene considerare il caso di Hackney, nella capitale del Regno Unito (Fig.16).

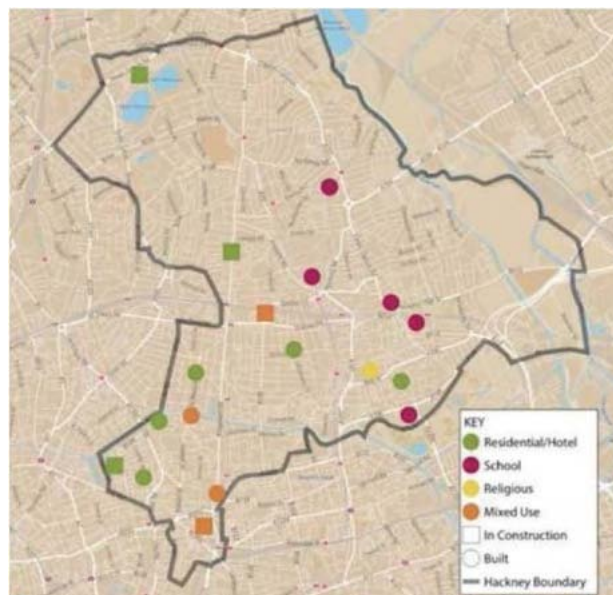


Figura 16. Edifici in progetto con sistema costruttivo in legno nel quartiere Hackney

Si tratta di un progetto realizzato in un quartiere londinese in linea con la politica 'timber first'<sup>152</sup>, che richiede l'uso del legno come materiale di elezione, ogni volta che è possibile operare tale scelta. In questo caso, il progetto si basa su alcuni punti nodali, tra i quali si trova quello che riguarda gli edifici residenziali; a questo proposito, è interessante notare come la strategia sia molto ampia, e riguardi lo sviluppo sostenibile in generale. Le costruzioni in legno si inseriscono in tale progetto di am-

152 Pepke, E., et al., *Impacts of Policies to Eliminate Illegal Timber Trade*, Dovetail Partners, Minneapolis, USA, 2015.

pio respiro, che considera i diversi tipi di edifici e di spazi all'interno della comunità; in particolare, tale approccio si focalizza su alcuni obiettivi, come l'uso di tecnologie a bassa intensità di carbonio. Inoltre, viene adottato un approccio sistemico, che considera l'intera proprietà, piuttosto che i singoli lotti; ancora, si intende coinvolgere la comunità nell'intero corso del progetto. Ovviamente, anche la massimizzazione nell'efficienza dell'energia è tra gli obiettivi del progetto; a questo riguardo, il progetto londinese ha fissato una serie di obiettivi da raggiungere entro il 2020.

L'idea è nata dalla necessità di intervenire in un quartiere dove abitavano oltre 200,000 persone ed in cui gli edifici cominciavano a dare i primi segni di invecchiamento, dato che un numero significativo di essi aveva bisogno di essere sottoposto a lavori di ristrutturazione. Uno degli edifici residenziali più alti in legno è stato completato grazie a tale progetto<sup>153</sup>; l'edificio, chiamato 'Stadthaus', è alto poco meno di 30 metri, si compone di 9 piani, di cui uno per negozi, tre per l'housing sociale, ed i rimanenti per appartamenti ad uso privato (Fig.17).



Figura 17. Immagine rappresentativa dell'edificio 'Stadthaus'

---

153 *Saving 120 tonnes of CO<sub>2</sub>, Detail, Sustainable Use of wood and wood products. How to plan a zero-carbon policy, Detail, 2, 2009.*

Fatta eccezione, ovviamente, per le fondamenta, che sono state realizzate in cemento rinforzato, l'intero edificio è stato realizzato in legno pressato laminato. Stadthaus ha costituito un precedente, dato che è stato il primo di questo tipo in Europa ad essere stato realizzato interamente in legno con questa altezza. La metodologia costruttiva è stata elaborata congiuntamente dagli architetti in collaborazione con due ingegneri londinesi; a questo proposito, si nota come essa abbia costituito una novità per le autorità del Regno Unito. Tuttavia, soddisfare i requisiti della normativa anti-incendio è stato relativamente semplice, a causa della particolare struttura dell'edificio. A livello di anidride carbonica che è possibile evitare, è stato stimato come essa corrisponda al carbonio stoccato all'interno del materiale legnoso, nel corso di circa vent'anni. Tuttavia, il carbon footprint di tale edificio è di segno positivo; infatti, anche tenendo in considerazione che gli elementi prefabbricati in legno sono stati trasportati dall'Austria, esiste ancora un 'risparmio' di anidride carbonica di 120 tonnellate, in termini di emissioni. Inoltre, è interessante notare che la scelta dei materiali effettuata dal proprietario non è stata dettata da considerazioni di tipo ecologico, ma solamente da un ragionamento di tipo economico. Infatti, gli architetti hanno semplicemente argomentato che una costruzione in legno sarebbe stata più semplice, veloce e con un miglior rapporto tra efficienza e costo, rispetto ad una soluzione delle stesse dimensioni, ma in acciaio.

Un altro complesso che appartiene allo stesso quartiere è quello conosciuto come BridPort House che rappresenta il futuro dell'architettura 'green'; secondo chi l'ha sviluppato è la prima volta che il legno laminato a croce viene usato per un intero complesso multipiano, incluso il piano terra, che solitamente viene realizzato in cemento. Nel suo insieme, il complesso offre 41 appartamenti e 'maisonettes', ed è considerato una delle strutture residenziali più alte ad essere state costruite in legno. Tale struttura sostituisce quella precedente che risale agli anni Cinquanta del secolo scorso; il vantaggio nell'usare il legno, da un punto di vista ambientale, è dato dal fatto che tale materiale è in grado di stoccare anidride carbonica con il

passare del tempo. In questo modo, si rende possibile una significativa riduzione di tale composto. Secondo le stime svolte per tale complesso, ciascun appartamento contiene circa 30-40 metri cubi di legno, che sono equivalenti a più di 30 tonnellate di anidride carbonica<sup>154</sup>. (Fig.18)



Fig.18 Immagine rappresentativa di 'BridPort House'

Un altro esempio interessante proviene dalla Svizzera, dove è stato realizzato l'edificio conosciuto come 'Holzhausen', nella città di Steinhausen, in Svizzera; si tratta del primo caso di questo tipo nel Paese alpino, dato che la struttura prevede 6 piani costruiti interamente in legno. Tale complesso ha sostituito un precedente edificio, sfruttando in modo più intensivo i circa 1,600 metri quadrati del sito. (Fig.19)



Figura 19. Immagine rappresentativa di 'Holzhausen'

154 Bridport House, *Faster, greener, neater and more accurate building with CLT*, Rethink, 2013, disponibile qui: [http://www.clt.info/wp-content/uploads/2013/05/Bridport\\_factsheet\\_EN\\_light1.pdf](http://www.clt.info/wp-content/uploads/2013/05/Bridport_factsheet_EN_light1.pdf) consultato il 10/11/2018.

Ancora, si può citare un esempio che arriva dall'Australia, ovvero la torre di appartamenti conosciuta come 'Forté', che si trova a Melbourne, ed è composta da dieci piani costruiti in legno; tale esempio è il primo tentativo di costruzione in CLT, ovvero legno pressato laminato. Secondo i suoi sviluppatori, l'uso di tale materiale consente una riduzione di emissioni pari a più di 1,400 tonnellate di anidride carbonica, rispetto ad un edificio delle stesse dimensioni in cemento ed acciaio<sup>155</sup>. Inoltre, sono stati calcolati evidenti vantaggi da un punto di vista energetico, dato che i 23 appartamenti richiedono il 25% di energia in meno per il riscaldamento ed il raffreddamento, in un periodo di almeno 10 anni (Fig.20).



Figura 20. Immagine rappresentativa di 'Forté' in Melbourne.

Si può citare un esempio che proviene dall'Austria, che costituisce l'edificio residenziale più alto che sia mai stato costruito in legno, dato che esso contiene 101 appartamenti distribuiti su 7 piani. In questo caso, è stata usata anche il cemento, che forma la base della struttura; dal punto di vista dell'anidride carbonica, il complesso, che si sviluppa in circa 2,400 metri cubici di legno, è in grado di stoccare circa 2,400 tonnellate di anidride carbonica, che corrisponde alle emissioni di circa 1,630 auto (Fig.21).

A Milano è stato realizzato il primo progetto di social housing realizzato in Europa con strutture portanti in legno con tecnologia XLAM.

<sup>155</sup> Lehmann, S., *Sustainable construction for urban infill development using engineered massive wood panel systems*, Sustainability, 4(10), 2012.

Situato in zona San Siro (Milano) il complesso è costituito da 124 alloggi in classe energetica A di diverse dimensioni, proposti in affitto a canone calmierato e in affitto con patto di futuro acquisto. “CENNI DI CAMBIAMENTO” è il più grande progetto residenziale realizzato in Europa che utilizza un sistema di strutture portanti in legno con tecnologia XLAM (Fig.21). L'intervento offre appartamenti a prezzi contenuti e una soluzione abitativa innovativa che si basa sulla cultura dell'abitare sostenibile e collaborativo. I destinatari di questo intervento sono principalmente i giovani, intesi sia come nuovi nuclei familiari che come single in uscita dalla famiglia d'origine.



Figura 21. Vista del complesso residenziale “Cenni” di Milano

Il complesso si compone di 124 alloggi in classe energetica A di diverse dimensioni, proposti in affitto a canone calmierato e in affitto con patto di futuro acquisto.

Il progetto prevede inoltre l'inserimento di una serie di servizi collettivi, spazi ricreativi e culturali ed attività dedicate ai giovani, con l'obiettivo di creare le condizioni ottimali per la formazione di una rete di rapporti di buon vicinato solidale<sup>156</sup>.

Tali esempi sono sufficienti per poter concludere che gli edifici in legno stanno dando un contributo significativo alla riduzione di CO2 nell'atmosfera; di conseguenza, la loro costruzione andrebbe incentivata.

<sup>156</sup> <http://www.cennidicambiamento.it/it/un-progetto-innovativo/tecnologia-costruttiva.html> consultato il 18/10/2018.



## INTRODUZIONE

Si tratta di un nuovo modello abitativo che si sta realizzando in provincia di Bologna. Un intervento che riguarda la rigenerazione del processo progettuale partendo, come spunto e come risultato dal progetto che verrà presentato, ovvero un progetto di Co-housing. Partendo dal processo progettuale, in questo caso viene inteso il “progetto come una pratica pensata”, ovvero non deve essere una pratica meramente applicativa e proprio perchè “pensata” la pratica dovrebbe col tempo autorigenerarsi permettendo di andare oltre, di andare avanti e quindi di rinnovarsi, stando nell’attualità, punto chiave del discorso; puntando, quindi, ad assetti futuri e nuovi e non limitandosi o accontentandosi di quello che si è raggiunto fino a questo momento. Come si può fare, per fare si che il progetto stesso, e non solo la pratica, si rigeneri ogni volta? Si dovrebbe fare un confronto con le case, ovvero riparandola, migliorandola, integrandola, innovandola ma soprattutto attualizzandola al presente e nel caso delle abitazioni questo va attualizzato agli stili di vita contemporanei.

Al progettista viene richiesto dallo stesso termine progettare (Pro-Getto), quindi di gettarsi in avanti e di guardare al futuro, questo in particolare nell’ambito del residenziale è ancora drammaticamente ancorato al passato e disancorato da quello che è il tempo quindi dalla realtà attuale. Questo, non è un atteggiamento prettamente di progettazione e architettonico ma è un approccio che deve esserci al Mondo e nella città in cui viviamo, e deve essere necessariamente così ed è questo che ha portato alla realizzazione di questo intervento di Co-housing la cui parola chiave è sicuramente “Sistema” e quindi la connessione al Mondo. Per questo motivo, la pratica progettuale dev’essere intesa anche come una pratica propositiva che modifica il Mondo e la realtà, per cui il progetto si pone come uno degli attori principali delle modifiche alla realtà ma anche relative al modello culturale e a sua volta può essere uno degli input iniziali del processo e solo secondariamente, partendo da questi input si potrà avere una rigenerazione sul versante tecnico, pratico, profes-

sionale ma soprattutto, solo secondariamente si potrà avere interesse a rigenerare questi aspetti tecnici, pratici e progettuali. Il progetto, quindi, si pone all'interno di una filiera allungata che non riguarda solo il progetto, il progettista ma partecipa egli stesso alle premesse del singolo evento così come l'apertura verso l'esterno ed altre miriade di informazioni e tematiche che devono essere aperte al futuro.

Solo in questo modo, secondo i progettisti del SBA studio, il progetto può davvero cogliere quelle che sono le richieste e le esigenze moderne ovvero, nel nostro caso, il co-housing ma soprattutto la sostenibilità e dall'altro punto di vista, queste stesse richieste sono degli input per la rigenerazione del progetto stesso.

Sostanzialmente, quindi, si può parlare di tre tipi di rigenerazione, la prima delle quali è quella Culturale in cui il progetto non bada solo a se stesso ma va a occuparsi di nuovo del Mondo come una vera e propria pratica culturale, sociale e civile; la seconda è una rigenerazione della pratica progettuale, in quanto in un certo senso diventa una pratica urbano-etica nel senso che l'atteggiamento etico della pratica non è più volta a dare un'idea precostituita ma che va continuamente a modificarsi e a rigenerarsi in base a questi input, alle richieste e anche all'ambito culturale; l'ultima è la rigenerazione tecnica in quanto l'apertura al Mondo di questo settore e dal nostro settore che apre la strada all'utilizzo di nuove tecnologie come ad esempio il BIM piuttosto anche ad avere approcci diversi alle stesse normative.

Entrando più nel merito di questo progetto, l'architettura dev'essere un elemento facilmente riconoscibile e riducibile in questo sistema adattativo e non può non generare, secondo i tecnici dello studio, degli elementi quasi definiti come prototipi, ovvero innovativi e in futuro sicuramente migliorabili e modificabili sotto tutti i punti di vista, compreso quello tecnico, economico e quello progettuale.

Questo è quello che è stato cercato di fare a Castenaso, ovvero cercare di realizzare un'edilizia innovativa all'interno di una filiera compressa, quindi sociale, ambientale ed economica di un modello nuovo dal punto di vista sia culturale e innovativo dal punto di vista imprenditoriale che però non rinuncia alla qualità dell'architettura

stessa, che spesso viene trascurata negli interventi di edilizia considerata sociale. Per cui, questo progetto si potrebbe riassumere in una frase che nell’ambito dello studio SBA viene usata spesso, ovvero che “Non si progettano case, ma spazi di vita”, questo per far capire che come i riferimenti utilizzati non siano tanto architettonici o di design ma piuttosto dell’abitare come il vicinato, i servizi condivisi, i luoghi di aggregazione e accessibilità.

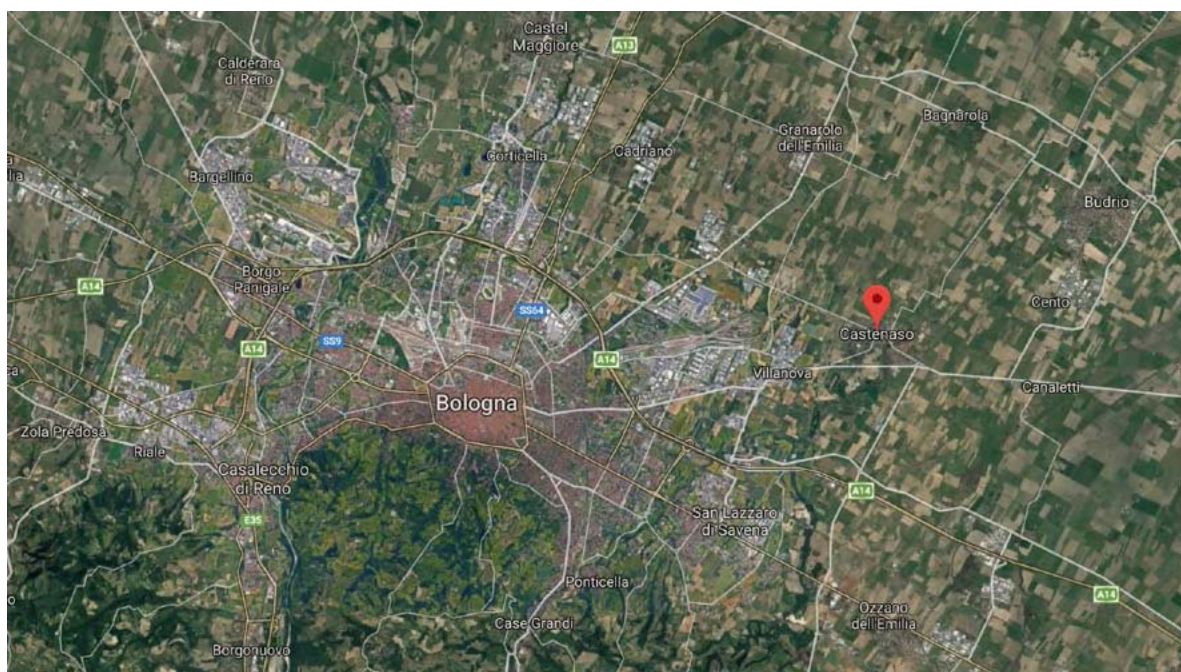
Per questo la soluzione architettonica, entrando più nel dettaglio, ha fatto come riferimento alla sostenibilità con elementi di comunità e vicinato, gli edifici sono in classe energetica A4 con soluzioni smart, bioclimatiche e accorgimenti di specializzazione stagionale, l’eliminazione di tutte le barriere architettoniche, soluzioni a bassissimo costo manutentivo nel tempo, flessibilità e ridotti costi d’uso.



# 10.1

## Il progetto

L'intervento coincide con lo sviluppo edilizio del Lotto 6 del Comparto attuativo C2.1 - Frullo nord - Capoluogo - nel Comune di Castenaso, di cui al vigente PUA. Il comparto si trova ad ovest del centro del Capoluogo, in margine all'edificato ma in una situazione localizzativa di qualità, in particolare per i principali servizi urbani, accessibili e raggiungibili a piedi ed in bicicletta con facilità, come nello spirito e nelle esigenze fondamentali di questo modello sostenibile di CO-HOUSING.



Le superfici disponibili, per una potenzialità da PUA pari a mq 1676,00 di Su e mq 1.173,20 di Sa e per uno sviluppo progettuale di cui agli allegati, sono distribuite su due volumi. Si distinguono pertanto due corpi e due vani scala autonomi, detti A e B, uniti da un porticato a formare un unico corpo edilizio, rispettivamente di quattro e cinque piani utili (piano terra, primo, secondo, terzo, quarto), con coperti piani, che accolgono i pannelli fotovoltaici e le macchine motocondensanti degli impianti singoli di riscaldamento.



L'edificio A all'ultimo livello è dotato anche di giardino pensile e lastrico semiprotetto, raggiungibili direttamente da vano scala, per l'uso comune/condominiale. L'accesso al coperto del corpo A, pertanto, avviene attraverso il vano scala portato fino al piano, mentre l'accesso al coperto del corpo B (non utilizzabile se non per impianti e manutenzione) avviene in modo protetto tramite "botola di accesso al coperto per la manutenzione".

Non è previsto interrato. Non sono previste autorimesse chiuse ma posti auto al piano terra "a raso", completamente accessibili, distribuiti su due linee parallele da un corsello interno al lotto. Non sono previste cantine private, ma ampi spazi per le attività comuni e solidali sia al piano terra sia ai piani superiori, in particolare i

LOCALI CONDOMINIALI potranno accogliere di volta in volta: un'attrezzatura comune, una lavanderia comune, uno spazio protetto, una plurisala, uno spazio attrezzato per attività informatiche, etc ...

I corpi compatti e l'assenza di interrato minimizzano le superfici impermeabilizzate. La scala condominiale A distribuisce 14 alloggi, la scala B ne distribuisce 15, di differenti metrature e tipologie distributive. Al piano terra i tre alloggi godono di ampi giardini. Completano le opere esterne al piano terreno rampe e scalini che accedono alla piazzetta realizzata tra i due edifici in posizione leggermente rialzata e protetta, arredata ed alberata (il fulcro degli spazi comuni a terra), ed una vasta area verde comune attrezzata.



Le recinzioni del lotto saranno realizzate con barriera metallica e siepe, salvo diverse indicazioni di cui alle opere di urbanizzazione del PUA.

La recinzione tra i giardini degli alloggi al piano terra sarà del tipo a rete metallica rivestita con prodotto plastico, tenuta da paletti metallici anch'essi rivestiti ed infissi al suolo su opportuno dado di fondazione (fondazione discontinua e puntuale), altezza ml. 150.

La recinzione al piano terra tra gli alloggi e l'area comune sarà in muratura.

Si specifica che è previsto il recupero totale delle acque meteoriche provenienti dai coperti, da convogliare in apposita cisterna condominiale.

Il tipo d'intervento non ricade nella classificazione soggetta a parere preventivo del Comando provinciale dei Vigili del fuoco.

Le distanze da osservarsi per lo sviluppo edilizio del lotto (intervento diretto) riguardano gli edifici ed i confini di proprietà, come da norme del PUA vigente.

L'ORGANISMO EDILIZIO SARÀ REALIZZATO IN LEGNO CON UNA STRUTTURA A TECNOLOGIA GIAPPONESE SU SPECIFICO BREVETTO "SUTEKI", che verrà illustrata successivamente, in ordine alle scelte architettoniche, valgono pochi spunti:

- dato l'uso particolare, è stato determinante individuare ampi spazi comuni e contemporaneamente alcune tipologie degli appartamenti ottimizzate da comporre nel volume edilizio, questi due elementi sono montati e composti ai vari piani, distribuiti da due ampi vani scala, atti anche all'incontro ed alla sosta. I due fabbricati vengono poi uniti da un porticato al piano terreno. Tutto ciò diventa leggibile nella forma volumetrica e negli elementi di prospetto;
- i pochi ma differenti materiali di facciata sottolineano ed esprimono le scelte volumetriche, all'insegna di una contemporaneità ricercata ma di basso profilo, intesa come substrato architettonico pervadente ma al servizio di altre priorità: funzionali e distributive - di qualità dell'abitare - spazi di relazione per il coabitare - ottimizzazione tipologica - ottimizzazione degli orientamenti - libertà e privacy - ...

Particolare riguardo è stato rivolto alla progettazione senza barriere architettoniche ed alla accessibilità in senso lato.

La ventilazione naturale è sempre garantita.

Più in dettaglio su alcune scelte:

- Le ampie aree verdi a terra saranno sistemate con prato poilifita ed arbusti.
- Le pavimentazioni dei giardini privati saranno in lastre di cls accostate.
- L'edificio sarà isolato termicamente secondo le prescrizioni delle leggi energetiche vigenti.
- Per evitare trasmissioni di calore e di rumore tra le unità in senso verticale ed orizzontale i pacchetti di solaio e di interprete comprenderanno materassini di materiale alleggerito termoisolante e pannelli isolanti con barriere al rumore (fonoisolanti e fonoassorbenti), anche a protezione degli ambienti adiacenti ad aree non riscaldate, esterne o in copertura.
- Dovrà aversi cura di risolvere tutti i ponti termici.
- Le finestre garantiranno l'abbattimento acustico di norma e così tutta la parete esterna (facciata), come meglio definito dai "requisiti acustici passivi" da rispettare.
- Le colonne di scarico saranno in tubi di materiale plastico ad alta densità rispondenti ai requisiti richiesti dalle norme per l'isolamento acustico.
- Terrazzi, balconi e lastrici di copertura, vasche fioriere su solaio, saranno impermeabilizzati con guaine e manti sintetici in pvc, completati da strati di scorrimento e teli protettivi in tessuto non tessuto, e/o con guaine bituminose, nonché con fogli di polietilene tipo SCHULTER.
- Le canne di esalazione saranno portate sino al coperto all'interno delle murature.
- Nel fabbricato saranno utilizzati infissi esterni per finestre, portefinestre e portoncini d'ingresso, con taglio termico e struttura in alluminio; per le parti condominiali potranno essere usati anche senza taglio termico.
- I profili saranno completati con vetrocamera di due o tre lastre ed una o due intercapedini dalle caratteristiche richieste. Dovranno anche rispettare le norme UNI sul-



la tenuta all'acqua ed al vento, nonché le caratteristiche antieffrazione ove e come richiesto. Le vetrazioni, inoltre, dovranno corrispondere alle specifiche richieste sulle prestazioni energetiche, adeguate al raggiungimento della classe energetica A1, acustiche, di sicurezza e di qualità a norma UNI, compreso l'uso di vetro basso emissivo a controllo solare extraclear tipo PLANIBEL LIGHT, o altri a seconda delle necessità derivanti dai differenti orientamenti. Le vetrazioni, laddove necessario, saranno del tipo vetrocamera di sicurezza con lastra esterna antisfondamento.

- Laddove presenti, parapetti dei terrazzini in cristallo (con tenuta a spinta di 120 kg/mq) saranno realizzati con lastre stratificate di 8mm, con lastra esterna temperata, eventuale intercalare colorato, ovvero lastra esterna colorata in pasta tipo OMNIDECOR.

- Gli oscuramenti per la privacy interna e la regolazione luminosa di ciascuna finestra o portafinestra, sia ad oscuramento totale o parziale, saranno realizzati con elementi esterni in metallo impacchettabili, con movimentazione manuale o elettrica ove necessario per dimensioni e funzionalità.

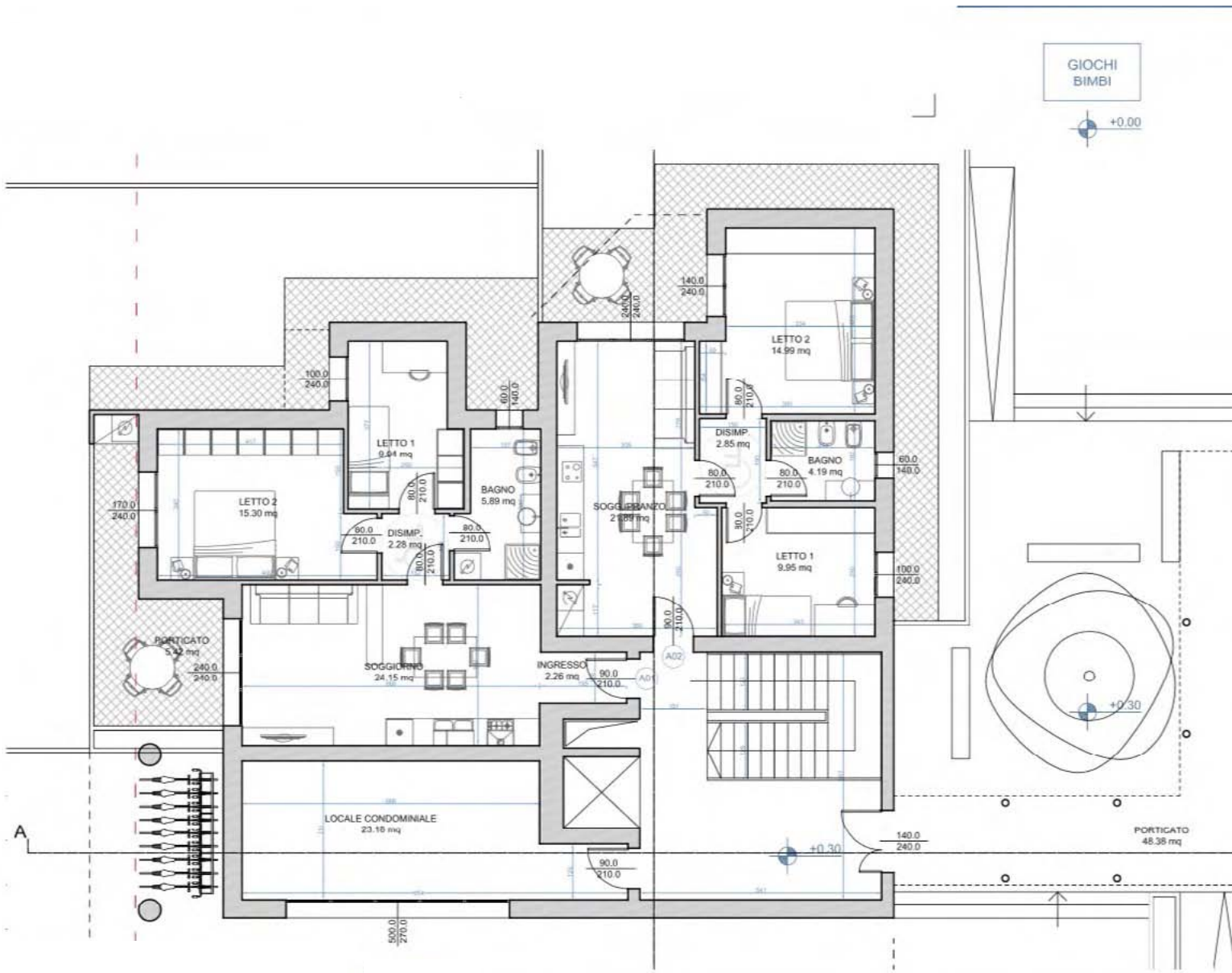


# 10.1.1

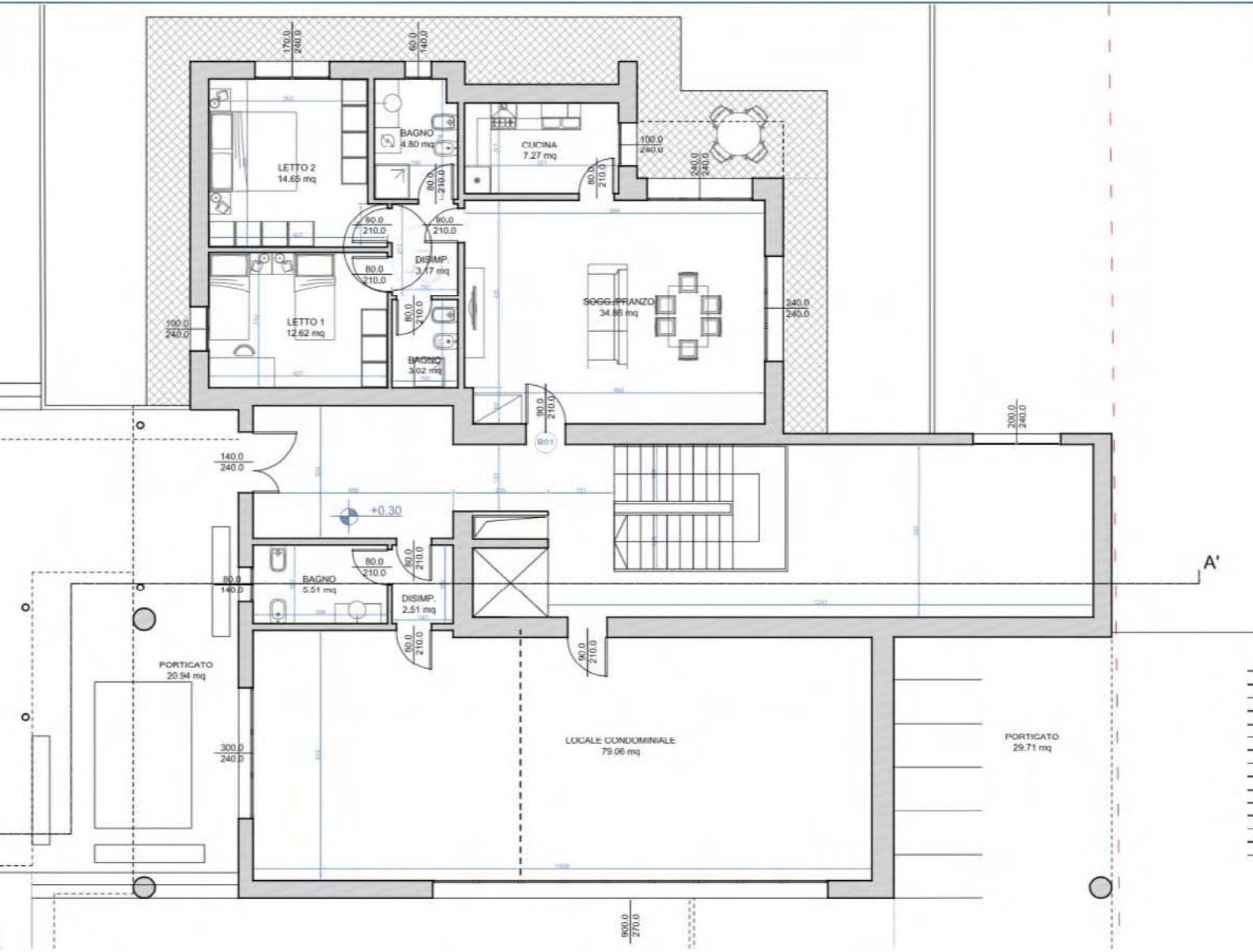
## Piante

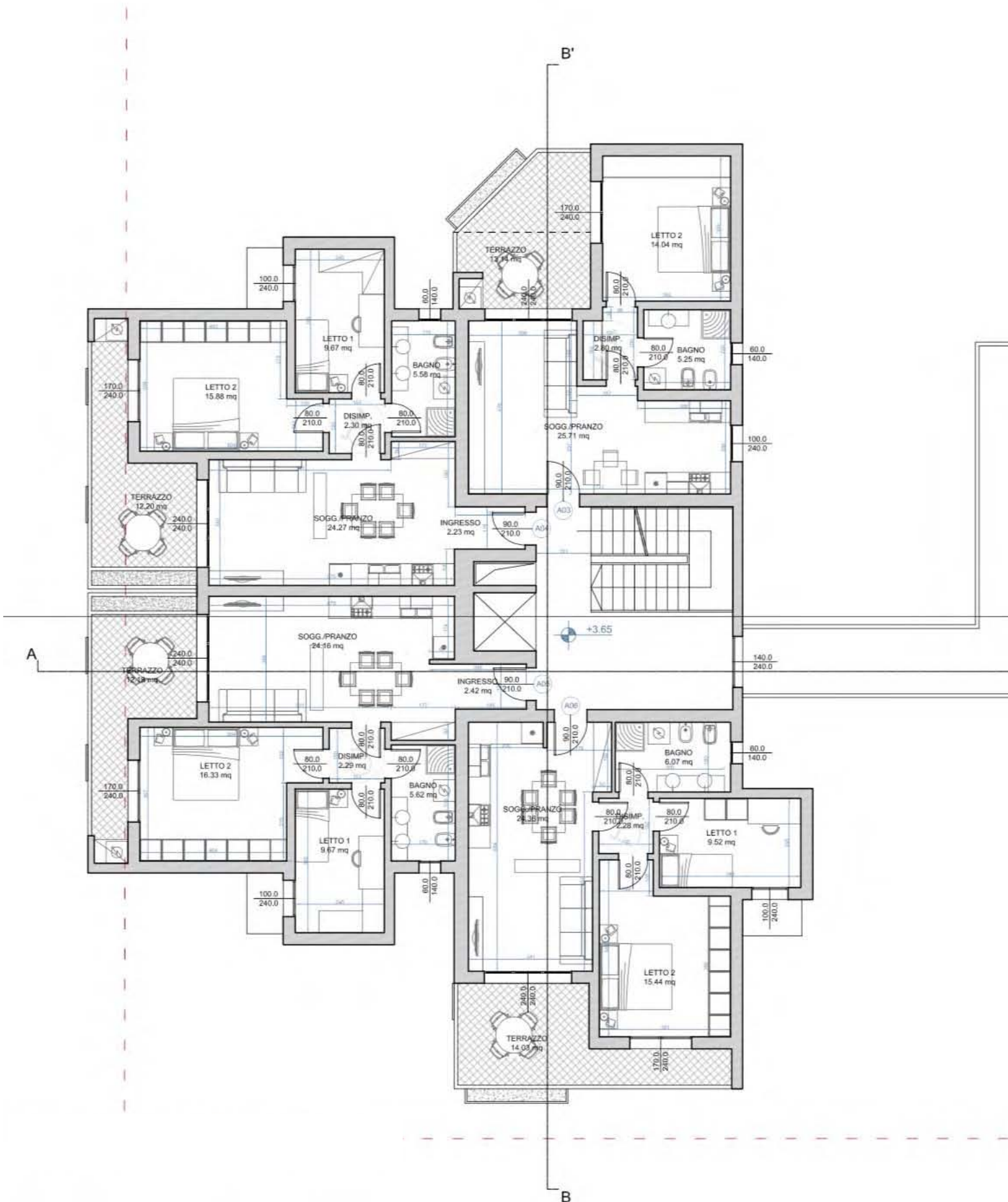
Pianta Piano Terra - fuori scala

Blocco A

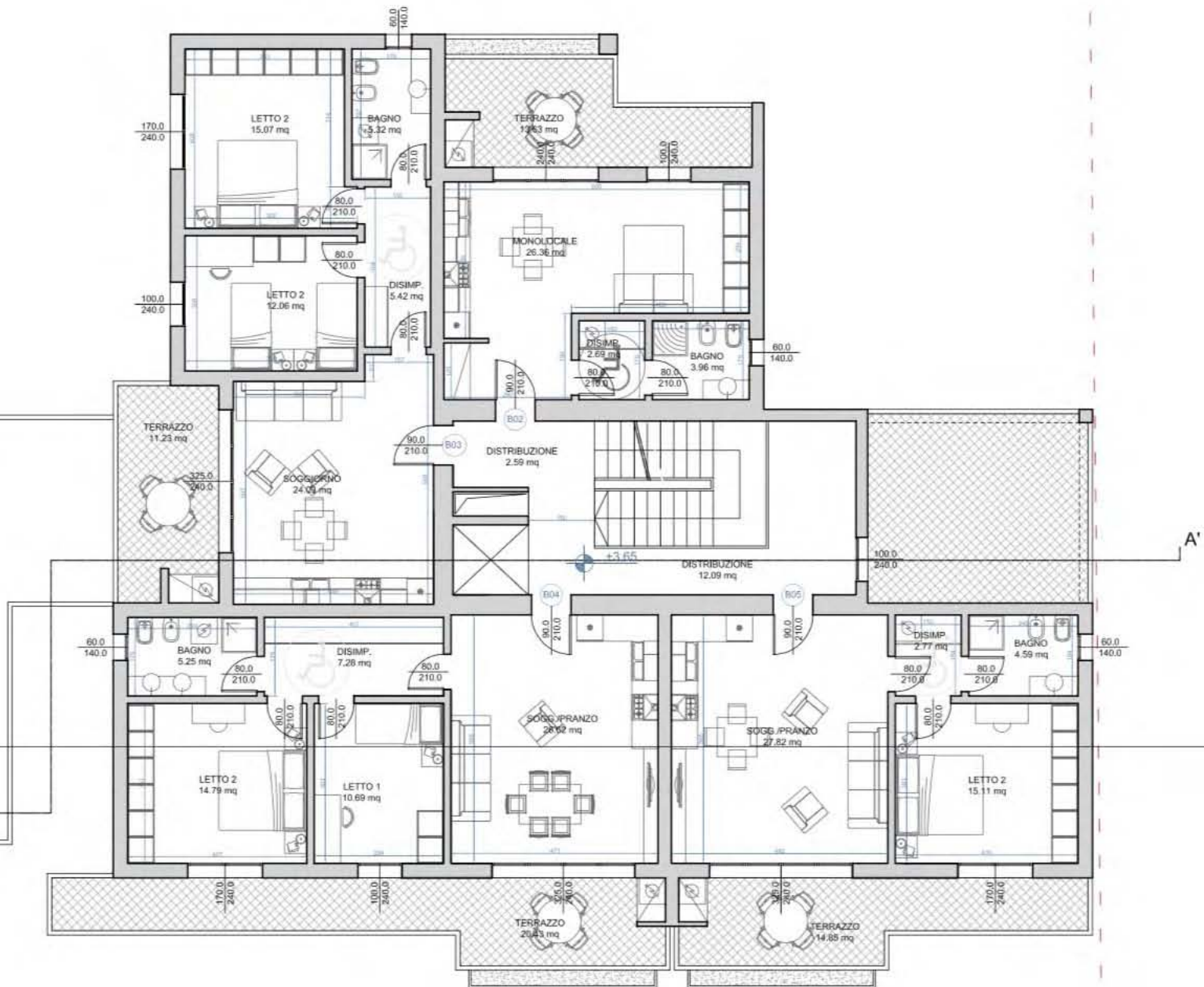


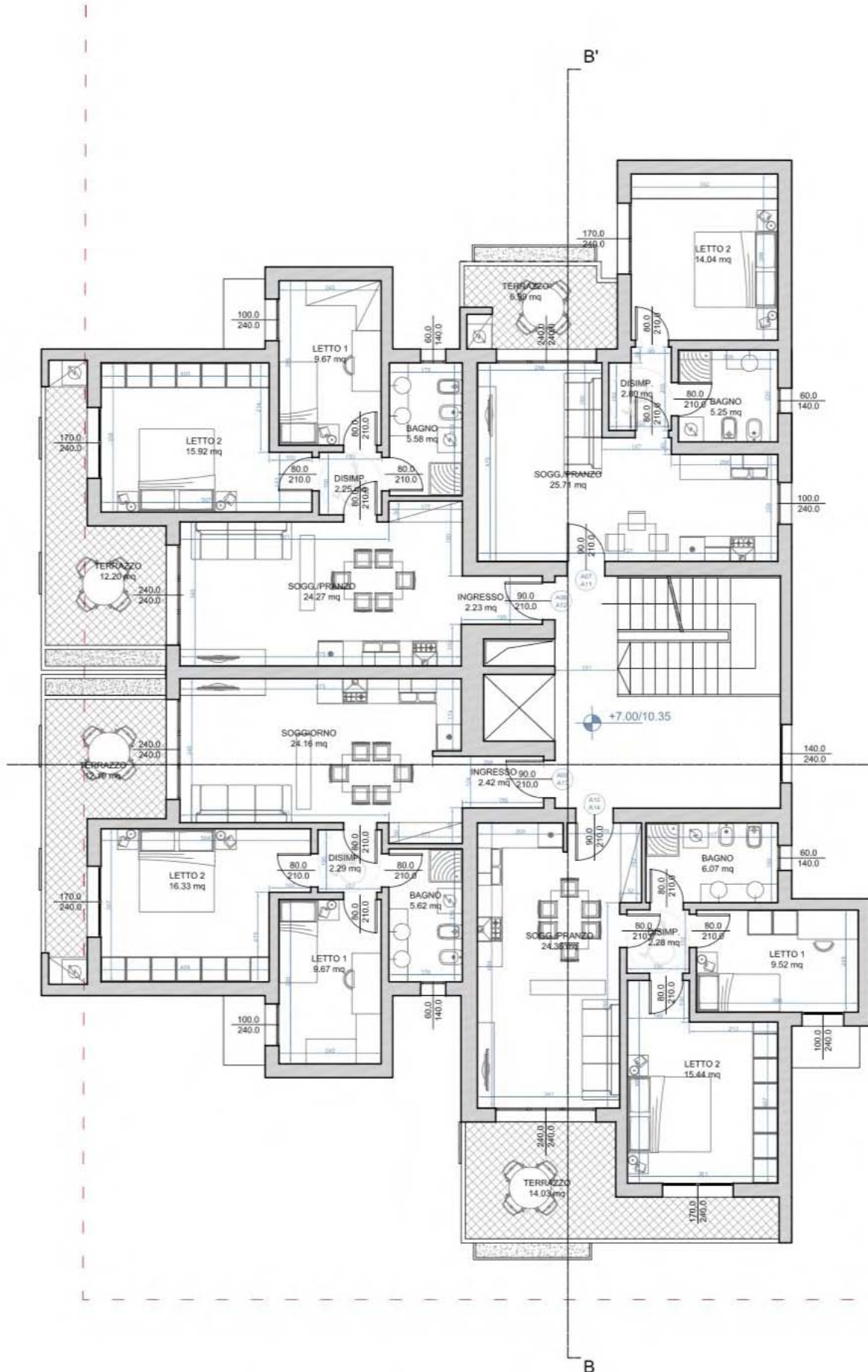
Blocco B



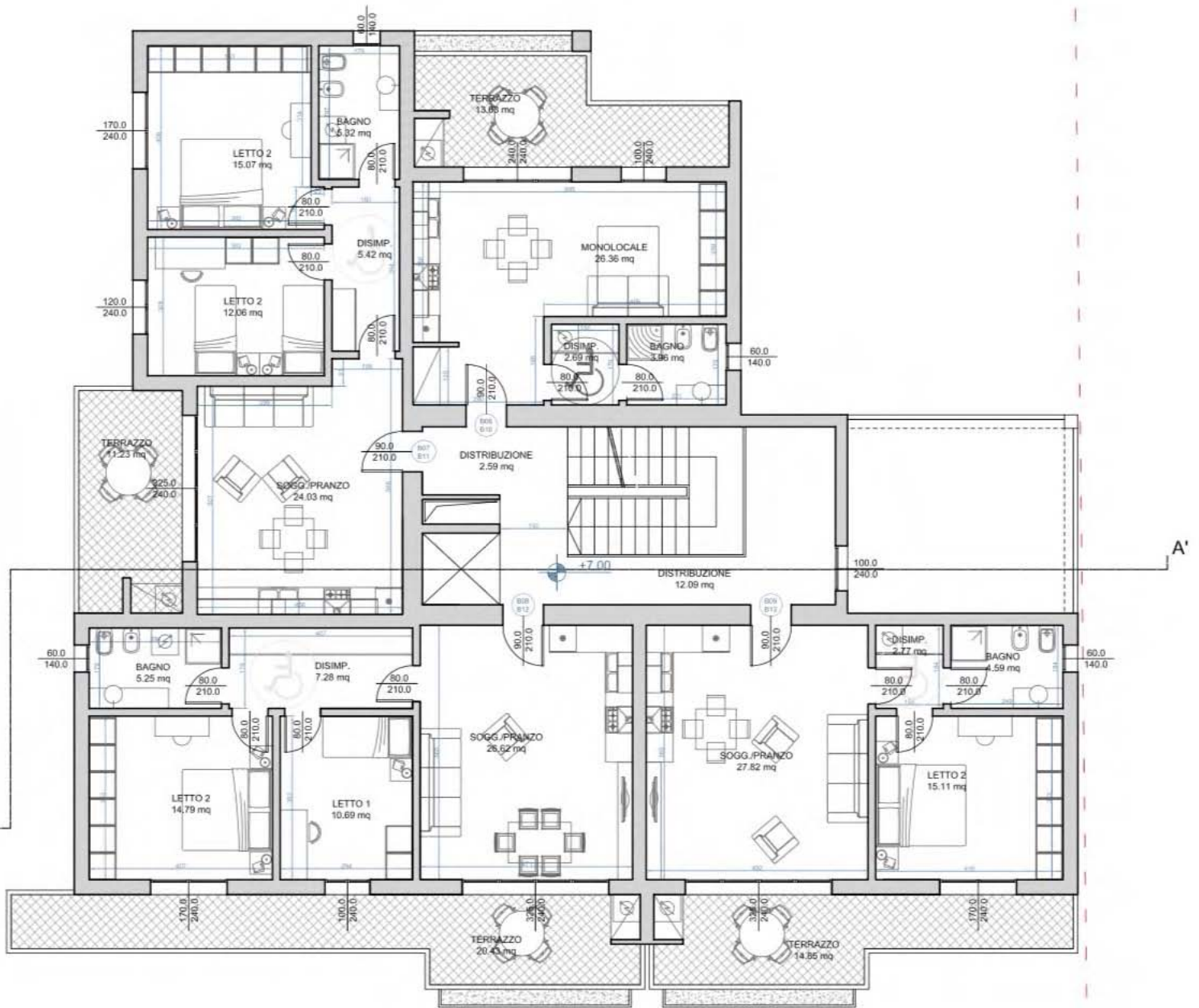


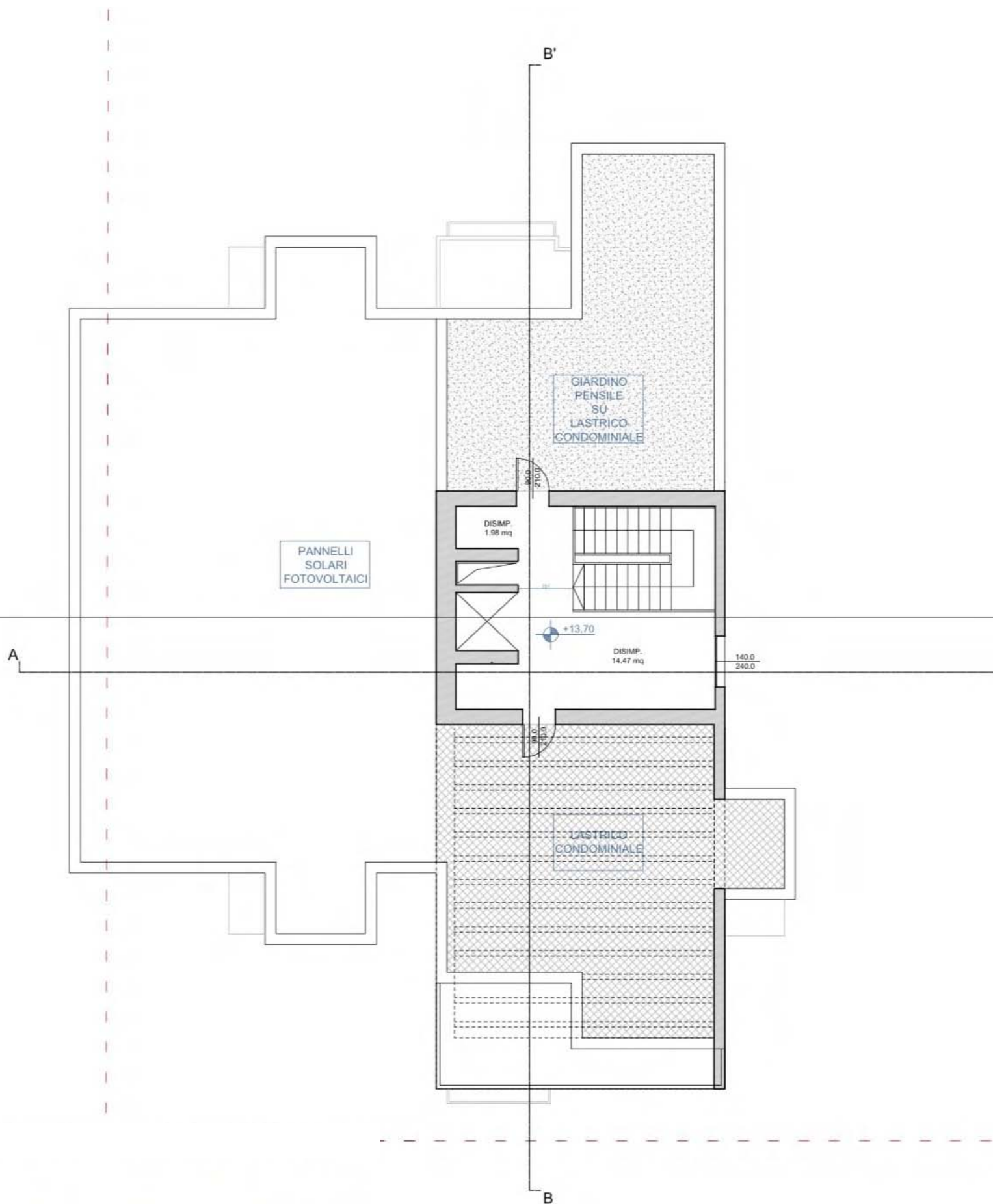
Blocco B





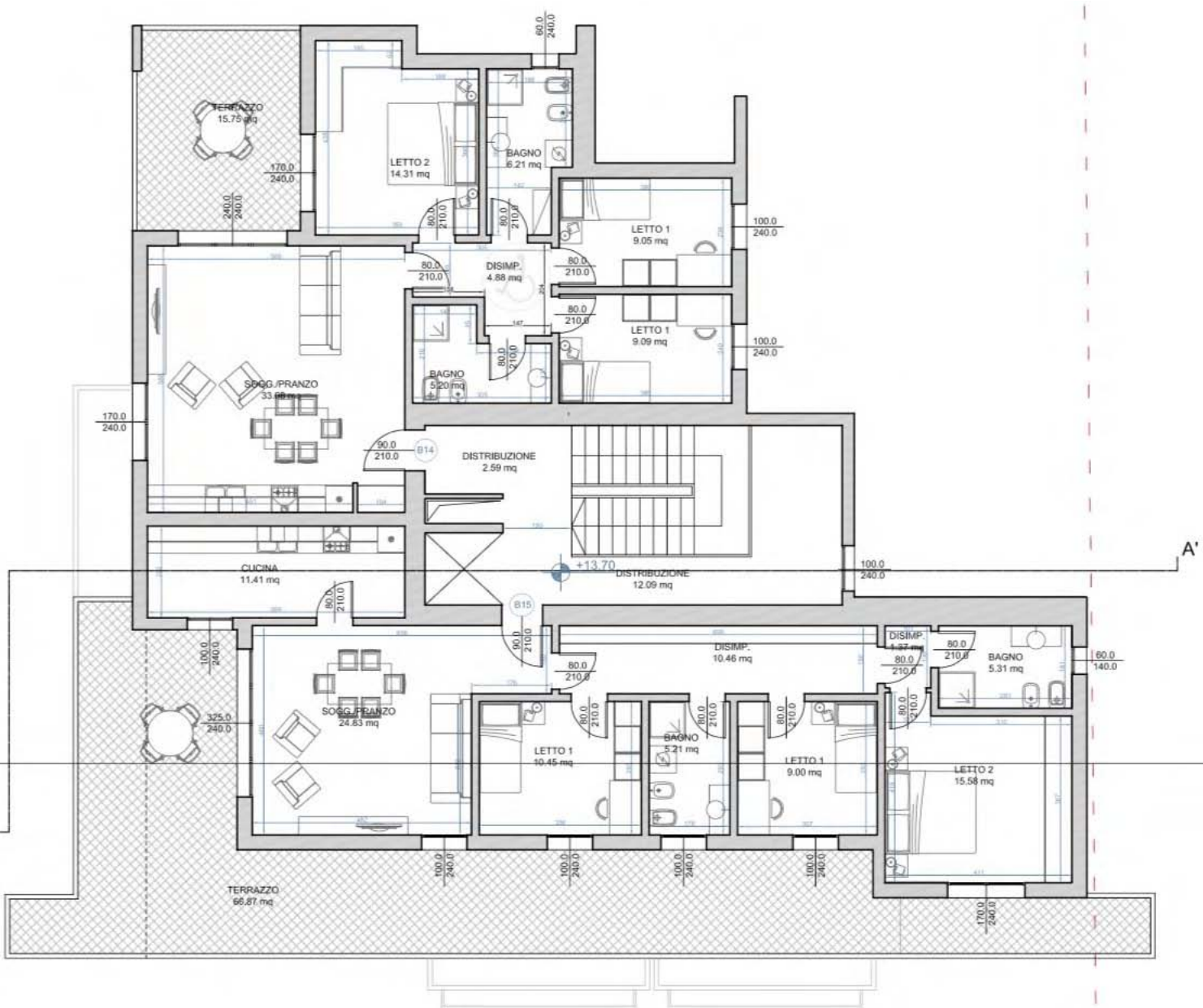
Blocco B







Blocco B



# 10.2 Aspetti tecnologici

## 10.2.1 Sistema costruttivo

Il sistema costruttivo utilizzato è un sistema in legno prefabbricato di origine giapponese chiamato Suteki Wood System.

Consiste in un sistema costruttivo a telaio con elementi in legno unicamente a base 12x12cm per i pilastri, e travi con base 12cm e altezza variabile a seconda delle esigenze.



Questo consente un ridotto utilizzo del legname rispetto alla parete tradizionale, a favore, quindi, di un più ampio utilizzo di materiali isolanti che consentono di garantire delle prestazioni notevolmente migliori.

Il sistema di connessioni, brevettato Suteki, ne dà il valore aggiunto e consiste in un sistema di piastre e perni, che possono differenziarsi per tipologie in base al livello di prestazione che possono raggiungere ed al tipo particolare di nodo che bisogna

realizzare. Le piastre in questione, vengono introdotte all'interno di pretagli realizzati nelle travi e pilastri in legno in fase di prefabbricazione, sono quindi tutti nodi a scomparsa e l'unica cosa che rimane a vista è il perno. I perni possono essere di tre tipologie con tre livelli di prestazione differenti che realizzano una connessione meccanica fra pilastro-trave, trave-trave e pilastri-travi radici.



Il vantaggio di questo sistema è una notevole velocità di esecuzione, a differenza dei sistemi costruttivi in acciaio e calcestruzzo. Un ulteriore valore aggiunto è la precisione, dato l'elevato livello di sviluppo progetto progettuale che si è ormai raggiunto, consente di arrivare in cantiere con un margine di errore veramente ridotto, ciò implica che la realizzazione della trama strutturale è molto rapida in questo progetto. Un altro elemento importante e fondamentale di questo sistema, sono i pannelli di parete che vanno a realizzare quello che è un vero e proprio controventamento. I pannelli in questione sono realizzati in OSB (Oriented Strand Board) che deve essere per motivi strutturali come minimo di classe 2 e in questo caso sono stati utilizzati pannelli di classe 3.



I vantaggi dal punto di vista strutturale di questo sistema, son in primis, l'estrema versatilità. Avendo dei pilastri di sezione piuttosto ridotta, dovranno avere un passo fitto, di base di 1,25m che è esattamente la dimensione di un pannello OSB, a seconda dei casi si possono fare infittimenti o meno. In questo sistema si vanno

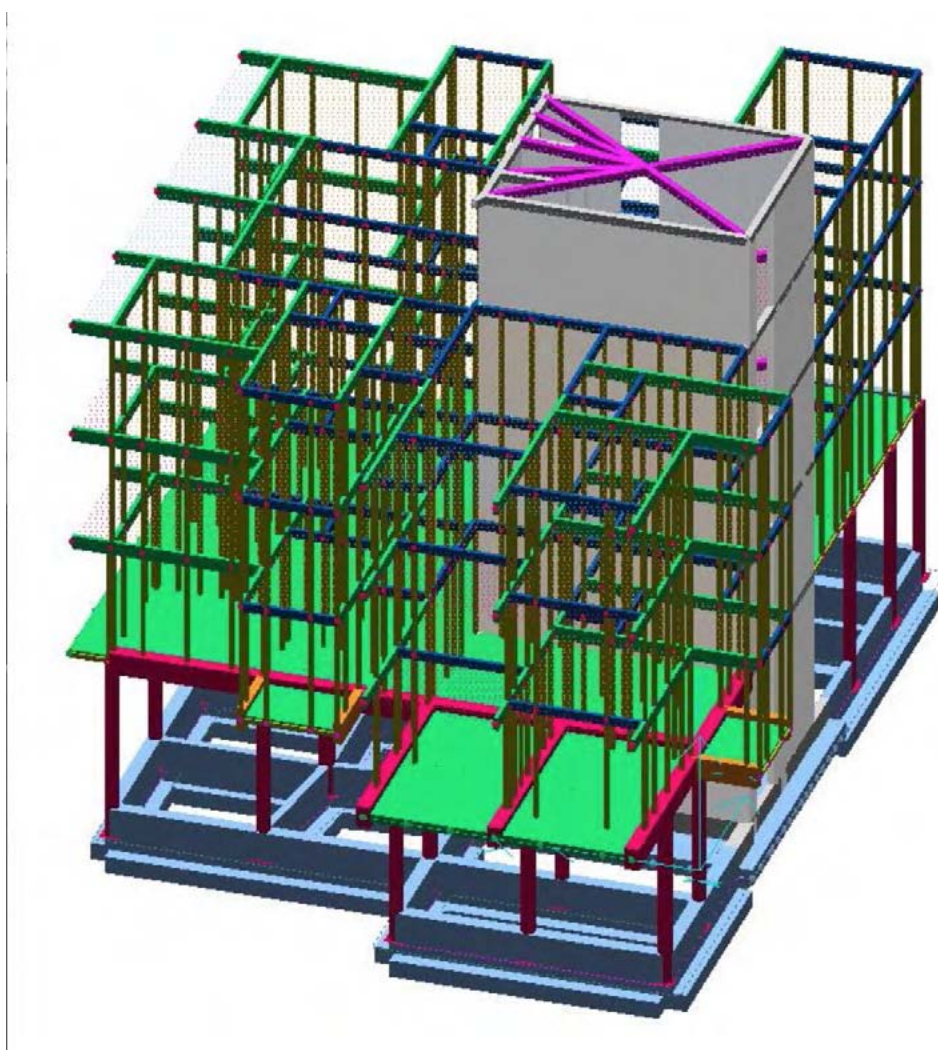
ad utilizzare tutte le possibilità di appoggio che si hanno, quindi anche le classiche tramezze, in questo caso possono funzionare da appoggio, inserendo all’interno dei pilastri. Un limite potrebbe essere rappresentato dalle luci, che al giorno d’oggi si può arrivare fino a 7 metri, che in ambito di edilizia residenziale riescono a soddisfare la maggior parte delle casistiche.



Il Sistema Suteki Wood System, è in possesso di schede di certificazione ECA, un sorta di un’equivalente marcatura CE, per quanto riguarda tutti i nodi di collegamento. La tipologia di legno utilizzata di default è il GL24 classe 2, poi secondo all’esigenza si può modificare secondo la norma UNI 14080.

Il progetto strutturale del nostro caso studio “Il Frullo” non ha voluto andare a modificare quello che era stato previsto nel progetto architettonico, quindi con il rischio di ridurre la qualità del progetto iniziale. Per rimanere fedeli, al risultato voluto dallo

studio SBA, dato un piano pilotis a piano terreno, non era possibile continuare una trama strutturale in legno ai piani superiori, quindi è stato realizzato il primo interpiano da Piano Terra a Piano Primo interamente in cemento armato, ed il primo solaio è un getto pieno in cemento armato di spessore 25cm, questo perchè le trame degli alloggi dei piani superiori non si sposava con quello che era il piano terreno. L'unico punto di continuità è rappresentato dal vano scala - vano ascensore.



Per questo motivo dal punto di vista tecnologico, la struttura è stata concepita in questo modo, con un piano terreno in cemento armato da cui diparte a piano primo tutta la struttura in legno, la quale dal punto di vista sismico va a scaricare tutta l'azione orizzontale sul nucleo vano scala. Affinchè ci fosse la garanzia della trasmissione di tutte le forze sismiche dal telaio in legno al nucleo vano scala, è stato

realizzato una cappa in calcestruzzo collaborante con la struttura di legno, a rinforzo di tutto quello che è la capacità dissipativa che ha la struttura in legno di per se.





Uno dei principali problemi dei solai in legno è la deformazione, in questo caso per tutta una serie di problemi tecnologici, si è giunti ad un passo delle travi molto fitto e quindi la trama strutturale è un telaio molto ridondante e quindi decisamente iperstatico.

Il processo costruttivo molto interessante, tenendo conto della necessità di collegare la struttura in legno al nucleo vano scala, come illustrato precedentemente, si è deciso di utilizzare una cappa collaborante in cls, in quanto tenendo conto anche delle problematiche costruttive del sistema prefabbricato, ovvero un'elevata precisione in fase di cantiere che poco si sposa con le parti in cls il quale difficilmente raggiunge un buon grado di precisione avendo margini di errore più elevati, si è deciso di procedere realizzando due piano il legno, montati e controventati dai pannelli OSB dopodichè si andrà ad erigere, con un piano in meno, il nucleo vano scala in cemento armato che si realizzerà in un'unica soluzione in una fase successiva, il getto del solaio in calcestruzzo.





La trave radice, la quale ancora non è stata citata, ha il compito di riprendere tutte le azioni derivanti dalla sovrastruttura e quindi necessita di essere tassellata e fissata alla sottostante struttura in cemento armato. Connessioni realizzate con barre filettate classe 8.8 ed ancorante chimico nelle sottostanti strutture.



## 10.2.2 L'utilizzo del Biomattone in Canapa e Calce

La canapa è uno dei prodotti naturali che offre i risultati migliori; questa pianta, infatti, è di semplice coltivazione poiché ha una rapida crescita, un basso consumo di acqua e rarissimi attacchi parassitari.

Una volta lavorata e separata dalla fibra per ottenere il canapulo, è ottima per sostituire gli inerti per la composizione di malte e calcestruzzi alleggeriti, poiché risulta refrattaria a muffe e insetti e ricca di silice, ma soprattutto, è un materiale carbon negative, che assorbe e trattiene carbonio riducendo le emissioni attive di CO<sub>2</sub> in atmosfera, rappresentando una soluzione sostenibile per la costruzione degli edifici del futuro. Tramite la mescolanza di calce, canapa e acqua viene ottenuta una miscela lavorata successivamente in impastatrice e quindi applicata a mano o a macchina, secondo gli impieghi.

Successivamente alla messa in opera, il biocomposto indurisce per evaporazione dell'acqua, carbonatazione e idratazione della calce. Il biocomposto è utilizzato anche per realizzare dei pannelli prefabbricati. In tal caso, i pannelli vengono realizzati applicando la miscela con spray all'interno di un telaio in legno fatto su misura.

A questo punto il pannello può essere intonacato e portato in cantiere per la posa in opera.

Caratteristiche del prodotto calce canapa:

ha proprietà isolanti e traspiranti;

- favorisce la regolazione dei livelli igrometrici all'interno dell'edificio;
- è leggero e flessibile;
- è adatto a qualsiasi supporto (laterizio, legno, cemento, paglia);
- crea un elevato comfort naturale;
- migliora l'efficienza energetica degli edifici;
- è sostenibile: riduce le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera;
- è totalmente riciclabile e riutilizzabile;

- è adatto per ristrutturazioni e nuove costruzioni;
- usufruisce delle agevolazioni fiscali;
- è di facile applicazione;
- è di grande effetto decorativo;
- è resistente agli incendi perché ignifugo.<sup>1</sup>

Nel caso del “Frullo” di Castenaso, la calce canapa è stata utilizzata sotto forma di mattone di tamponamento al piano terreno fra i pilastri in cemento armato.

I blocchi prefabbricati possono essere di varie dimensioni (spessore 8, 12, 15, 25, 30, 36, 40 cm) per realizzare tamponamenti di strutture in legno, acciaio o cemento armato, raddoppio di muratura, tramezzature ecc., le cui proprietà isolanti naturali consentono di non aggiungere cappotti alle strutture e di ottenere prestazioni di isolamento termico e acustico eccezionali. Il risultato è una muratura continua in calce a canapa capace di coniugare resistenza meccanica, traspirabilità e durata nel tempo.<sup>2</sup>



1 <https://www.lavorincasa.it/calce-canapa-isolante-termoacustico-naturale/>  
2 ibidem

### 10.2.3 L'utilizzo Sughero come materiale isolante

Nel nostro caso studio “Il Frullo” di Castenaso, il sughero è stato applicato come soluzione a cappotto esterno. Prodotto dall'azienda TECNOSUGHERI, il prodotto in questione viene applicato sotto forma di pannelli alle superfici esterne in spessori che variano dai 5 ai 10cm.



Immagine rappresentativa della corteccia da sughero.

Il pannello di sughero espanso CORKPAN, è il risultato del processo termico di tosatura, che permette di agglomerare il pannello tramite la fusione di suberina e delle altre sostanze cerose contenute nel sughero, che fungono da collante naturale.

Il processo di tosatura, completamente naturale, non altera in alcun modo le caratteristiche del sughero ma le amplifica, determinando l'aumento del volume del singolo granulo e il miglioramento del suo potere coibente di circa il 30%.

Una caratteristica che lo rende un prodotto altamente sostenibile, è il fatto che questo processo viene effettuato solamente sulle parti di scarto della quercia da sughero, ovvero quelle che scartano le aziende che producono principalmente i tappeti, come i rami e le parti che vengono potate, quindi è un prodotto derivante da materiali di scarto e 100% riciclabile. La struttura del pannello in sughero CORKPAN si presenta permeabile al vapore, ma insensibile ad acqua e umidità, caratteristiche che gli conferiscono una stabilità dimensionale ed una durabilità eccezionali in ogni

condizione.

Il tempo necessario affinché una corteccia si rigeneri, prima di poter essere nuovamente asportata e utilizzata, è di circa 10 anni.

La tostatura e la fusione delle sostanze cerose avviene all'interno di stampo metallici, luogo in cui la fusione della suberina presente nel sughero, agisce come unico collante naturale, conferendo al pannello un colore bruno. La fase successiva alla fusione del pannello è la fase di raffreddamento, in quanto la parte superficiale si raffredda in periodo di tempo limitato, la quale, però, una volta raffreddata isola la parte più interna ancora molto calda, la quale potrebbe continuare fondere o a rimanere calda per lunghi periodi di tempo, il che potrebbe compromettere le caratteristiche del pannello e conseguenti odori sgradevoli. Per ovviare a questo problema, il pannello in sughero fare si che si raffreddi in modo omogeneo senza perdere le sue caratteristiche isolanti, viene bucato per tutta la sua lunghezza, in modo che sia consentito il passaggio di aria al suo interno con il conseguente raffreddamento.



Immagine rappresentativa di una fase di produzione dei pannelli.

I pannelli CORKPAN sono certificati come prodotto per la bio-edilizia da nature-plus® e ANAB | ICEA. E' sicuro per l'uomo e certificato A+ per le emissioni di COV (Formaldeide, Acetaleide, etc.), IPA (Pirene, Benzopirene, etc.) e metalli pesanti, pesticidi, CMR. Il pannello è atossico e può essere utilizzato anche in ambienti confi-

nanti, ed è certificato “Receycled” in quanto il 100% della materia prima proviene dalla corteccia della potatura delle querce (Cert. ICEA n. REC.2017\_002).



Un kg di sughero CORKPAN trattiene 1,66kg<sub>eq</sub> di CO<sub>2</sub> e non contribuisce all’aumento dell’effetto serra. Oltre il 90% di energia necessaria per la produzione dei pannelli deriva da biomassa, ottenuta recuperando le polveri e gli sfridi di lavorazione.

Non ha limiti di durata, è riutilizzabile e 100% riciclabile.

Per questi motivi, CORKPAN, soddisfa appieno i requisiti imposti dai CAM (D.Lgs n.50 18.04.2016) per gli appalti pubblici ed è elemento migliorativo e quantificante nei protocolli ambientali ITACA, LEED e CasaClima NATURE<sup>1</sup>.

---

3 <https://www.tecnosugheri.it>

### INTRODUZIONE

Il foglio in questione è stato redatto con l'intenzione di realizzare un quadro completo dell'incidenza in peso che hanno tutti i componenti delle stratigrafie che compongono l'intero progetto. Il procedimento per giungere a tale risultato è stato una concatenazione di passaggi vincolati tra loro.

Ogni stratigrafia è stata scomposta elemento per elemento.

Per ogni elemento indicato in tabella, inizialmente sono stati inseriti i dati relativi a:

- spessore in millimetri,
- conversione dello spessore in metri
- superficie al metro quadrato (1mq).

Con i suddetti dati inseriti è stato possibile avere, tramite calcolo di moltiplicazione delle celle "spessore (m)" x "superficie (mq)", il volume di ogni elemento della stratigrafia in questione.

Lo step successivo è stato inserire i valori per ogni elemento relativi alla densità propria del materiale in (kg/mq), i quali sono stati necessari per determinare il peso di ogni elemento.

Il calcolo è stato effettuato con un'operazione di moltiplicazione fra le celle "Volume (mc)" x "Densità (kg/mc)", i quale ha restituito in automatico il risultato, il quale è situato all'interno di ogni cella appartenente alla colonna denominata "Peso (kg/mq)".

Una volta determinato il peso degli elementi appartenenti alle varie stratigrafie, è stato fatta una somma per definire il peso totale al metro quadrato di ogni elemento tecnico.

Il peso totale è stato necessario per determinare la percentuale in peso di ogni componente della stratigrafia in relazione al peso complessivo, questo per consentirci capire l'incidenza dei vari componenti rispetto all'elemento tecnico ai quali appartengono.

L'ultimo step, utile al completamento di questa tabella, è stato di determinare per

ogni elemento tecnico, la superficie totale in metri quadrati di sviluppo sull'intera struttura in progetto. Questo dato moltiplicato per la densità di ogni componente dell'elemento tecnico in questione, ci ha fornito come risultato il peso complessivo di tale componente relativo a quel determinato elemento tecnico sull'intera struttura. Questi dati sono stati reperiti in seguito ad una attenta analisi dei file .dwg di progetto e dal computo metrico fornitomi da GBA STUDIO srl.

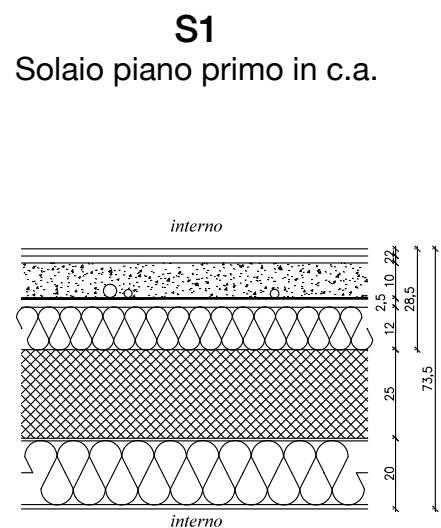
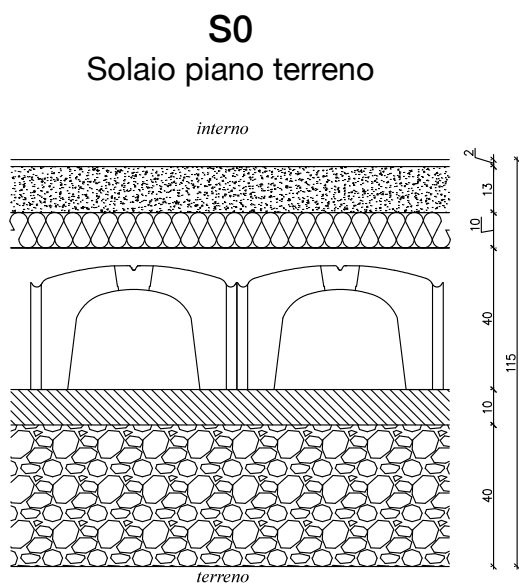
Analizzando i vari elementi tecnici, seguendo l'ordine dettato dal computo metrico, abbiamo:

- S0\_Solaio piano terreno
- S1\_Solaio piano primo in c.a.
- S2\_Solaio interpiano su parti abitative a struttura lignea
- S3\_Solaio di copertura piana su parte abitativa
- S4\_Solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale
- S5\_Solaio balconi e terrazze
- S6\_Solaio da interno riscaldato verso esterno
- S7\_Solaio Piano Primo in c.a. verso esterno
- S8\_Solaio sporto non calpestabile
- S9\_Solaio balcone piano primo
- S10\_Solaio di copertura su vano scala
- S11\_Solaio di copertura piana su balcone (fra lastrico condominiale P4° e balcone P3°)
  
- P1\_Pareti perimetrali su parti abitative PT
- P2\_Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea (parete intonacata)
- P3\_Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea (parete ventilata)
- P4\_Parapetti opachi in copertura (parete ventilata)
- P5\_Parapetti opachi in copertura (parete intonacata)



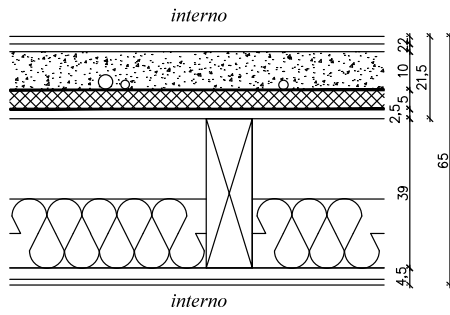
- P6\_Parapetti opachi balconi
- R1\_Pareti interne tra unità abitative
- D1\_Pareti divisorie interne (struttura portante)
- D2\_Pareti divisorie interne (struttura non portante)
- V1\_Pareti su vano scala-alloggi
- V2\_Pareti su vano scala-esterno
- V3\_Pareti su vano scala-esterno (fronte sud-est piano terreno)
- T1\_Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco A)
- T2\_Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B)

### 11.0.1 Schemi grafici degli elementi tecnici analizzati



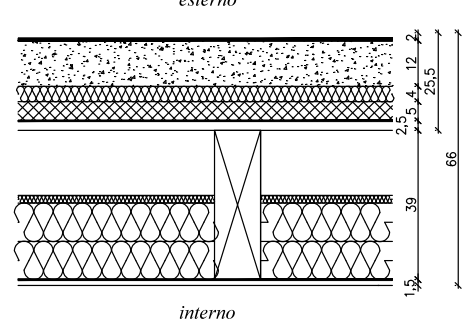
**S2**

Solaio interpiano su parti abitative a struttura lignea



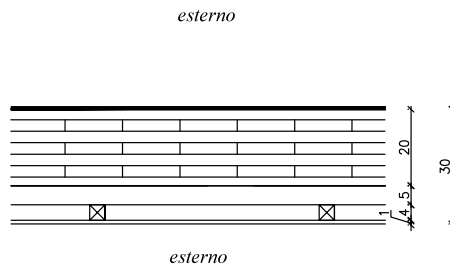
**S3**

Solaio di copertura piana su parte abitativa



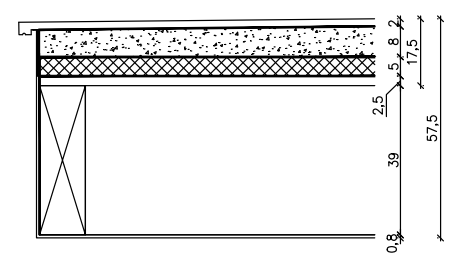
**S4**

Solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale



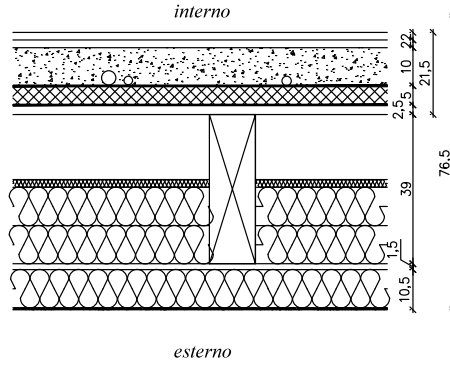
**S5**

Solaio su balconi e terrazze



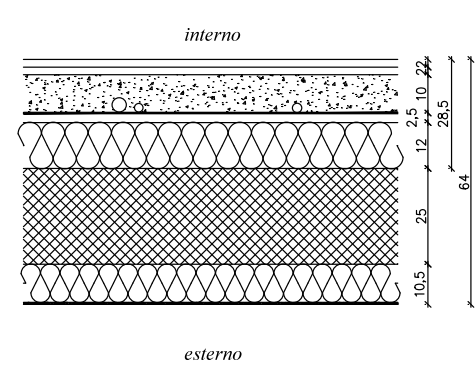
**S6**

Solaio da interno riscaldato verso l'esterno



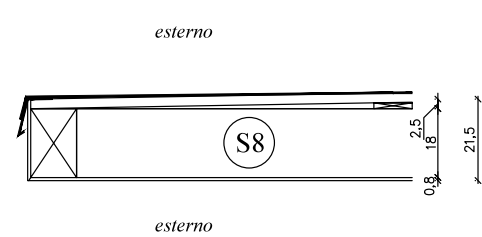
**S7**

Solaio Piano Primo in c.a. verso esterno



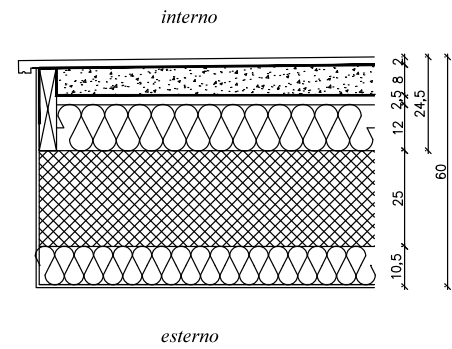
**S8**

Solaio sporto non calpestabile



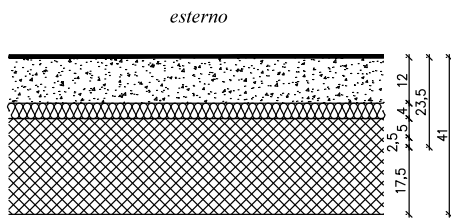
**S9**

Solaio su vano scala



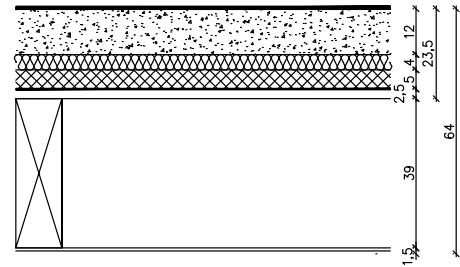
**S10**

Solaio di copertura su vano scala



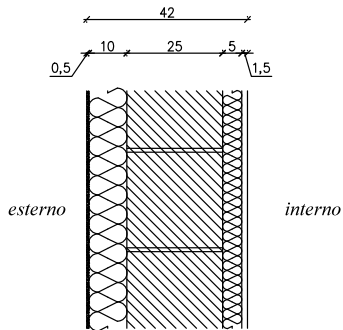
**S11**

Solaio di copertura piana su balcone



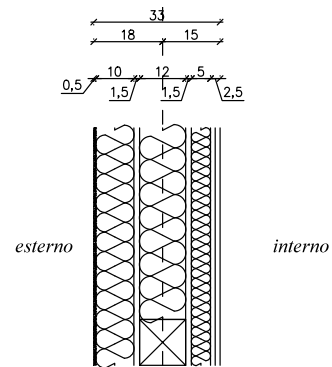
**P1**

Pareti perimetrali su parti abitative PT



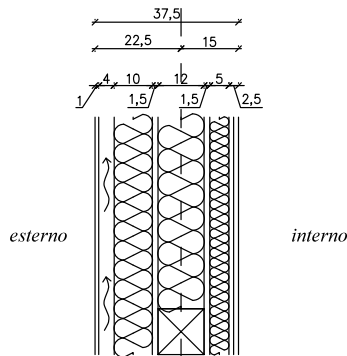
**P2**

Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea (parete intonacata)



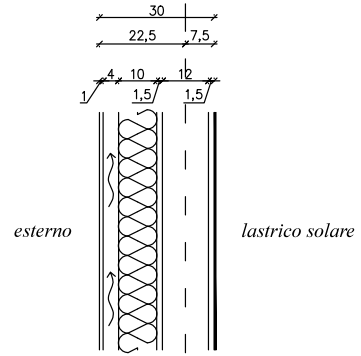
**P3**

Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea (parete ventilata)



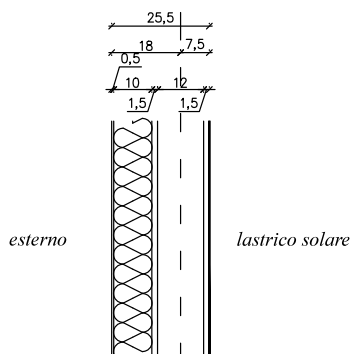
**P4**

Parapetti opachi in copertura (parete ventilata)



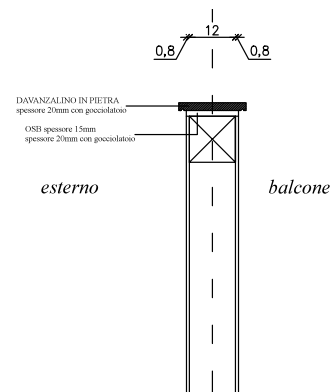
**P5**

Parapetti opachi in copertura (parete intonacata)



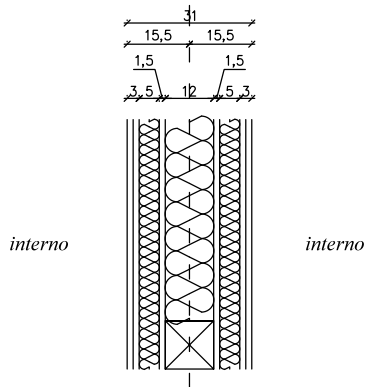
**P6**

Parapetti opachi balconi



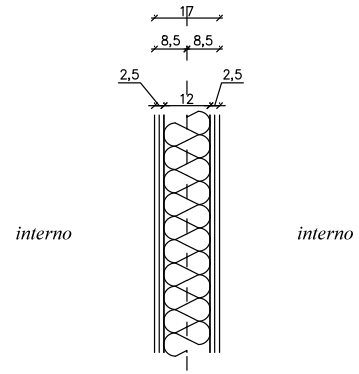
**R1**

Pareti interne tra unità abitative



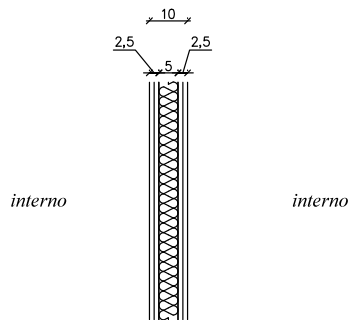
**D1**

Pareti divisorie interne (struttura portante)



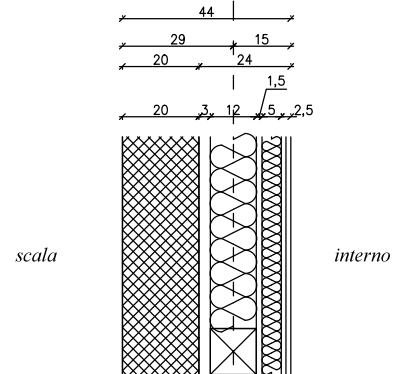
**D2**

Pareti divisorie interne (struttura non portante)



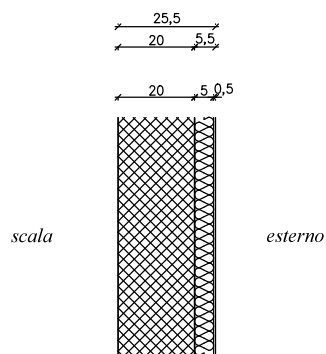
**V1**

Pareti su vano scala-alloggi



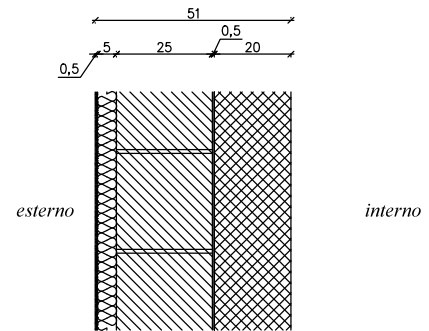
**V2**

Pareti su vano scala-esterno



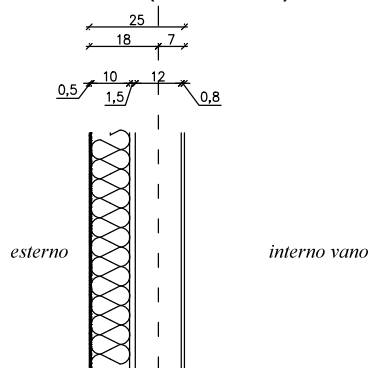
**V3**

Pareti su vano scala-esterno (fronte Sud-Est piano terreno)



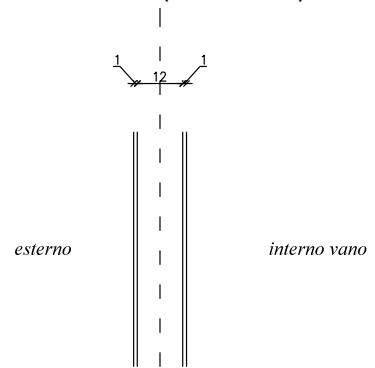
**T1**

Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco A)



**T2**

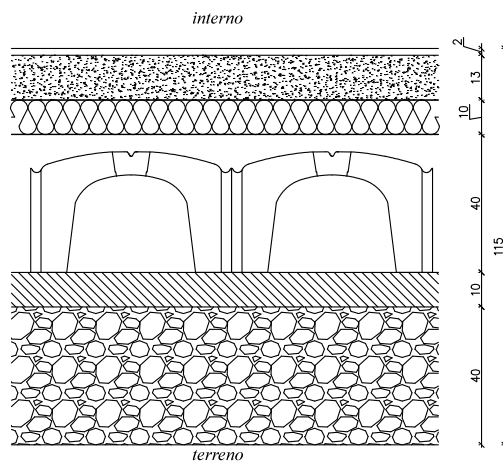
Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B)



# 11.1

## Analisi e calcoli degli elementi tecnici

### 11.1.1 S0 Solaio piano terreno



Da sotto (terreno) a sopra (interno) - spessore 1150 mm:

- Riempimento 400mm;
- Base per appoggio igloo spessore 100mm;
- Igloo + cappa spessore 400mm;
- Isolamento alta densità spessore 100mm;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 130mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Riempimento = 0,4 m<sup>3</sup>
- Base appoggio igloo = 0,1 m<sup>3</sup>
- Igloo (non è stato calcolato il volume)
- Isolamento alta densità = 0,1 m<sup>3</sup>
- Sottofondo il cls alleggerito = 0,13 m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = 0,02 m<sup>3</sup>

#### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Riempimento = 1500 kg/m<sup>3</sup> (ghiaia asciutta)
- Base appoggio igloo = 2200 kg/m<sup>3</sup> (magrone)
- Igloo (non è stata inserita la densità)

- Isolamento alta densità = 30 kg/m<sup>3</sup>
- Sottofondo il cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = (non è stata inserita in quanto è stato trovato il valore di 35,6kg/m<sup>2</sup> per le piastrelle da 20mm)

**Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

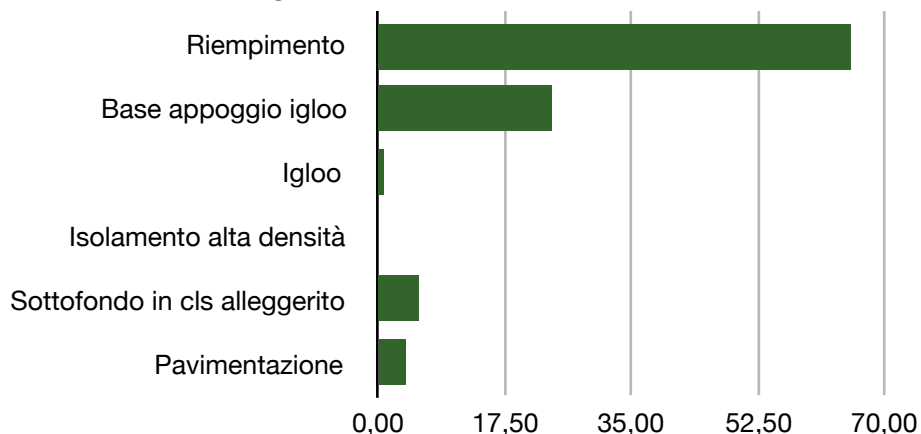
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Riempimento = 600 kg/m<sup>2</sup>
- Base appoggio igloo = 220 kg/m<sup>2</sup>
- Igloo = 7,12 kg/m<sup>2</sup> (ipotizzando di utilizzare igloo 50x50cm sono quindi 4 pezzi al m<sup>2</sup> e considerato il peso di 1,78 kg/pz derivato dall'operazione di divisione di 570 kg/bancale / 320 pz/bancale)

- Isolamento alta densità = 3 kg/m<sup>2</sup>
- Sottofondo il cls alleggerito = 52 kg/m<sup>2</sup>
- Pavimentazione = 35,6 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **917,72 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S0 i pesi che incidono maggiormente sono lo riempimento e la base di appoggio degli igloo, mentre viceversa, quelli che incidono in maniera minore sono gli igloo e l'isolamento ad alta densità.

Allargando la visuale, ovvero a scala dell'intero edificio, i valori sopraindicati al m<sup>2</sup> subiscono notevoli variazioni. Per effettuare questo passaggio, è stato necessario andare ad individuare le aree di pertinenza degli elementi tecnici in questione, quindi tramite un'operazione di analisi dei file .dwg o tramite computo metrico, andando così a determinare le varie superfici sulle quali si estendono gli elementi tecnici.

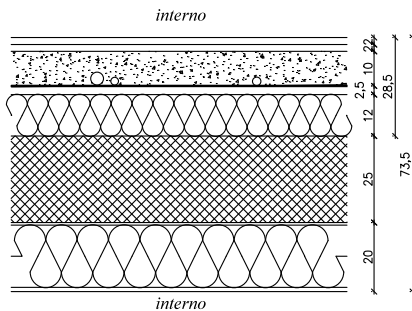
Nel caso del Solaio piano terreno S0 è emerso dal computo metrico che si estende per 496,00 m<sup>2</sup>. Tale valore, moltiplicato per il peso a m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Riempimento = 297.600,00 kg
- Base appoggio igloo = 109.120,00 kg
- Igloo = 3.531,52 kg
- Isolamento alta densità = 1.488,00 kg
- Sottofondo il cls alleggerito = 25.792,00 kg
- Pavimentazione = 17.657,60 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **455.189,12 kg**.

## 11.1.2 S1 Solaio piano primo in c.a.



da sotto a sopra - spessore 735 mm:

- Eventuale controsoffitto interno spessore 200 mm;
- Solaio in c.a. – sp. 250 mm;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_0$  0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0, interposti a struttura lignea, spessore 120mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a  $1\text{m}^2$ , con i seguenti risultati:

- Controsoffitto interno =  $0,012\text{ m}^3$  (spessore 12mm x  $1\text{m}^2$ )
- Solaio in c.a. =  $0,25\text{ m}^3$
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ =  $0,12\text{ m}^3$
- Pannello OSB =  $0,025\text{ m}^3$
- Guaina impermeabile adesiva = (non è stato inserito il valore  
Volume poiché è stato considerato il peso specifico in  $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- Sottofondo in cls alleggerito =  $0,1\text{ m}^3$
- Massetto autolivellante =  $0,02\text{ m}^3$
- Pavimentazione =  $0,02\text{ m}^3$

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura, ma non sapendo se realmente siano corretti.

- Controsoffitto interno =  $1000\text{ kg}/\text{m}^3$
- Solaio in c.a. =  $2600\text{ kg}/\text{m}^3$
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ =  $60\text{ kg}/\text{m}^3$



- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile adesiva = (non è stata inserita in quanto è stato trovato il valore di 3,5 kg/m<sup>2</sup>)
- Sottofondo in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Massetto autolivellante = 1450 kg/m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = (non è stata inserita in quanto è stato trovato il valore di 35,6kg/m<sup>2</sup> per le piastrelle da 20mm)

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

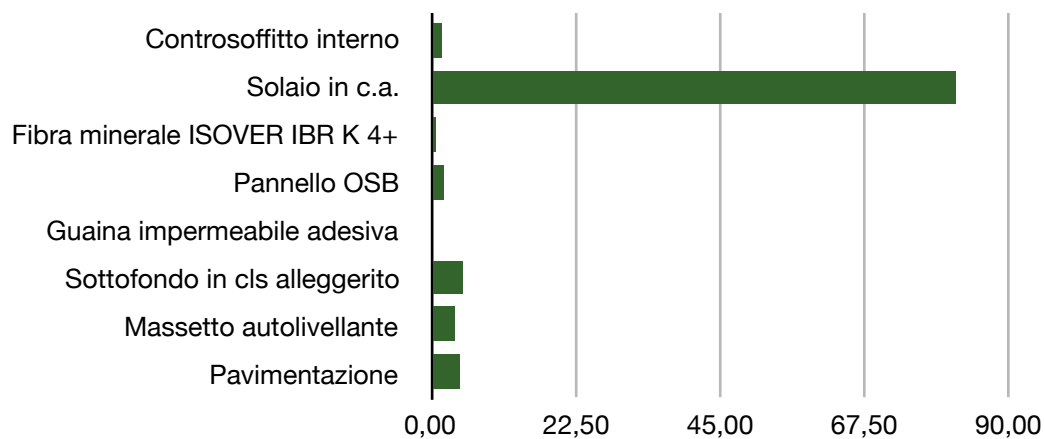
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Controsoffitto interno = 12 kg/m<sup>2</sup>
- Solaio in c.a. = 650 kg/m<sup>2</sup>
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ = 7,2 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina impermeabile adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Sottofondo in cls alleggerito = 40 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto autolivellante = 29 kg/m<sup>2</sup>
- Pavimentazione = 35,6 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **792,3 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S1 i pesi che incidono maggiormente sono il solaio in c.a. e il sottofondo in cls alleggerito, mentre quelli che incidono in maniera minore sono la guaina impermeabile adesiva e la fibra minerale ISOVER IBR 4+.

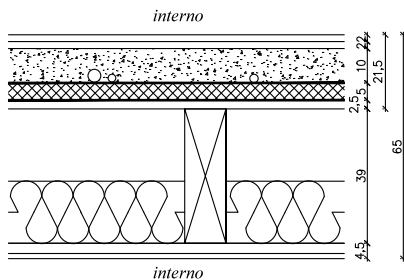
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che il solaio piano primo in c.a. S1 si stende per una superficie di 526,30m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Controsoffitto interno = 6.315,60 kg
- Solaio in c.a. = 342.095,00 kg
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ = 3.789,36 kg
- Pannello OSB = 7.894,50 kg
- Guaina impermeabile adesiva = 1.842,05 kg
- Sottofondo in cls alleggerito = 21.052,00 kg
- Massetto autolivellante = 15.262,70 kg
- Pavimentazione = 18.736,28 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **416.987,49 kg**.

### 11.1.3 S2 Solaio interpiano su parti abitative a struttura lignea



da sotto a sopra - spessore 650 mm:

- Pannello in cartongesso (12,5mm) su struttura metallica (30mm) per uno spessore totale di 45 mm, finito con doppia rasatura;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Sutecki Wood System;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale interposti alla struttura lignea, spessore 180 mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50mm
- Materassina acustica
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Sutecki Wood System = 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ = 0,18 m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile adesiva = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Cappa armata con cls alta densità = 0,05 m<sup>3</sup>
- Materassino acustico = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Sottofondo in cls alleggerito = 0,1 m<sup>3</sup>
- Massetto autolivellante = 0,02 m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = 0,02 m<sup>3</sup>

#### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso =  $900 \text{ kg/m}^3$
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Sutecki Wood System  
=  $600 \text{ kg/m}^3$
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ =  $60 \text{ kg/m}^3$
- Pannello OSB =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Guaina impermeabile adesiva =  $3,5 \text{ kg/m}^2$  (peso specifico)
- Cappa armata con cls alta densità =  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Materassino acustico =  $4,5 \text{ kg/m}^2$  (peso specifico)
- Sottofondo in cls alleggerito =  $400 \text{ kg/m}^3$
- Massetto autolivellante =  $1450 \text{ kg/m}^3$
- Pavimentazione = (non è stata inserita in quanto è stato trovato il valore di  $35,6 \text{ kg/m}^2$  per le piastrelle da 20mm)

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

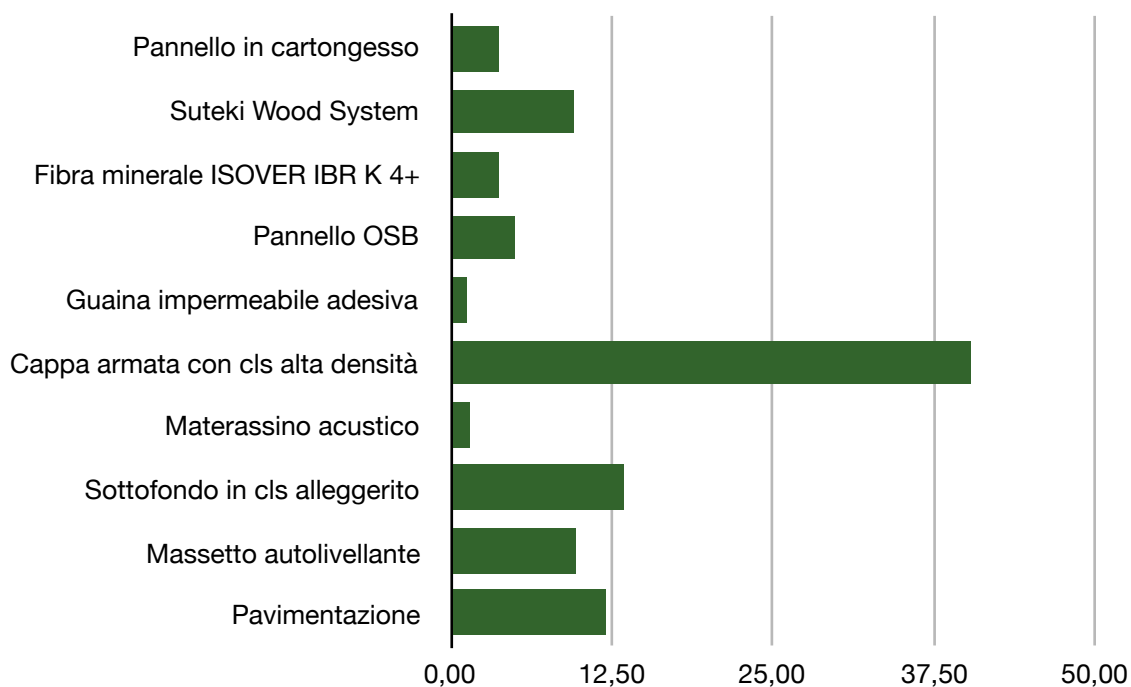
Il peso in  $\text{kg/m}^2$  è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume ( $\text{m}^3$ ) per la densità ( $\text{kg/m}^3$ ) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico ( $\text{kg/m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg/pz}$ ).

- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Sutecki Wood System  
=  $28,08 \text{ kg/m}^2$
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ =  $10,08 \text{ kg/m}^2$
- Pannello OSB =  $15 \text{ kg/m}^2$
- Guaina impermeabile adesiva =  $3,5 \text{ kg/m}^2$
- Cappa armata con cls alta densità =  $120 \text{ kg/m}^2$
- Materassino acustico =  $4,5 \text{ kg/m}^2$
- Sottofondo in cls alleggerito =  $40 \text{ kg/m}^2$
- Massetto autolivellante =  $29 \text{ kg/m}^2$
- Pavimentazione =  $35,6 \text{ kg/m}^2$

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **297,73 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S2 i pesi che incidono maggiormente sono la cappa armata con cls alta densità e il sottofondo in cls alleggerito, mentre quelli che incidono in maniera minore sono la guaina impermeabile adesiva, il materassino acustico e la fibra minerale ISOVER IBR 4+.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che il solaio piano primo in c.a. S2 si estende per una superficie di 1260,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

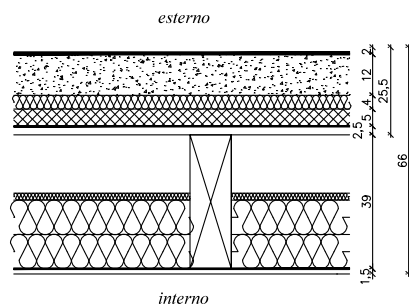
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 14.175,00 kg

- Struttura portante in legno lamellare GL24 Sutecki Wood System  
= 35.380,80 kg
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ = 13.608,00 kg
- Pannello OSB = 18.900,00 kg
- Guaina impermeabile adesiva = 4.410,00 kg
- Cappa armata con cls alta densità = 151.200,00 kg
- Materassino acustico = 5.670,00 kg
- Sottofondo in cls alleggerito = 50.400,00 kg
- Massetto autolivellante = 36.540,00 kg
- Pavimentazione = 44.856,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **375.139,80 kg**.

### 11.1.4 S3 Solaio di copertura piana su parte abitativa



da sotto a sopra - spessore 660 mm:

- Pannello in cartongesso spessore 15 mm, finito con doppia rasatura;
- Freno al vapore polipropilene tipo Wurth Wutop DB5-150, 150 gr/mq, permeabilità al vapore 4gr/mq/24h, Sd 5 m
- Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
- Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
- Isolante in fibra di legno ad alta densità, 200 kg/mc spessore 20 mm
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Telo da sottotetto microporoso tipo Wurth Wutop 170, 170 gr/mq, permeabilità al vapore 1000gr/mq/24h, Sd 0,02 m
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50 mm;
- Isolamento in XPS spessore 40mm;
- Massetto di pendenza in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 spessore 120mm;
- Guaina bituminosa adesiva;
- Guaina bituminosa ardesiata.

#### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso = 0,015 m<sup>3</sup>
- Freno al vapore polipropilene Wurth Wutop DB5-150 = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

- Pannello isolante Fibra di legno = 0,1 m<sup>3</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 0,1 m<sup>3</sup>
- Fibra di legno alta densità = 0,02 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Telo da sottotetto Wuth Wutop 170 = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Cappa armata con cls alta densità = 0,05 m<sup>3</sup>
- Isolamento in XPS = 0,04 m<sup>3</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 0,12 m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Guaina bituminosa ardesiata = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Freno al vapore polipropilene Wurth Wutop DB5-150 = 0,15 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Pannello isolante Fibra di legno = 110 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 110 kg/m<sup>3</sup>
- Fibra di legno alta densità = 200 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System

- = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Telo da sottotetto Wuth Wutop 170 = 0,17 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Cappa armata con cls alta densità = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento in XPS = 30 kg/m<sup>3</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello in cartongesso = 13,5 kg/m<sup>2</sup>
- Freno al vapore polipropilene Wurth Wutop DB5-150 = 0,15 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 11 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 11 kg/m<sup>2</sup>
- Fibra di legno alta densità = 4 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 28,08 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Telo da sottotetto Wuth Wutop 170 = 0,17 kg/m<sup>2</sup>
- Cappa armata con cls alta densità = 120 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento in XPS = 1,2 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 48 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup>

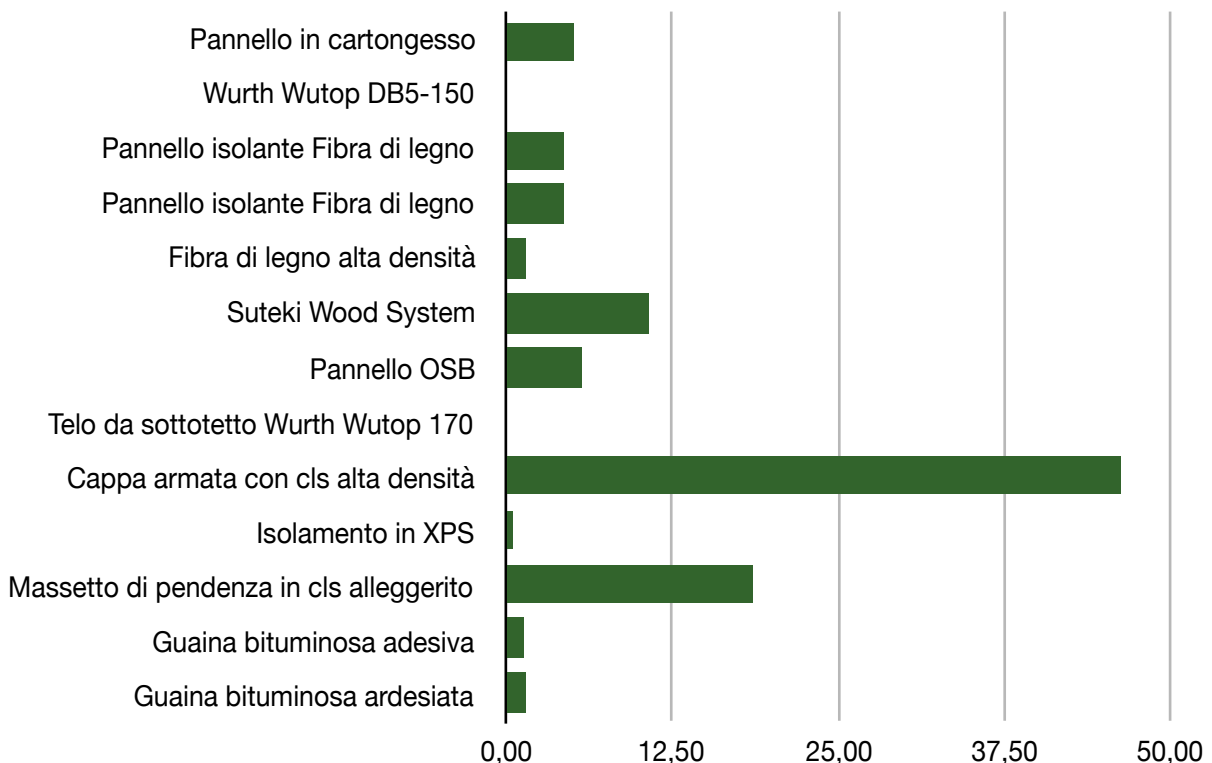
Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti



componenti è pari a **259,6 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S3 i pesi che incidono maggiormente sono la Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System, la cappa armata con cls alta densità e il massetto di pendenza in cls alleggerito, mentre quelli che incidono in maniera minore sono il freno al vapore polipropilene Wurth Wutop DB5-150, il Telo da sottotetto Wurth Wutop 170 e le guaine bituminose.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che il solaio di copertura piana su parte abitativa S3 si stende per una superficie di 558,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup>

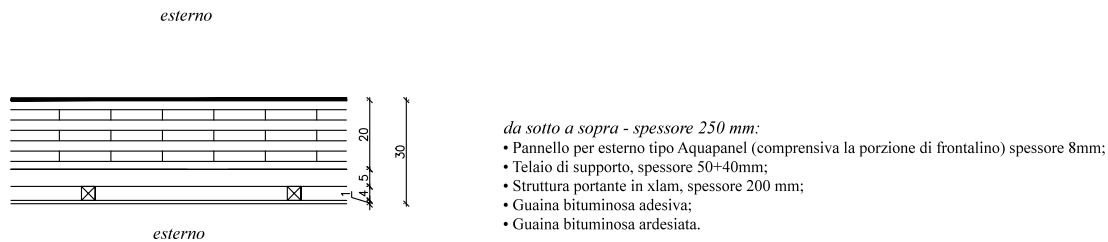
di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 7.533,00 kg
- Freno al vapore polipropilene Wurth Wutop DB5-150 = 83,70 kg
- Pannello isolante Fibra di legno = 6.138,00 kg
- Pannello isolante Fibra di legno = 6.138 kg
- Fibra di legno alta densità = 2.232,00 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 15.668,64 kg
- Pannello OSB = 8.370,00 kg
- Telo da sottotetto Wuth Wutop 170 = 94,86 kg
- Cappa armata con cls alta densità = 66.960,00 kg
- Isolamento in XPS = 669,60 kg
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 26.784,00 kg
- Guaina bituminosa adesiva = 1.953,00 kg
- Guaina bituminosa ardesiata = 2.232,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **144.856,80 kg**.

### 11.1.5 S4 Solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale



#### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello per esterno Aquapanel = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Telaio di supporto = (40 x 40 x 1000 mm) x 2 pz = 0,0032 m<sup>3</sup>  
= (50 x 50 x 1000mm) x 2 pz = 0,005 m<sup>3</sup>    Tot. = 0,0082 m<sup>3</sup>
- Struttura portante XLAM = 0,2 m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Guaina bituminosa ardesiata = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

#### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Telaio di supporto = 550 kg/m<sup>3</sup> (densità larice)
- Struttura portante XLAM = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)

**Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

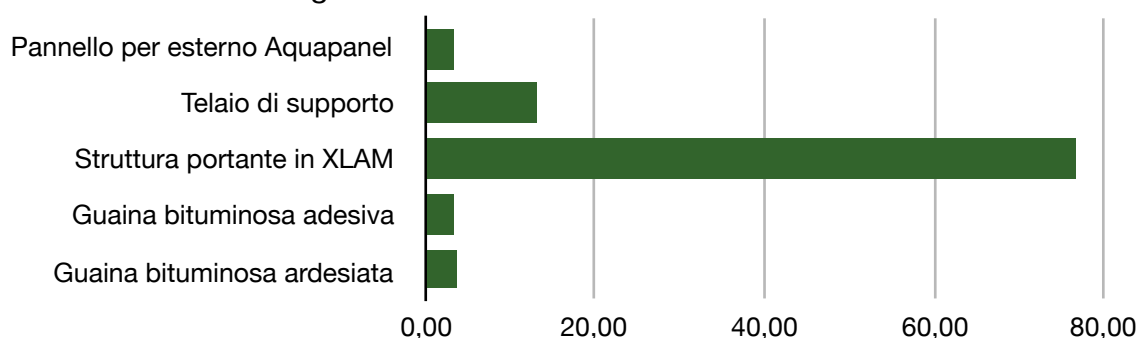
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Telaio di supporto = 13,53 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante XLAM = 80 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **104,53 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S4 i pesi che incidono maggiormente sono la Struttura portante XLAM e il telaio di supporto, mentre quelli che incidono in maniera minore sono il pannello Aquapanel e le guaine bituminose.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che il solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale S4 si stende per una superficie di 158,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo

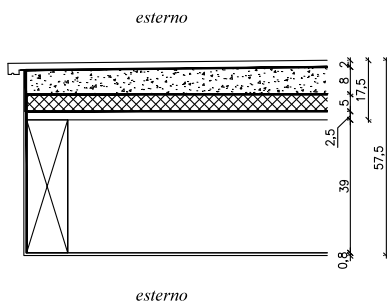
sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello per esterno Aquapanel = 553,00 kg
- Telaio di supporto = 2.137,74 kg
- Struttura portante XLAM = 12.640,00 kg
- Guaina bituminosa adesiva = 553,00 kg
- Guaina bituminosa ardesiata = 632,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **16.515,74 kg**.

### 11.1.6 S5 Solaio balconi e terrazze



da sotto a sopra - spessore 575 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50 mm;
- Guaina impermeabile;
- Massetto di pendenza (1%) in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 (spessore max 80mm);
- Guaina impermeabile tipo Kerakoll Nanoflex - Peso specifico dell'impasto 1,5 kg/dm<sup>3</sup>, coeff. di resistenza alla diffusione del vapore  $\mu <= 825$ , spessore approssimativo 2-3mm, incluso risvolto su frontalino;
- Piastrelle con rivestimento antigelivo.

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello per esterno Aquapanel = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile adesiva = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

- Cappa armata con cls alta densità = 0,05 m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 0,08 m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 0,002 m<sup>3</sup>
- Piastrelle antigelive = 0,02 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Cappa armata con cls alta densità = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile = 3 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 1500 kg/m<sup>3</sup>
- Piastrelle antigelive = 2000 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System

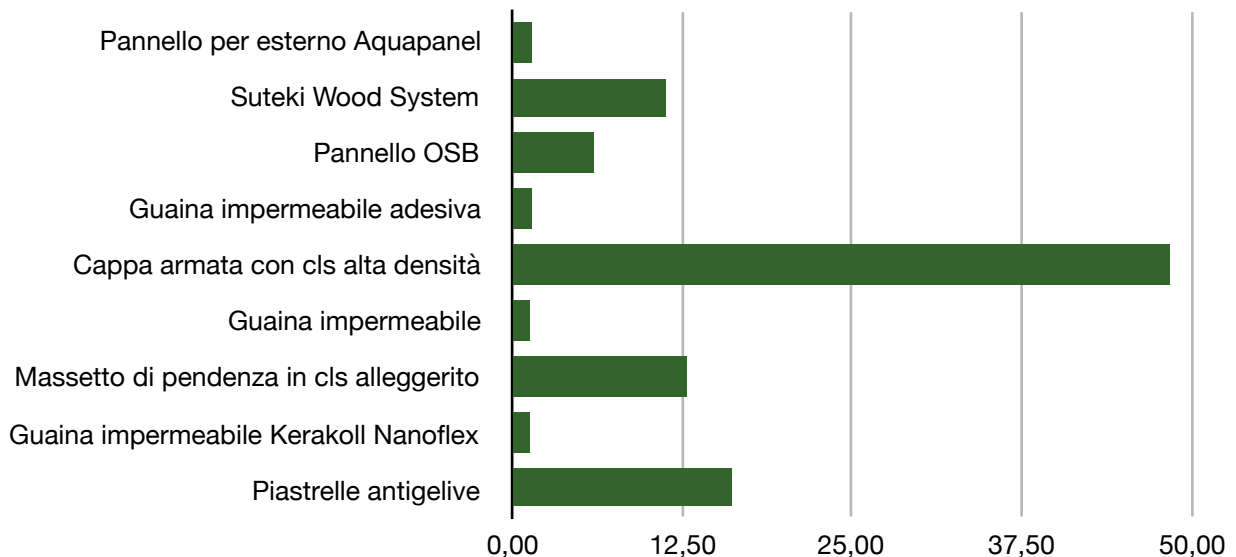
= 28,08 kg/m<sup>2</sup>

- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina impermeabile adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Cappa armata con cls alta densità = 120 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina impermeabile = 3 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 32 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 3 kg/m<sup>2</sup>
- Piastrelle antigelive = 40 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **248,08 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S5 i pesi che incidono maggiormente sono la cappa armata in cls alta densità e in maniera simile fra loro le piastrelle antigelive, il massetto di pendenza in cls alleggerito e la struttura portante in legno

lamellare GL24 Suteki Wood System, mentre quelli che incidono in maniera minore sono il pannello Aquapanel e le guaine impermeabili.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio balconi e terrazzi S5 si stende per una superficie di 543,85 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

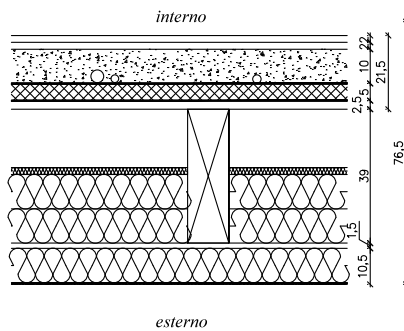
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello per esterno Aquapanel = 1.903,48 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 15.271,31 kg
- Pannello OSB = 8.157,75 kg
- Guaina impermeabile adesiva = 1.903,48 kg
- Cappa armata con cls alta densità = 65.262,00 kg
- Guaina impermeabile = 1.631,55 kg
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 17.403,20 kg
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 1.631,55 kg
- Piastrelle antigelive = 21.754,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **134.918,31 kg**.



## 11.1.7 S6 Solaio da interno riscaldato verso esterno



da sotto (esterno) a sopra (interno riscaldato) - spessore 765 mm:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Pannello di OSB da 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
- Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
- Isolante in fibra di legno ad alta densità, 200 kg/mc spessore 20 mm
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_c$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Materassina acustica
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 0,005 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 0,1 m<sup>3</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 0,1 m<sup>3</sup>
- Fibra di legno alta densità = 0,02 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni  
39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = (non è stato inserito il valore Volume  
poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Sottofondo in cls alleggerito = 0,1 m<sup>3</sup>
- Materassino acustico = 0,002 m<sup>3</sup>
- Massetto autolivellante = 0,02 m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = 0,02 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 110 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 110 kg/m<sup>3</sup>
- Fibra di legno alta densità = 200 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Sottofondo in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Materassino acustico = 77 kg/m<sup>3</sup>
- Massetto autolivellante = 1450 kg/m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = 2200 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

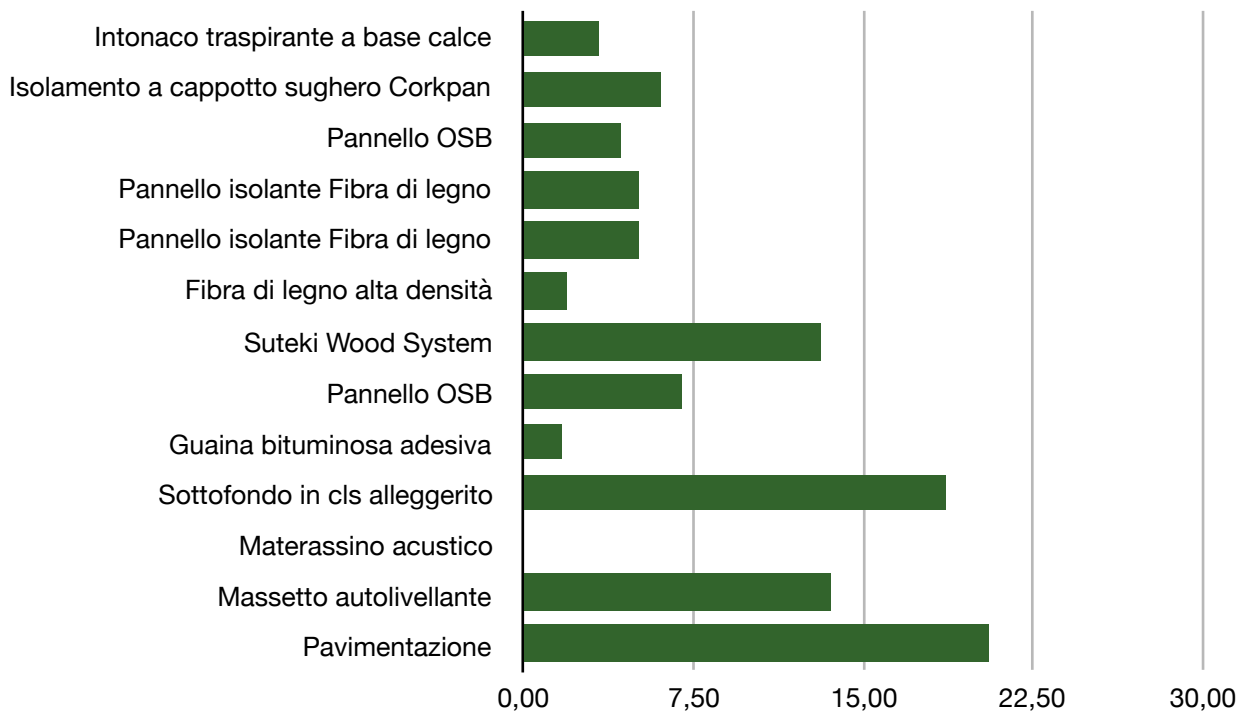
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 7 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 13 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 11 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello isolante Fibra di legno = 11 kg/m<sup>2</sup>

- Fibra di legno alta densità = 4 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 28,08 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Sottofondo in cls alleggerito = 40 kg/m<sup>2</sup>
- Materassino acustico = 0,154 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto autolivellante = 29 kg/m<sup>2</sup>
- Pavimentazione = 44 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **214,73 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S6 i pesi che incidono maggiormente sono la Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System, il Sottofondo in cls alleggerito e la pavimentazione, mentre quelli che incidono in maniera minore sono l'intonaco, il materassino acustico e la guaina bituminosa adesiva.

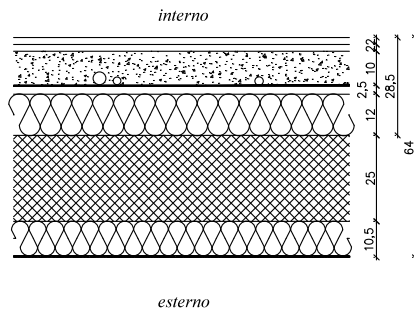
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio da interno riscaldato verso esterno S6 si estende per una superficie di 67,96 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 475,72 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 883,48 kg
- Pannello OSB = 611,64 kg
- Pannello isolante Fibra di legno = 747,56 kg
- Pannello isolante Fibra di legno = 747,56 kg
- Fibra di legno alta densità = 271,84 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 1.908,32 kg
- Pannello OSB = 1.019,40 kg
- Guaina bituminosa adesiva = 237,86 kg
- Sottofondo in cls alleggerito = 2.718,40 kg
- Materassino acustico = 10,47 kg
- Massetto autolivellante = 1.970,84 kg
- Pavimentazione = 2.990,24 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **14.593,32 kg**.

## 11.1.8 S7 Solaio piano primo in c.a. verso esterno



da sotto a sopra - spessore 640 mm:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Solaio in c.a. - sp. 250 mm;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_0$  0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0, interposti a struttura lignea, spessore 120mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself spessore 3mm  $\mu$  20000 - 3,5 kg/mq;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 0,005 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Solaio in c.a. = 0,25 m<sup>3</sup>
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ = 0,12 m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Sottofondo in cls alleggerito = 0,1 m<sup>3</sup>
- Massetto autolivellante = 0,02 m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Solaio in c.a. = 2600 kg/m<sup>3</sup>

- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ = 60 kg/m<sup>3</sup> ?
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself = 3 kg/m<sup>2</sup>
- Sottofondo in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Massetto autolivellante = 1450 kg/m<sup>3</sup>
- Pavimentazione = 35,6 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)

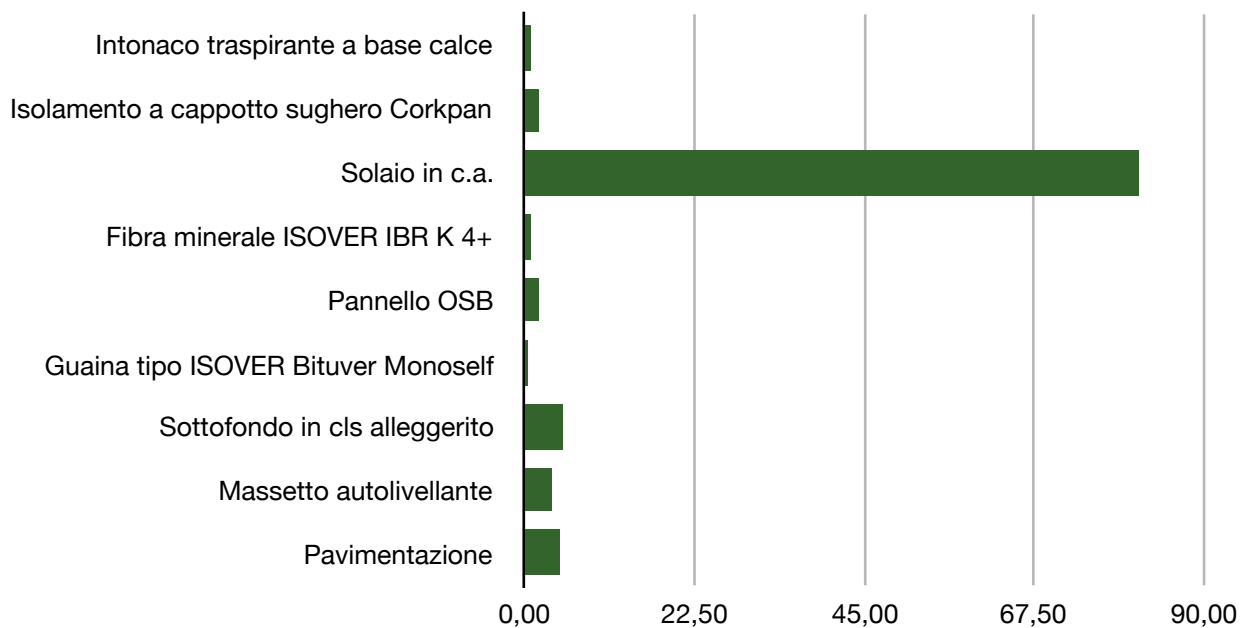
### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 7 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 13 kg/m<sup>2</sup>
- Solaio in c.a. = 650 kg/m<sup>2</sup>
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ = 7,2 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself = 3 kg/m<sup>2</sup>
- Sottofondo in cls alleggerito = 40 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto autolivellante = 29 kg/m<sup>2</sup>
- Pavimentazione = 35,6 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **799,8 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S7 il peso che incide maggiormente ed in maniera significativa è il Solaio in c.a. , mentre quelli che incidono in maniera minore sono l'intonaco e la guaina bituminosa adesiva.

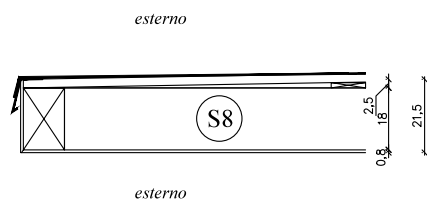
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio piano primo in c.a. verso esterno S7 si estende per una superficie di 251,68 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 1.761,76 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 3.271,84 kg
- Solaio in c.a. = 163.592,00 kg
- Fibra minerale ISOVER IBR 4+ = 1.812,10 kg
- Pannello OSB = 3.775,20 kg
- Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself = 755,04 kg
- Sottofondo in cls alleggerito = 10.067,20 kg
- Massetto autolivellante = 7.298,72 kg
- Pavimentazione = 8.959,81 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **201.293,66 kg**.

## 11.1.9 S8 Solaio sporto non calpestabile



da sotto a sopra - spessore 215 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 180mm-270mm;
- Pannello OSB inclinato spessore 25mm;
- Guaina ardesiata bituminosa.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a  $1\text{m}^2$ , con i seguenti risultati:

- Pannello per esterno Aquapanel = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in  $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System =  $0,0216\text{ m}^3$  (in  $1\text{m}^2$  di superficie è presente 1 elemento di dimensioni  $18 \times 12\text{ cm}$  per una lunghezza di  $100\text{cm}$ )
- Pannello OSB =  $0,025\text{ m}^3$
- Guaina bituminosa ardesiata = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in  $\text{kg}/\text{m}^2$ )

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura, ma non sapendo se realmente siano corretti.

- Pannello per esterno Aquapanel =  $3,5\text{ kg}/\text{m}^2$  (peso specifico)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System =  $600\text{ kg}/\text{m}^3$
- Pannello OSB =  $600\text{ kg}/\text{m}^3$
- Guaina bituminosa ardesiata =  $4\text{ kg}/\text{m}^2$  (peso specifico)



**Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

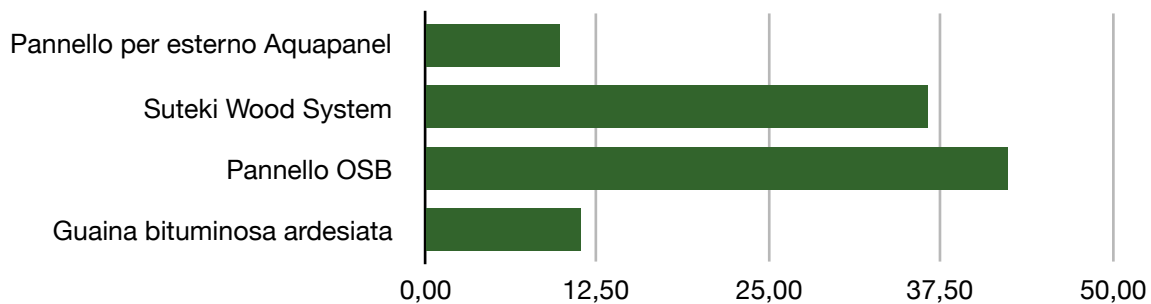
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 12,96 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **35,46 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S8 i pesi che incidono maggiormente sono il pannello OSB e la struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System, mentre quelli che incidono in maniera minore sono il pannello per esterno Aquapanel e la guaina bituminosa ardesiata.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio sportivo non calpestabile S8 si estende per una superficie di 20,42 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori

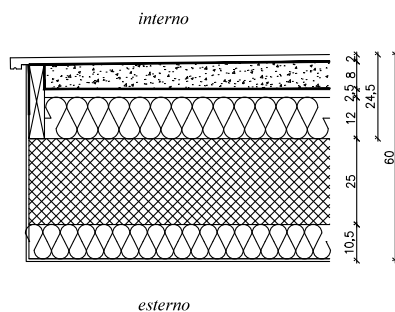
di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello per esterno Aquapanel = 71,47 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 264,64 kg
- Pannello OSB = 306,30 kg
- Guaina bituminosa ardesiata = 81,68 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **724,09 kg**.

### 11.1.10 S9 Solaio balcone piano primo



da sotto a sopra - spessore 600 mm:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Solaio in c.a. - sp. 250 mm;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_0$  0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0, interposti a struttura lignea, spessore 120mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Massetto di pendenza (1%) in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 (spessore max 80mm);
- Guaina impermeabile tipo Kerakoll Nanoflex - Peso specifico dell'impasto 1,5 kg/dm<sup>3</sup>, coeff. di resistenza alla diffusione del vapore  $\mu \leq 825$ , spessore approssimativo 2-3mm, incluso risvolto su frontalino;
- Piastrelle con rivestimento antigelivo.

#### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 0,005 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Solaio in c.a. = 0,25 m<sup>3</sup>
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ = 0,12 m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 0,08 m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

- Piastrelle antigelive = 0,02 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura, ma non sapendo se realmente siano corretti.

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Solaio in c.a. = 2600 kg/m<sup>3</sup>
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ = 60 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 3 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Piastrelle antigelive = 2000 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

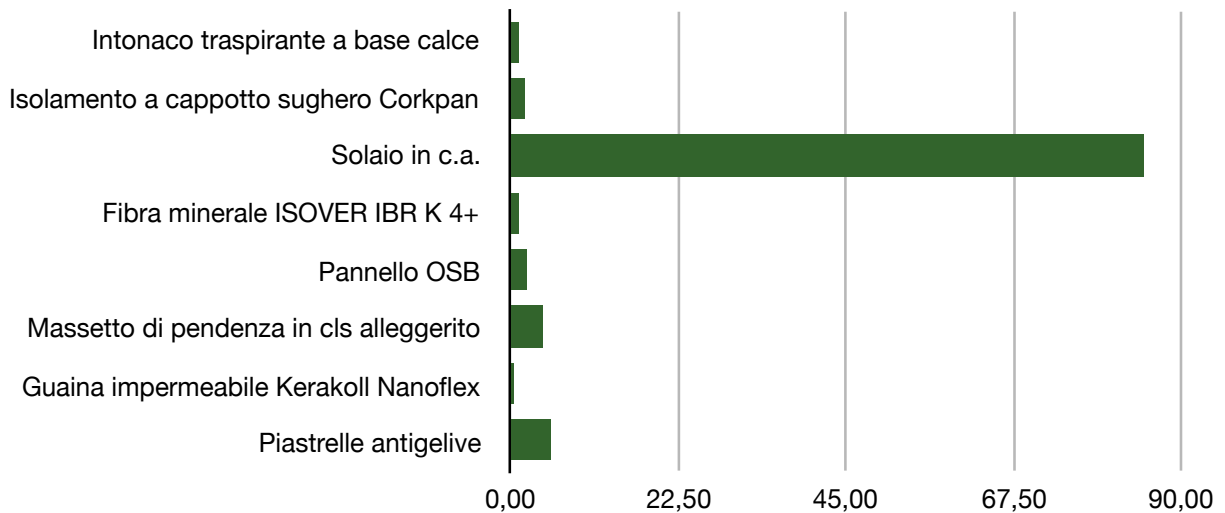
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 7 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 13 kg/m<sup>2</sup>
- Solaio in c.a. = 650 kg/m<sup>2</sup>
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ = 7,2 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 32 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 3 kg/m<sup>2</sup>
- Piastrelle antigelive = 40 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **726,2 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S9 il peso che incide maggiormente ed in maniera significativa è il solaio in c.a., mentre quelli che incidono in maniera minore sono l'intonaco traspirante e la guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio balcone piano primo S9 si estende per una superficie di 99,77 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

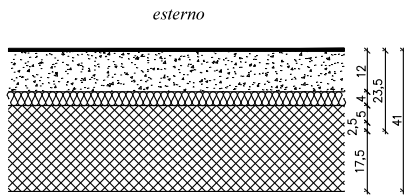
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 698,39 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 1.297,01 kg
- Solaio in c.a. = 64.850,50 kg
- Fibra minerale ISOVER IBR K 4+ = 718,34 kg
- Pannello OSB = 1.496,55 kg
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 3.192,64 kg

- Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex = 299,31 kg
- Piastrelle antigelive = 3.990,80 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **76.543,54 kg**.

### 11.1.11 S10 Solaio di copertura su vano scala



da sotto a sopra - spessore 410 mm:

- Solaio in c.a. – sp. 250 mm;
- Isolamento in XPS spessore 40mm;
- Massetto di pendenza in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 spessore 120mm;
- Guaina bituminosa adesiva;
- Guaina bituminosa ardesiata.

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Solaio in c.a. = 0,25 m<sup>3</sup>
- Isolamento in XPS = 0,04 m<sup>3</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 0,12 m<sup>3</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Guaina bituminosa ardesiata = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

#### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura, ma non sapendo se realmente siano corretti.

- Solaio in c.a. = 2600 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento in XPS = 30 kg/m<sup>3</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 400 kg/m<sup>3</sup>

- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

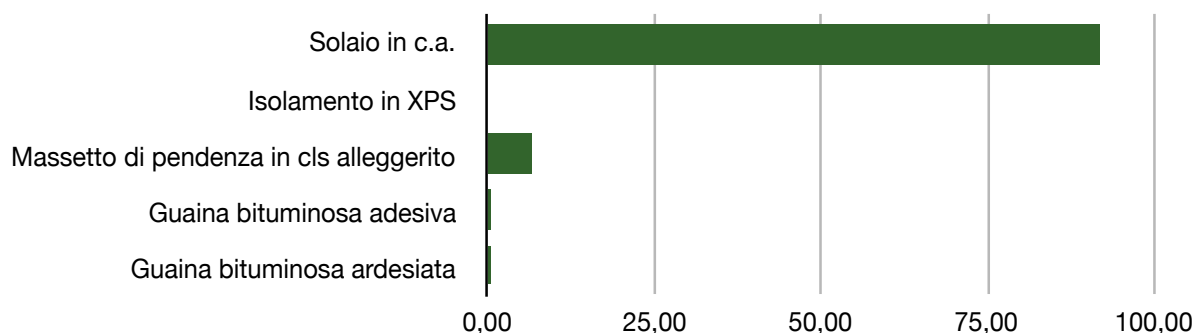
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Solaio in c.a. = 650 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento in XPS = 1,2 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 48 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **706,7 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100.

I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S10 il peso che incide maggiormente ed in maniera significativa è il solaio in c.a., mentre quelli che incidono in maniera minore sono l'isolamento in XPS e la guaine bituminose.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio di copertura su vano scala

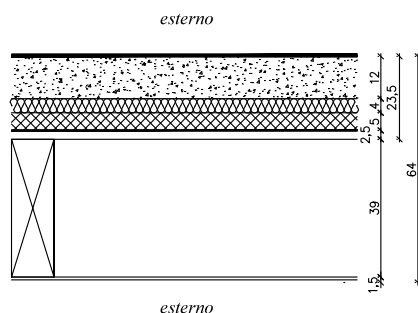
S10 si estende per una superficie di 71,48 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Solaio in c.a. = 46.462,00 kg
- Isolamento in XPS = 85,78 kg
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 3.431,04 kg
- Guaina bituminosa adesiva = 250,18 kg
- Guaina bituminosa ardesiata = 285,92 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **50.514,92 kg**.

### 11.1.12 S11 Solaio di copertura piana su balcone



da sotto a sopra - spessore 640 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Telo da sottotetto microporoso tipo Wurth Wutop 170, 170 gr/mq, permeabilità al vapore 1000gr/mq/24h, Sd 0,02 m
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50 mm;
- Isolamento in XPS spessore 40mm;
- Massetto di pendenza in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 spessore 120mm;
- Guaina bituminosa adesiva;
- Guaina bituminosa ardesiata.

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello per esterno Aquapanel = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello OSB = 0,025 m<sup>3</sup>
- Telo da sottotetto Wurth Wutop 170 = (non è stato inserito il valore

- Volume poiché è stato considerato il peso specifico in  $\text{kg/m}^2$
- Cappa armata con cls alta densità =  $0,05 \text{ m}^3$
- Isolamento in XPS =  $0,04 \text{ m}^3$
- Massetto di pendenza in cls alleggerito =  $0,12 \text{ m}^3$
- Guaina bituminosa adesiva = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in  $\text{kg/m}^2$ )
- Guaina bituminosa ardesiata = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in  $\text{kg/m}^2$ )

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello per esterno Aquapanel =  $3,5 \text{ kg/m}^2$  (peso specifico)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Pannello OSB =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Telo da sottotetto Wurth Wutop 170 =  $0,17 \text{ kg/m}^2$
- Cappa armata con cls alta densità =  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Isolamento in XPS =  $30 \text{ kg/m}^3$
- Massetto di pendenza in cls alleggerito =  $400 \text{ kg/m}^3$
- Guaina bituminosa adesiva =  $3,5 \text{ kg/m}^2$  (peso specifico)
- Guaina bituminosa ardesiata =  $4 \text{ kg/m}^2$  (peso specifico)

### **Peso ( $\text{kg/m}^2$ )**

Il peso in  $\text{kg/m}^2$  è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume ( $\text{m}^3$ ) per la densità ( $\text{kg/m}^3$ ) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico ( $\text{kg/m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg/pz}$ ).

- Pannello per esterno Aquapanel =  $3,5 \text{ kg/m}^2$
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System

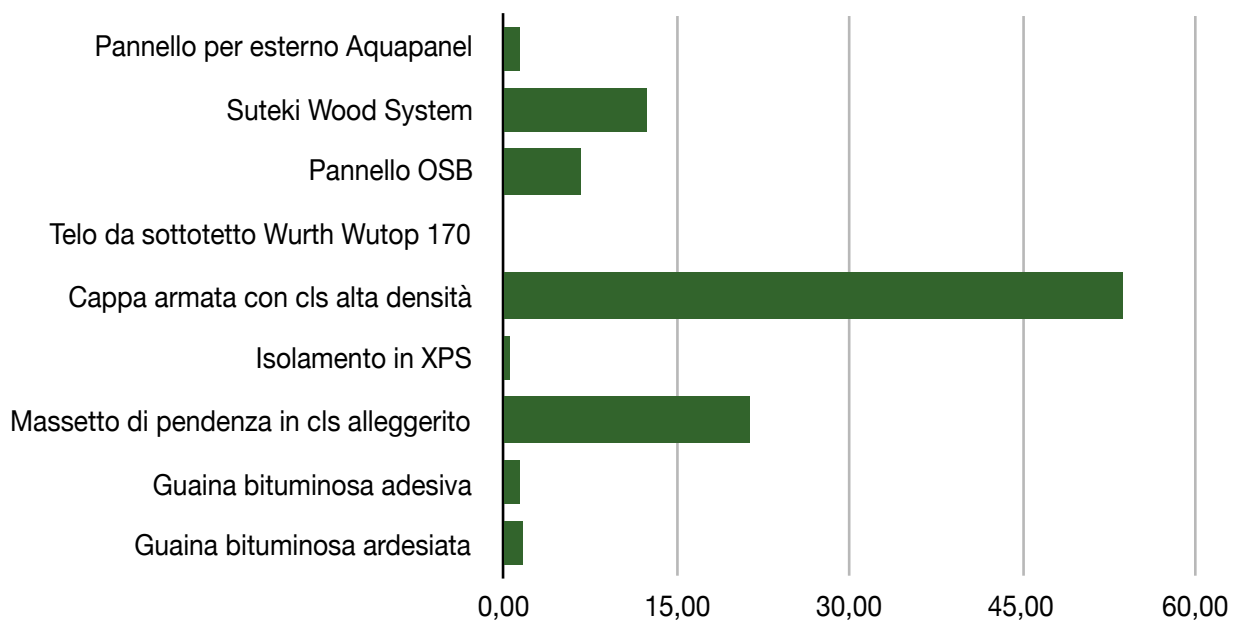


= 28,08 kg/m<sup>2</sup>

- Pannello OSB = 15 kg/m<sup>2</sup>
- Telo da sottotetto Wurth Wutop 170 = 0,17 kg/m<sup>2</sup>
- Cappa armata con cls alta densità = 120 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento in XPS = 1,2 kg/m<sup>2</sup>
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 48 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa adesiva = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **223,45 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico S11 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono la cappa armata in cls alta densità e il cassetto di pendenza in cls alleggerito, mentre quelli che incidono in maniera minore

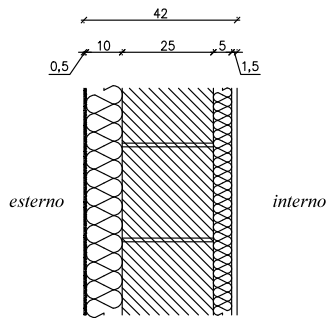
sono il telo da sottotetto, le guaine bituminose e i pannelli per esterno Acquapanel. Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che il solaio di copertura piana su balcone fra lastrico condominiale P4° e balcone P3° S11 si estende per una superficie di 15,36 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello per esterno Acquapanel = 53,76 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 431,31 kg
- Pannello OSB = 230,40 kg
- Telo da sottotetto Wurth Wutop 170 = 2,61 kg
- Cappa armata con cls alta densità = 1843,20 kg
- Isolamento in XPS = 18,43 kg
- Massetto di pendenza in cls alleggerito = 736,28 kg
- Guaina bituminosa adesiva = 53,76 kg
- Guaina bituminosa ardesiata = 61,44 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **3.432,19 kg**.

### 11.1.13 P1 Pareti perimetrali su parti abitative PT



dall'interno all'esterno - spessore 420mm:

- Pannello in cartongesso spessore 15 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm;
- Struttura portante in pilastri in c.a. 250mm/Struttura di tamponamento in mattone porizzato 250 mm Peso specifico 700-760 kg/mc  $\lambda_w$  0,13-0,23W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  10;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso = 0,015 m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = (in questo caso il calcolo del volume è stato effettuato considerando 3 montanti in legno da 50x50 mm disposti ad interasse 50cm l'uno dall'altro per un volume di 0,005 m<sup>3</sup> e la restante parte composta da isolante ISOVER IBR 4+ per un volume di 0,045 m<sup>3</sup>)
- Struttura portante in pilastri in c.a. = 0,0625 m<sup>3</sup> (è stato considerato 1 pilastro da 25x25cm)
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato = 0,187 m<sup>3</sup> (è stata considerata la restante parte escludendo il pilastro da 25x25cm)
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 0,005 m<sup>3</sup>

#### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso =  $900 \text{ kg/m}^3$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno =  $400 \text{ kg/m}^3$
  - Isolante ISOVER IBR 4+ =  $60 \text{ kg/m}^3$
- Struttura portante in pilastri in c.a. =  $2600 \text{ kg/m}^3$
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato =  $330 \text{ kg/m}^3$
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan =  $130 \text{ kg/m}^3$
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce =  $1400 \text{ kg/m}^3$

### **Peso ( $\text{kg/m}^2$ )**

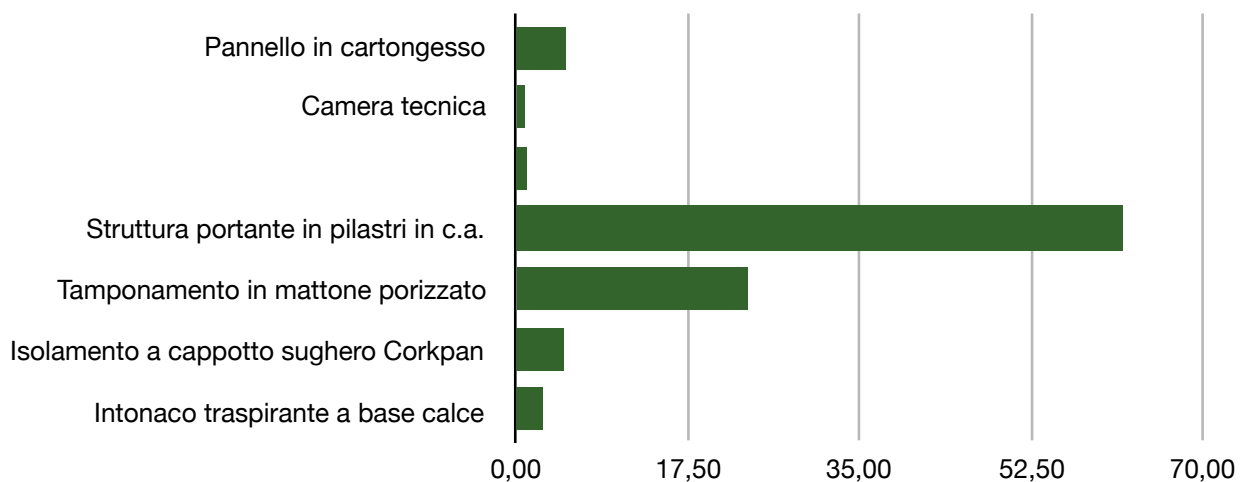
Il peso in  $\text{kg/m}^2$  è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume ( $\text{m}^3$ ) per la densità ( $\text{kg/m}^3$ ) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico ( $\text{kg/m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg/pz}$ ).

- Pannello in cartongesso =  $13,5 \text{ kg/m}^2$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante:
  - Montanti in legno =  $2 \text{ kg/m}^3$
  - Isolante ISOVER IBR 4+ =  $2,7 \text{ kg/m}^3$
- Struttura portante in pilastri in c.a. =  $162,5 \text{ kg/m}^2$
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato =  $61,87 \text{ kg/m}^2$
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan =  $13 \text{ kg/m}^2$
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce =  $7 \text{ kg/m}^2$

Il peso totale dell'elemento tecnico al  $\text{m}^2$  che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a  **$262,57 \text{ kg/m}^2$** .

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in  $\text{kg/m}^2$  di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per

100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico P1 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono la struttura portante in pilastri in c.a. e la struttura di tamponamento in mattone porizzato, mentre quelli che incidono in maniera minore sono gli elementi che compongono la camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti perimetrali su parti abitative PT P1 si estende per una superficie di 354,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

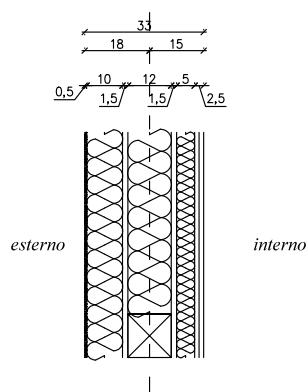
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 4.779,00 kg
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 708,00 kg
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 955,80 kg
- Struttura portante in pilastri in c.a. = 57.525,00 kg
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato = 21903,75 kg

- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 4.602,00 kg
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 2.478,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **92951,55 kg**.

### 11.1.14 P2 Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti intonacate



dall'interno all'esterno - spessore 330 mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 12,5+12,5 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D=0,040$  W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu=3,0$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038$  W/(mK);
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;

#### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = (in questo caso il calcolo del volume è stato effettuato considerando 3 montanti in legno da 50x50 mm disposti ad interasse 50cm l'uno dall'altro per un volume di 0,005 m<sup>3</sup> e la restante parte composta da isolante ISOVER IBR 4+ per un volume di 0,045 m<sup>3</sup>)
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni

39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)

- Fibra di legno bassa densità = 0,073 m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 0,005 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 400 kg/m<sup>3</sup>
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 60 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Fibra di legno bassa densità = 50 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

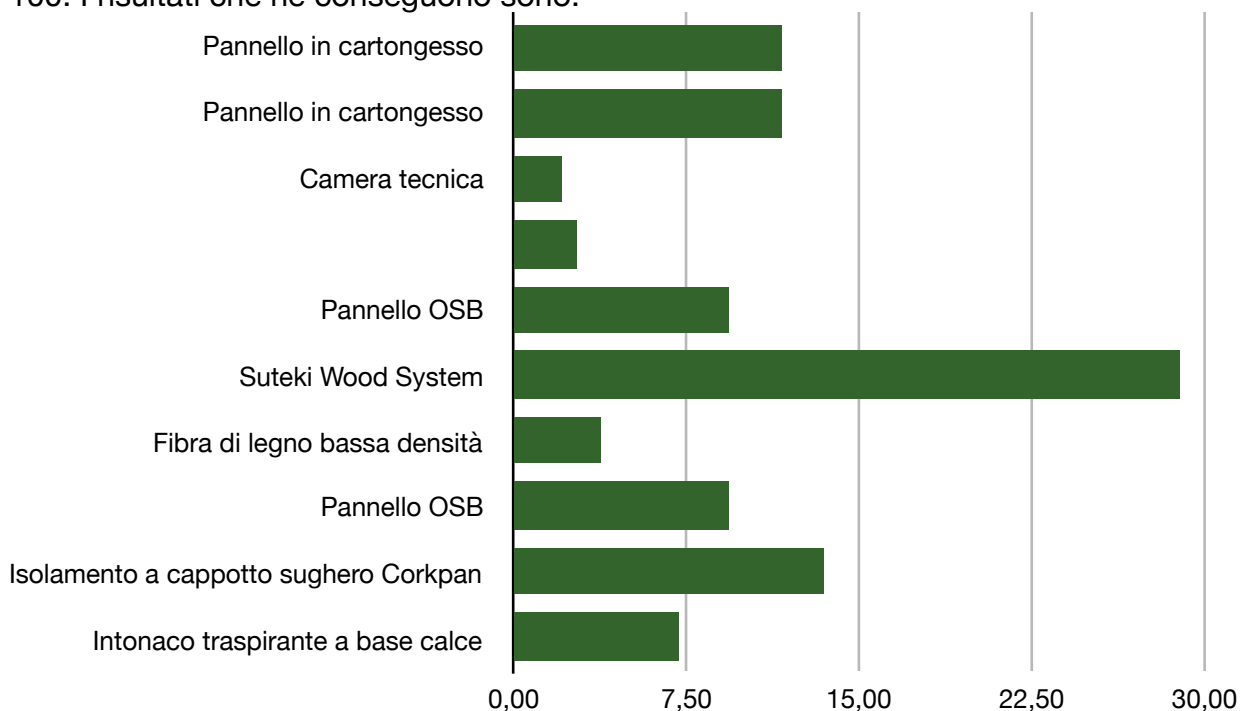
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello in cartongesso = 11,25 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello in cartongesso = 11,25 kg/m<sup>2</sup>

- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante:
  - Montanti in legno = 2 kg/m<sup>3</sup>
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 2,7 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 28,08 kg/m<sup>2</sup>
- Fibra di legno bassa densità = 3,66 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 13 kg/m<sup>2</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 7 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **96,94 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:





Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico P2 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono la Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System e l'isolamento a cappotto Corkpan, mentre quelli che incidono in maniera minore sono gli elementi che compongono la camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante e la fibra di legno a bassa densità.

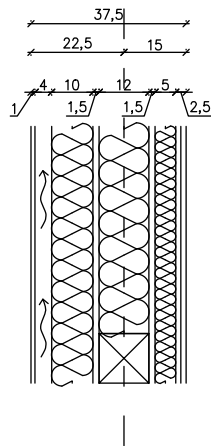
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - parete intonacata P2 si estende per una superficie di 1.724,30 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 19.398,38 kg
- Pannello in cartongesso = 19.398,38 kg
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 3.448,60 kg
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 4.655,61 kg
- Pannello OSB = 15.518,70 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 48.418,34 kg
- Fibra di legno bassa densità = 6.310,94 kg
- Pannello OSB = 15.518,70 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 22.415,90 kg
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 12.070,10 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **167.153,64 kg**.

## 11.1.15 P3 Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti ventilate



interno

dall'interno all'esterno - spessore 375 mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 12,5+12,5 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D=0,040\text{W/mK}$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu=3,0$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli mediante nastro tipo Wurth Eurasol;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038\text{W/(mK)}$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039\text{ W/mK}$ ;
- Listellatura verticale di sostegno 40mm;
- Pannelli creaton 10mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = (in questo caso il calcolo del volume è stato effettuato considerando 3 montanti in legno da 50x50 mm disposti ad interasse 50cm l'uno dall'altro per un volume di 0,005 m<sup>3</sup> e la restante parte composta da isolante ISOVER IBR 4+ per un volume di 0,045 m<sup>3</sup>)
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0468 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 39 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Fibra di legno bassa densità = 0,073 m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Listellatura verticale = 0,032 m<sup>3</sup> (sono stati considerati n.2 listelli)

verticali da 40x40mm)

- Pannelli Creaton = 0,01 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 400 kg/m<sup>3</sup>
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 60 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Fibra di legno bassa densità = 50 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Listellatura verticale = 550 kg/m<sup>3</sup> (sono stati considerati n.2 listelli verticali da 40x40mm)
- Pannelli Creaton = 1580 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

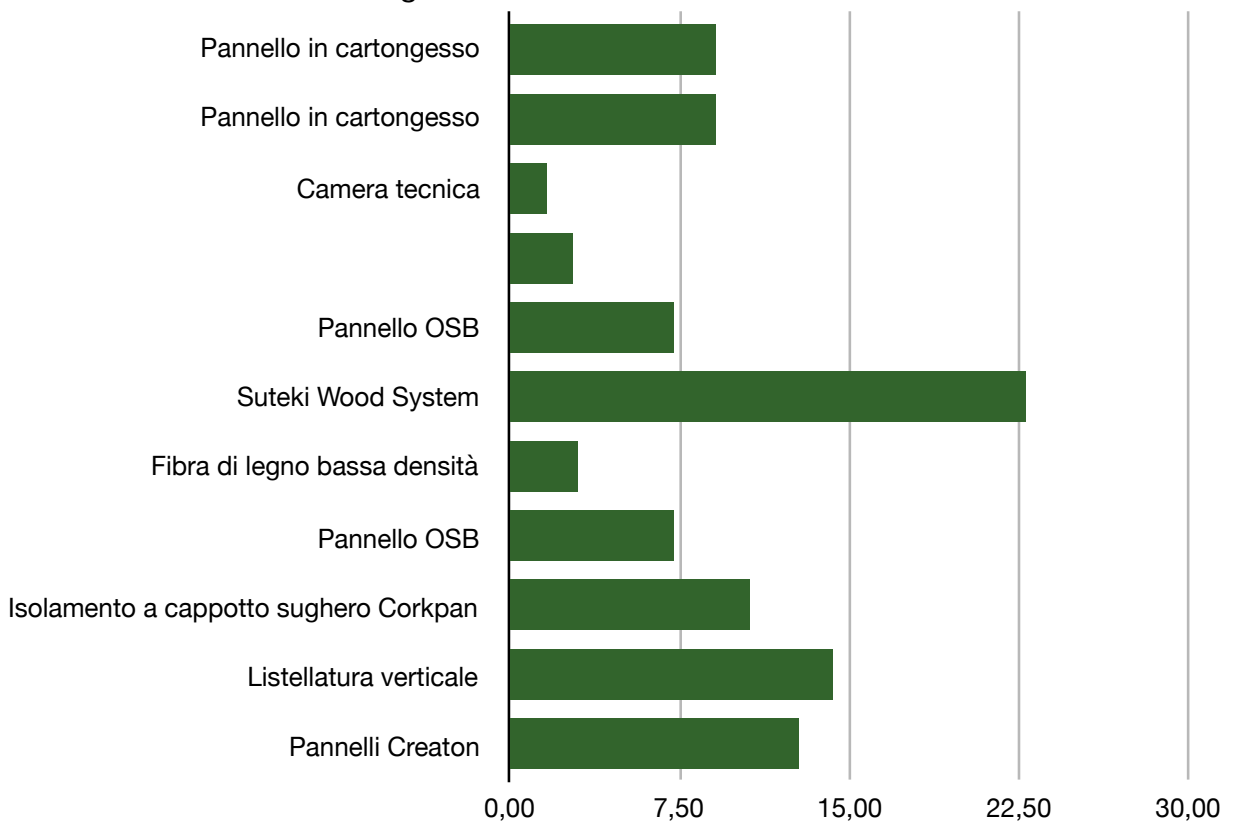
- Pannello in cartongesso = 11 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello in cartongesso = 11 kg/m<sup>2</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti

in legno con interposto isolante :

- Montanti in legno = 2 kg/m<sup>2</sup>
- Isolante ISOVER IBR 4+ = 2,7 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 28,08 kg/m<sup>2</sup>
- Fibra di legno bassa densità = 3,66 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 13 kg/m<sup>2</sup>
- Listellatura verticale = 17,6 kg/m<sup>2</sup>
- Pannelli Creaton = 15,8 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **123,34 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico P3 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono la Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System e gli elementi che compongono la facciata ventilata, mentre quelli che incidono in maniera minore sono gli elementi che compongono la camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante e la fibra di legno a bassa densità.

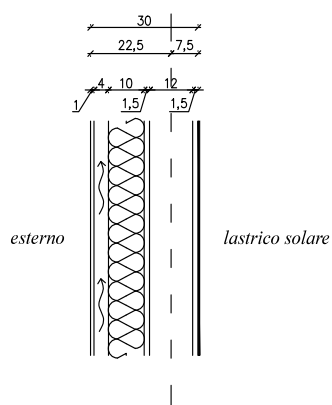
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - parete ventilata P3 si estende per una superficie di 210,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 2.362,50 kg
- Pannello in cartongesso = 2.362,50 kg
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 420,00 kg
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 567,00 kg
- Pannello OSB = 1.890,00 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 5.896,80 kg
- Fibra di legno bassa densità = 768,60 kg
- Pannello OSB = 1.890,00 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 2.730,00 kg
- Listellatura verticale = 3.696,00 kg
- Pannelli Creaton = 3.318,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **25.901,40 kg**.

## 11.1.16 P4 Parapetti opachi in copertura - Pareti ventilate



spessore 300 mm:

- Guaina bituminosa ardesiata;
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in lana di roccia, spessore 100 mm;
- Listellatura verticale di sostegno 40mm;
- Pannelli creaton 10mm.

### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Guaina bituminosa ardesiata = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0144 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 12 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Lana di roccia = 0,1 m<sup>3</sup>
- Listellatura verticale = 0,032 m<sup>3</sup> (sono stati considerati n.2 listelli verticali da 40x40mm)
- Pannelli Creaton = 0,1 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)

- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Lana di roccia = 40 kg/m<sup>3</sup>
- Listellatura verticale = 550 kg/m<sup>3</sup>
- Pannelli Creaton = 1580 kg/m<sup>3</sup>

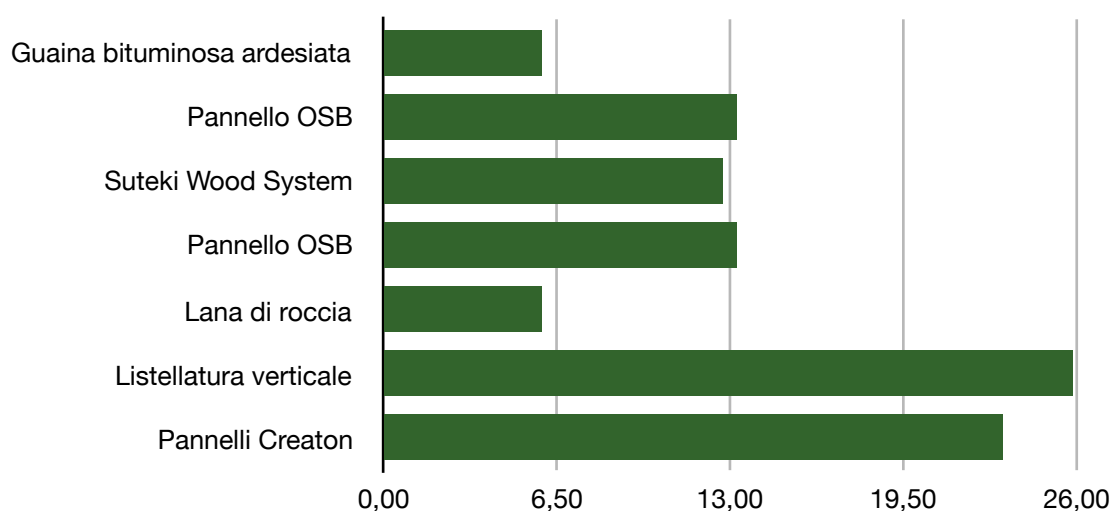
### Peso (kg/m<sup>2</sup>)

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Guaina bituminosa ardesiata = 4 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 8,64 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Lana di roccia = 4 kg/m<sup>2</sup>
- Listellatura verticale = 17,6 kg/m<sup>2</sup>
- Pannelli Creaton = 15,8 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **68,04 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico P4 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono i componenti della parte ventilata ovvero i listelli e i pannelli Creaton, mentre quelli che incidono in maniera minore sono la guaina bituminosa e la lana di roccia.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che i parapetti opachi in copertura - parete ventilata P4 si estendono per una superficie di 21,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

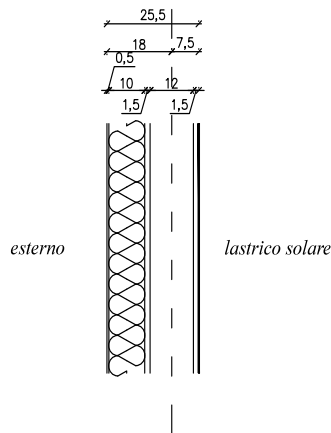
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Guaina bituminosa ardesiata = 84,00 kg
- Pannello OSB = 189,00 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 181,44 kg
- Pannello OSB = 189,00 kg
- Lana di roccia = 84,00 kg
- Listellatura verticale = 369,60 kg
- Pannelli Creaton = 331,80 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **1.428,84 kg**.



## 11.1.17 P5 Parapetti opachi in copertura - Pareti intonacate



spessore 255 mm:

- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in lana di roccia, spessore 100 mm;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0144 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 12 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello OSB = 0,015 m<sup>3</sup>
- Lana di roccia = 0,1 m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 0,005 m<sup>3</sup>

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Lana di roccia = 40 kg/m<sup>3</sup>

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>

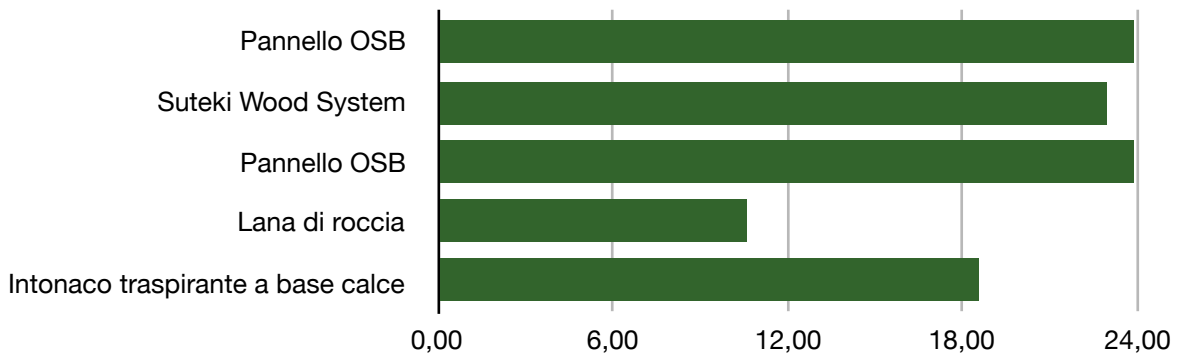
**Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 8,64 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello OSB = 9 kg/m<sup>2</sup>
- Lana di roccia = 4 kg/m<sup>2</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 7 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **37,64 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico P5 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono i pannelli OSB e la struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System, mentre quello che incide in maniera minore è la lana di roccia.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso

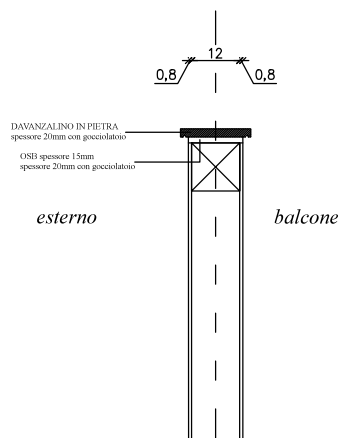
in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che i parapetti opachi in copertura - parete intonacata P5 si estendono per una superficie di 70,38 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello OSB = 633,42 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 608,08 kg
- Pannello OSB = 633,42 kg
- Lana di roccia = 281,52 kg
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 492,66 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **2.649,10 kg**.

### 11.1.18 P6 Parapetti opachi balconi



*spessore 255 mm:*

- Pannello per esterno tipo Aquapanel spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Pannello per esterno tipo Aquapanel spessore 8mm;

#### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello per esterno Aquapanel = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 0,0144 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni  
12 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannello per esterno Aquapanel = (non è stato inserito il valore  
Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup> (peso specifico)

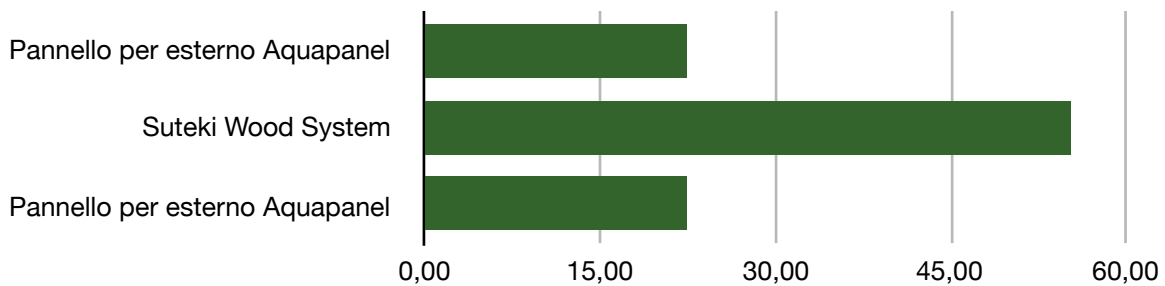
### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 8,64 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **15,64 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico P6 il peso che incide maggiormente è la struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System, mentre quelli che incidono in maniera minore sono i pannelli per esterni Aquapanel.

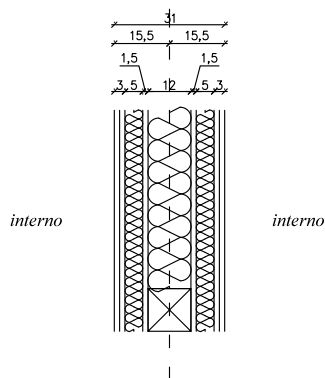
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che i parapetti opachi balconi P6 si estendono per una superficie di 133,03 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello per esterno Aquapanel = 465,61 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 1.149,38 kg
- Pannello per esterno Aquapanel = 465,61 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **2.080,59 kg**.

## 11.1.19 R1 Pareti interne tra unità abitative



### *Interno-interno - spessore 310mm:*

- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 15+15 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D=0,040\text{W/mK}$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0;
- Membrana Antirumore su elementi verticali di fissaggio;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli mediante nastro tipo Wurth Eurasol;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità  $50\text{ kg/m}^3$ , spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038\text{W/(mK)}$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Membrana Antirumore su elementi verticali di fissaggio
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D=0,040\text{W/mK}$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0;
- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 15+15 mm.

### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a  $1\text{m}^2$ , con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso =  $0,0125\text{ m}^3$
- Pannello in cartongesso =  $0,0125\text{ m}^3$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = (in questo caso il calcolo del volume è stato effettuato considerando 3 montanti in legno da  $50\times 50\text{ mm}$  disposti ad interasse 50cm l'uno dall'altro per un volume di  $0,005\text{ m}^3$  e la restante parte composta da isolante ISOVER IBR 4+ per un volume di  $0,045\text{ m}^3$ )
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali =  $0,002\text{ m}^3$
- Pannello OSB =  $0,015\text{ m}^3$
- Fibra di legno bassa densità =  $0,12\text{ m}^3$
- Pannello OSB =  $0,015\text{ m}^3$
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali =  $0,002\text{ m}^3$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = (in questo caso il calcolo del volume è stato effettuato considerando 3 montanti in legno da  $50\times 50\text{ mm}$  disposti ad interasse 50cm l'uno dall'altro per un volume di  $0,005\text{ m}^3$  e

la restante parte composta da isolante ISOVER IBR 4+ per un volume di 0,045 m<sup>3</sup>)

- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 400 kg/m<sup>3</sup>
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 60 kg/m<sup>3</sup>
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali = 77kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Fibra di legno bassa densità = 50 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello OSB = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali = 77 kg/m<sup>3</sup>
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 400 kg/m<sup>3</sup>
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 60 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati

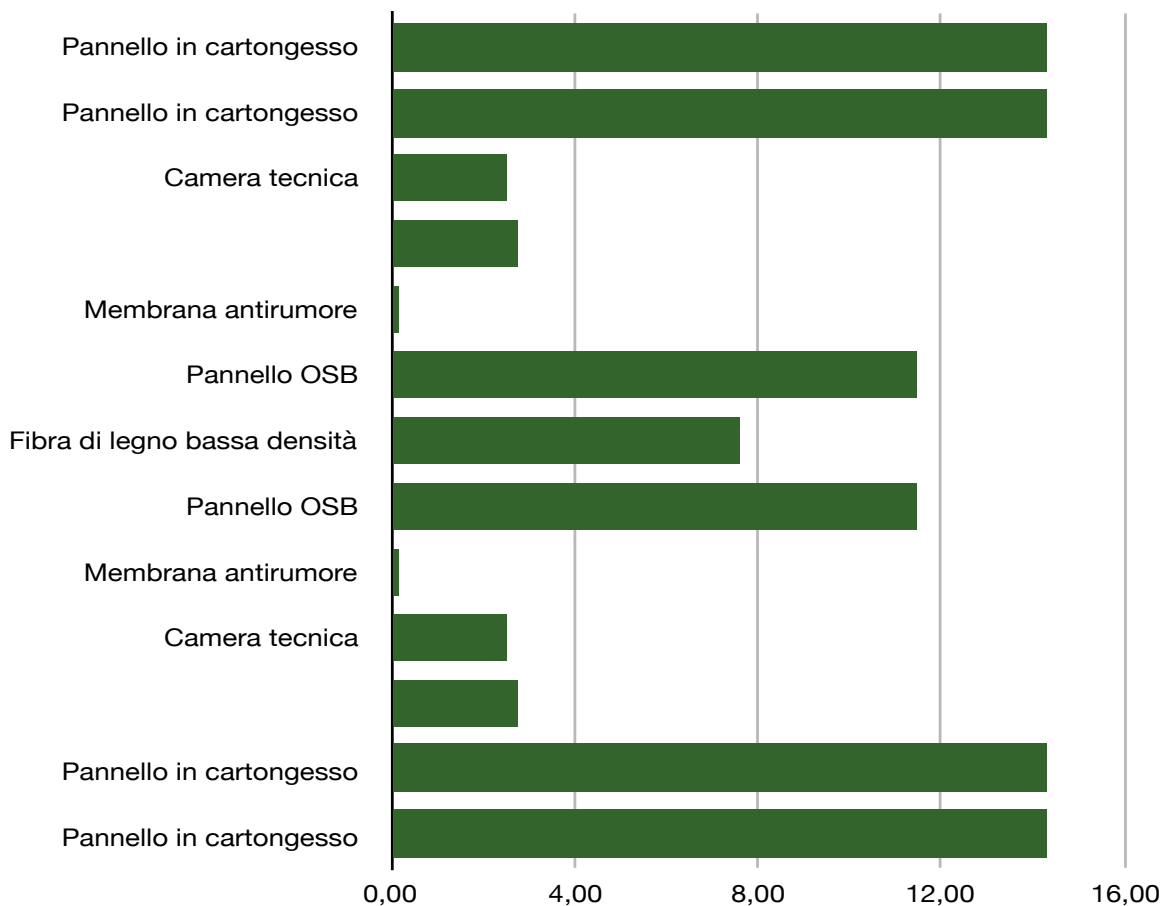
o il peso specifico ( $\text{kg/m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg/pz}$ ).

- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$
- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno =  $2 \text{ kg/m}^2$
  - Isolante ISOVER IBR 4+ =  $2,7 \text{ kg/m}^2$
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali =  $0,154 \text{ kg/m}^2$
- Pannello OSB =  $9 \text{ kg/m}^2$
- Fibra di legno bassa densità =  $6 \text{ kg/m}^2$
- Pannello OSB =  $9 \text{ kg/m}^2$
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali =  $0,154 \text{ kg/m}^2$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno =  $2 \text{ kg/m}^2$
  - Isolante ISOVER IBR 4+ =  $2,7 \text{ kg/m}^2$
- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$
- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$

Il peso totale dell'elemento tecnico al  $\text{m}^2$  che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a  **$78,70 \text{ kg/m}^2$** .

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in  $\text{kg/m}^2$  di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:





Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico R1 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono i pannelli in cartongesso e OSB, mentre quelli che incidono in maniera minore sono i componenti delle camere tecniche per il passaggio degli impianti. Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che le pareti interne tra unità abitative R1 si stendono per una superficie di 294,45 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

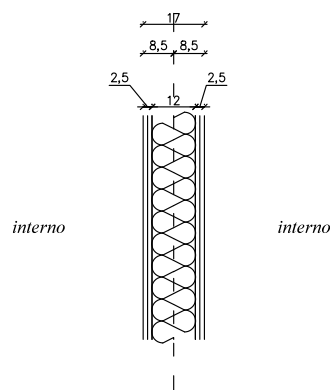
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 3.312,56 kg
- Pannello in cartongesso = 3.312,56 kg
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 588,90 kg
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 795,02 kg

- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali = 43,35 kg
- Pannello OSB = 2.650,05 kg
- Fibra di legno bassa densità = 1.766,70 kg
- Pannello OSB = 2.650,05 kg
- Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali = 43,35 kg
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 588,90 kg
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 795,02 kg
- Pannello in cartongesso = 3.312,56 kg
- Pannello in cartongesso = 3.312,56 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **23.175,57 kg**.

## 11.1.20 D1 Pareti divisorie interne



*Interno - interno - spessore 170mm:*

- Doppia pannellatura di cartongesso - spessore 12,5+12,5 mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Doppia pannellatura di cartongesso - spessore 12,5+12,5 mm.

### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System

= 0,0144 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 12 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)

- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 0,0125 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>
- Pannello in cartongesso = 900 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

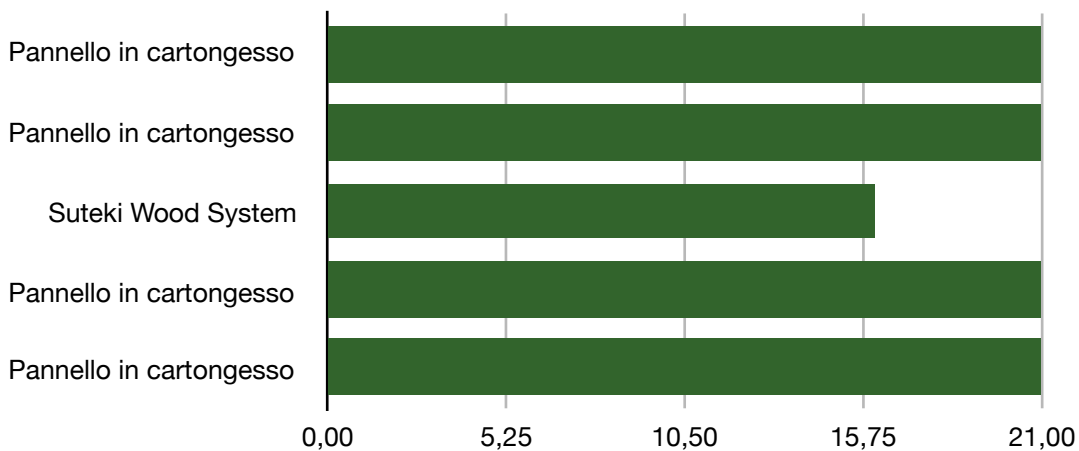
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannello in cartongesso = 11,25 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello in cartongesso = 11,25 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 8,64 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello in cartongesso = 11,25 kg/m<sup>2</sup>
- Pannello in cartongesso = 11,25 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **53,64 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di

dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico D1 i pesi che incidono maggiormente sono i pannelli in cartongesso, mentre quello che incide in maniera minore è la Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System.

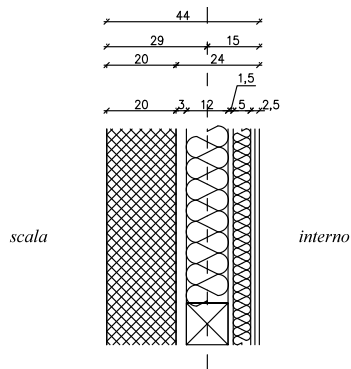
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che le pareti divisorie interne - struttura portante D1 si stendono per una superficie di 1.170,99 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 13.173,64 kg
- Pannello in cartongesso = 13.173,64 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 10.117,35
- Pannello in cartongesso = 13.173,64 kg
- Pannello in cartongesso = 13.173,64 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **62.811,90 kg**.

## 11.1.21 V1 Pareti su vano scala - alloggi



Da interno unità abitative verso vano scala - spessore 440mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso - spessore 12,5+12,5 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D = 0,040\text{W/mK}$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu = 3,0$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità  $50\text{ kg/m}^3$ , spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D = 0,038\text{W/(mK)}$ ;
- Pannello di OSB spessore 30 mm;
- Struttura di elevazione in c.a. spessore 200mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a  $1\text{m}^2$ , con i seguenti risultati:

- Pannello in cartongesso =  $0,0125\text{ m}^3$
- Pannello in cartongesso =  $0,0125\text{ m}^3$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante = (in questo caso il calcolo del volume è stato effettuato considerando 3 montanti in legno da  $50 \times 50\text{ mm}$  disposti ad interasse  $50\text{cm}$  l'uno dall'altro per un volume di  $0,005\text{ m}^3$  e la restante parte composta da isolante ISOVER IBR 4+ per un volume di  $0,045\text{ m}^3$ )
- Pannello OSB =  $0,015\text{ m}^3$
- Fibra di legno bassa densità =  $0,12\text{ m}^3$
- Pannello OSB =  $0,03\text{ m}^3$
- Struttura di elevazione in c.a. =  $0,2\text{ m}^3$

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello in cartongesso =  $900\text{ kg/m}^3$

- Pannello in cartongesso =  $900 \text{ kg/m}^3$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno =  $400 \text{ kg/m}^3$
  - Isolante ISOVER IBR 4+ =  $60 \text{ kg/m}^3$
- Pannello OSB =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Fibra di legno bassa densità =  $50 \text{ kg/m}^3$
- Pannello OSB =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Struttura di elevazione in c.a. =  $2600 \text{ kg/m}^3$

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

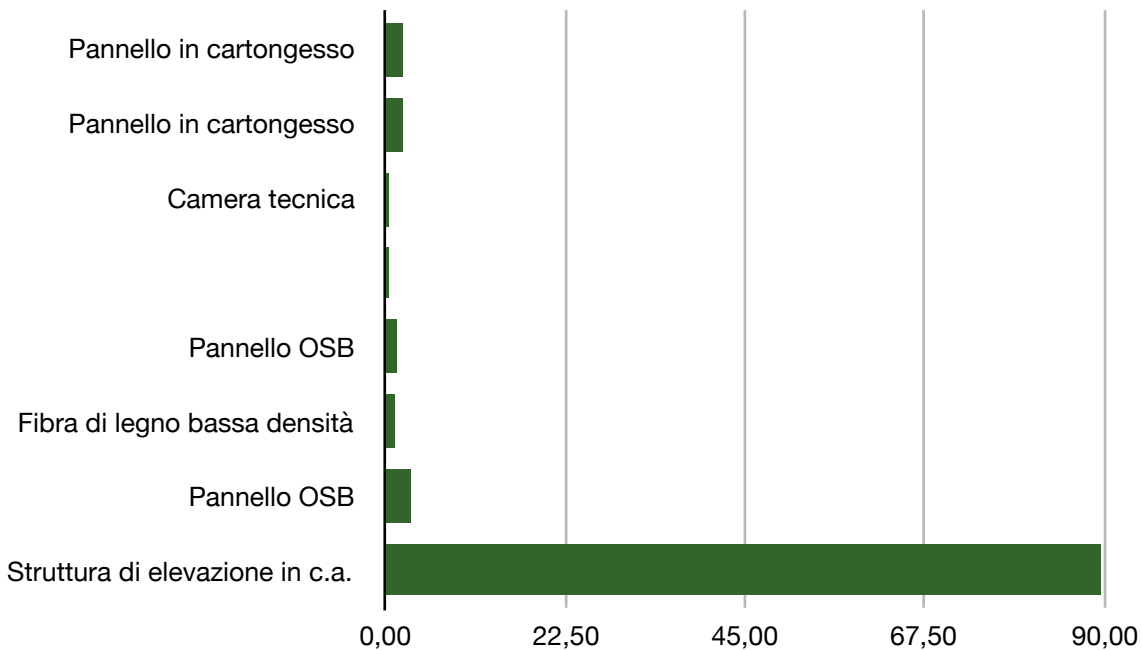
Il peso in  $\text{kg/m}^2$  è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume ( $\text{m}^3$ ) per la densità ( $\text{kg/m}^3$ ) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico ( $\text{kg/m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg/pz}$ ).

- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$
- Pannello in cartongesso =  $11,25 \text{ kg/m}^2$
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno =  $2 \text{ kg/m}^2$
  - Isolante ISOVER IBR 4+ =  $2,7 \text{ kg/m}^2$
- Pannello OSB =  $9 \text{ kg/m}^2$
- Fibra di legno bassa densità =  $6 \text{ kg/m}^2$
- Pannello OSB =  $18 \text{ kg/m}^2$
- Struttura di elevazione in c.a. =  $520 \text{ kg/m}^2$

Il peso totale dell'elemento tecnico al  $\text{m}^2$  che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **580,2  $\text{kg/m}^2$** .

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in  $\text{kg/m}^2$  di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per

100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico V1 i pesi che incidono maggiormente sono quelli relativi alla struttura di elevazione in c.a., mentre quello tutti gli altri componenti dell'elemento tecnico incidono in maniera irrisoria.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso dal computo metrico che le pareti su vano scala-alloggi V1 si stendono per una superficie di 436,00 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

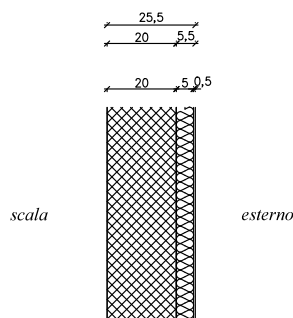
I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello in cartongesso = 4.905,00 kg
- Pannello in cartongesso = 4.905,00 kg
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante :
  - Montanti in legno = 872,00 kg
  - Isolante ISOVER IBR 4+ = 1.177,20 kg
- Pannello OSB = 3.924,00 kg
- Fibra di legno bassa densità = 2.616,00 kg
- Pannello OSB = 7.848,00 kg

- Struttura di elevazione in c.a. = 226.720,00 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **252.967,20 kg**.

## 11.1.22 V2 Pareti su vano scala - esterno



*Da interno vano scala verso esterno- spessore 255mm:*

- Struttura di elevazione in c.a. spessore 200mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 50 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda D=0,039$
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm.

### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Struttura di elevazione in c.a. = 0,2 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,05 m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 0,005 m<sup>3</sup>

### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Struttura di elevazione in c.a. = 2600 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>

### **Peso (kg/m<sup>2</sup>)**

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati

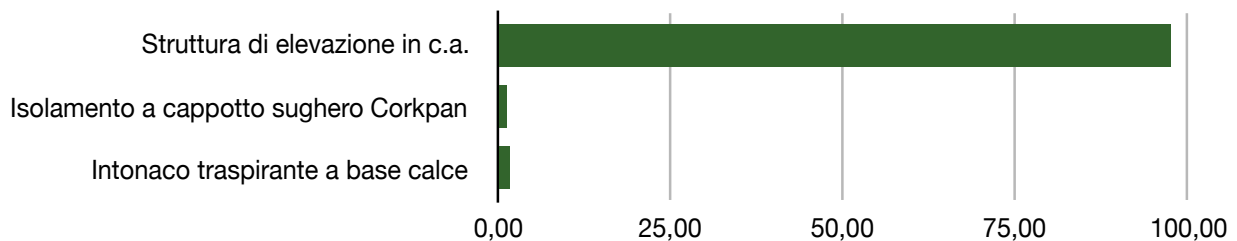


o il peso specifico ( $\text{kg/m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg/pz}$ ).

- Struttura di elevazione in c.a. =  $520 \text{ kg/m}^2$
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan =  $6,5 \text{ kg/m}^2$
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce =  $7 \text{ kg/m}^2$

Il peso totale dell'elemento tecnico al  $\text{m}^2$  che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a  **$533,5 \text{ kg/m}^2$** .

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in  $\text{kg/m}^2$  di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico V2 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa riguardano la struttura di elevazione in c.a., mentre quelli che incidono in maniera minore sono l'isolamento a cappotto sughero Corkpan e l'intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce.

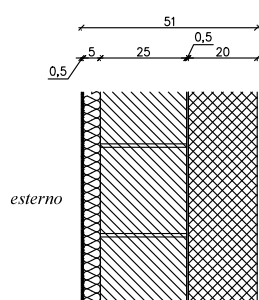
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti vano scala-esterno V2 si estendono per una superficie di  $296,80 \text{ m}^2$ . Moltiplicando questo dato per i valori di peso al  $\text{m}^2$  di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Struttura di elevazione in c.a. =  $154.336,00 \text{ kg}$
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan =  $1.929,20 \text{ kg}$
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce =  $2.077,60 \text{ kg}$

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a  **$158.342,80 \text{ kg}$** .

## 11.1.23 V3 Pareti su vano scala - esterno (Fronte Sud-Est piano terreno)



Da interno vano scala verso esterno- spessore 510mm:

- Struttura di elevazione in c.a. spessore 200mm;
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato 200 mm Peso specifico 700-760 kg/mc  $\lambda_w$  0,13-0,23 W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  10;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 50 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda D=0,039$  W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm.

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Struttura di elevazione in c.a. = 0,2 m<sup>3</sup>
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato = 0,2 m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,05 m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 0,005 m<sup>3</sup>

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Struttura di elevazione in c.a. = 2600 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato = 700 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>

### Peso (kg/m<sup>2</sup>)

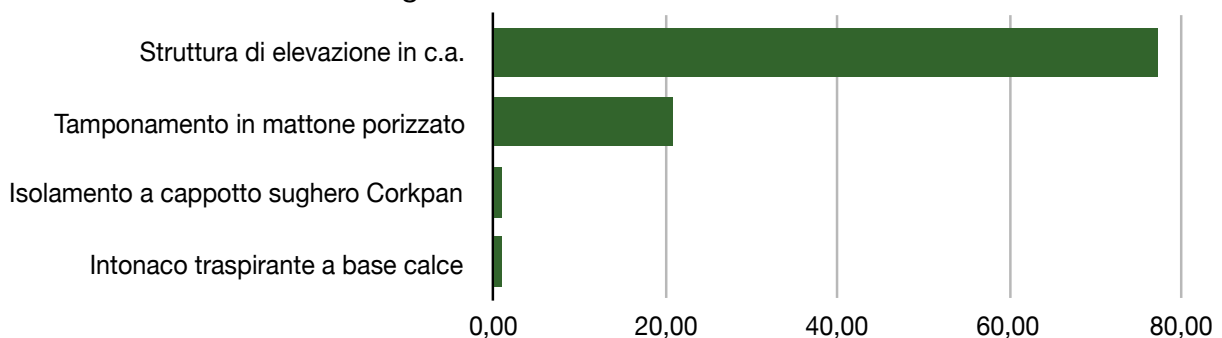
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Struttura di elevazione in c.a. = 520 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato = 140 kg/m<sup>2</sup>

- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 6,5 kg/m<sup>2</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 7 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **673,5 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico V3 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa riguardano la struttura di elevazione in c.a., mentre quelli che incidono in maniera minore sono l'isolamento a cappotto sughero Corkpan e l'intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce.

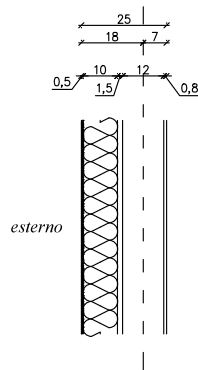
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti vano scala-esterno (fronte sud-est piano terreno) V3 si estendono per una superficie di 78,32 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Struttura di elevazione in c.a. = 40.726,40 kg
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato = 10.964,80 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 509,08 kg
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce = 548,24 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **52.748,52 kg**.

## 11.1.24 T1 Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi



dall'interno del vano tecnico all'esterno - spessore 250 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;

### Calcolo volume

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannello per esterno Acquapanel = (non è stato inserito il valore Volume poiché è stato considerato il peso specifico in kg/m<sup>2</sup>)
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0144 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 12 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 0,1 m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 0,005 m<sup>3</sup>

### Densità

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannello per esterno Aquapanel = 3,5 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 600 kg/m<sup>3</sup>
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 130 kg/m<sup>3</sup>
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 1400 kg/m<sup>3</sup>

### Peso (kg/m<sup>2</sup>)

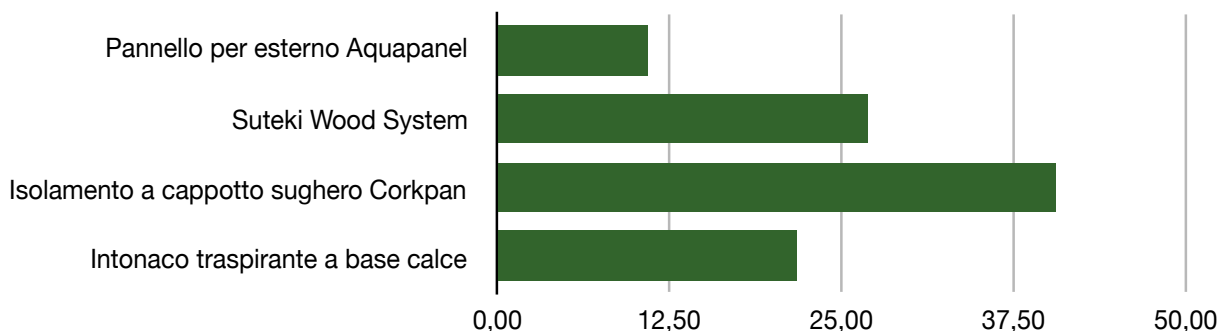
Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la

densità ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) oppure il peso proprio del materiale ( $\text{kg}/\text{pz}$ ).

- Pannello per esterno Acquapanel =  $3,5 \text{ kg}/\text{m}^2$
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System =  $8,64 \text{ kg}/\text{m}^2$
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan =  $13 \text{ kg}/\text{m}^2$
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce =  $7 \text{ kg}/\text{m}^2$

Il peso totale dell'elemento tecnico al  $\text{m}^2$  che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a  **$32,14 \text{ kg}/\text{m}^2$** .

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in  $\text{kg}/\text{m}^2$  di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico T1 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono l'isolamento a cappotto sughero Corkpan e la struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System, mentre quelli che incidono in maniera minore sono i pannelli per esterno Aquapanel e l'intonaco traspirante con acrisilossanici a base di calce.

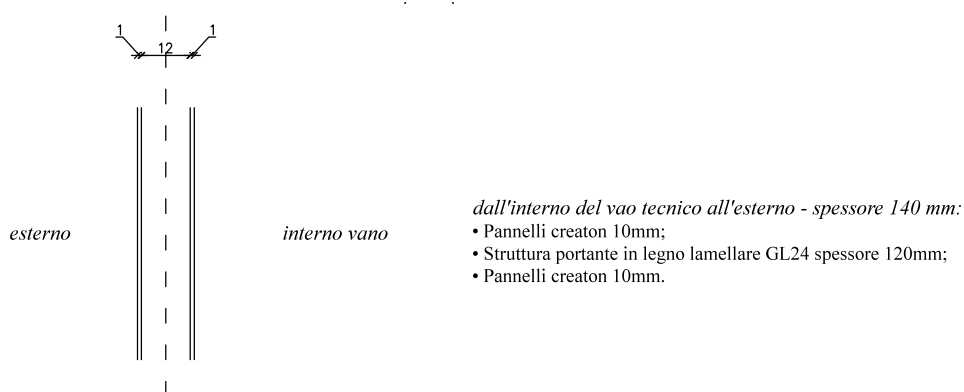
Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi T1 si estendono per una superficie di  $57,24 \text{ m}^2$ . Moltiplicando questo dato per i valori di peso al  $\text{m}^2$  di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannello per esterno Aquapanel = 200,34 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 494,55 kg
- Isolamento a cappotto sughero Corkpan = 4744,12 kg
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce = 400,68 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **1.839,69 kg**.

### 11.1.25 T2 Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B)



#### **Calcolo volume**

Il calcolo del volume è stato eseguito moltiplicando gli spessori sopraindicati per l'unità funzionale pari a 1m<sup>2</sup>, con i seguenti risultati:

- Pannelli Creaton = 0,01 m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System = 0,0144 m<sup>3</sup> (in 1m<sup>2</sup> di superficie è presente 1 elemento di dimensioni 12 x 12 cm per una lunghezza di 100cm)
- Pannelli Creaton = 0,01 m<sup>3</sup>

#### **Densità**

I dati relativi alla densità inseriti in tabella sono, corretti nei casi in cui i componenti avessero indicata la marca apparente all'azienda di produzione, dove questi non

sono stati specificati sono stati inseriti dati di prodotti della stessa natura.

- Pannelli Creaton = 1580 kg/m<sup>3</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 600 kg/m<sup>3</sup>
- Pannelli Creaton = 1580 kg/m<sup>3</sup>

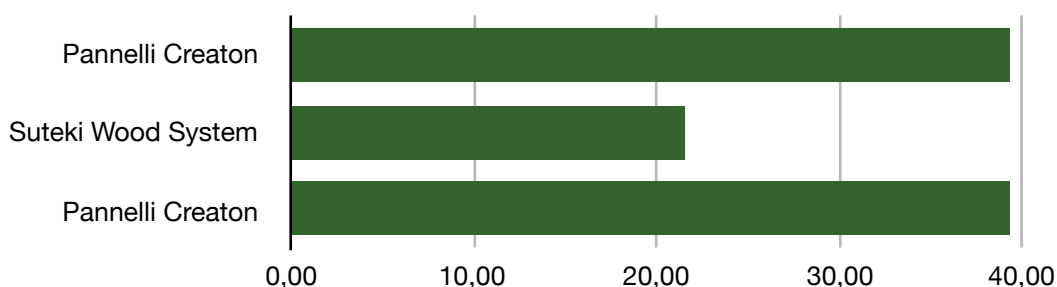
### Peso (kg/m<sup>2</sup>)

Il peso in kg/m<sup>2</sup> è dato dalla moltiplicazione dei dati relativi al Volume (m<sup>3</sup>) per la densità (kg/m<sup>3</sup>) nei casi in cui questi sono presenti, in alternativa sono stati utilizzati o il peso specifico (kg/m<sup>2</sup>) oppure il peso proprio del materiale (kg/pz).

- Pannelli Creaton = 15,8 kg/m<sup>2</sup>
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 8,64 kg/m<sup>2</sup>
- Pannelli Creaton = 15,8 kg/m<sup>2</sup>

Il peso totale dell'elemento tecnico al m<sup>2</sup> che ne deriva dalla somma dei suddetti componenti è pari a **40,24 kg/m<sup>2</sup>**.

Questo dato è stato utilizzato per determinare l'incidenza percentuale di ogni componente rispetto al peso totale dell'elemento tecnico, con il semplice passaggio di dividere il peso in kg/m<sup>2</sup> di ogni componente con il peso totale e moltiplicarlo per 100. I risultati che ne conseguono sono:



Dai risultati emerge che per l'elemento tecnico T2 i pesi che incidono maggiormente ed in maniera significativa sono i pannelli Creaton, mentre quelli che incidono in maniera minore riguardano la Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System.

Per determinare il peso totale dell'elemento tecnico sull'intero edificio, è emerso in seguito ad un'analisi dei file .dwg di progetto che le pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B) T2 si estendono per una superficie di 25,60 m<sup>2</sup>. Moltiplicando questo dato per i valori di peso al m<sup>2</sup> di ogni componente ha dato come risultato il peso proprio complessivo sull'intera struttura.

I risultati che ne sono conseguiti da questo passaggio sono:

- Pannelli Creaton = 404,48 kg
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System  
= 221,18 kg
- Pannelli Creaton = 404,48 kg

Sommando i risultati indicati, abbiamo come peso totale di tale elemento tecnico pari a **1.030,14 kg**.



# 11.2 Analisi degli elementi tecnici a scala dell'edificio

## INTRODUZIONE

Precedentemente è stato illustrato il procedimento utilizzato nel foglio di calcolo Excell che ha restituito come risultati il peso totale e i  $\text{kg/m}^2$  di ogni elemento tecnico e ha mostrato l'incidenza percentuale di ogni materiale rispetto all'elemento tecnico al quale appartiene.

Ora invece, verrà illustrato l'approccio adottato con il quale è stato fatto uno step ulteriore tramite un secondo foglio di calcolo Excell.

Lo step è stato effettuato con lo scopo di mostrare, l'incidenza in peso dei singoli materiali, non più a scala del singolo elemento tecnico, ma riguardo all'intero edificio, necessaria, quindi, per avere una visione d'insieme ed a scala maggiore.

Inizialmente sono stati elencati, nella colonna di sinistra, tutti i materiali utilizzati nel progetto degli edifici di Castenaso, sia riguardanti il blocco A che il blocco B, tenendo quindi in considerazione un totale di 45 materiali.

Nella riga soprastante la matrice di calcolo sono stati inseriti i nomi di tutti gli elementi tecnici (es. S0, S1, etc.) sotto al quale sono stati indicati i pesi per ogni materiale appartenente a tale elemento tecnico, accompagnati dalla percentuale (es. % S0, % S1, etc.) che indica la percentuale che ogni materiale ha nel caso di quel tale elemento tecnico. Al fondo di ogni colonna, come sorta di verifica, è stata effettuata la somma dei pesi soprastanti ed in una cella sottostante è stato collegato il valore determinato nel foglio di calcolo illustrato precedentemente, questo per fare sì che i calcoli finali siano più attendibili e facilmente verificabili.

Elencati i nomi e le percentuali dei vari elementi tecnici, il passaggio successivo è stato quello di andare a compilare la tabella con i valori in peso  $\text{kg/m}^2$  e percentuali annesse nelle caselle corrispondenti dei vari materiali, questo per vedere in quali e

quanti elementi tecnici è stato utilizzato un determinato materiale.

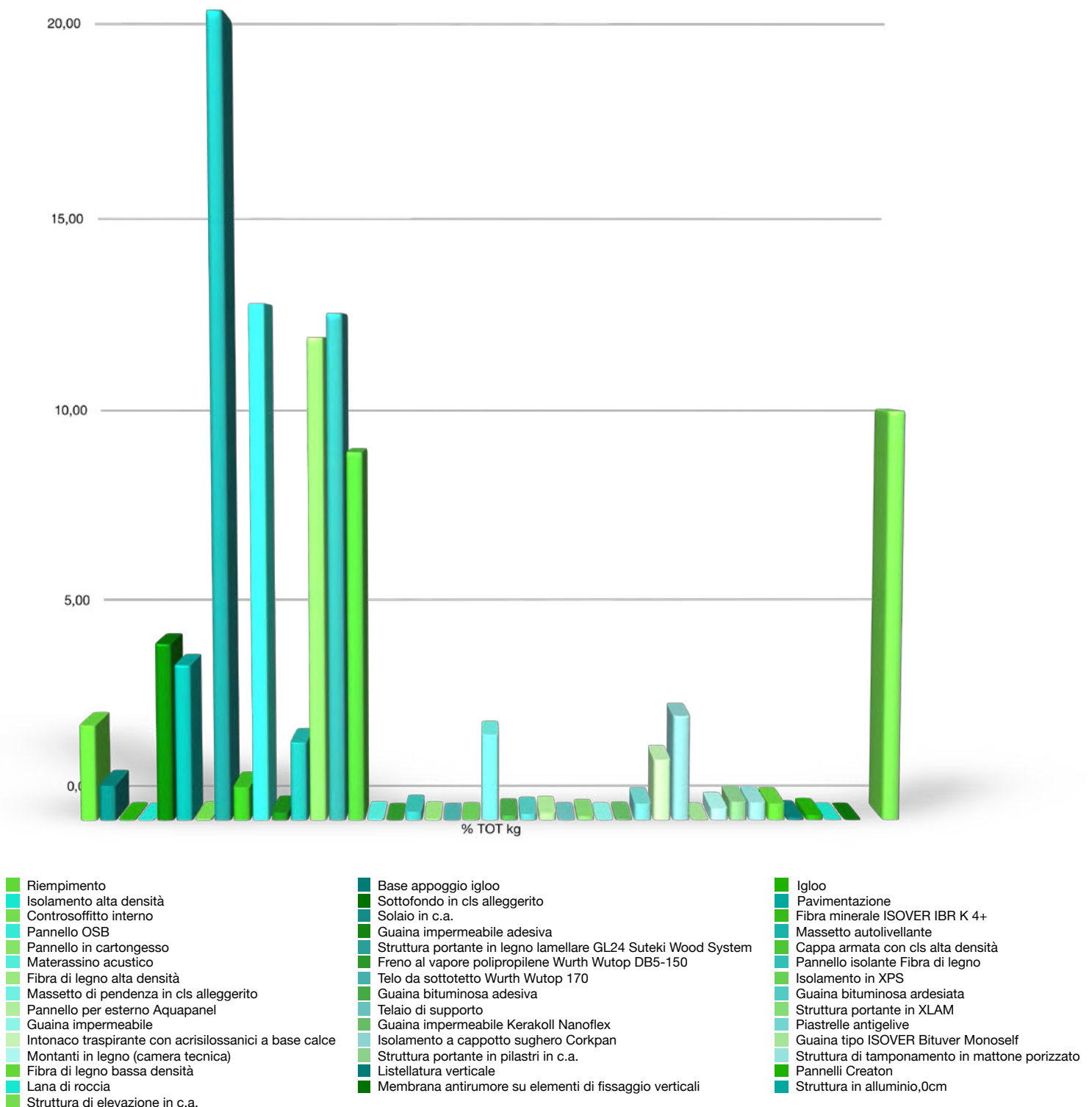
Al termine di questo passaggio, si nota come la matrice di calcolo sia completa di tutti i dati, a questo punto è stata inserita la colonna denominata “Tot kg/m<sup>2</sup>” all’interno della quale sono state inserite le somme dei dati in in kg/m<sup>2</sup> inseriti in precedenza relativi ad ogni singolo materiale, questo per fare sì che si che si potesse avere un risultato totale dei kg/m<sup>2</sup> sull’intera struttura.

Per giungere al risultato finale, è stato necessario inserire anche la colonna dei “m<sup>2</sup> Tot”, ovvero la colonna all’interno della quale è stata inserita la somma totale dei m<sup>2</sup> sui cui insistono i vari materiali. I dati in questione sono stati inseriti in seguito ad un’analisi della tabella compilata precedentemente andando, successivamente, a collegare le celle dei m<sup>2</sup> degli elementi tecnici, all’interno dei quali si trovano i materiali in questione, e giungere al risultato dei m<sup>2</sup> totali.

Materiale	TOT kg	% TOT kg
Riempimento	297600,00	2,37
Base appoggio igloo	109120,00	0,87
Igloo	3531,52	0,03
Isolamento alta densità	1488,00	0,01
Sottofondo in cls alleggerito	551611,28	4,39
Pavimentazione	485001,62	3,86
Controsoffitto interno	6315,80	0,05
Solaio in c.a.	2467998,00	19,66
Fibra minerale ISOVER IBR K 4+	69263,10	0,55
Pannello OSB	1591961,67	12,68
Guaina impermeabile adesiva	24466,575	0,19
Massetto autolivellante	244289,04	1,95
Pannello in cartongesso	1489842,86	11,87
Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System	1562383,94	12,44
Cappa armata con cls alta densità	1141060,80	9,09
Materassino acustico	6180,33	0,05
Freno al vapore polipropilene Wurth Wutop DB5-150	83,70	0,00
Pannello isolante Fibra di legno	27542,24	0,22
Fibra di legno alta densità	5007,68	0,04
Telo da sottotetto Wurth Wutop 170	194,94	0,00
Isolamento in XPS	2321,42	0,02
Massetto di pendenza in cls alleggerito	267999,68	2,13
Guaina bituminosa adesiva	15239,00	0,12
Guaina bituminosa ardesiata	20262,24	0,16
Pannello per esterno Aquapanel	22733,55	0,18
Telaio di supporto	2137,74	0,02

Materiale	TOT kg	% TOT kg
Struttura portante in XLAM	12640,00	0,10
Guaina impermeabile	1631,55	0,01
Guaina impermeabile Kerakoll Nanoflex	3861,72	0,03
Piastrelle antigelive	51489,60	0,41
Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce	189028,35	1,51
Isolamento a cappotto sughero Corkpan	326567,28	2,60
Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself	755,04	0,01
Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR 4+	36225,00	0,29
Struttura portante in pilastri in c.a.	57525,00	0,46
Struttura di tamponamento in mattone porizzato	117266,80	0,93
Fibra di legno bassa densità	51482,97	0,41
Listellatura verticale	8131,20	0,06
Pannelli Creaton	16217,12	0,13
Lana di roccia	731,04	0,01
Membrana antirumore su elementi di fissaggio verticali	90,69	0,00
Struttura in alluminio, completa di profilo guida 50mm a pavimento e a soffitto e montanti 50mm ogni 60cm	0,00	0,00
Struttura di elevazione in c.a.	1265347,20	10,08
	12554627,08	100,00

Infine, moltiplicando i valori inseriti all'interno della colonna dei "kg/m<sup>2</sup> Tot" con i valori della colonna dei "m<sup>2</sup> Tot" si può giungere finalmente all'obiettivo prefissato, quello di avere il peso in kg totali di ogni materiale all'interno dell'edificio in progetto. La tabella si conclude andando ad indicizzare i valori appena determinati, questo per avere valori percentuali di tutti i materiali e quindi per poter analizzare l'incidenza in peso di ogni materiale rispetto all'intero edificio.



### 11.2.1 Considerazioni sulle analisi effettuate a scala dell'edificio

Dai risultati delle analisi effettuate sui 25 elementi tecnici che compongono il progetto del "Frullo" di Castenaso, sono emersi alcuni aspetti interessanti e presi come spunto di riflessione. Data la composizione "mista", ovvero caratterizzata da un piano terra realizzato in calcestruzzo armato il quale funge come base da appoggio per i quattro piani soprastanti in legno a struttura Suteki per motivi spiegati precedentemente, si nota dal grafico come le componenti in calcestruzzo (platea di fondazione, pilastri a piano terra, solaio piano primo e vano scala) abbiano la percentuale prevalente del peso complessivo dell'intera struttura.

Basti notare che, a livello strutturale, i solai in c.a. hanno un peso complessivo superiore ai quattro piani in legno in struttura Suteki, il che lascia pensare a quanto peso in meno incide sul terreno se la stessa struttura fosse stata realizzata interamente con struttura in calcestruzzo armato. Un'altra componente che influisce notevolmente sul peso complessivo, sono i pannelli in OSB, i quali vengono utilizzati come controventi per le parti strutturali in legno ed anche come elementi di tamponamento per le stesse pareti, andando a proteggere gli isolanti che si trovano all'interno degli elementi tecnici o nel caso dei solai come elementi ripartitori sulle travi sottostanti. Come si nota dal grafico, non sono solamente i pannelli in OSB ad avere un'incidenza notevole in questo progetto, questa è accompagnata anche dall'utilizzo di una modesta quantità di pannelli in cartongesso, i quali vengono spesso utilizzati come elementi di finitura nei casi di pareti e solai.

Riguardo alle componenti dei materiali isolanti, si nota come l'utilizzo dell'isolamento naturale in sughero Corkpan ha l'incidenza maggiore rispetto agli altri tipi di materiali isolanti come: fibra minerale ISOVER IBR 4+, XPS e le fibre di legno ad alta e bassa densità. Tra i materiali utilizzati da rivestimento esterno, ovvero: Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce, i pannelli per esterni Aquapanel e i pannelli Creaton (entrambi pannelli in gesso fibra), quello che incide maggiormente è l'intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce il quale supera lievemente la

somma dei pannelli Aquapanel e Creaton.

Queste analisi e considerazioni, sono state effettuate allo scopo, di andare ad analizzare quali fossero le componenti più importanti del progetto, ovvero per capire quali fossero dei 45 materiali, quelli che possano influenzare in maniera minore l'analisi LCIA, la quale verrà illustrata successivamente, e quindi di andare eventualmente a scartare quelli con un'incidenza inferiore al 2% nelle considerazioni finali dell'analisi LCIA dell'intero progetto.

# Analisi LCIA

## 12 (Life Cycle Impact Assessment) del “Frullo” di Castenaso (BO)

### INTRODUZIONE

L'analisi LCIA relativa al caso studio il “Frullo” di Castenaso, è stata condotta mediante l'utilizzo di un software dedicato per questo tipo di analisi, il più diffuso al mondo, il cui nome commerciale è “SimaPro” (Fig.22).



Figura 22. Logo identificativo del programma SimaPro®

La valutazione dell'impatto (Life Cycle Impact Analysis o LCIA) prende come input l'analisi dell'inventario (materie prime, materiali lavorati, energia, emissioni, rifiuti, emissioni, ecc) in ogni fase della vita.

Tali flussi di energia e materia saranno assegnati a categorie di impatto (IMPACT CATEGORIES) e saranno trasformati tramite specifici calcoli secondo degli indicatori di categoria. In definitiva, è possibile arrivare ad un unico punteggio ambientale. Come il resto della valutazione del ciclo di vita, la valutazione degli impatti è basata sull'unità funzionale.

Il lavoro è stato eseguito su workstation fissa di proprietà del Politecnico di Torino, il quale è in possesso della chiave di licenza per utilizzare questo software. Per tutta la parte dedicata all'analisi LCA di questo caso studio, sono stato coadiuvato dal professor Corrado Carbonaro, specialista in questo settore, il quale mi ha mostrato le funzionalità del programma dandomi numerosi input per poter svolgere l'analisi nel modo più completo possibile.

Tutto il lavoro di analisi sugli elementi tecnici svolto in precedenza, sia tenendo in considerazione l'unità funzionale di 1m<sup>2</sup> sia a scala dell'edificio, è stato fondamentale per rendere più agevole la parte di Analisi di inventario, parecchio laboriosa poiché il programma al suo interno, dispone di diverse banche dati contenenti migliaia

di materiali e processi come il database LCI, Ecoinvent v3, ELCD, etc. (Fig.22)

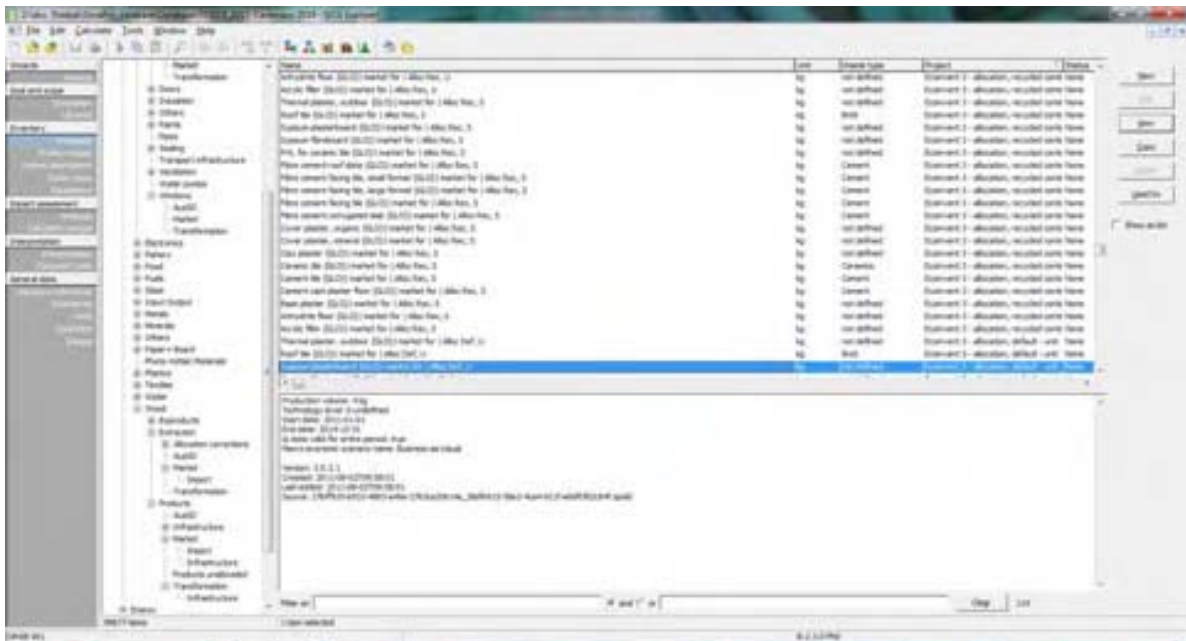


Figura 22. Immagine rappresentativa della fase LCI sul software SimaPro

Nelle fasi iniziali, per cominciare a lavorare sul software, è stato realizzato un nuovo progetto di lavoro denominato “Castenaso 2018”, all’interno del quale sono contenuti tutti i dati e passaggi che saranno illustrati successivamente.

Una volta realizzato il file di lavoro, è stato possibile accedere alle varie banche dati interne del programma per effettuare la cosiddetta LCI (Life Cycle Inventory Analysis) o “Analisi di inventario”, ovvero andando a cercare fra migliaia di materiali, quelli corrispondenti il più possibile ai requisiti dei materiali utilizzati nel caso studio del “Frullo”, sia a tenendo in considerazione la provenienza che le composizioni degli stessi, in termini di densità, spessori e metodi di lavorazione. (Fig.23)



Figura 23. Fase di realizzazione dei codici per 1 dei 25 elementi tecnici

I materiali simili ai requisiti cercati ma non perfettamente conformi, sono stati selezionati e modificati successivamente per rendere il risultato finale il più attendibile possibile.

Una volta individuati tutti i 45 materiali utilizzati nel caso studio, sono stati composti i 25 codici degli elementi tecnici, corrispondenti a quelli analizzati nell’analisi LCI del capitolo 11, con i materiali delle banche dati e con quelli modificati in seguito per renderli conformi. Realizzati gli elementi tecnici, sono poi stati suddivisi in sottogruppi, come una sorta di matryoska, per rendere il lavoro più ordinato e facilmente comprensibile suddividendo l’edificio in unità tecnologiche ed a loro volta in classi di unità tecnologiche, secondo la nomenclatura della norma UNI 8290. (Fig.24)

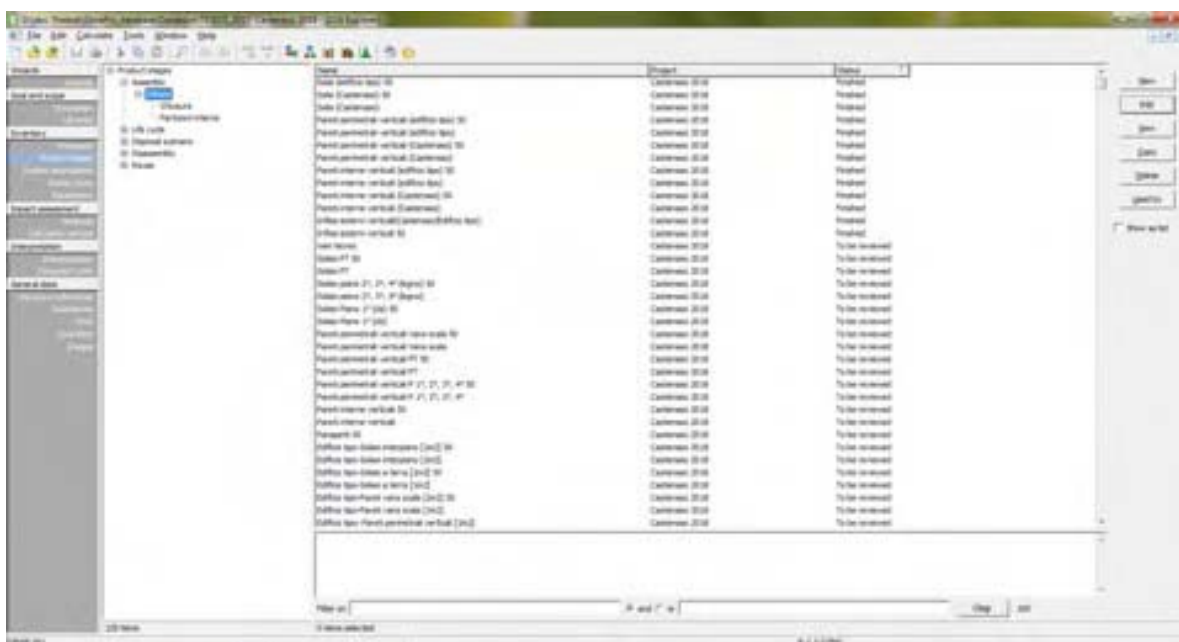


Figura 24. Immagine rappresentativa di parte dei codici composti su SimaPro

L’analisi è stata effettuata tenendo in considerazione gli impatti sull’ambiente causati dalla fase iniziale del ciclo di vita dei materiali, ovvero la fase dalla **culla al cancello**. Sono stati, quindi, analizzati gli impatti riguardanti il CED (Cumulative Energy Demand) e il GWP (Global Warming Potential) relativi a tutti gli elementi tecnici della struttura e successivamente alle unità tecnologiche ad essi connessi. (Fig.25-26)



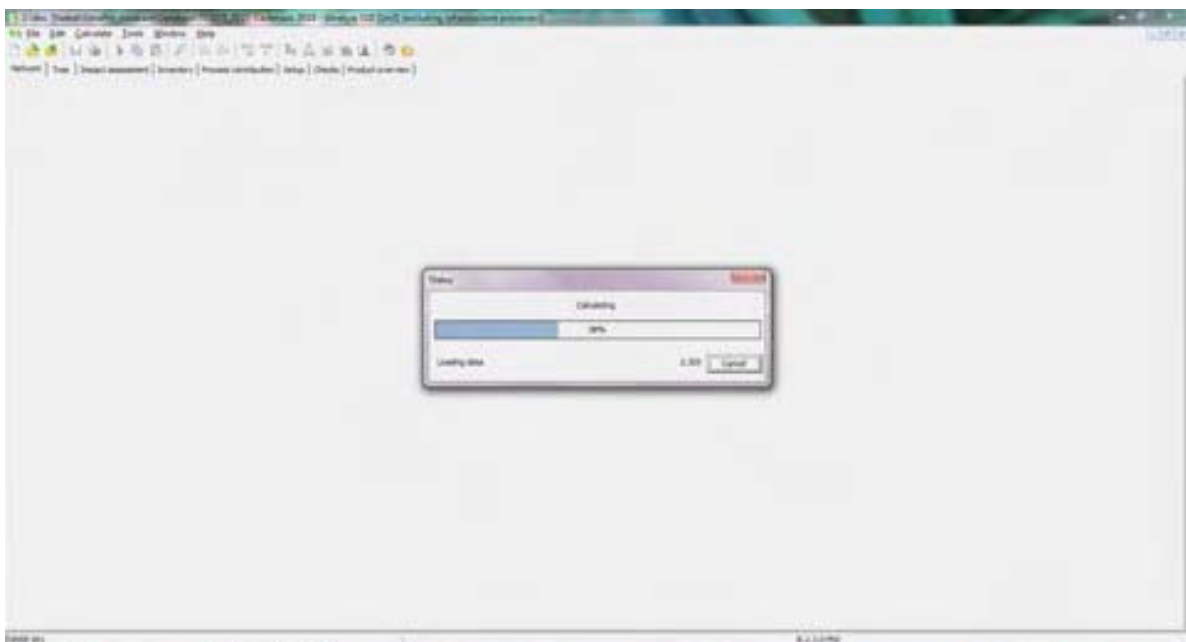
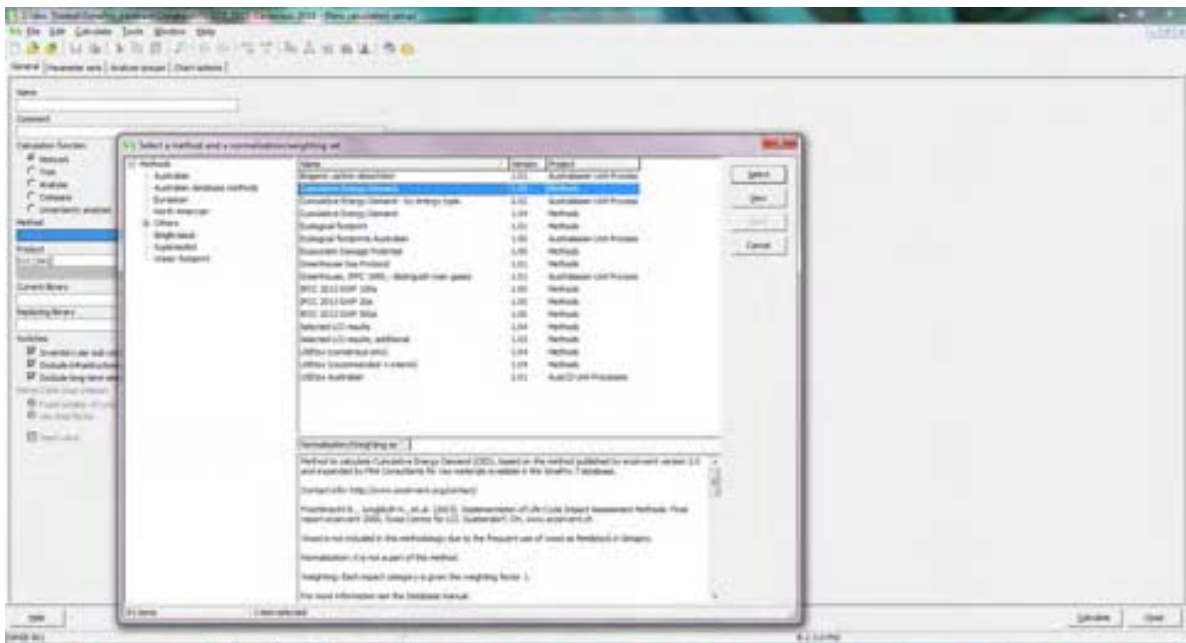


Figure 25-26. Immagini rappresentative dei possibili metodi di calcolo degli impatti per ogni codice realizzato

Riguardo a queste due categorie d'impatto, possiamo dire che una riguarda il deperimento delle risorse e quindi dell'energia primaria (CED) e l'altra riguarda l'impatto che si ha sul surriscaldamento globale (GWP).

Il CED considera la richiesta di energia primaria per l'intero ciclo di vita del prodotto considerato, tenendo conto ad esempio della trasformazione dei materiali combustibili in energia elettrica. A questo indicatore contribuiscono quindi i materiali com-

bustibili con il loro contenuto di energia primaria. Il fattore di caratterizzazione è il potere calorifico del materiale considerato.

Il GWP considera quindi le sostanze che contribuiscono all’effetto serra sono principalmente: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC, gli HCFC e gli HFC.

La CO<sub>2</sub> è la sostanza di riferimento per questo indicatore, vale a dire che il suo coefficiente di peso è uguale a 1 e i valori dell’indicatore sono espressi in kg di CO<sub>2</sub> equivalente (kg CO<sub>2</sub> eq). (Fig.27-28)

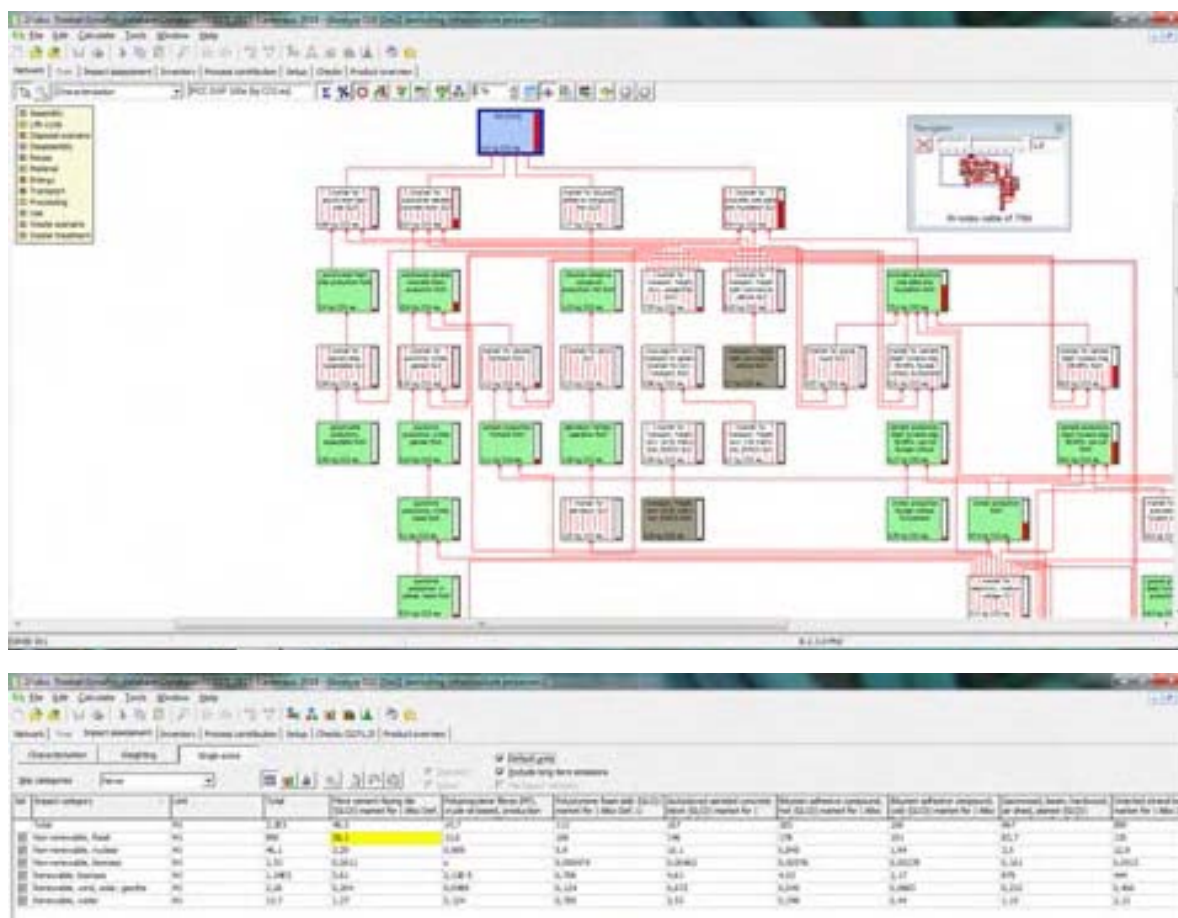


Figure 27-28. Immagini rappresentative dei risultati che sono stati estratti dal programma SimaPro sotto forma di “Network” e di “Tabella Excell”.

Questi due indicatori di categorie di impatto (CED e GWP) possono anche essere meglio definiti come **Embodied Energy** o energia incorporata ed **Embodied Carbon**, il primo definisce il valore totale dell’energia spesa per la realizzazione dell’edificio stesso mentre il secondo definisce la quantità di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta per la realizzazione dell’edificio o del singolo elemento che stiamo valutando<sup>1</sup>.

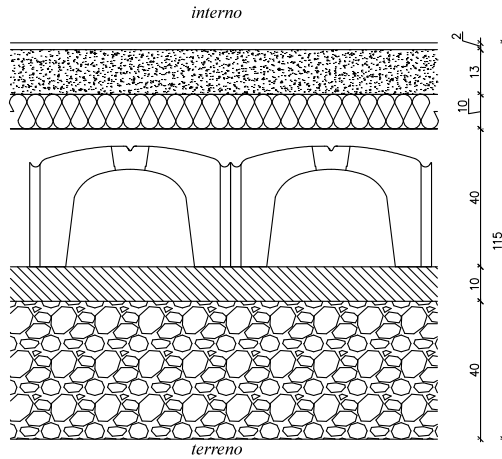
157 <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/embodied-energy-energia-risparmio-energetico-519> consultato il 24 Ottobre 2018

# 12.1

## Analisi LCIA degli elementi tecnici

Unità funzionale [1m<sup>2</sup>]

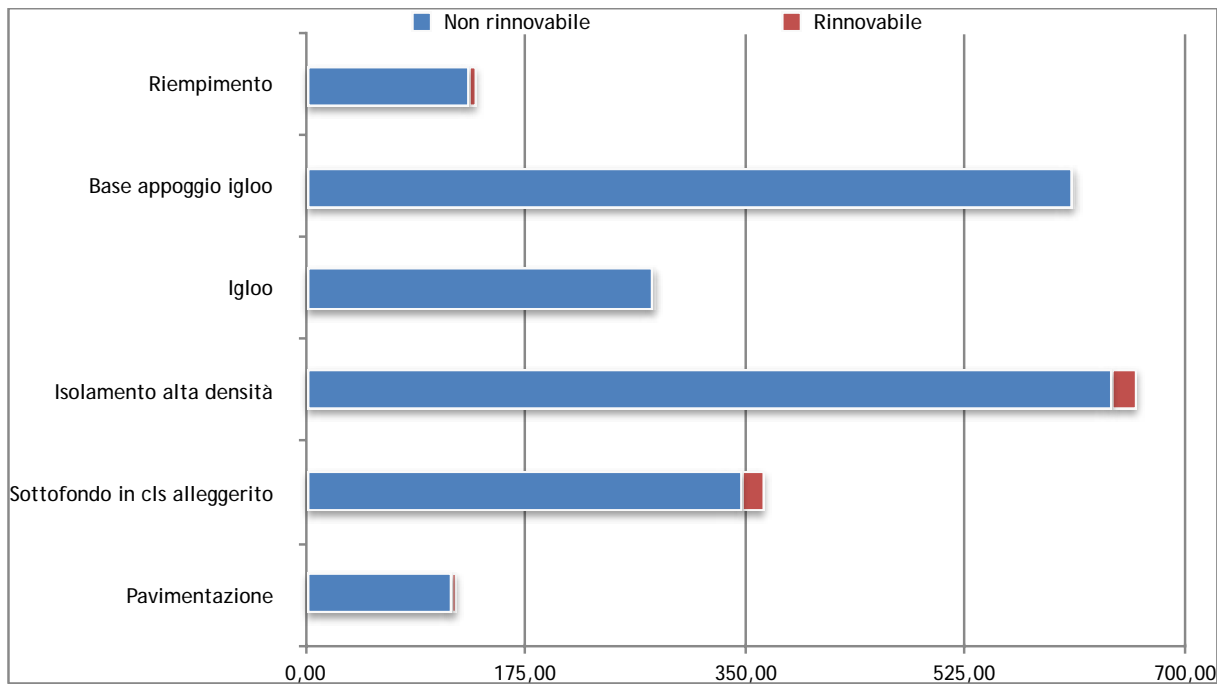
### 12.1.1 S0 Solaio piano terreno



Da sotto (terreno) a sopra (interno) - spessore 1150 mm:

- Riempimento 400mm;
- Base per appoggio igloo spessore 100mm;
- Igloo + cappa spessore 400mm;
- Isolamento alta densità spessore 100mm;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 130mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

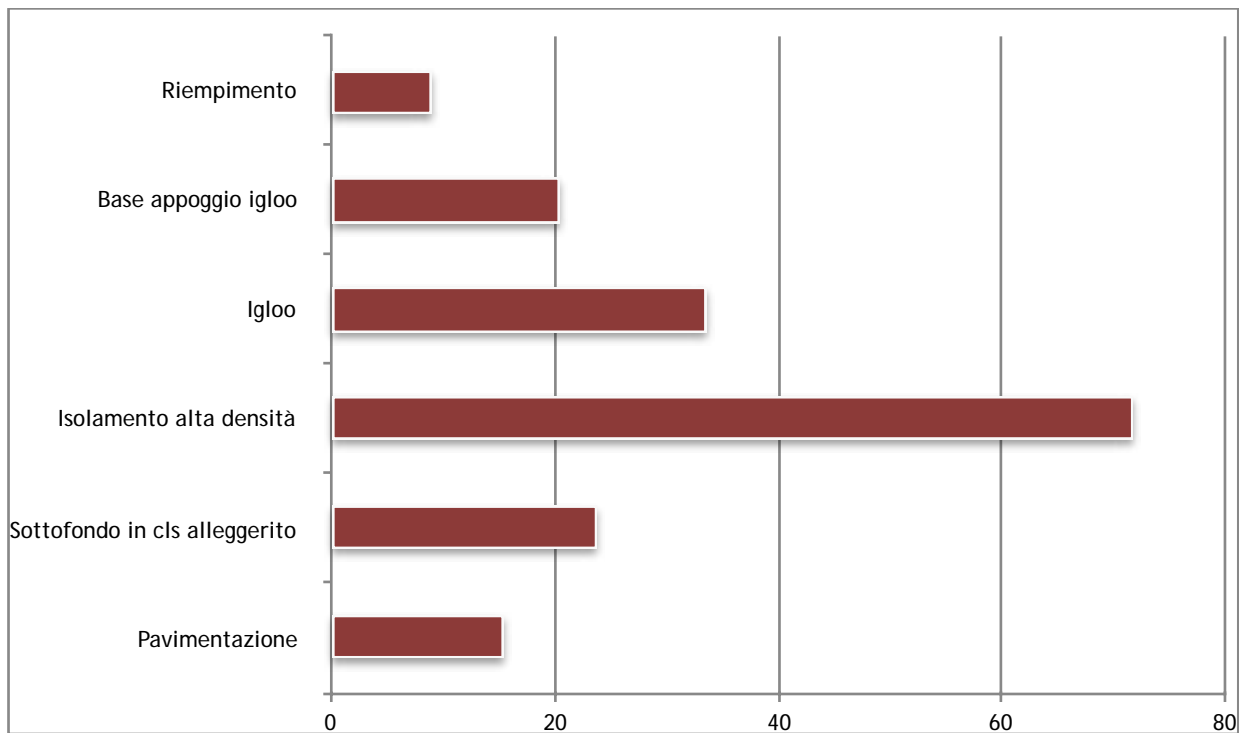
### 'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Gravel, crushed {GLO} market for   Alloc Def, U	Igloo, polypropylene, PP, at factory gate/AU U	Polystyrene foam slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Poor concrete {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	2.180,291	135,9454	612,8693	283,3579	661,3694	366,3974	120,3520
Non renewable, fossil	MJ	2.034,570	118,7067	609,8462	264,5727	610,2220	319,1700	112,0527
Non-renewable, nuclear	MJ	92,7709	11,2205	0,3846	14,7466	32,8846	28,7390	4,7956
Non-renewable, biomass	MJ	0,0161	0,0040	0,0001	0,0012	0,0039	0,0061	0,0009
Renewable, biomass	MJ	16,8507	1,4833	0,1689	1,7645	6,6984	5,8669	0,8687
Renewable, wind, solar, geothermal	MJ	5,5674	0,7877	0,9073	0,3100	1,2478	1,9946	0,3199
Renewable, water	MJ	30,5159	3,7432	1,5622	1,9629	10,3126	10,6208	2,3142

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S0 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia nettamente superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in tutte le sue componenti. Per la composizione di tale elemento tecnico sono necessari 2.175,6168 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

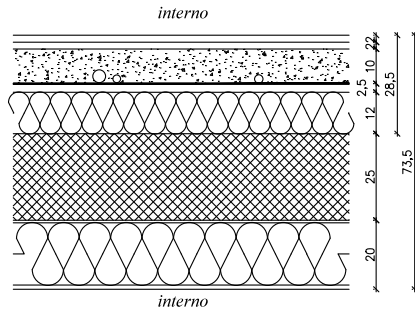


Impact category	Unit	Total	Gravel, crushed {GLO} market for   Alloc Def, U	Igloo, polypropylene, PP, at factory gate/AU U	Polystyrene foam slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Poor concrete {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	152,2436	8,8962	20,4583	12,1149	71,6400	23,7763	15,3579

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S0, equivale ad un totale di 173,6818 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Isolamento alta densità' mentre quello minore dallo 'Riempimento'.

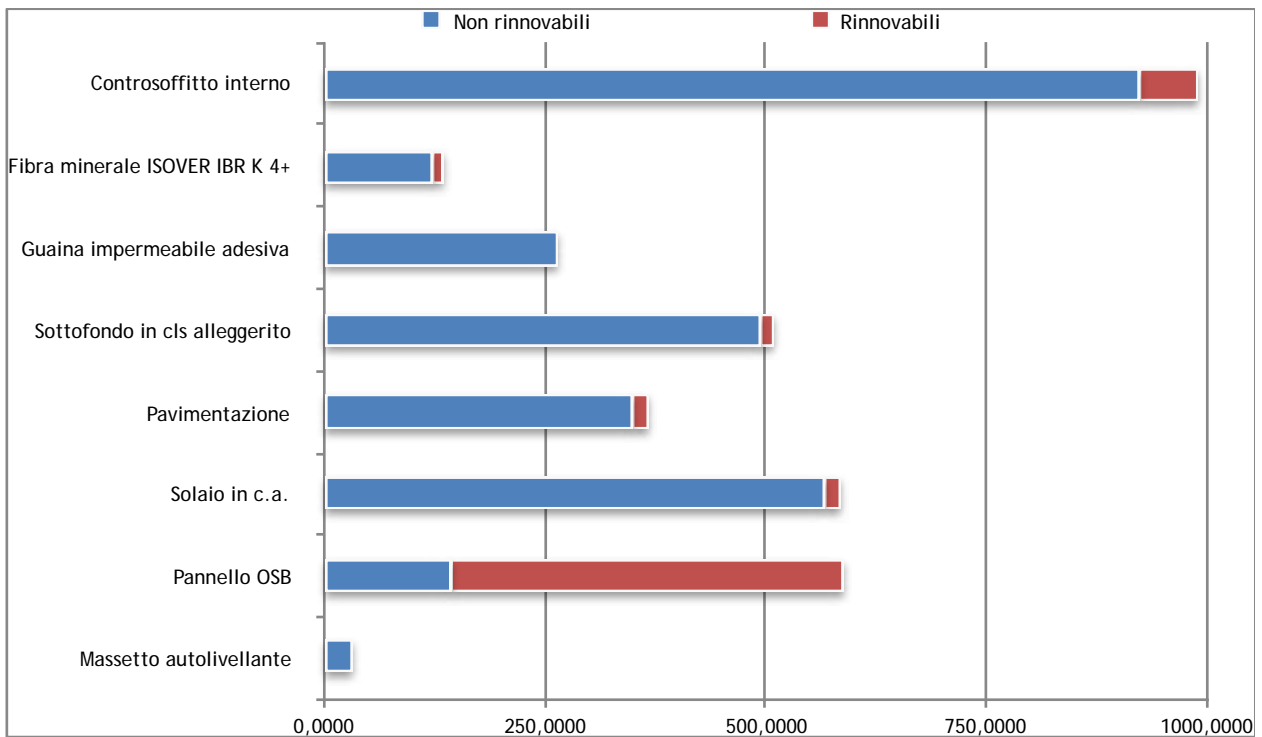
12.1.2 S1 Solaio piano primo in c.a.



da sotto a sopra - spessore 735 mm:

- Eventuale controsoffitto interno spessore 200 mm;
- Solaio in c.a. – sp. 250 mm;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_0$  0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0, interposti a struttura lignea, spessore 120mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_0$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

‘Cumulative Energy demand’ (CED)

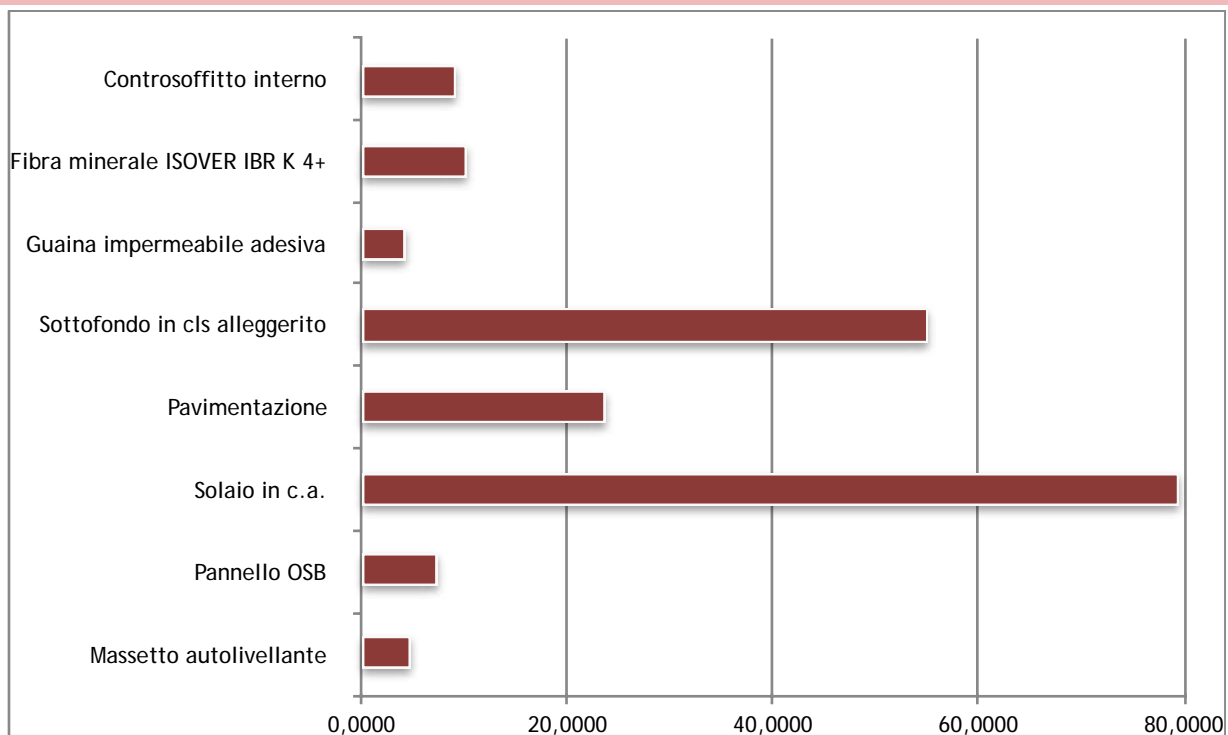


Impact category	Unit	Total	Gypsum fibreboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/RNA	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	3,467,611	989,2705	133,7043	263,2785	508,7457	366,3974	583,9793	589,0128	33,2232
Non renewable, fossil	MJ	1,983,984	111,6316	116,1543	263,2785	469,4015	319,1700	544,6622	129,7569	29,9298
Non-renewable, nuclear	MJ	906,4812	808,9222	6,7880	0,0000	25,2959	28,7390	21,8685	12,9031	1,9645
Non-renewable, biomass	MJ	1,5892	1,3091	0,0031	0,0000	0,0030	0,0061	0,0041	0,0513	0,2125
Renewable, biomass	MJ	530,2305	61,7488	8,0825	0,0000	5,1526	5,8669	5,2352	443,7618	0,3827
Renewable, wind, solar, geother	MJ	6,2401	0,8464	0,4112	0,0000	0,9599	1,9946	1,4914	0,4057	0,1310
Renewable, water	MJ	39,0858	4,8124	2,2652	0,0000	7,9328	10,6208	10,7179	2,1341	0,6026

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia nettamente superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in tutte le sue componenti, tranne nel caso dei pannelli OSB.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono necessari 3.467,6117 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

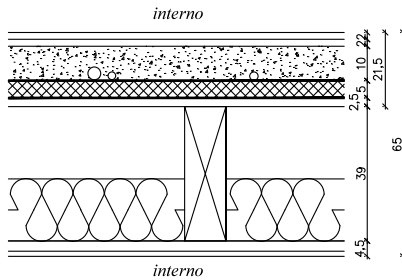


Impact category	Unit	Total	plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/RNA	(PET), via dimethyl terephthalate (DMT), prod. mix, EU-27 S	block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	tile {GLO} market for   Alloc Def, U	hardwood, kiln dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U	20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	157,9942	4,4074	15,2524	4,4253	20,1983	55,1077	23,7763	6,2148	7,4440	16,4133	4,7547

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S1, equivale ad un totale di 194,3474 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Solaio in c.a.' mentre quello minore dalla 'Guaina impermeabile adesiva'.

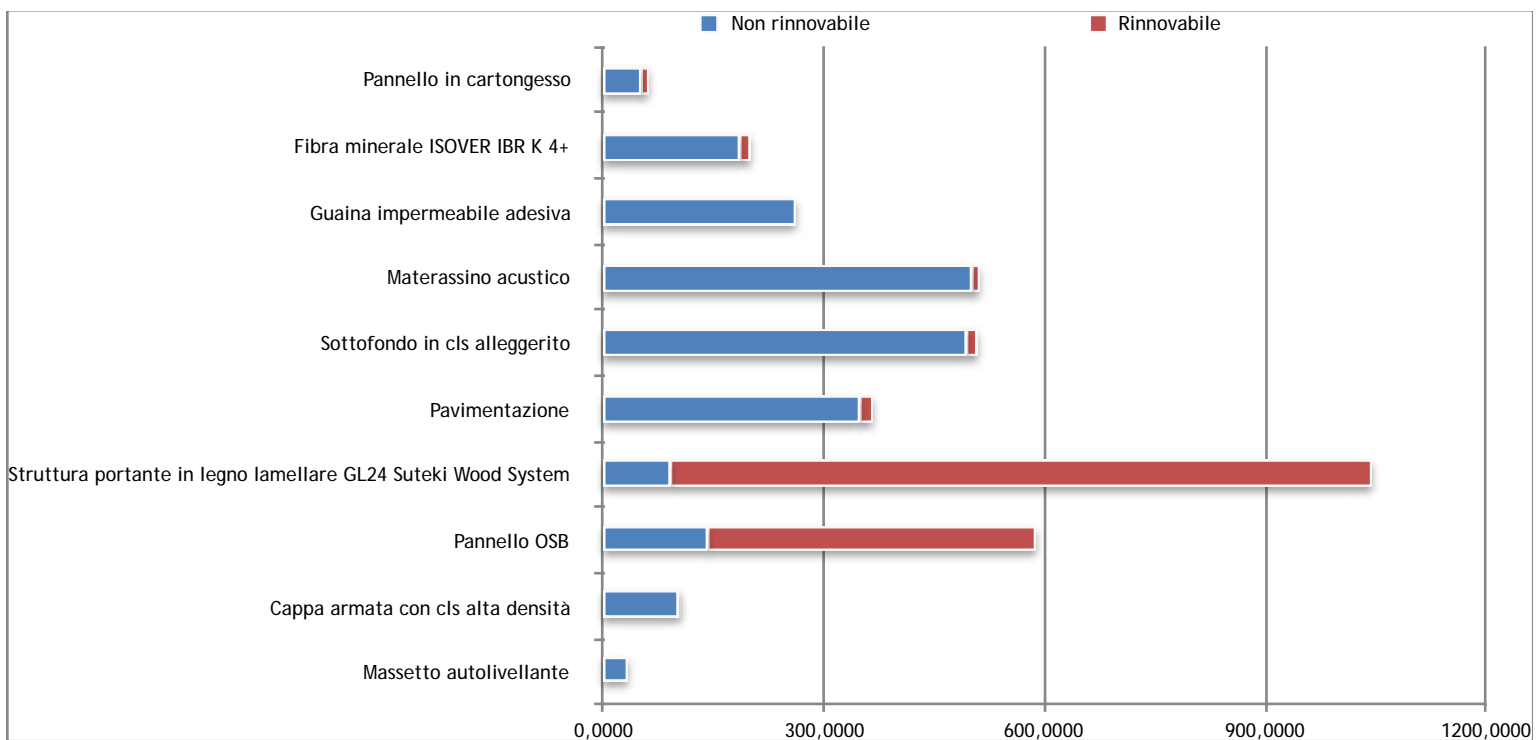
### 12.1.3 S2 Solaio interpiano su parti abitative a struttura lignea



da sotto a sopra - spessore 650 mm:

- Pannello in cartongesso (12,5mm) su struttura metallica (30mm) per uno spessore totale di 45 mm, finito con doppia rasatura;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale interposti alla struttura lignea, spessore 180 mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50mm
- Materassina acustica
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

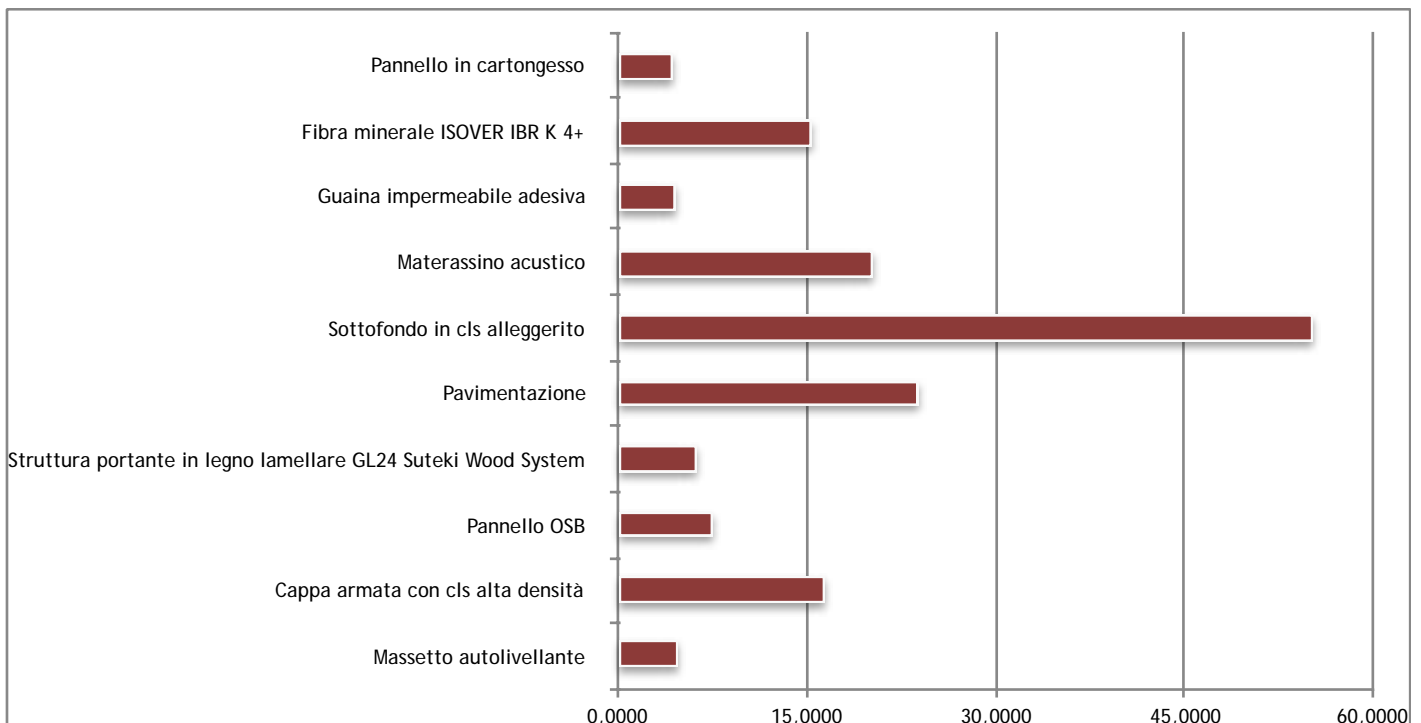
### 'Cumulative Energy Demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/RNA	Polyethylene terephthalate fibres (PET), via dimethyl terephthalate (DMT), prod. mix, EU-27 S	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, kiln dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	3.688,36	63,46	200,56	263,28	512,18	508,75	366,40	1.044,69	589,01	106,82	33,22
Non renewable, fossil	MJ	2.050,11	48,51	174,23	263,28	436,37	469,40	319,17	84,79	129,76	94,68	29,93
Non-renewable, nuclear	MJ	161,28	4,18	10,18	0,00	64,63	25,30	28,74	6,74	12,90	6,64	1,96
Non-renewable, biomass	MJ	1,76	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,17	0,05	1,30	0,21
Renewable, biomass	MJ	1.428,42	9,11	12,12	0,00	0,00	5,15	5,87	950,28	443,76	1,74	0,38
Renewable, wind, solar, geoth	MJ	8,48	0,28	0,62	0,00	3,19	0,96	1,99	0,47	0,41	0,44	0,13
Renewable, water	MJ	38,30	1,38	3,40	0,00	7,99	7,93	10,62	2,24	2,13	2,01	0,60

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S2 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Struttura Suteki Wood System e del pannello OSB in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 2.175,6168 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)



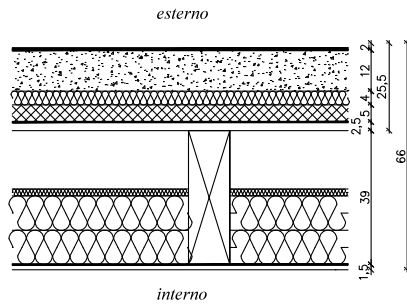
Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Polyethylene terephthalate fibres (PET), via dimethyl terephthalate (DMT), prod. mix, EU-27 S	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, kiln dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	157,9942	4,4074	15,2524	4,4253	20,1983	55,1077	23,7763	6,2148	7,4440	16,4133	4,7547

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S2, equivale ad un totale di 157,9942 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Sottofondo in cls alta densità' mentre quello minore dalla 'Guaina impermeabile adesiva'.

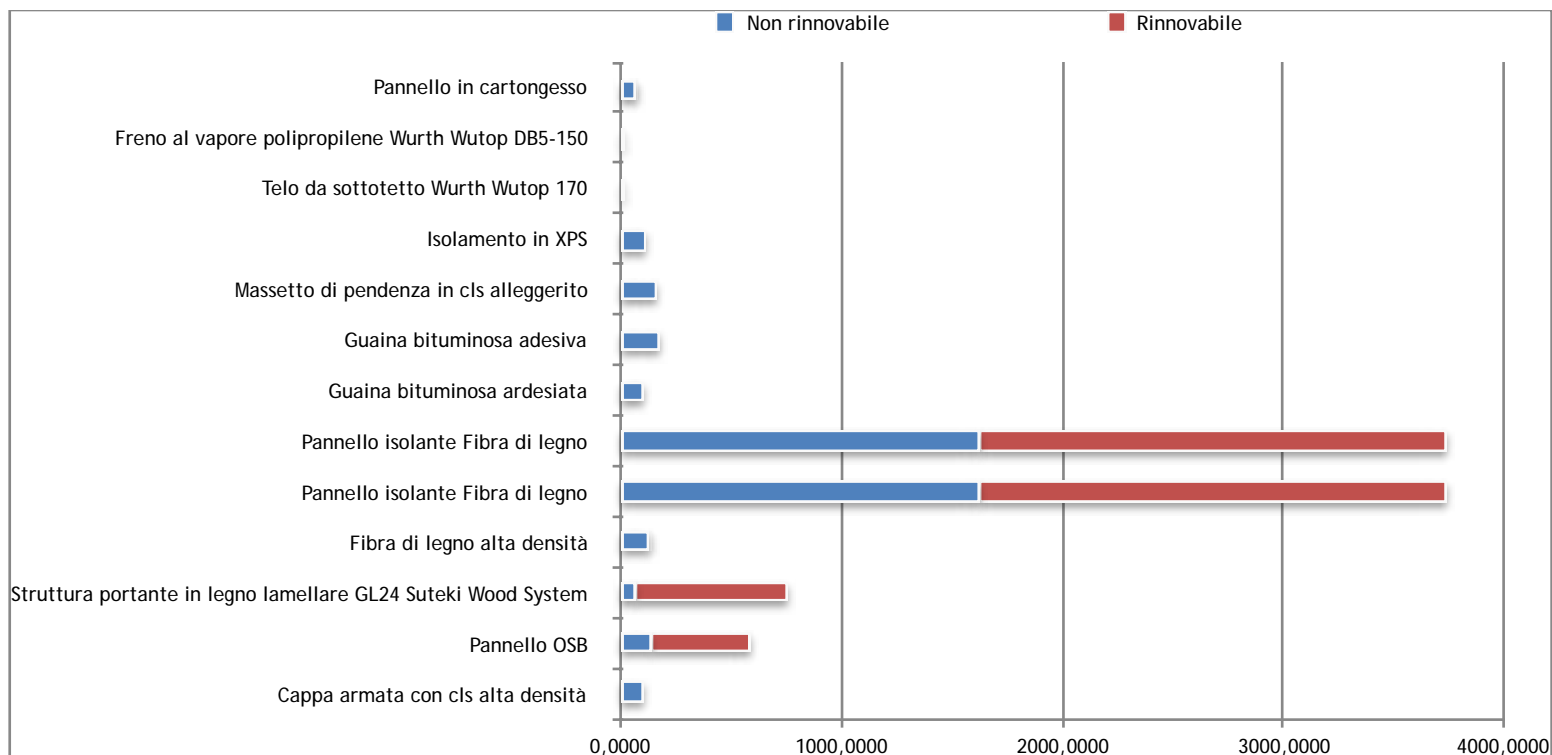


### 12.1.4 S3 Solaio di copertura piana su parte abitativa



- da sotto a sopra - spessore 660 mm:
- Pannello in cartongesso spessore 15 mm, finito con doppia rasatura;
  - Freno al vapore polipropilene tipo Wurth Wutop DB5-150, 150 gr/mq, permeabilità al vapore 4gr/mq/24h, Sd 5 m
  - Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
  - Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
  - Isolante in fibra di legno ad alta densità, 200 kg/mc spessore 20 mm
  - Pannello OSB spessore 25mm;
  - Telo da sottotetto microporoso tipo Wurth Wutop 170, 170 gr/mq, permeabilità al vapore 1000gr/mq/24h, Sd 0,02 m
  - Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50 mm;
  - Isolamento in XPS spessore 40mm;
  - Massetto di pendenza in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusions del vapore acqueo  $\mu$  3,33 spessore 120mm;
  - Guaina bituminosa adesiva;
  - Guaina bituminosa ardesiata.

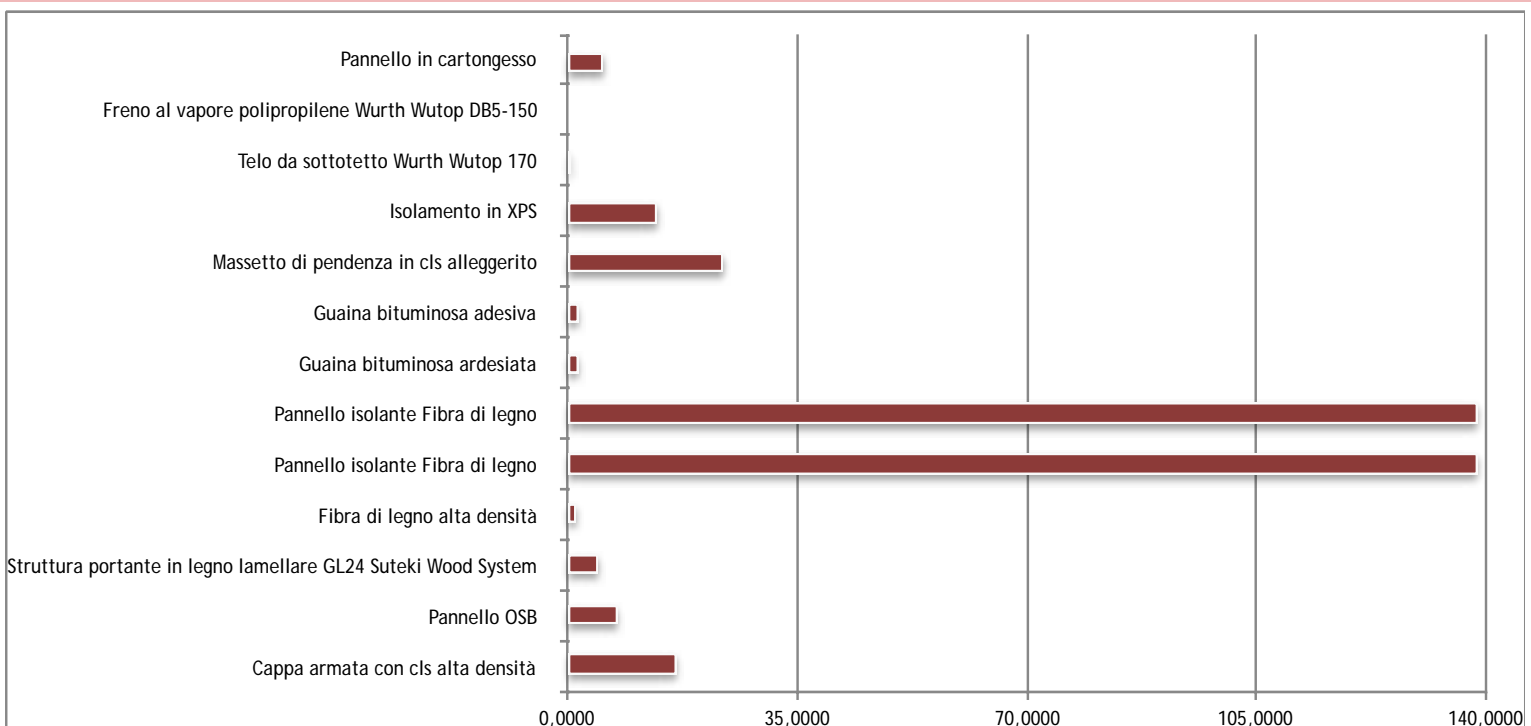
### 'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/ RER U/ AusSD U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, hard {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, hard {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, soft {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, softwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	9.725.272	76,1559	12,9966	14,7295	111,4733	166,8595	183,4461	105,6767	3.735,343	3.735,343	136,4686	750,9444	589,0127	106,8211
Non renewable, fossil	MJ	3.835.694	58,2136	11,9708	13,5669	105,9318	145,9278	177,7691	101,0410	1.456,534	1.456,534	17,5988	66,1733	129,7569	94,6760
Non-renewable, nuclear	MJ	477,7079	5,0130	0,8731	0,9895	4,4021	10,1172	0,8448	1,9357	160,9191	160,9191	109,1163	3,0305	12,9031	6,6444
Non-renewable, biomass	MJ	10,6802	0,0106	0,0000	0,0000	0,0000	0,0046	0,0058	0,0028	4,5246	4,5246	0,1760	0,0769	0,0513	1,3030
Renewable, biomass	MJ	5.276,841	10,9342	0,0000	0,0000	0,2258	4,6076	4,5319	2,1685	2.059,828	2.059,828	8,7268	680,4858	443,7617	1,7423
Renewable, wind, solar, geoth	MJ	24,7148	0,3330	0,0432	0,0489	0,2522	0,6725	0,0450	0,0883	11,0316	11,0316	0,1200	0,2003	0,4057	0,4425
Renewable, water	MJ	99,6329	1,6516	0,1095	0,1241	0,6614	5,5298	0,2494	0,4405	42,5056	42,5056	0,7307	0,9776	2,1341	2,0128

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S3 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in alcuni casi inferiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, come nel caso della Struttura Suteki Wood System e del pannello OSB in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 9.725,2721 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

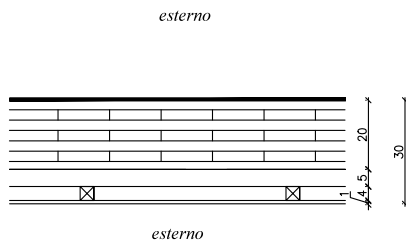


Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Polystyrene, extruded (XPS), at plant/ RER U/ AusSD U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, hard {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, hard {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, soft {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, softwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	353,5678	5,2889	0,3538	0,4010	13,4213	23,5002	1,7739	1,6591	138,6515	138,6515	1,4189	4,5906	7,4440	16,4133

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S3, equivale ad un totale di 353,5678 kg CO<sub>2</sub> eq.

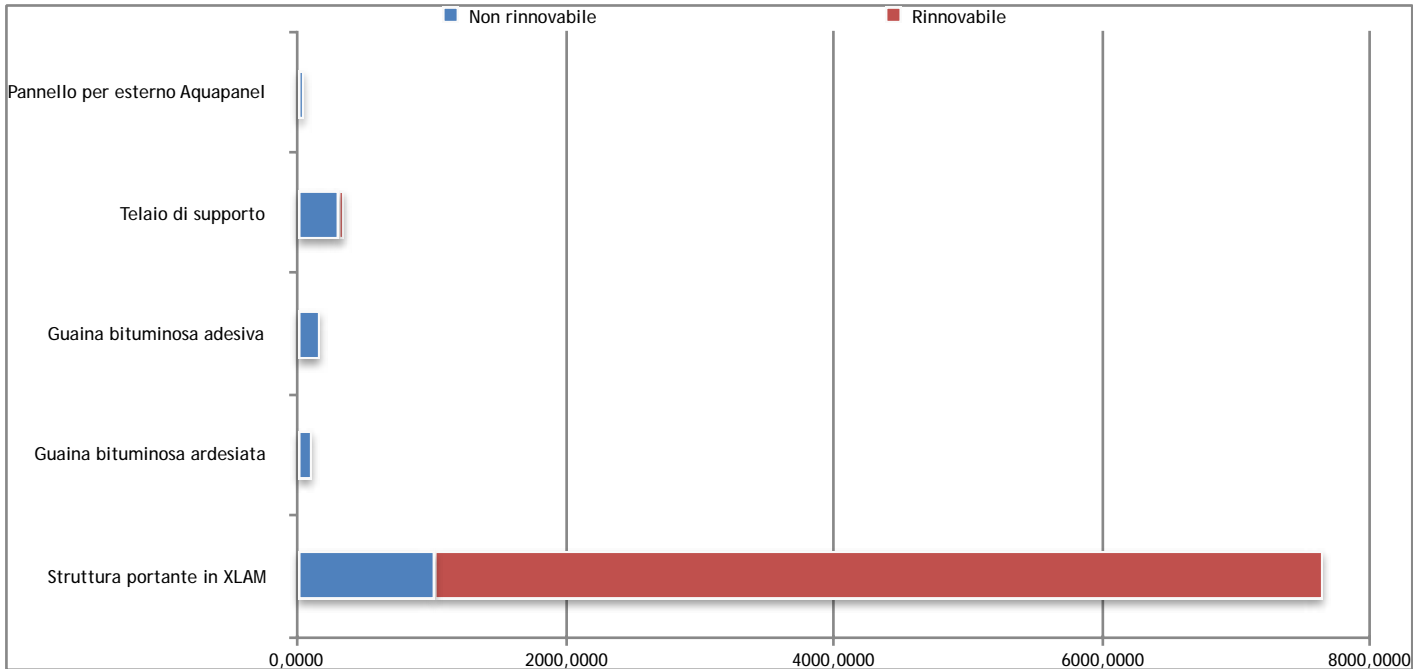
Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannello isolante Fibra di legno' mentre quello minore dal 'Telo da sottotetto'.

### 12.1.5 S4 Solaio di copertura non isolato su lastrico condominiale



- da sotto a sopra - spessore 250 mm:
- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
  - Telaio di supporto, spessore 50+40mm;
  - Struttura portante in xlam, spessore 200 mm;
  - Guaina bituminosa adesiva;
  - Guaina bituminosa ardesiata.

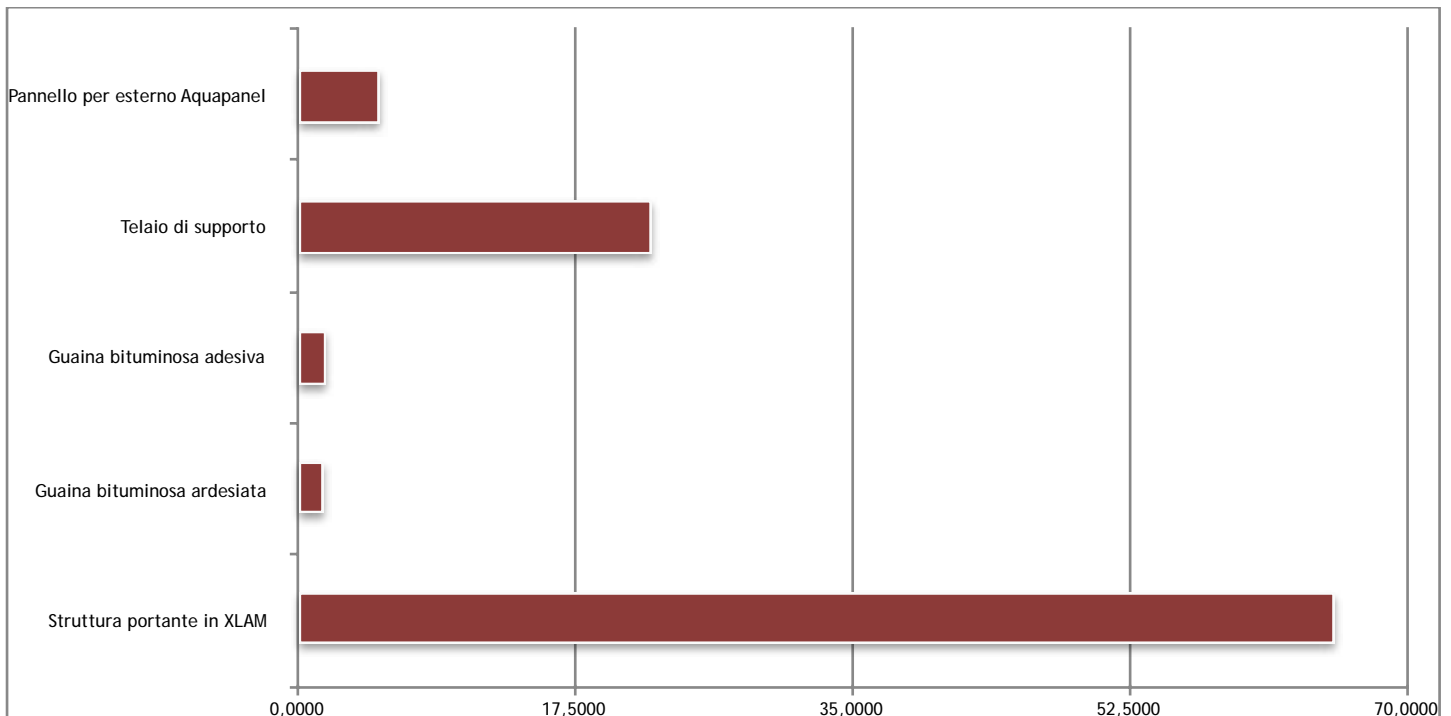
### 'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Aluminium, cast alloy {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Three layered laminated board {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	8.344,174	48,5206	358,5484	183,4460	105,6767	7.647,982
Non renewable, fossil	MJ	1.492,779	38,1407	257,0796	177,7691	101,0410	918,7488
Non-renewable, nuclear	MJ	166,6753	3,2930	52,5986	0,8448	1,9357	108,0032
Non-renewable, biomass	MJ	1,0533	0,0011	0,2834	0,0058	0,0028	0,7602
Renewable, biomass	MJ	6.623,222	5,6106	27,7381	4,5319	2,1685	6.583,173
Renewable, wind, solar, geother	MJ	7,6936	0,2039	0,5793	0,0450	0,0883	6,7771
Renewable, water	MJ	52,7502	1,2714	20,2693	0,2494	0,4405	30,5196

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S4 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in alcuni casi inferiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, come nel caso della Struttura portante in XLAM mentre negli altri casi prevale la componente derivante da fonti non rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 8.344,1740 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

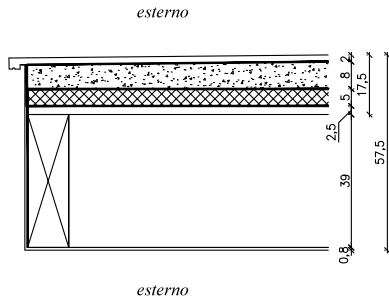


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Aluminium, cast alloy {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Three layered laminated board {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	96,2741	5,0643	22,3387	1,7739	1,6591	65,4381

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S4, equivale ad un totale di 96,2741 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Struttura portante in XLAM' mentre quello minore dalla 'Guaina bituminosa'.

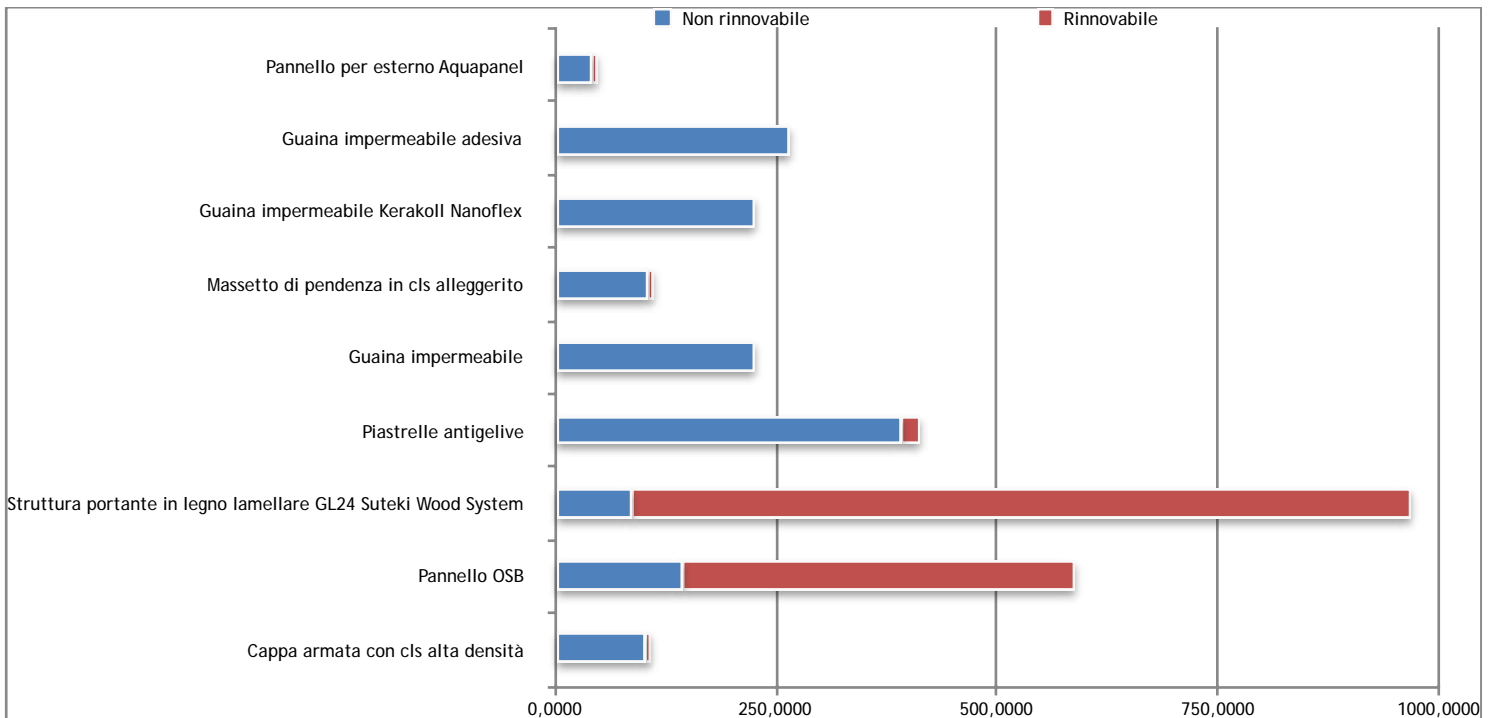
12.1.6 S5 Solaio balconi e terrazze



da sotto a sopra - spessore 575 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina impermeabile adesiva;
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50 mm;
- Guaina impermeabile;
- Massetto di pendenza (1%) in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 (spessore max 80mm);
- Guaina impermeabile tipo Kerakoll Nanoflex - Peso specifico dell'impasto 1,5 kg/dm<sup>3</sup>, coeff. di resistenza alla diffusione del vapore  $\mu \leq 825$ , spessore approssimativo 2-3mm, incluso risolto su frontalino;
- Piastrelle con rivestimento antigelivo.

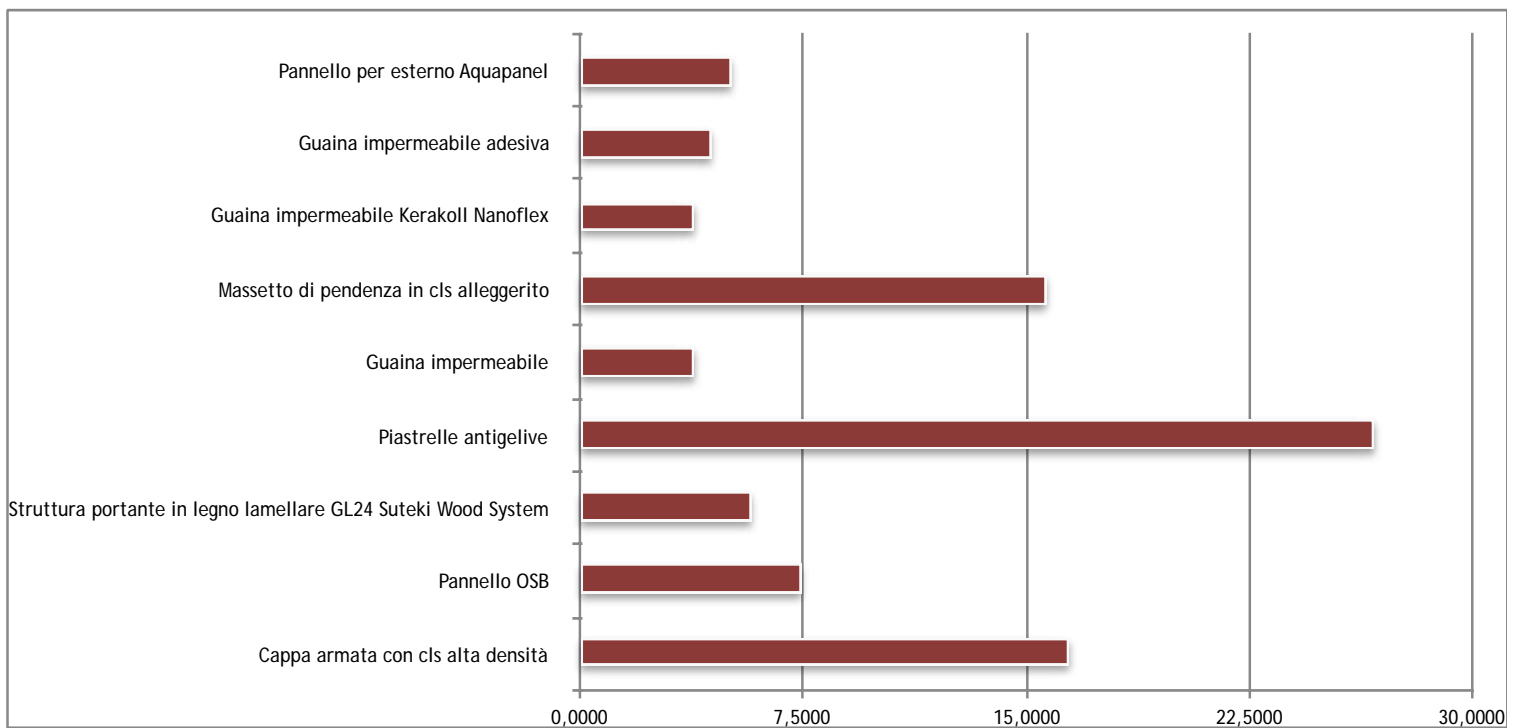
'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	2.949,308	48,5206	263,2785	225,6673	111,2397	225,6673	411,6825	967,4185	589,0127	106,8211
Non renewable, fossil	MJ	1.516,816	38,1407	263,2785	225,6673	97,2852	225,6673	358,6180	83,7264	129,7569	94,6760
Non-renewable, nuclear	MJ	65,3811	3,2930	0,0000	0,0000	6,7448	0,0000	32,2910	3,5048	12,9031	6,6444
Non-renewable, biomass	MJ	1,5262	0,0011	0,0000	0,0000	0,0031	0,0000	0,0068	0,1608	0,0513	1,3030
Renewable, biomass	MJ	1.339,423	5,6106	0,0000	0,0000	3,0717	0,0000	6,5920	878,6454	443,7618	1,7423
Renewable, wind, solar, geother	MJ	3,9735	0,2039	0,0000	0,0000	0,4483	0,0000	2,2412	0,2319	0,4057	0,4425
Renewable, water	MJ	22,1876	1,2714	0,0000	0,0000	3,6865	0,0000	11,9335	1,1492	2,1341	2,0128

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S5 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Struttura Suteki Wood System e del pannello OSB in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 2.949,3083 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

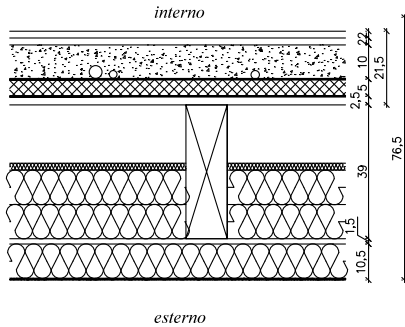


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene resin, at plant/ RNA	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	89,0966	5,0643	4,4253	3,7931	15,6668	3,7931	26,7149	5,7819	7,4440	16,4133

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S5, equivale ad un totale di 89,0966 kg CO<sub>2</sub> eq.

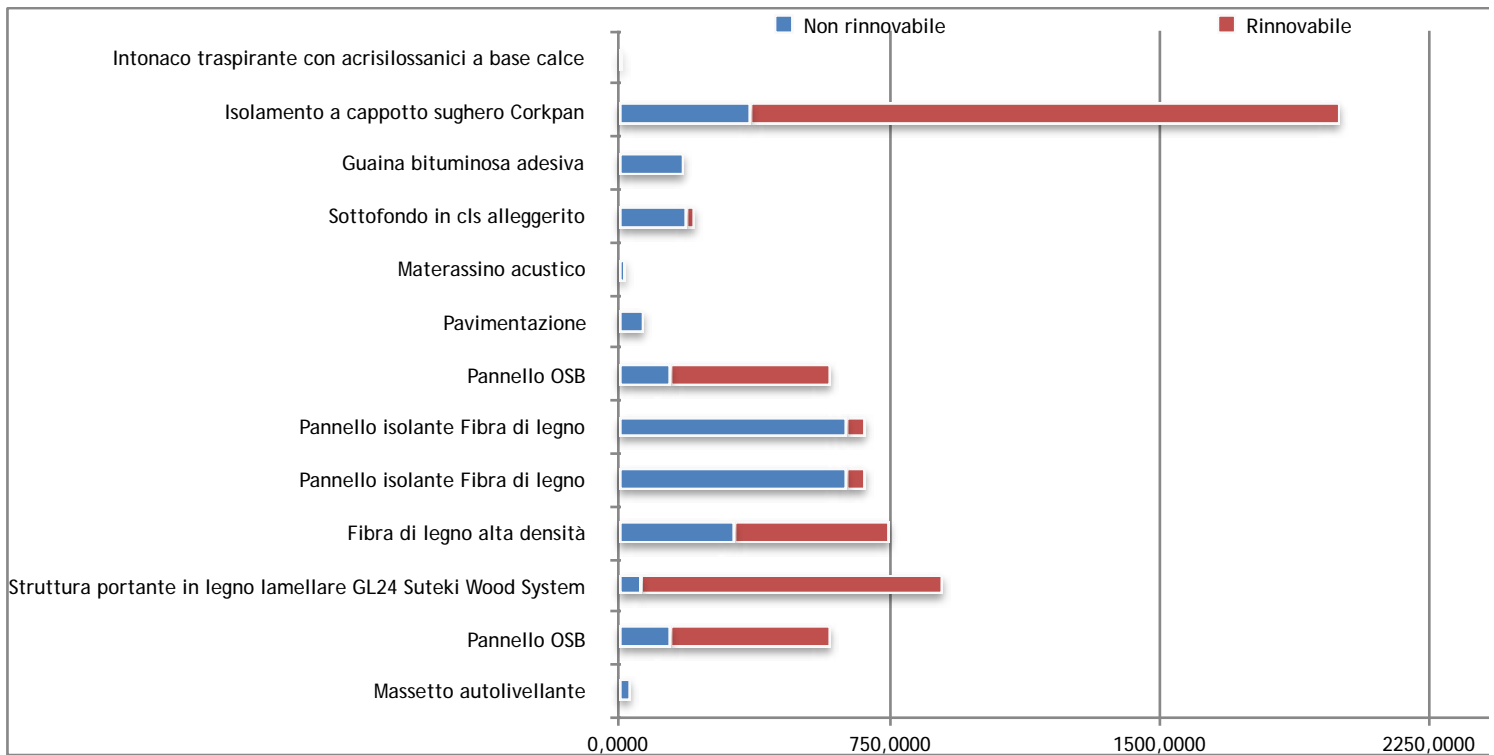
Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Piastrelle antigelive' mentre quello minore dalla 'Guaina impermeabile'.

12.1.7 S6 Solaio da interno riscaldato verso esterno



- da sotto (esterno) a sopra (interno riscaldato) - spessore 765 mm:
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;
  - Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica λD=0,039 W/mK;
  - Pannello di OSB da 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
  - Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
  - Pannello isolante in Fibra di legno, densità 110 kg/mc spessore 100 mm;
  - Isolante in fibra di legno ad alta densità, 200 kg/mc spessore 20 mm
  - Pannello OSB spessore 25mm;
  - Guaina impermeabile adesiva;
  - Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc λ<sub>v</sub> 0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
  - Materassina acustica
  - Massetto autolivellante 20mm;
  - Pavimentazione + colla 20mm.

'Cumulative Energy demand' (CED)

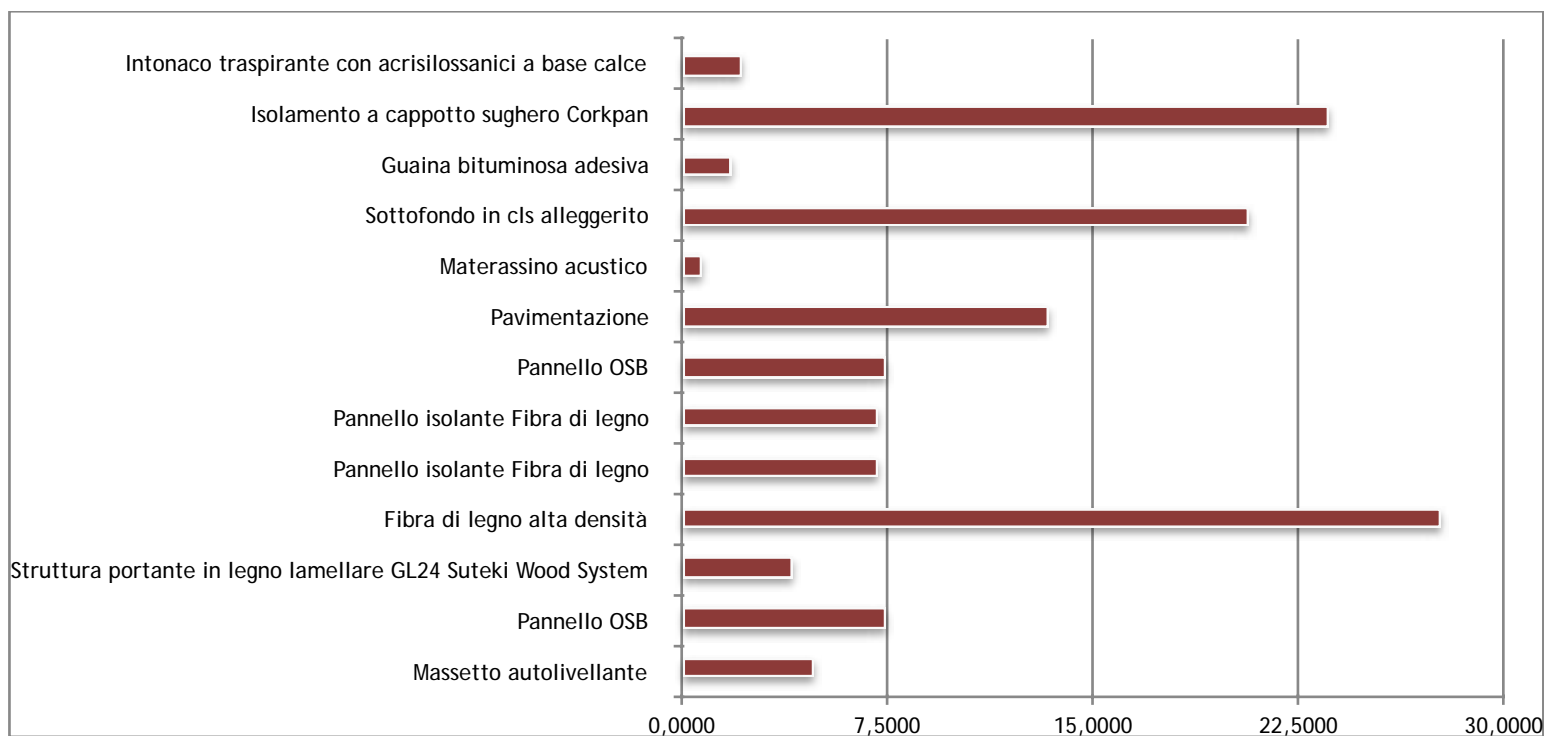


Impact category	Unit	Total	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Lightweight concrete block, expanded clay {GLO} market for   Alloc Def, S	Polyethylene terephthalate fibres (PET), via dimethyl terephthalate (DMT), prod. mix, EU-27 S	Cement tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, soft {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, soft {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, hard {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, raw, air dried {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	6.715,139	14,2199	2.001,458	183,4460	207,3590	17,5278	72,7719	589,0127	682,3429	682,3429	747,0688	895,3531	589,0127	33,2232
Non-renewable, fossil	MJ	1.594,938	11,7504	330,5869	177,7690	179,3623	14,9335	64,8644	129,7569	87,9938	87,9938	291,3069	58,9338	129,7569	29,9298
Non-renewable, nuclear	MJ	1.202,852	0,8146	35,4703	0,8448	6,8768	2,2118	3,2943	12,9031	545,5815	545,5815	32,1838	2,2225	12,9031	1,9645
Non-renewable, biomass	MJ	3,2262	0,0007	0,0771	0,0058	0,0090	0,0000	0,0008	0,0513	0,8802	0,8802	0,9049	0,1523	0,0513	0,2125
Renewable, biomass	MJ	3.869,838	1,1944	1.623,384	4,5319	17,9619	0,0000	2,4494	443,7617	43,6338	43,6338	411,9657	833,1773	443,7617	0,3827
Renewable, wind, solar, geother	MJ	7,6105	0,0554	2,2238	0,0450	0,4577	0,1092	0,2264	0,4057	0,6001	0,6001	2,2063	0,1444	0,4057	0,1310
Renewable, water	MJ	36,6734	0,4045	9,7163	0,2494	2,6914	0,2733	1,9366	2,1341	3,6535	3,6535	8,5011	0,7229	2,1341	0,6026

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S6 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia quasi allo stesso livello di quello derivante da fonti rinnovabili.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 6.715,1395 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)



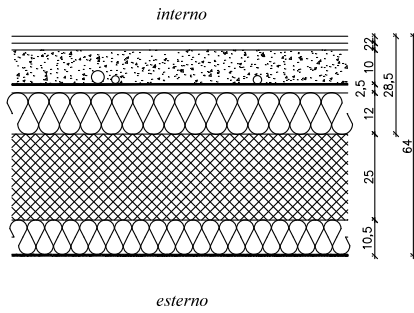
Impact category	Unit	Total	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Lightweight concrete block, expanded clay {GLO} market for   Alloc Def, S	Polyethylene terephthalate fibres (PET), via dimethyl terephthalate (DMT), prod. mix, EU-27 S	Cement tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, soft {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, soft {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibreboard, hard {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, raw, air dried {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	127,9229	2,1317	23,6102	1,7739	20,6946	0,6912	13,4114	7,4440	7,0944	7,0944	27,7303	4,0481	7,4440	4,7547

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S6, equivale ad un totale di 127,9229 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Fibra di legno alta densità' mentre quello minore dal 'Materassino acustico'.



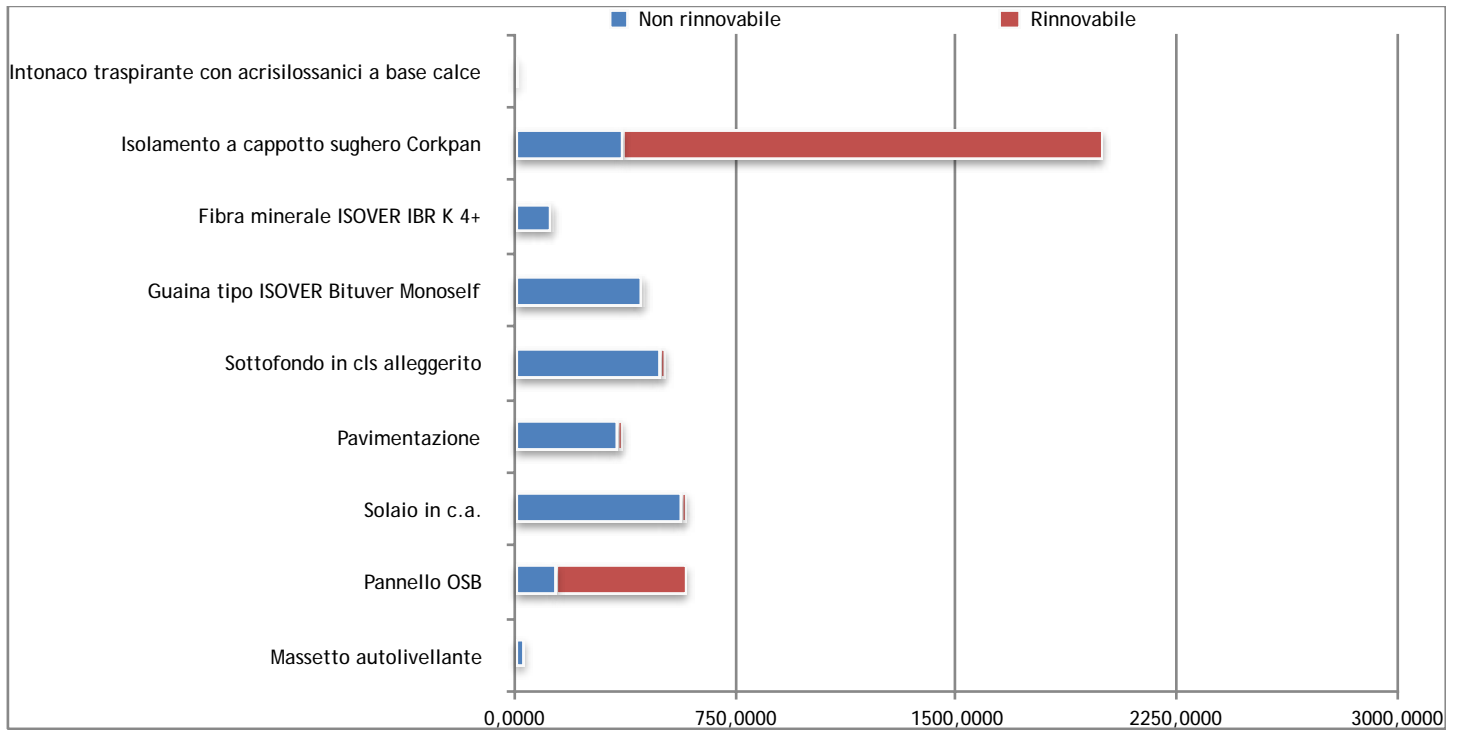
12.1.8 S7 Solaio piano primo in c.a. verso esterno



da sotto a sopra - spessore 640 mm:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica λD=0,039 W/mK;
- Solaio in c.a. - sp. 250 mm;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+ λ<sub>0</sub> 0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 3,0, interposti a struttura lignea, spessore 120mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Guaina tipo ISOVER Bituver Monoself spessore 3mm μ 20000 - 3,5 kg/mq;
- Sottofondo in cls alleggerito densità 400daN/mc λ<sub>0</sub> 0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 3,33 per il passaggio degli impianti a pavimento 100mm;
- Massetto autolivellante 20mm;
- Pavimentazione + colla 20mm.

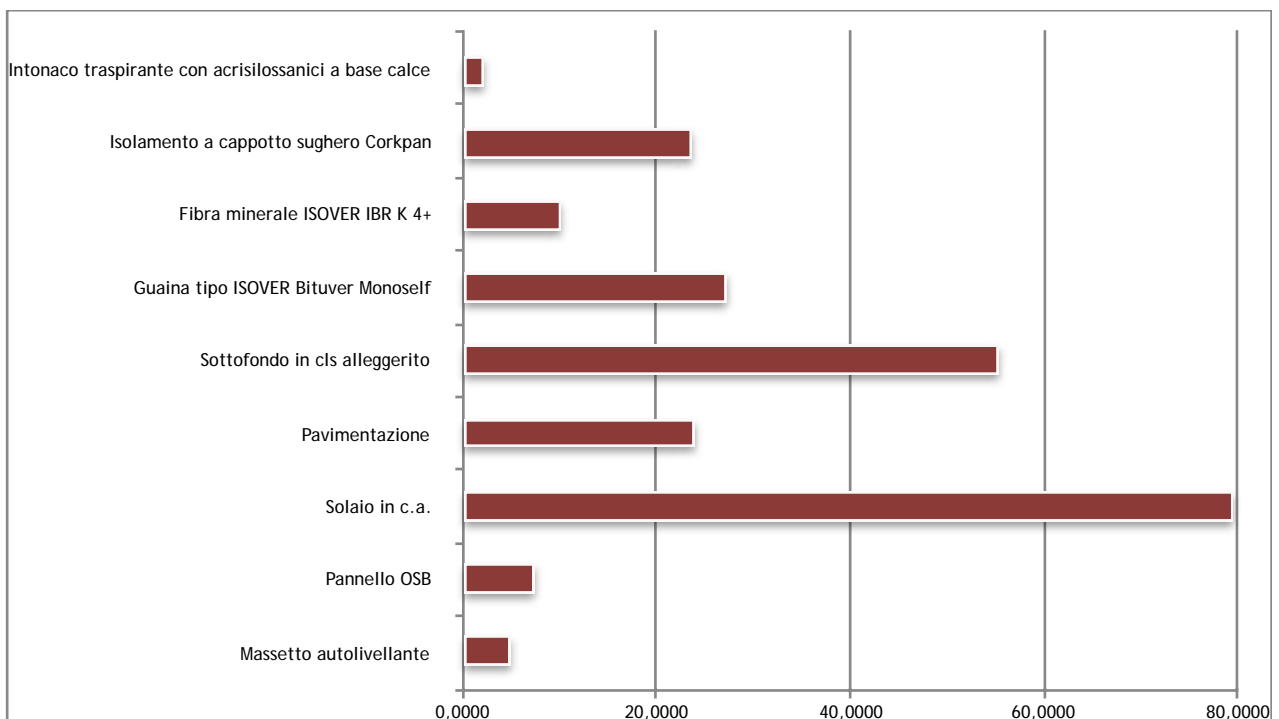
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded {GLO} market for   Alloc Def, U	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO} market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	4.671,354	14,2199	2.001,458	133,7043	440,6140	508,7457	366,3974	583,9793	589,0127	33,2232
Non renewable, fossil	MJ	2.334,468	11,7504	330,5869	116,1543	383,0565	469,4015	319,1700	544,6622	129,7569	29,9298
Non-renewable, nuclear	MJ	179,6165	0,8146	35,4703	6,7880	45,7726	25,2959	28,7390	21,8685	12,9031	1,9645
Non-renewable, biomass	MJ	0,3605	0,0007	0,0771	0,0031	0,0025	0,0030	0,0061	0,0041	0,0513	0,2125
Renewable, biomass	MJ	2.100,040	1,1944	1.623,384	8,0825	6,9805	5,1526	5,8669	5,2352	443,7617	0,3827
Renewable, wind, solar, geoth	MJ	8,3619	0,0554	2,2238	0,4112	0,6891	0,9599	1,9946	1,4914	0,4057	0,1310
Renewable, water	MJ	48,5070	0,4045	9,7163	2,2652	4,1128	7,9328	10,6208	10,7179	2,1341	0,6026

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S7 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Isolamento a cappotto con sughero Corkpan e del pannello OSB in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 4.671,3549 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

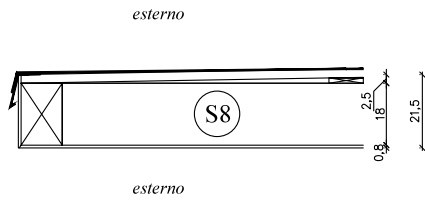


Impact category	Unit	Total	Base plaster {GLO}   market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO}   market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO}   market for   Alloc Def, U	Glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded {GLO}   market for   Alloc Def, U	Lightweight concrete block, polystyrene {GLO}   market for   Alloc Def, U	Ceramic tile {GLO}   market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO}   market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO}   market for   Alloc Def, U	Concrete, 20MPa {GLO}   market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	233,4322	2,1317	23,6102	10,1683	27,0754	55,1077	23,7763	79,3639	7,4440	4,7547

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S7, equivale ad un totale di 233,4322 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Solaio in c.a.' mentre quello minore dall' 'Intonaco traspirante'.

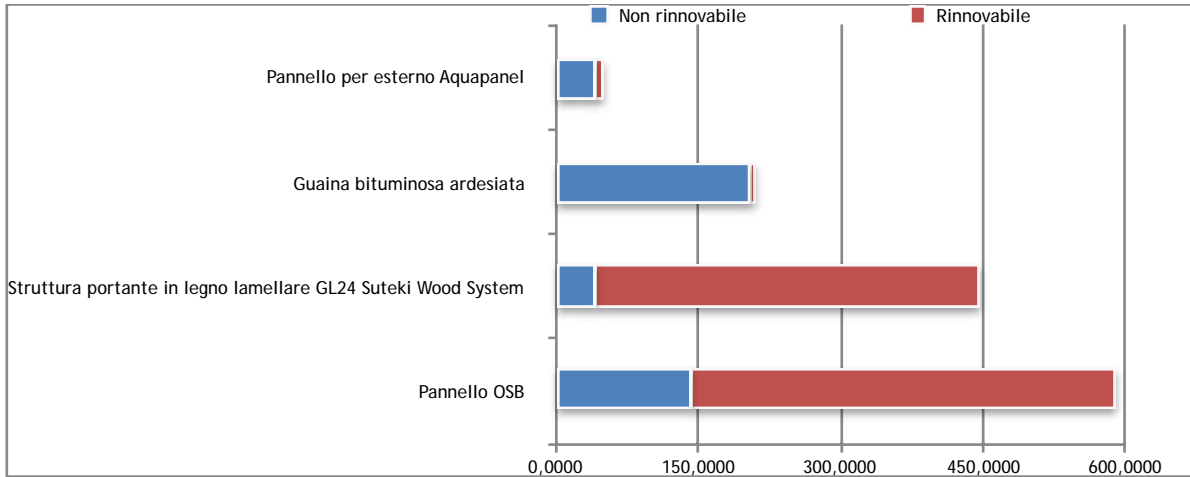
12.1.9 S8 Solaio sporto non calpestabile



da sotto a sopra - spessore 215 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 180mm-270mm;
- Pannello OSB inclinato spessore 25mm;
- Guaina ardesiata bituminosa.

‘Cumulative Energy demand’ (CED)

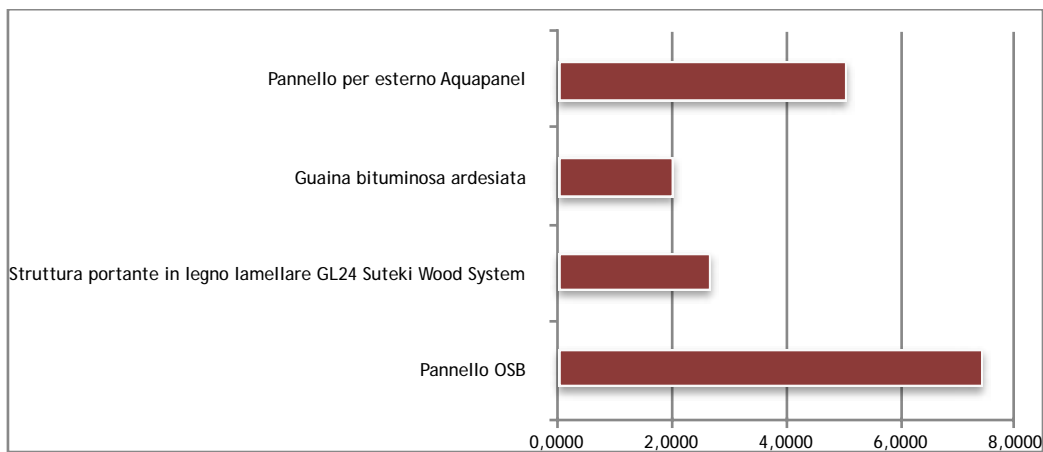


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO}  market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO}  market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO}  market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO}  market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1.293,686	48,5206	209,6526	446,5009	589,0128
Non renewable, fossil	MJ	409,7052	38,1407	203,1646	38,6430	129,7569
Non-renewable, nuclear	MJ	18,7791	3,2930	0,9655	1,6176	12,9031
Non-renewable, biomass	MJ	0,1332	0,0011	0,0066	0,0742	0,0513
Renewable, biomass	MJ	860,0803	5,6106	5,1794	405,5286	443,7618
Renewable, wind, solar, geother	MJ	0,7681	0,2039	0,0515	0,1070	0,4057
Renewable, water	MJ	4,2209	1,2714	0,2851	0,5304	2,1341

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S8 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata con quella derivante da fonti rinnovabili, basti notare i casi della struttura portante Suteki Wood System e del pannello OSB.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.293,6869 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

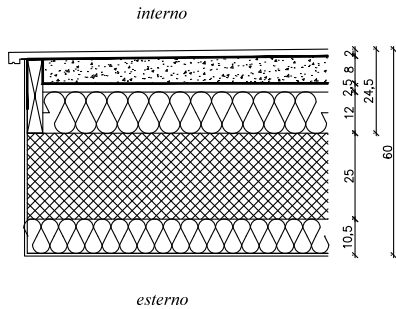


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	17,2041	5,0643	2,0273	2,6686	7,4440

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S8, equivale ad un totale di 17,2041 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannello OSB' mentre quello minore dalla 'Guaina bituminosa ardesiata'.

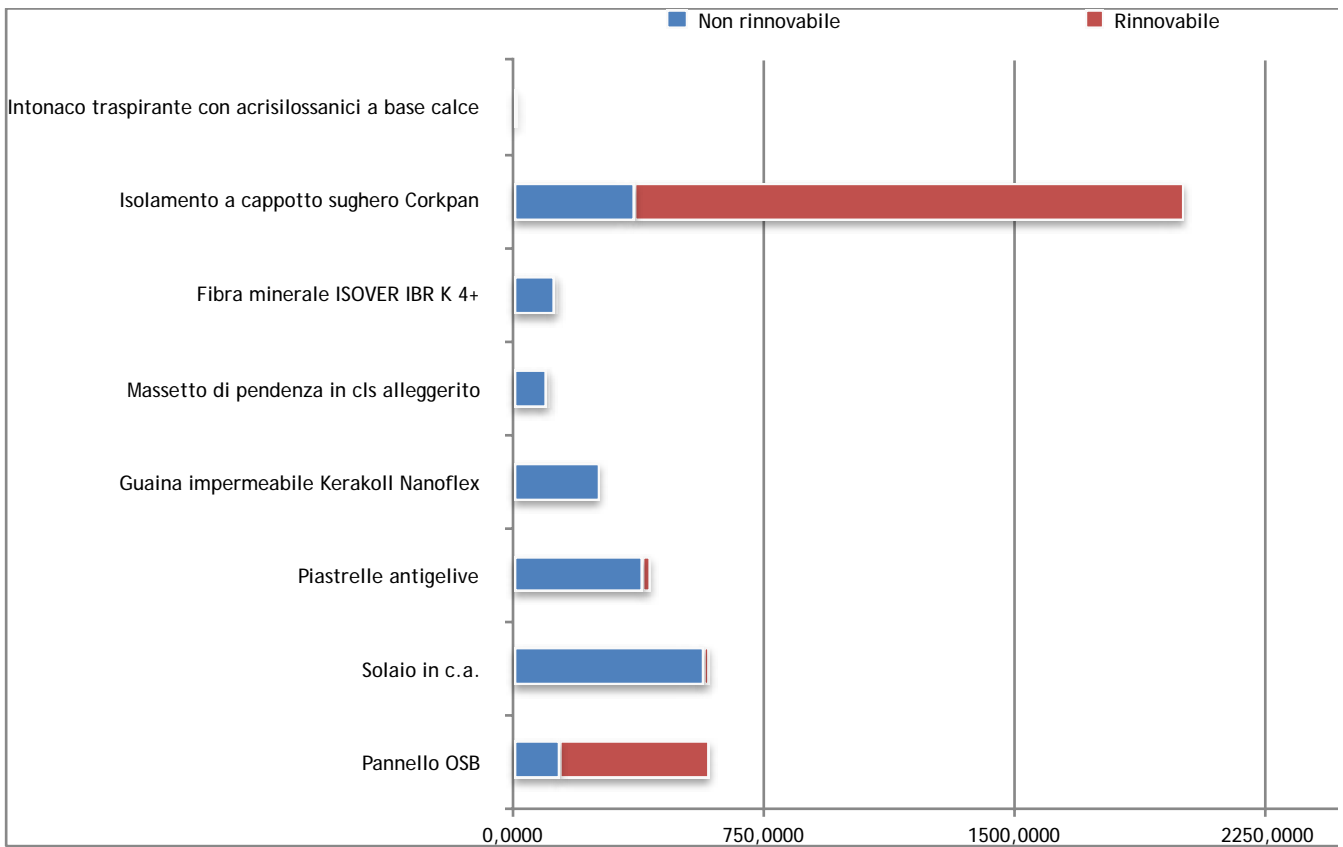
12.1.10 S9 Solaio balcone piano primo



da sotto a sopra - spessore 600 mm:

- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica λD=0,039 W/mK;
- Solaio in c.a. - sp. 250 mm;
- Sistema di isolamento in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+ λ<sub>v</sub> 0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 3,0, interposti a struttura lignea, spessore 120mm;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Massetto di pendenza (1%) in cls alleggerito densità 400daN/mc λ<sub>v</sub> 0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 3,33 (spessore max 80mm);
- Guaina impermeabile tipo Kerakoll Nanoflex - Peso specifico dell'impasto 1,5 kg/dm<sup>3</sup>, coeff. di resistenza alla diffusione del vapore μ<=825, spessore approssimativo 2-3mm, incluso risvolto su frontalino;
- Piastrelle con rivestimento antigelivo.

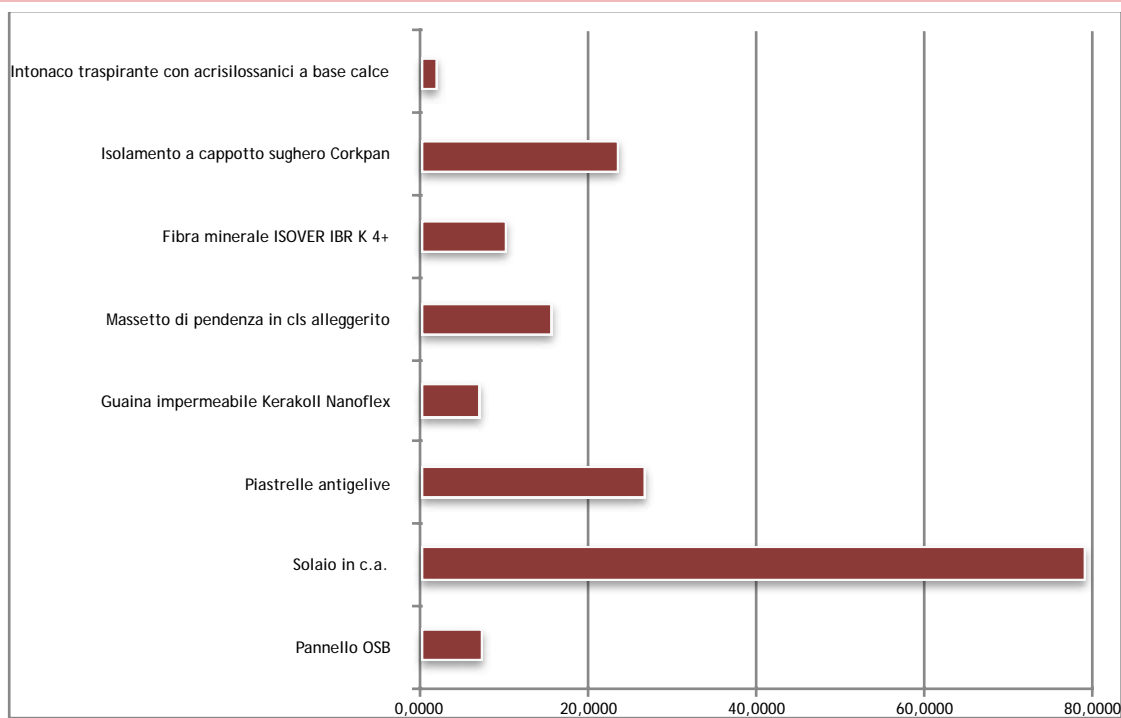
'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	4.105,229	14,2199	2.001,458	133,7043	111,2397	259,9321	411,6825	583,9793	589,0127
Non renewable, fossil	MJ	1.828,230	11,7504	330,5869	116,1543	97,2852	239,4167	358,6180	544,6622	129,7569
Non-renewable, nuclear	MJ	134,3419	0,8146	35,4703	6,7880	6,7448	17,4616	32,2910	21,8685	12,9031
Non-renewable, biomass	MJ	0,1463	0,0007	0,0771	0,0031	0,0031	0,0000	0,0068	0,0041	0,0513
Renewable, biomass	MJ	2.091,322	1,1944	1.623,384	8,0825	3,0717	0,0004	6,5920	5,2352	443,7618
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	8,1401	0,0554	2,2238	0,4112	0,4483	0,8633	2,2412	1,4914	0,4057
Renewable, water	MJ	43,0482	0,4045	9,7163	2,2652	3,6865	2,1902	11,9335	10,7179	2,1341

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S9 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Isolamento a cappotto con sughero Corkpan e del pannello OSB in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 4.105,2290 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

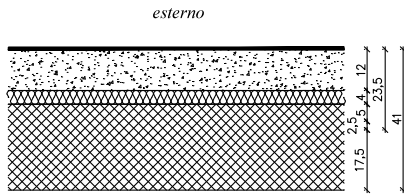


Impact category	Unit	Total	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Ceramic tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	172,1756	2,1317	23,6102	10,1683	15,6668	7,0758	26,7149	79,3639	7,4440

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S9, equivale ad un totale di 172,1756 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Solaio in c.a.' mentre quello minore dalla 'Guaina impermeabile'.

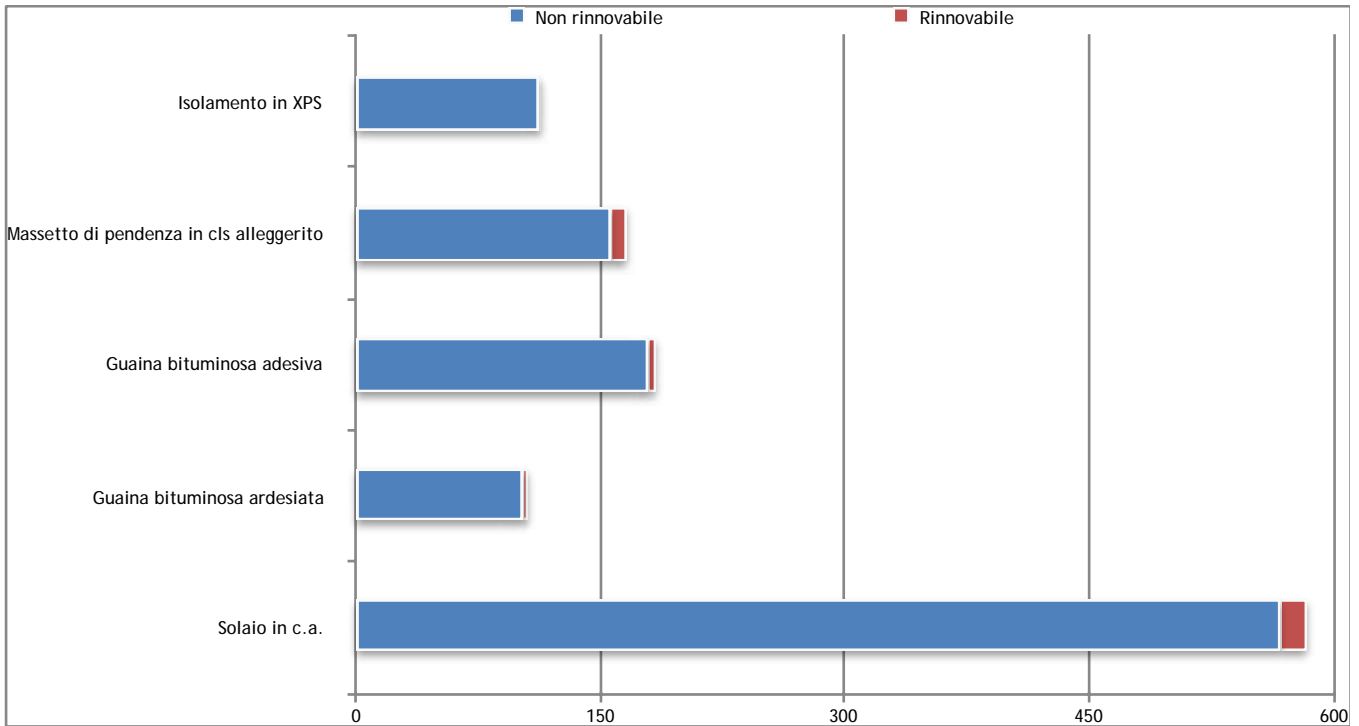
12.1.11 S10 Solaio di copertura su vano scala



da sotto a sopra - spessore 410 mm:

- Solaio in c.a. – sp. 250 mm;
- Isolamento in XPS spessore 40mm;
- Massetto di pendenza in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_w$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 spessore 120mm;
- Guaina bituminosa adesiva;
- Guaina bituminosa ardesiata.

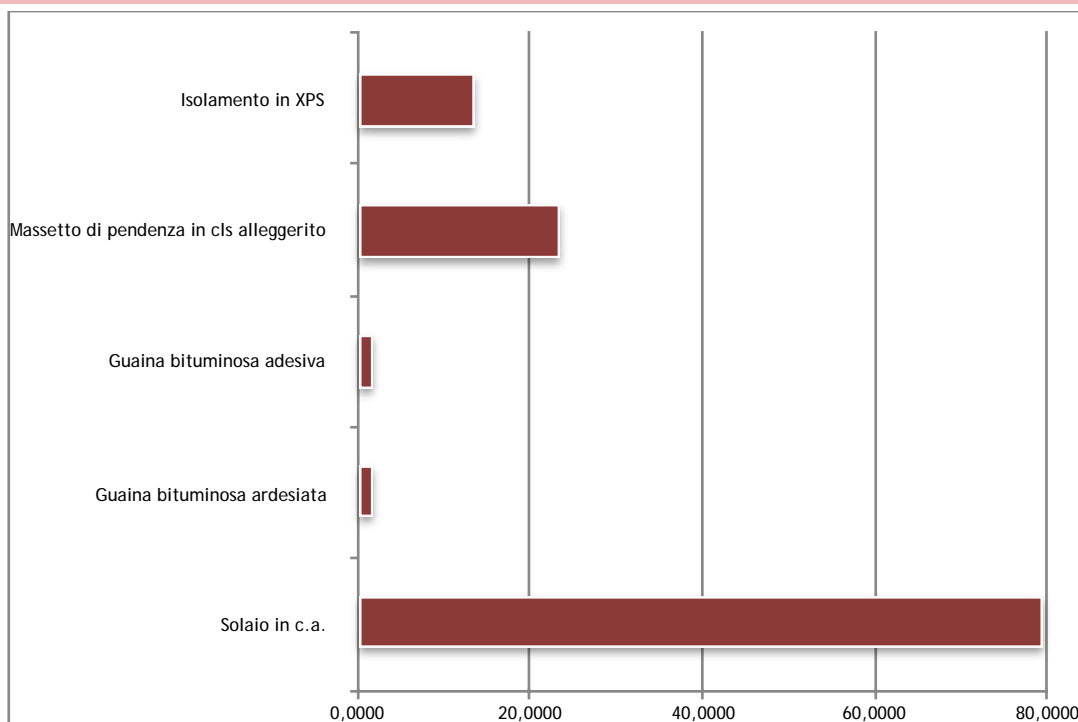
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Polystyrene foam slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1.153,304	113,3432	166,8595	183,4460	105,6767	583,9793
Non renewable, fossil	MJ	1.075,229	105,8291	145,9278	177,7690	101,0410	544,6622
Non-renewable, nuclear	MJ	40,6648	5,8986	10,1172	0,8448	1,9357	21,8685
Non-renewable, biomass	MJ	0,0177	0,0005	0,0046	0,0058	0,0028	0,0041
Renewable, biomass	MJ	17,2490	0,7058	4,6076	4,5319	2,1685	5,2352
Renewable, wind, solar, geother	MJ	2,4212	0,1240	0,6725	0,0450	0,0883	1,4914
Renewable, water	MJ	17,7228	0,7852	5,5298	0,2494	0,4405	10,7179

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S0 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia nettamente superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in tutte le sue componenti. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.041,1015 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)



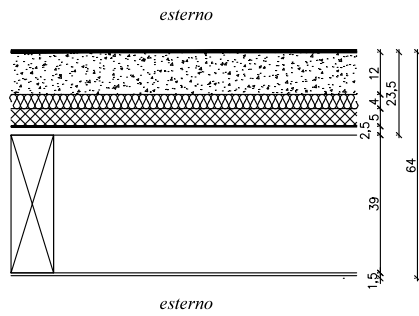
Impact category	Unit	Total	Polystyrene foam slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	111,1431	4,8459	23,5002	1,7739	1,6591	79,3639

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S10, equivale ad un totale di 119,7180 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Solaio in c.a.' mentre quello minore dalla 'Guaina bituminosa'.



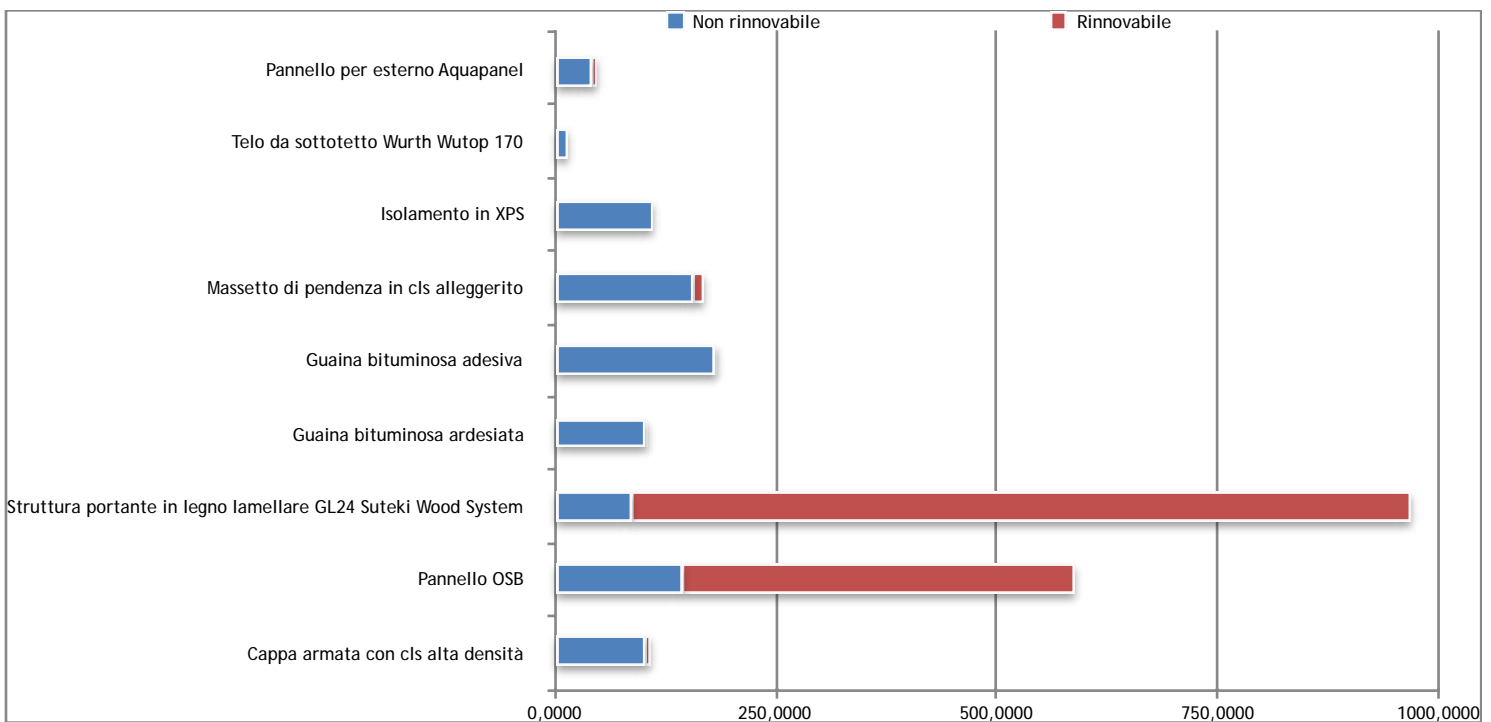
### 12.1.12 S11 Solaio di copertura piana su balcone



da sotto a sopra - spessore 640 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 Suteki Wood System;
- Pannello OSB spessore 25mm;
- Telo da sottotetto microporoso tipo Wurth Wutop 170, 170 gr/mq, permeabilità al vapore 1000gr/mq/24h, Sd 0,02 m
- Cappa armata con cls densità 2400kg/mc sp.50 mm;
- Isolamento in XPS spessore 40mm;
- Massetto di pendenza in cls alleggerito densità 400daN/mc  $\lambda_v$  0,58W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,33 spessore 120mm;
- Guaina bituminosa adesiva;
- Guaina bituminosa ardesiata.

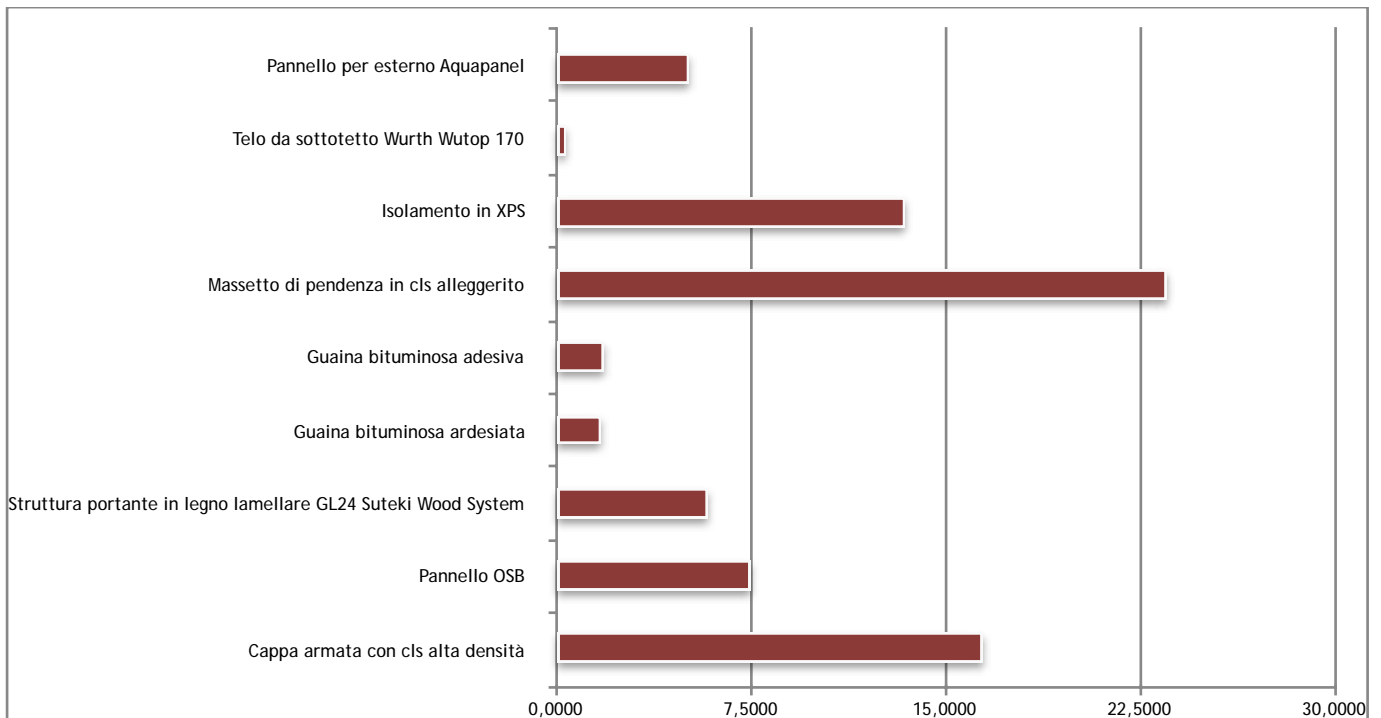
### 'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Polystyrene foam slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	2295,8280	48,5206	14,7295	113,3432	166,8595	183,4461	105,6767	967,4185	589,0127	106,8211
Non renewable, fossil	MJ	890,4340	38,1407	13,5669	105,8291	145,9278	177,7691	101,0410	83,7264	129,7569	94,6760
Non-renewable, nuclear	MJ	46,1311	3,2930	0,9895	5,8986	10,1172	0,8448	1,9357	3,5048	12,9031	6,6444
Non-renewable, biomass	MJ	1,5299	0,0011	0,0000	0,0005	0,0046	0,0058	0,0028	0,1608	0,0513	1,3030
Renewable, biomass	MJ	1341,7738	5,6106	0,0000	0,7058	4,6076	4,5319	2,1685	878,6454	443,7618	1,7423
Renewable, wind, solar, geother	MJ	2,2627	0,2039	0,0489	0,1240	0,6725	0,0450	0,0883	0,2319	0,4057	0,4425
Renewable, water	MJ	13,6965	1,2714	0,1241	0,7852	5,5298	0,2494	0,4405	1,1492	2,1341	2,0128

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico S11 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Struttura Suteki Wood System e del pannello OSB in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 2.293,9582 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

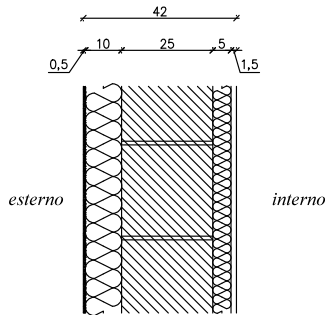


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Polypropylene fibres (PP), crude oil based, production mix, at plant, PP granulate without additives EU-27 S	Polystyrene foam slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Autoclaved aerated concrete block {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	66,8835	5,0643	0,4010	4,8459	23,5002	1,7739	1,6591	5,7819	7,4440	16,4133

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico S11, equivale ad un totale di 75,4588 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Massetto di pendenza in cls alleggerito' mentre quello minore dal 'Telo da sottotetto'.

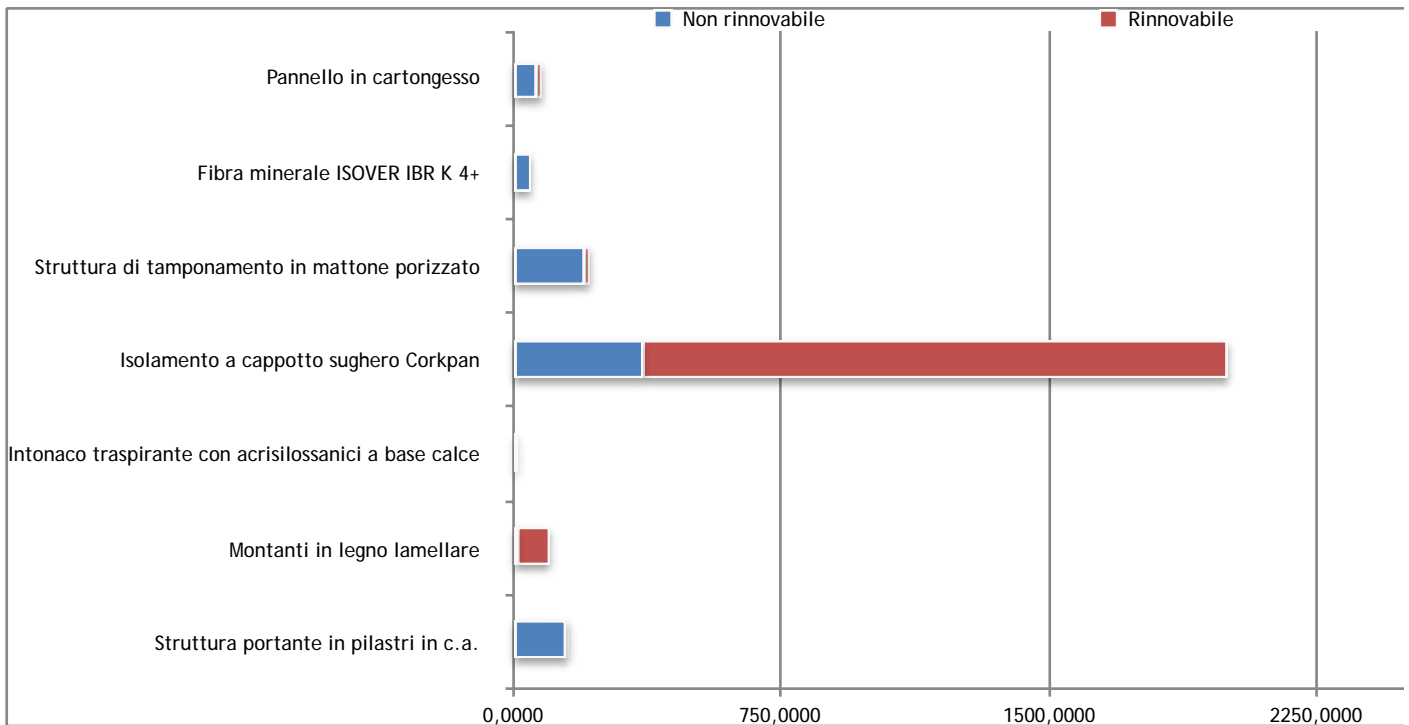
12.1.13 P1 Pareti perimetrali su parti abitative PT



dall'interno all'esterno - spessore 420mm:

- Pannello in cartongesso spessore 15 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm;
- Struttura portante in pilastri in c.a. 250mm/Struttura di tamponamento in mattone porizzato 250 mm Peso specifico 700-760 kg/mc  $\lambda_w$  0,13-0,23W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  10;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;

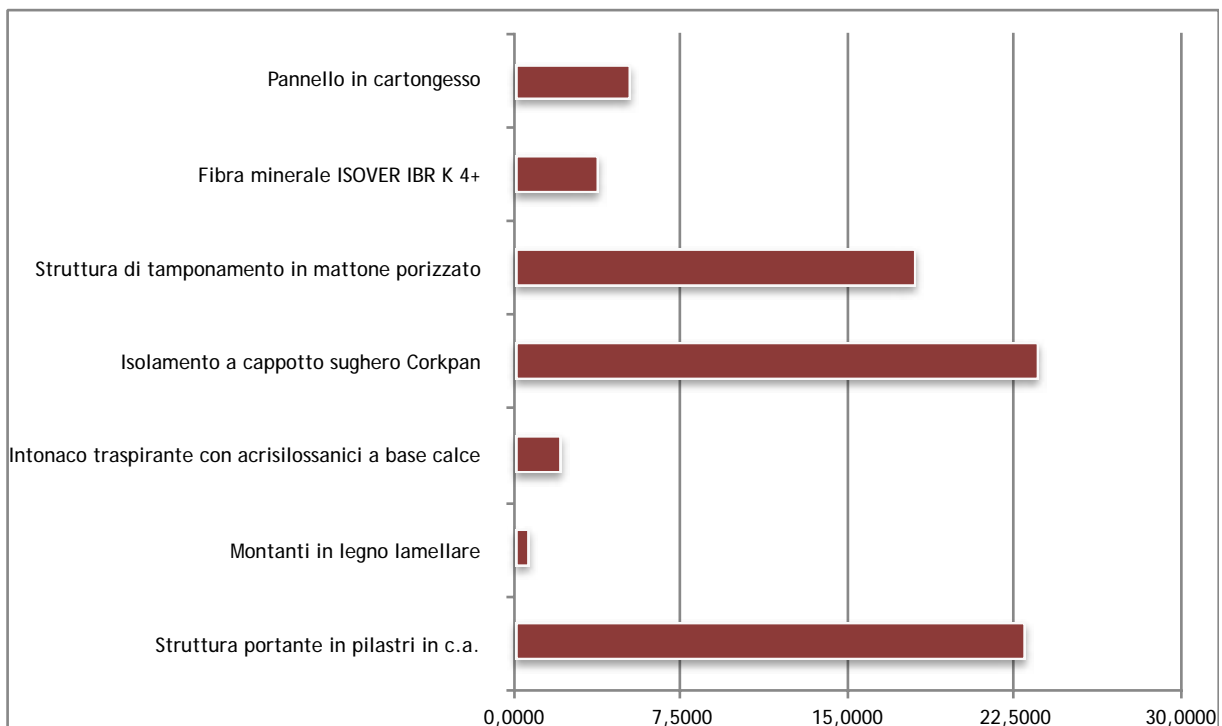
'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Brick {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	2.606,672	76,1559	50,1391	210,5662	2.001,458	14,2199	103,3567	150,7758
Non renewable, fossil	MJ	783,9383	58,2136	43,5579	194,5259	330,5869	11,7504	8,9451	136,3586
Non-renewable, nuclear	MJ	61,1350	5,0130	2,5455	7,2562	35,4703	0,8146	0,3744	9,6611
Non-renewable, biomass	MJ	0,2345	0,0106	0,0012	0,0025	0,0771	0,0007	0,0172	0,1252
Renewable, biomass	MJ	1.739,794	10,9342	3,0309	6,2351	1.623,384	1,1944	93,8724	1,1435
Renewable, wind, solar, geother	MJ	3,8535	0,3330	0,1542	0,4300	2,2238	0,0554	0,0248	0,6325
Renewable, water	MJ	17,7162	1,6516	0,8495	2,1166	9,7163	0,4045	0,1228	2,8550

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Isolamento a cappotto con sughero Corkpan e dei montanti in legno lamellare in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 2.606,6720 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

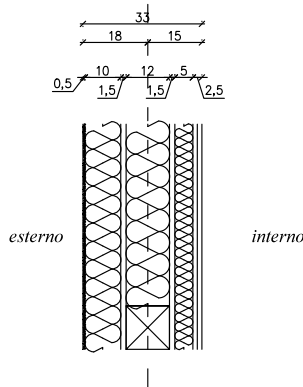


Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Brick {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	76,4396	5,2889	3,8131	18,0348	23,6102	2,1317	0,6177	22,9431

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico P1, equivale ad un totale di 76,4396 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Isolante a cappotto sughero Corkpan' mentre quello minore dai 'Montanti in legno lamellare'.

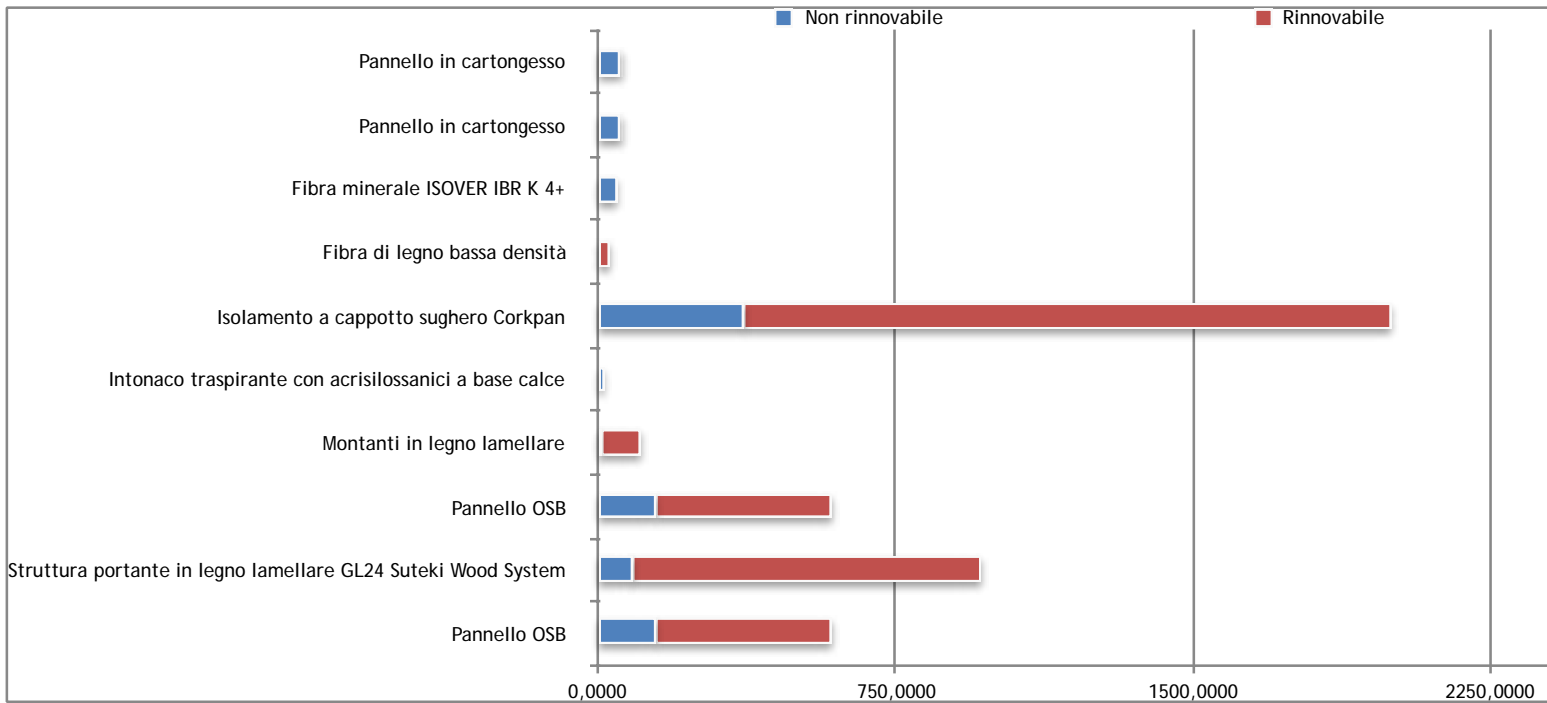
12.1.14 P2 Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lineea - Pareti intonacate



dall'interno all'esterno - spessore 330 mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 12,5+12,5 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, inpannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda=0,040\text{W/mK}$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038\text{W/(mK)}$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039\text{ W/mK}$ ;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;

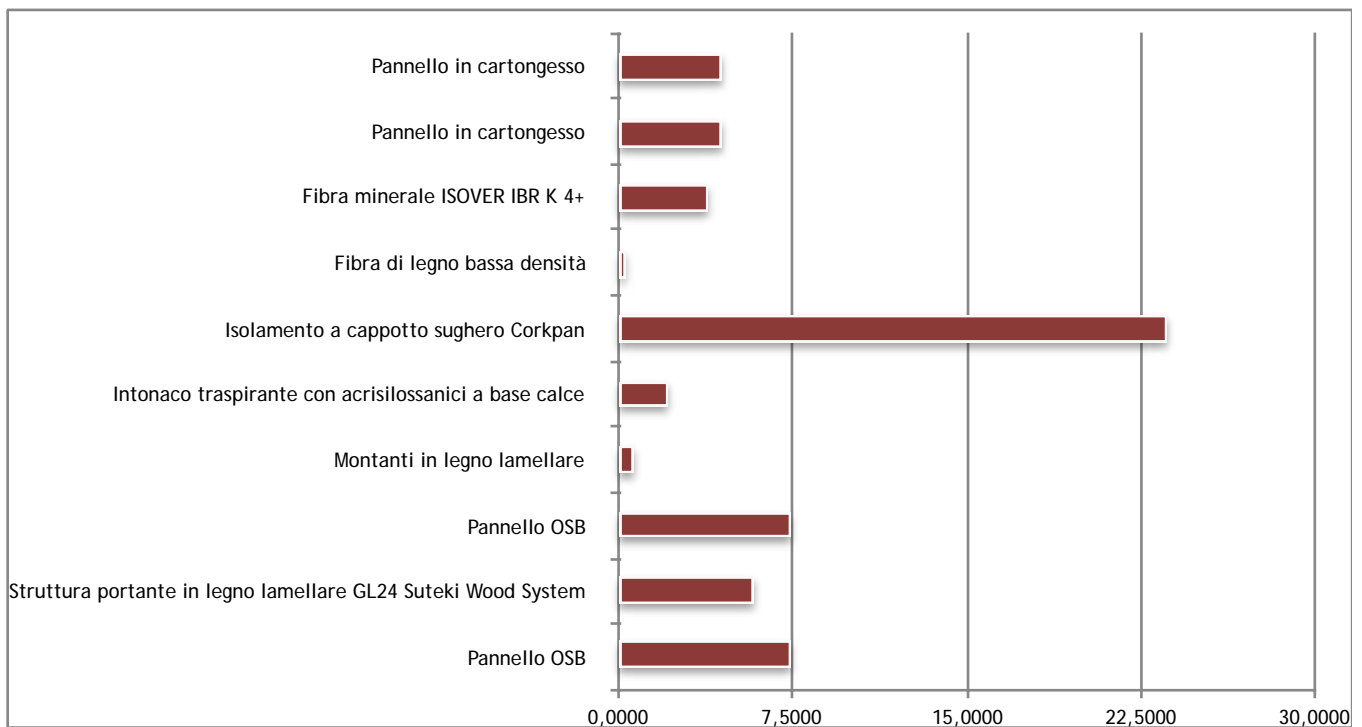
'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	4.473,018	63,4633	63,4633	50,1391	31,4741	2.001,458	14,2199	103,3567	589,0127	967,4186	589,0127
Non renewable, fossil	MJ	838,8235	48,5113	48,5113	43,5579	3,7204	330,5869	11,7504	8,9451	129,7569	83,7264	129,7569
Non-renewable, nuclear	MJ	77,4247	4,1775	4,1775	2,5455	0,5540	35,4703	0,8146	0,3744	12,9031	3,5048	12,9031
Non-renewable, biomass	MJ	0,3806	0,0088	0,0088	0,0012	0,0033	0,0771	0,0007	0,0172	0,0513	0,1608	0,0513
Renewable, biomass	MJ	3.532,881	9,1118	9,1118	3,0309	27,0074	1.623,384	1,1944	93,8724	443,7617	878,6454	443,7617
Renewable, wind, solar, geoth	MJ	4,0921	0,2775	0,2775	0,1542	0,0359	2,2238	0,0554	0,0248	0,4057	0,2319	0,4057
Renewable, water	MJ	19,4161	1,3763	1,3763	0,8495	0,1531	9,7163	0,4045	0,1228	2,1341	1,1492	2,1341

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P2 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Struttura Suteki Wood System, dei pannelli OSB e dell'isolamento a cappotto con sughero Corkpan in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 4.473,0187 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

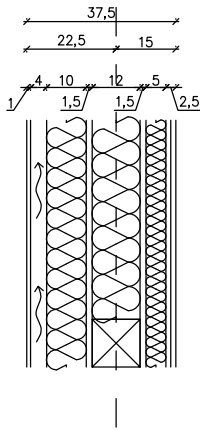


Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	59,9413	4,4074	4,4074	3,8131	0,2839	23,6102	2,1317	0,6177	7,4440	5,7819	7,4440

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico P2, equivale ad un totale di 59,9413 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Isolante a cappotto sughero Corkpan' mentre quello minore dalla 'Fibra di legno a bassa densità'.

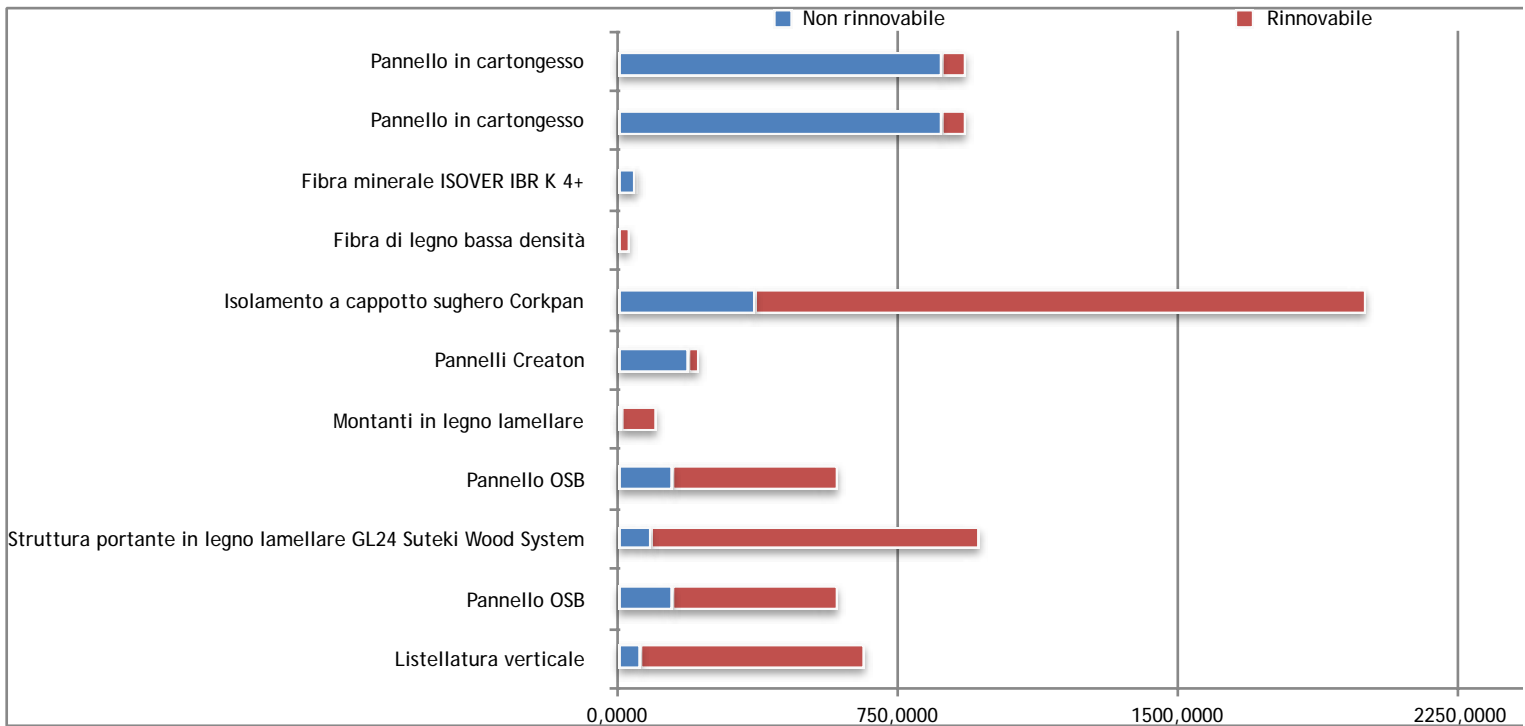
12.1.15 P3 Pareti perimetrali su parti abitative a struttura lignea - Pareti ventilate



dall'interno all'esterno - spessore 375 mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 12,5+12,5 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D=0,040\text{W/mK}$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli mediante nastro tipo Wurth Eurasol;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038\text{W/(mK)}$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039\text{ W/mK}$ ;
- Listellatura verticale di sostegno 40mm;
- Pannelli creaton 10mm.

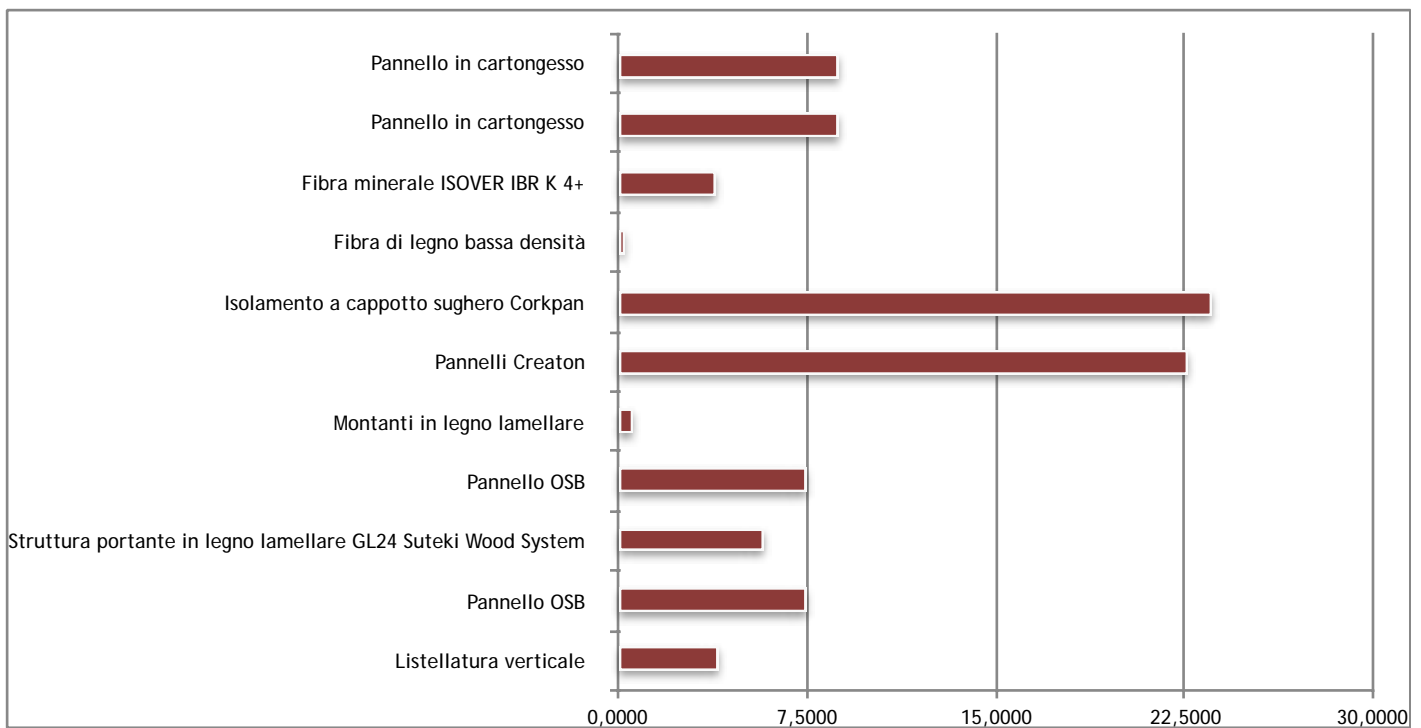
'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum fibreboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum fibreboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile, large format {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	7.067,206	927,4411	927,4411	50,1391	31,4741	2.001,458	218,9689	103,3567	589,0127	967,4185	589,0127	661,4828
Non renewable, fossil	MJ	1.169,383	104,6546	104,6546	43,5579	3,7204	330,5869	172,7748	8,9451	129,7569	83,7264	129,7569	57,2488
Non-renewable, nuclear	MJ	1.602,000	758,3646	758,3646	2,5455	0,5540	35,4703	14,6200	0,3744	12,9031	3,5048	12,9031	2,3964
Non-renewable, biomass	MJ	2,9319	1,2273	1,2273	0,0012	0,0033	0,0771	0,0052	0,0172	0,0513	0,1608	0,0513	0,1100
Renewable, biomass	MJ	4.255,085	57,8895	57,8895	3,0309	27,0074	1.623,384	25,0600	93,8724	443,7618	878,6454	443,7618	600,7832
Renewable, wind, solar, geoth	MJ	6,1199	0,7935	0,7935	0,1542	0,0359	2,2238	0,8924	0,0248	0,4057	0,2319	0,4057	0,1586
Renewable, water	MJ	31,6844	4,5116	4,5116	0,8495	0,1531	9,7163	5,6164	0,1228	2,1341	1,1492	2,1341	0,7858

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P3 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in alcuni casi prevale la componente rinnovabile come nell'isolamento a cappotto in sughero Corkpan, nei parti in legno lamellare e nei pannelli OSB. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 7.067,2061 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)



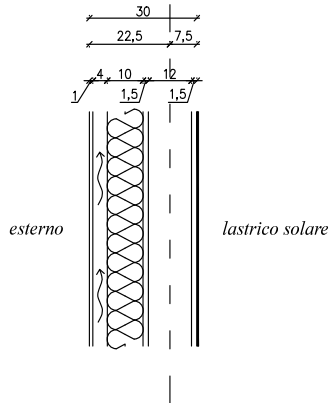
Impact category	Unit	Total	Gypsum fibreboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum fibreboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile, large format {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	93,0082	8,7256	8,7256	3,8131	0,2839	23,6102	22,6089	0,6177	7,4440	5,7819	7,4440	3,9534

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico P3, equivale ad un totale di 93,0082 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Isolante a cappotto sughero Corkpan' mentre quello minore dalla 'Fibra di legno a bassa densità'.

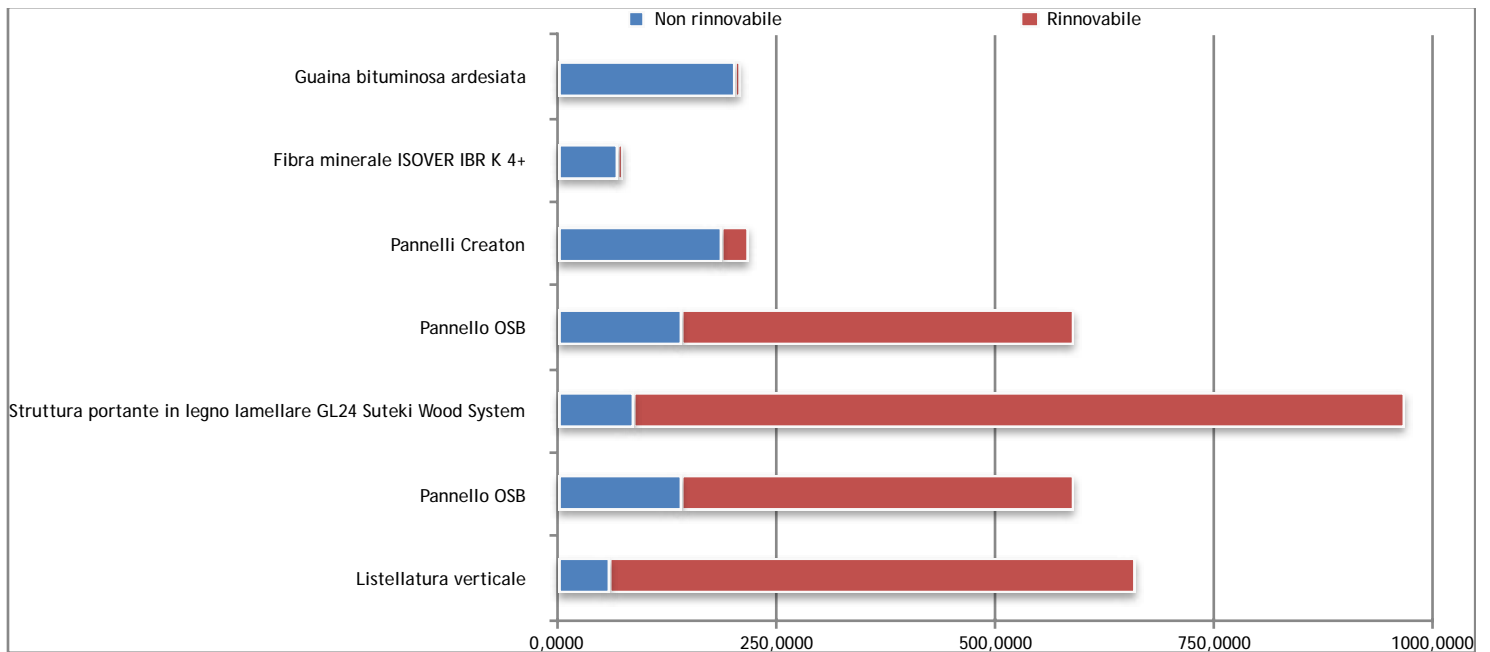


12.1.16 P4 Parapetti opachi in copertura - Pareti ventilate



- spessore 300 mm:
- Guaina bituminosa ardesiata;
  - Pannello di OSB spessore 15 mm;
  - Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
  - Pannello di OSB spessore 15 mm;
  - Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in lana di roccia, spessore 100 mm;
  - Listellatura verticale di sostegno 40mm;
  - Pannelli creaton 10mm.

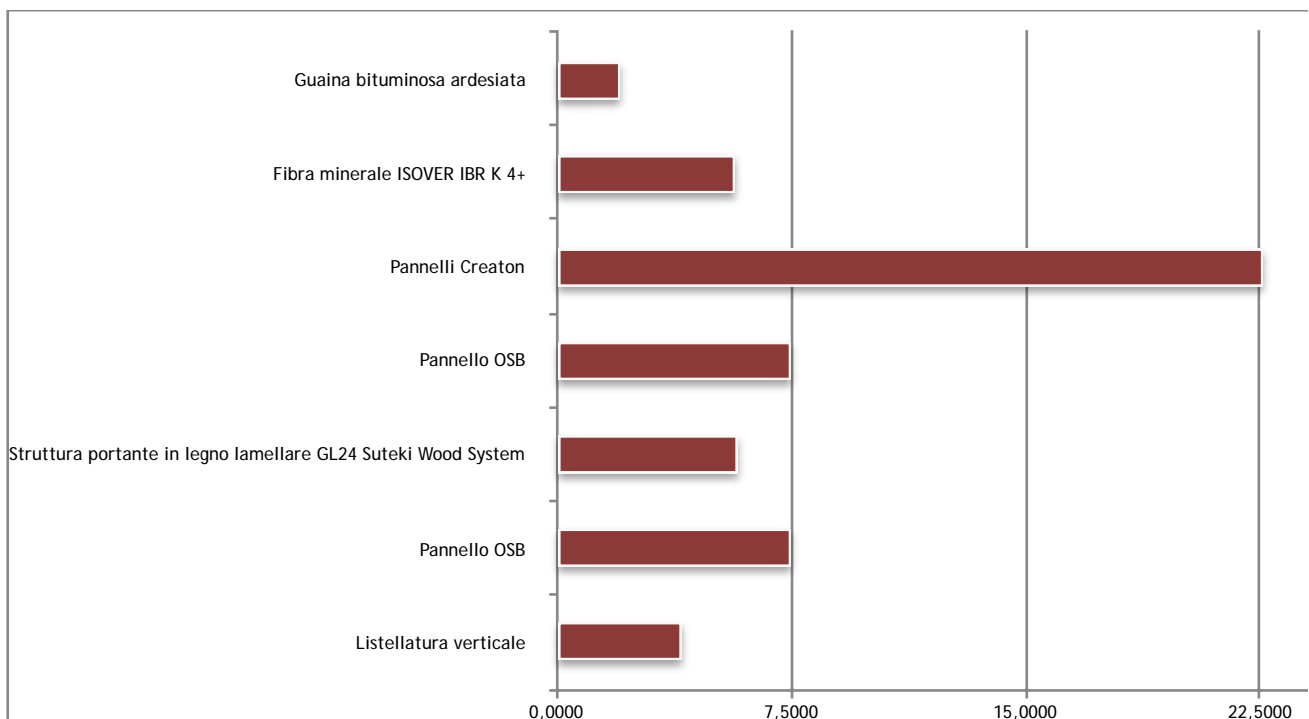
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile, large format {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	3.309,828	209,6526	74,2802	218,9688	589,0127	967,4186	589,0127	661,4828
Non renewable, fossil	MJ	840,9586	203,1646	64,5302	172,7748	129,7569	83,7264	129,7569	57,2488
Non-renewable, nuclear	MJ	51,0640	0,9655	3,7711	14,6200	12,9031	3,5048	12,9031	2,3964
Non-renewable, biomass	MJ	0,3870	0,0066	0,0017	0,0052	0,0513	0,1608	0,0513	0,1100
Renewable, biomass	MJ	2.401,681	5,1794	4,4903	25,0600	443,7617	878,6454	443,7617	600,7832
Renewable, wind, solar, geother	MJ	2,3742	0,0515	0,2284	0,8924	0,4057	0,2319	0,4057	0,1586
Renewable, water	MJ	13,3631	0,2851	1,2584	5,6164	2,1341	1,1492	2,1341	0,7858

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P4 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in alcuni casi prevale la componente rinnovabile come nelle parti in legno lamellare strutturali e non e nei pannelli OSB. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 3.309,8285 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

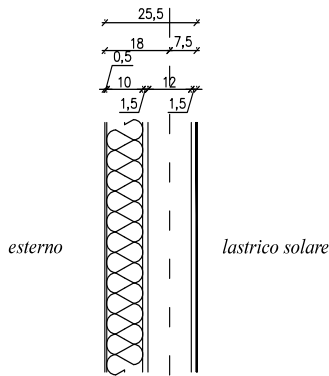


Impact category	Unit	Total	Bitumen adhesive compound, hot {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile, large format {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	54,9084	2,0273	5,6490	22,6089	7,4440	5,7819	7,4440	3,9534

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico P4, equivale ad un totale di 54,9084 kg CO<sub>2</sub> eq.

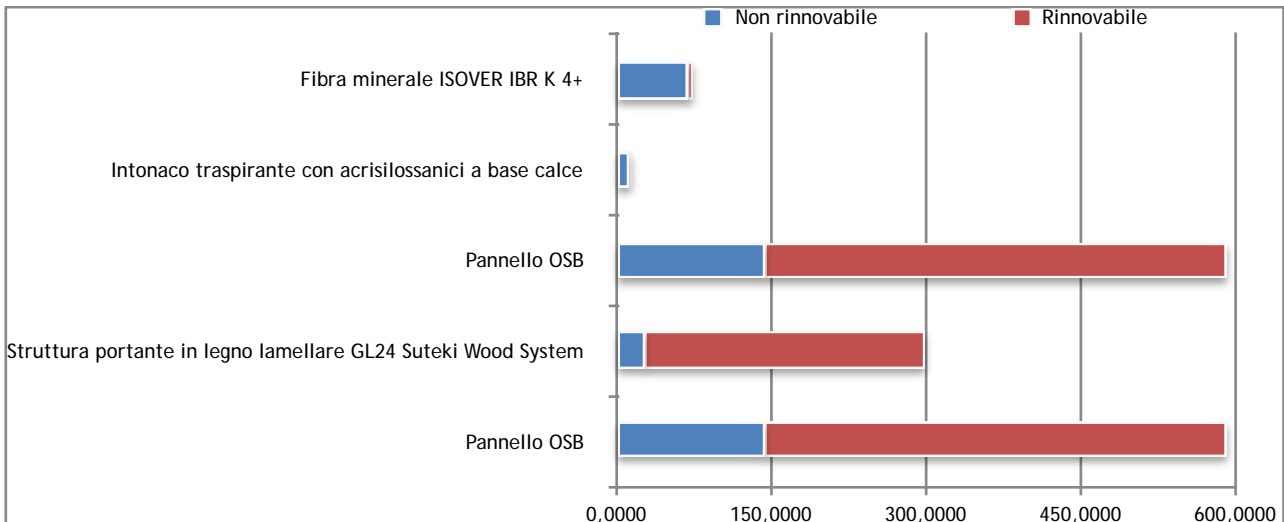
Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannelli Creaton' mentre quello minore dalla 'Guaina bituminosa ardesiata'.

12.1.17 P5 Parapetti opachi in copertura - Pareti intonacate



- spessore 255 mm:
- Pannello di OSB spessore 15 mm;
  - Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
  - Pannello di OSB spessore 15 mm;
  - Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in lana di roccia, spessore 100 mm;
  - Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm.

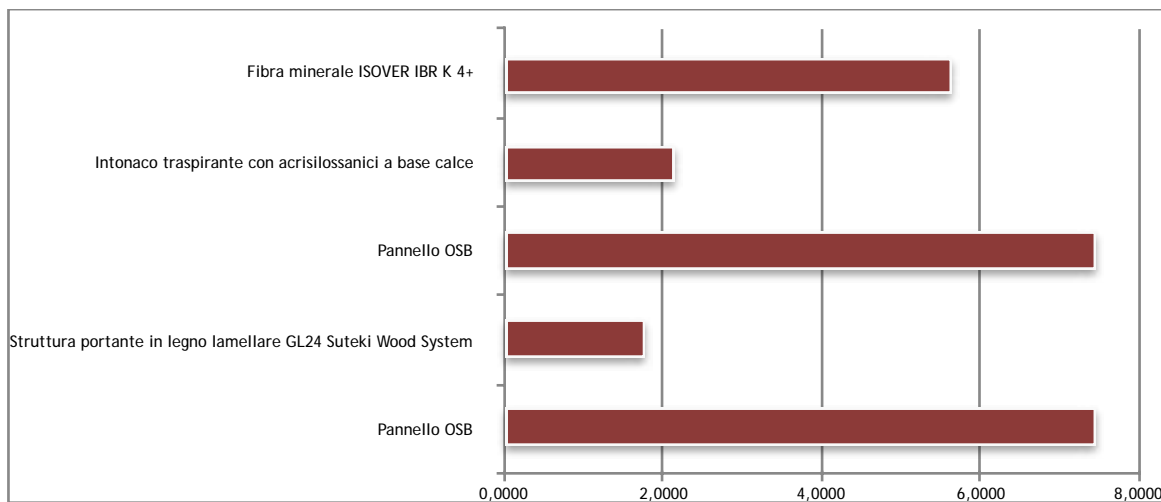
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Rock wool, packed {GLO}  market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO}  market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO}  market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO}  market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO}  market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1.564,192	74,2802	14,2199	589,0127	297,6672	589,0127
Non renewable, fossil	MJ	361,5563	64,5302	11,7504	129,7569	25,7620	129,7569
Non-renewable, nuclear	MJ	31,4703	3,7711	0,8146	12,9031	1,0784	12,9031
Non-renewable, biomass	MJ	0,1546	0,0017	0,0007	0,0513	0,0495	0,0513
Renewable, biomass	MJ	1.163,560	4,4903	1,1944	443,7617	270,3524	443,7617
Renewable, wind, solar, geother	MJ	1,1665	0,2284	0,0554	0,4057	0,0714	0,4057
Renewable, water	MJ	6,2847	1,2584	0,4045	2,1341	0,3536	2,1341

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P5 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in alcuni casi prevale la componente rinnovabile come nelle parti in legno lamellare strutturali e non e nei pannelli OSB. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.564,1929 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

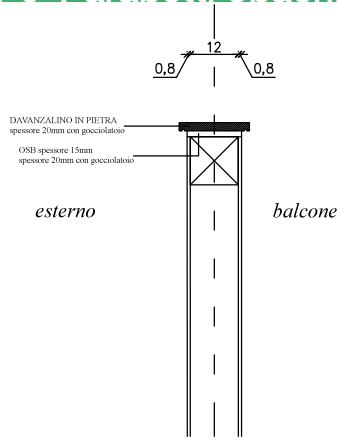


Impact category	Unit	Total	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	24,4477	5,6490	2,1317	7,4440	1,7790	7,4440

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico P5, equivale ad un totale di 24,4477 kg CO<sub>2</sub> eq.

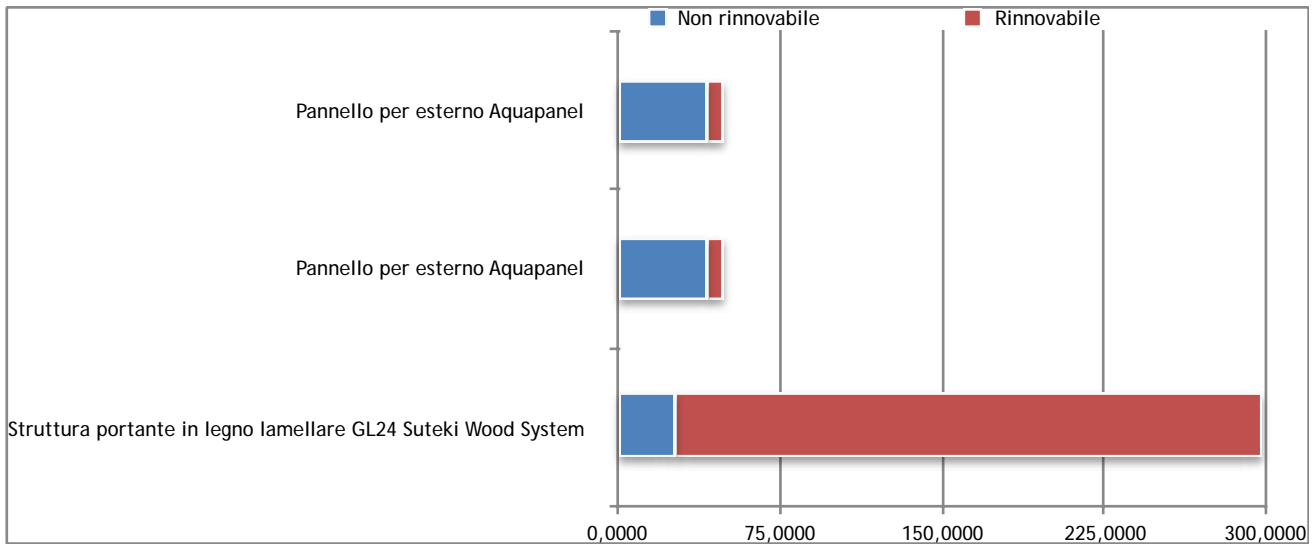
Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannelli OSB' mentre quello minore dalla 'Struttura portante Suteki Wood System'.

12.1.18 P6 Parapetti opachi balconi



- spessore 255 mm:
- Pannello per esterno tipo Aquapanel spessore 8mm;
  - Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
  - Pannello per esterno tipo Aquapanel spessore 8mm;

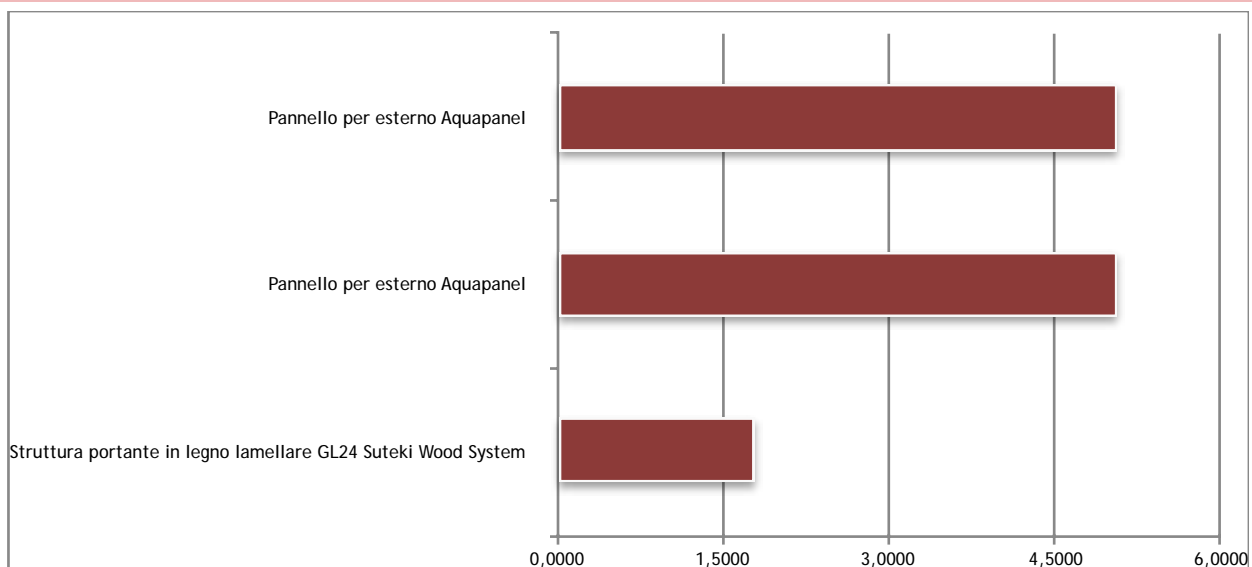
'Cumulative Energy demand' (CED)



Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	394,7085	48,5206	48,5206	297,6672
Non renewable, fossil	MJ	102,0434	38,1407	38,1407	25,7620
Non-renewable, nuclear	MJ	7,6643	3,2930	3,2930	1,0784
Non-renewable, biomass	MJ	0,0517	0,0011	0,0011	0,0495
Renewable, biomass	MJ	281,5736	5,6106	5,6106	270,3524
Renewable, wind, solar, geother	MJ	0,4791	0,2039	0,2039	0,0714
Renewable, water	MJ	2,8964	1,2714	1,2714	0,3536

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P6 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, nel caso specifico della struttura Suteki Wood System prevale la componente rinnovabile, viceversa per i pannelli per esterni Aquapanel. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 394,7085 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

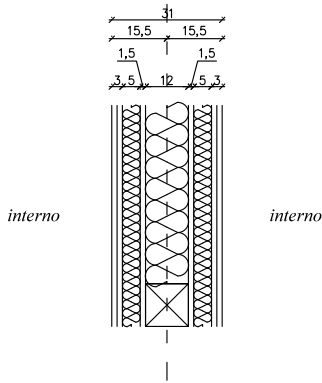


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	11,9076	5,0643	5,0643	1,7790

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico P6, equivale ad un totale di 11,9076 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannelli per esterno Aquapanel' mentre quello minore dalla 'Struttura portante Suteki Wood System'.

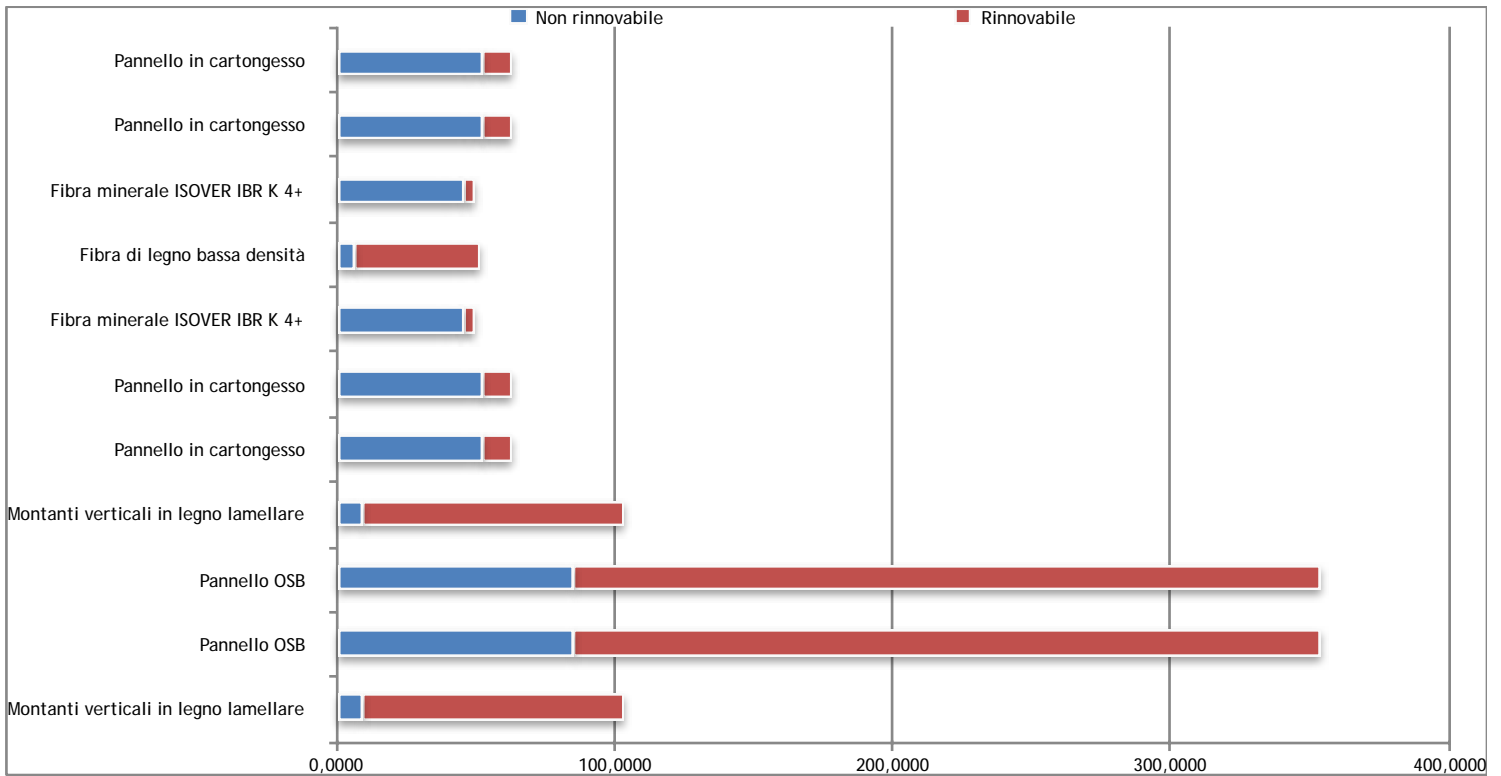
12.1.19 R1 Pareti interne tra unità abitative



Interno-interno - spessore 310mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 15+15 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D$  0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0;
- Membrana Antirumore su elementi verticali di fissaggio;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli mediante nastro tipo Wurth Eurasol;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038W/(mK)$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Membrana Antirumore su elementi verticali di fissaggio
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D$  0,040W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  3,0;
- Doppia pannellatura di cartongesso spessore 15+15 mm.

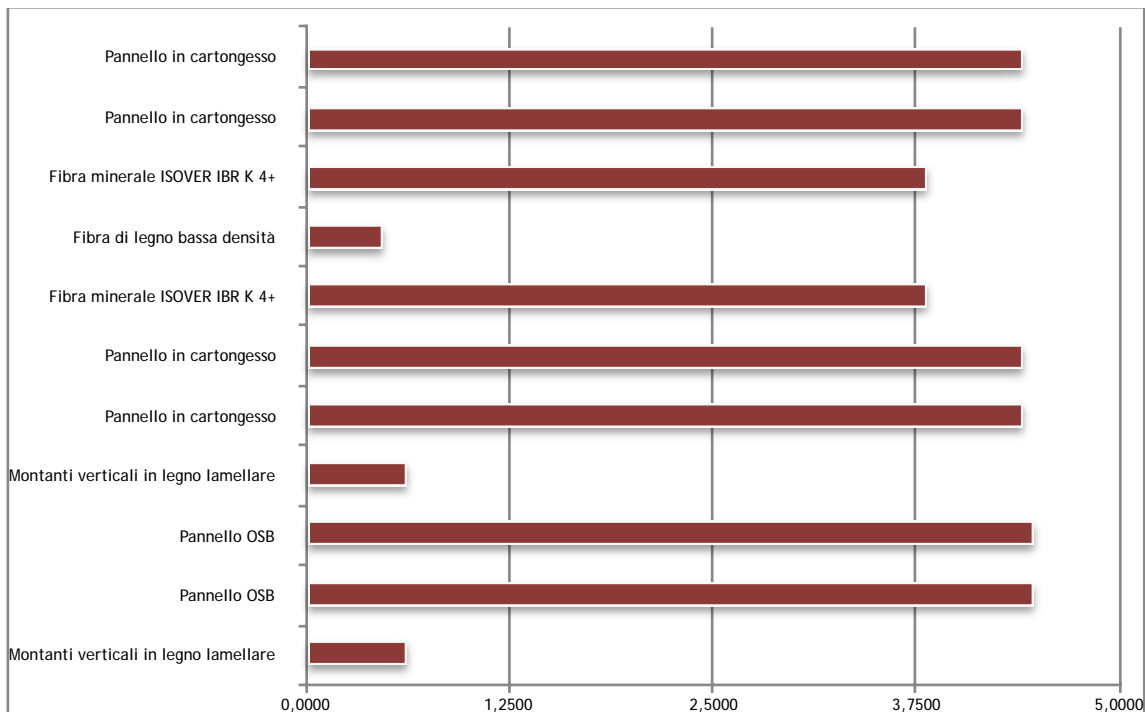
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1,319,256	63,4633	63,4633	50,1391	51,5968	50,1391	63,4633	63,4633	103,3567	353,4076	353,4076	103,3567
Non renewable, fossil	MJ	460,8584	48,5113	48,5113	43,5579	6,0990	43,5579	48,5113	48,5113	8,9451	77,8541	77,8541	8,9451
Non-renewable, nuclear	MJ	38,9418	4,1775	4,1775	2,5455	0,9082	2,5455	4,1775	4,1775	0,3744	7,7418	7,7418	0,3744
Non-renewable, biomass	MJ	0,1390	0,0088	0,0088	0,0012	0,0054	0,0012	0,0088	0,0088	0,0172	0,0308	0,0308	0,0172
Renewable, biomass	MJ	807,0425	9,1118	9,1118	3,0309	44,2744	3,0309	9,1118	9,1118	93,8724	266,2571	266,2571	93,8724
Renewable, wind, solar, geother	MJ	2,0134	0,2775	0,2775	0,1542	0,0588	0,1542	0,2775	0,2775	0,0248	0,2434	0,2434	0,0248
Renewable, water	MJ	10,2617	1,3763	1,3763	0,8495	0,2510	0,8495	1,3763	1,3763	0,1228	1,2804	1,2804	0,1228

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico R1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in alcuni casi prevale la componente rinnovabile come nelle parti in legno lamellare strutturali e non e nei pannelli OSB, viceversa per i pannelli in cartongesso. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.319,2568 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)



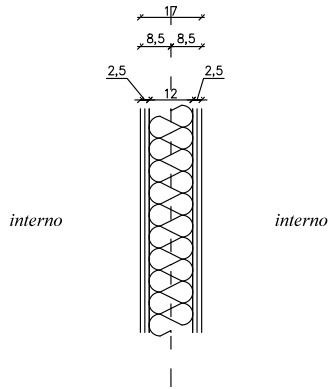
Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	35,8895	4,4074	4,4074	3,8131	0,4654	3,8131	4,4074	4,4074	0,6177	4,4664	4,4664	0,6177

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico R1, equivale ad un totale di 35,8895 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannelli OSB' mentre quello minore dalla 'Fibra di legno a bassa densità'.



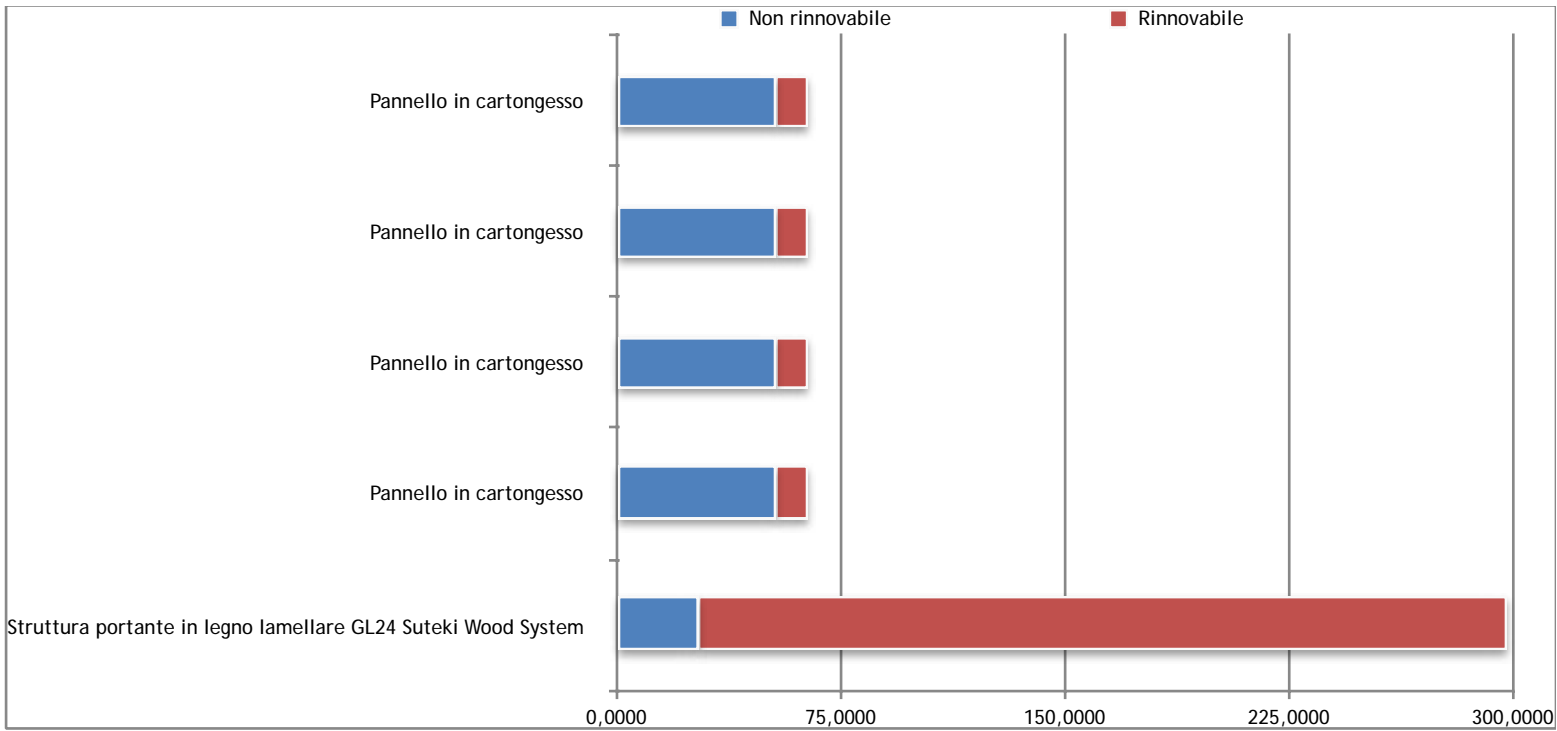
12.1.20 D1 Pareti divisorie interne



Interno - interno - spessore 170mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso - spessore 12,5+12,5 mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Doppia pannellatura di cartongesso - spessore 12,5+12,5 mm.

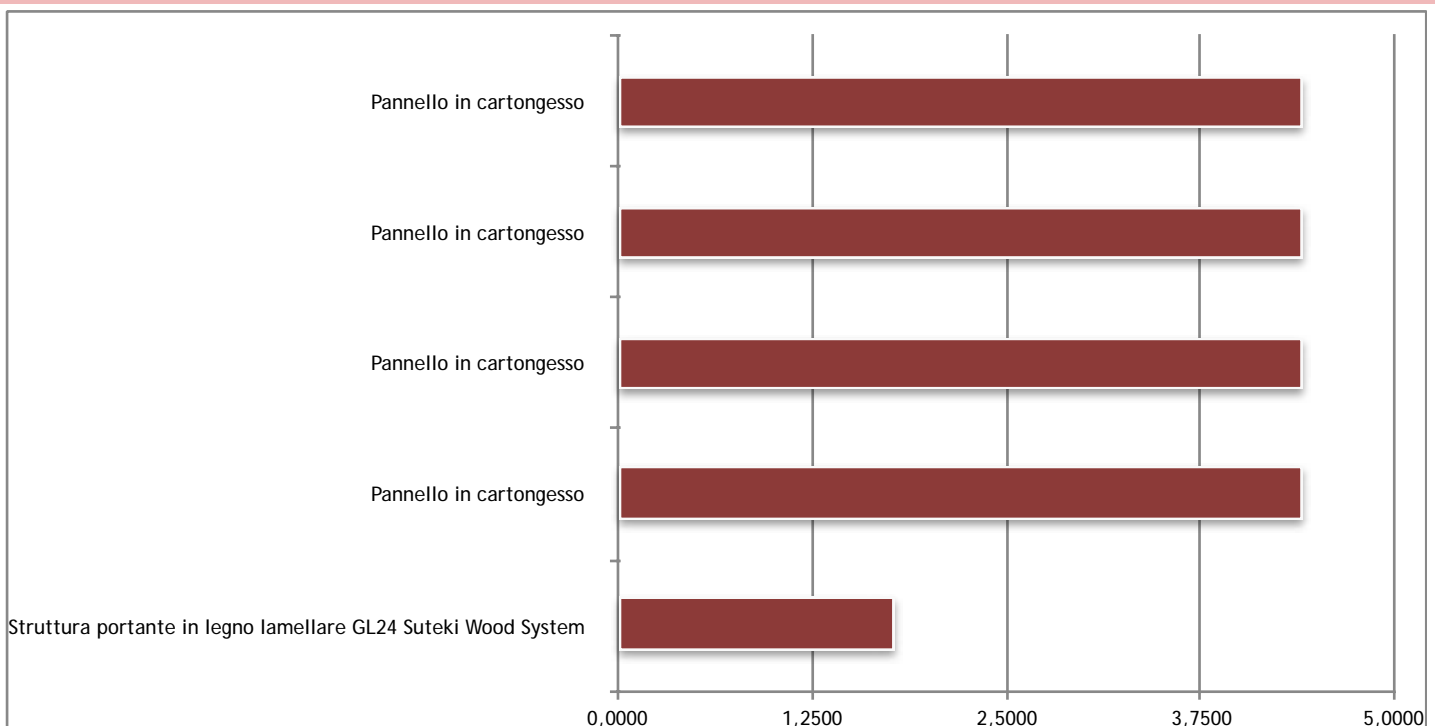
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	551,5203	63,4633	63,4633	63,4633	63,4633	297,6672
Non renewable, fossil	MJ	219,8072	48,5113	48,5113	48,5113	48,5113	25,7620
Non-renewable, nuclear	MJ	17,7884	4,1775	4,1775	4,1775	4,1775	1,0784
Non-renewable, biomass	MJ	0,0848	0,0088	0,0088	0,0088	0,0088	0,0495
Renewable, biomass	MJ	306,7997	9,1118	9,1118	9,1118	9,1118	270,3524
Renewable, wind, solar, geother	MJ	1,1812	0,2775	0,2775	0,2775	0,2775	0,0714
Renewable, water	MJ	5,8590	1,3763	1,3763	1,3763	1,3763	0,3536

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico P1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Struttura portante il legno lamellare Suteki Wood System in cui prevalgono le fonti rinnovabili. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 551,5203 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

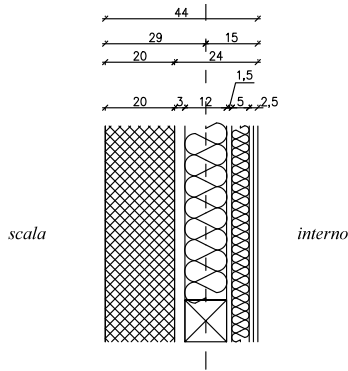


Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	19,4088	4,4074	4,4074	4,4074	4,4074	1,7790

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico D1, equivale ad un totale di 19,4088 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannelli in cartongesso' mentre quello minore dalla 'Struttura portante Suteki Wood System'.

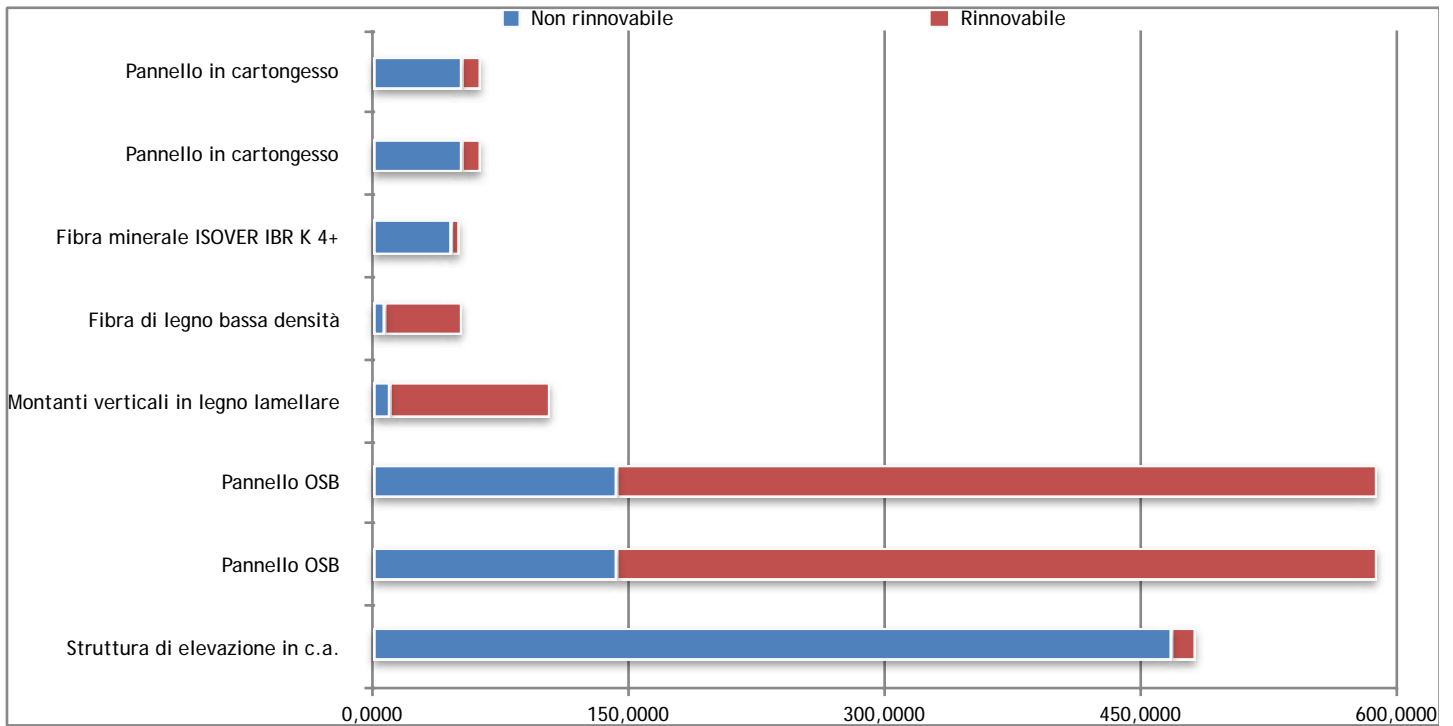
12.1.21 V1 Pareti su vano scala - alloggi



Da interno unità abitative verso vano scala - spessore 440mm:

- Doppia pannellatura di cartongesso - spessore 12,5+12,5 mm;
- Camera tecnica per il passaggio degli impianti costituita da montanti in legno con interposto isolante, spessore 50mm, in pannelli flessibili di fibra minerale ISOVER IBR K 4+  $\lambda_D=0,040W/mK$  resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu 3,0$ ;
- Pannello di OSB spessore 15 mm con nastratura delle giunte tra i pannelli;
- Isolamento termo-acustico interposto alla struttura portante della casa in pannelli flessibili in fibra di legno, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 120 mm, conducibilità termica  $\lambda_D=0,038W/(mK)$ ;
- Pannello di OSB spessore 30 mm;
- Struttura di elevazione in c.a. spessore 200mm.

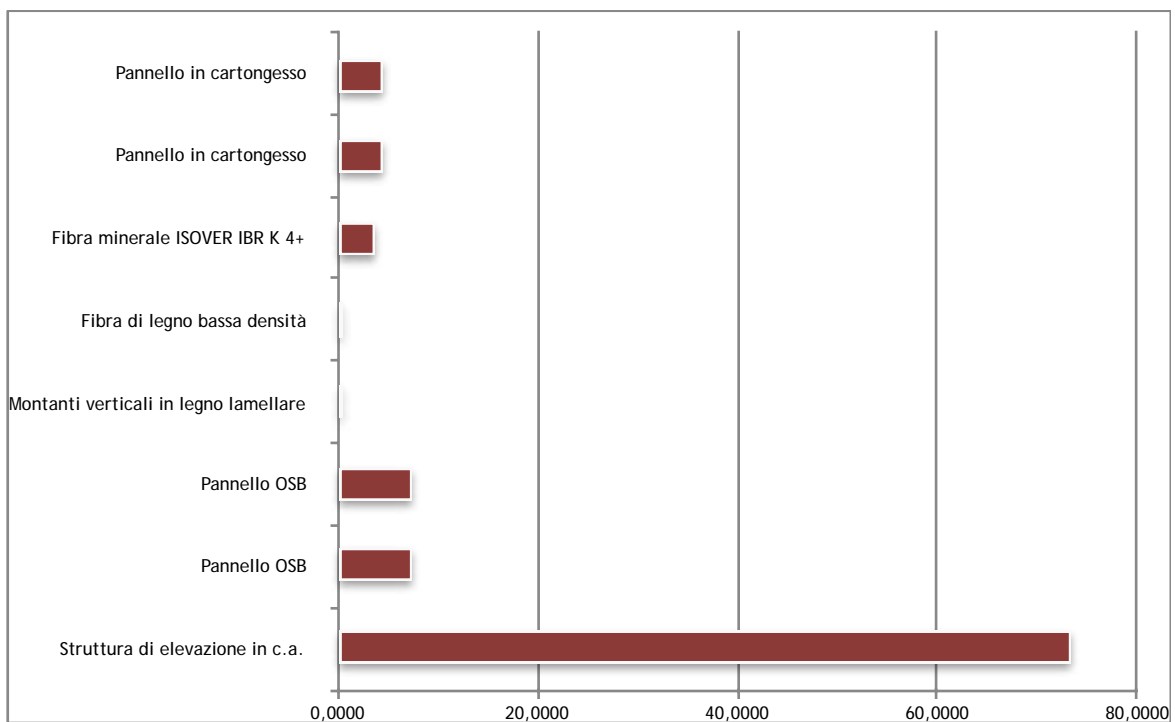
‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1.992,527	63,4633	63,4633	50,1391	51,5968	103,3567	589,0127	589,0127	482,4825
Non renewable, fossil	MJ	851,4857	48,5113	48,5113	43,5579	6,0990	8,9451	129,7569	129,7569	436,3474
Non-renewable, nuclear	MJ	68,9047	4,1775	4,1775	2,5455	0,9082	0,3744	12,9031	12,9031	30,9154
Non-renewable, biomass	MJ	0,5448	0,0088	0,0088	0,0012	0,0054	0,0172	0,0513	0,0513	0,4007
Renewable, biomass	MJ	1.050,584	9,1118	9,1118	3,0309	44,2745	93,8724	443,7618	443,7618	3,6591
Renewable, wind, solar, geother	MJ	3,6279	0,2775	0,2775	0,1542	0,0588	0,0248	0,4057	0,4057	2,0239
Renewable, water	MJ	17,3800	1,3763	1,3763	0,8495	0,2510	0,1228	2,1341	2,1341	9,1360

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico V1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in alcuni casi prevale la componente rinnovabile come nelle parti in legno lamellare strutturali e non e nei pannelli OSB. Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.992,5272 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)

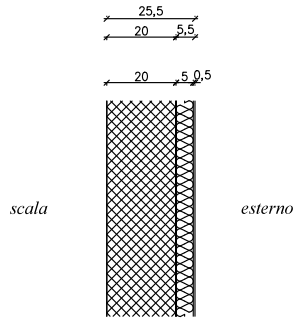


Impact category	Unit	Total	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Gypsum plasterboard {GLO} market for   Alloc Def, U	Rock wool, packed {GLO} market for   Alloc Def, U	Wood wool {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Oriented strand board {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete, 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	102,0169	4,4074	4,4074	3,8131	0,4654	0,6177	7,4440	7,4440	73,4179

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico V1, equivale ad un totale di 102,0169 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Struttura di elevazione in c.a.' mentre quello minore dalla 'Fibra di legno a bassa densità'.

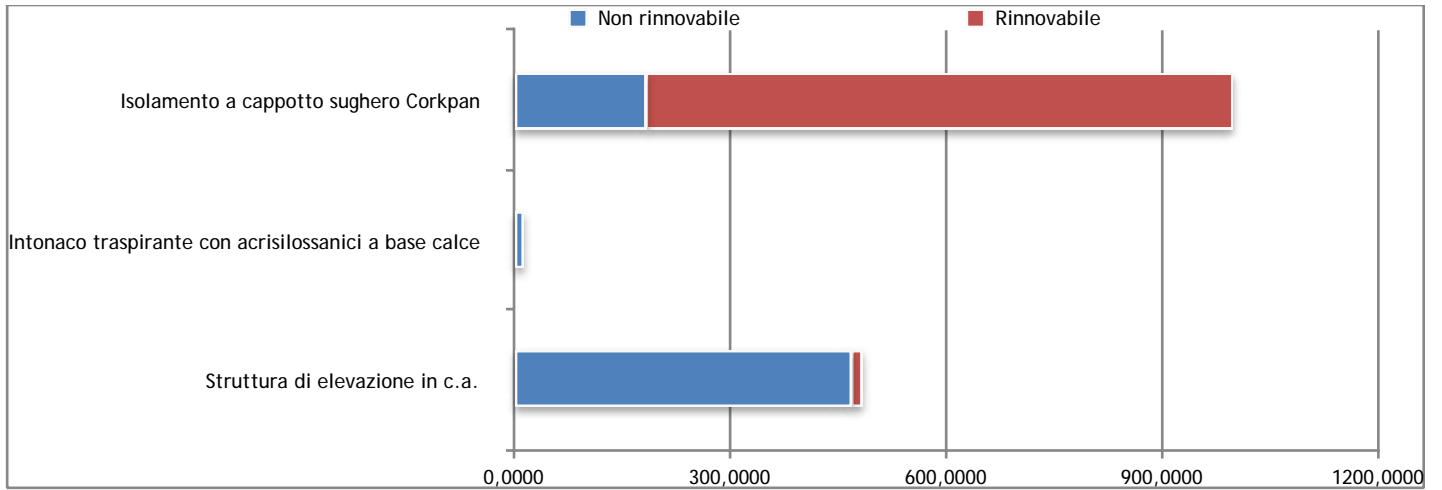
12.1.22 V2 Pareti su vano scala - esterno



Da interno vano scala verso esterno- spessore 255mm:

- Struttura di elevazione in c.a. spessore 200mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 50 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica λD=0,039
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm.

'Cumulative Energy demand' (CED)

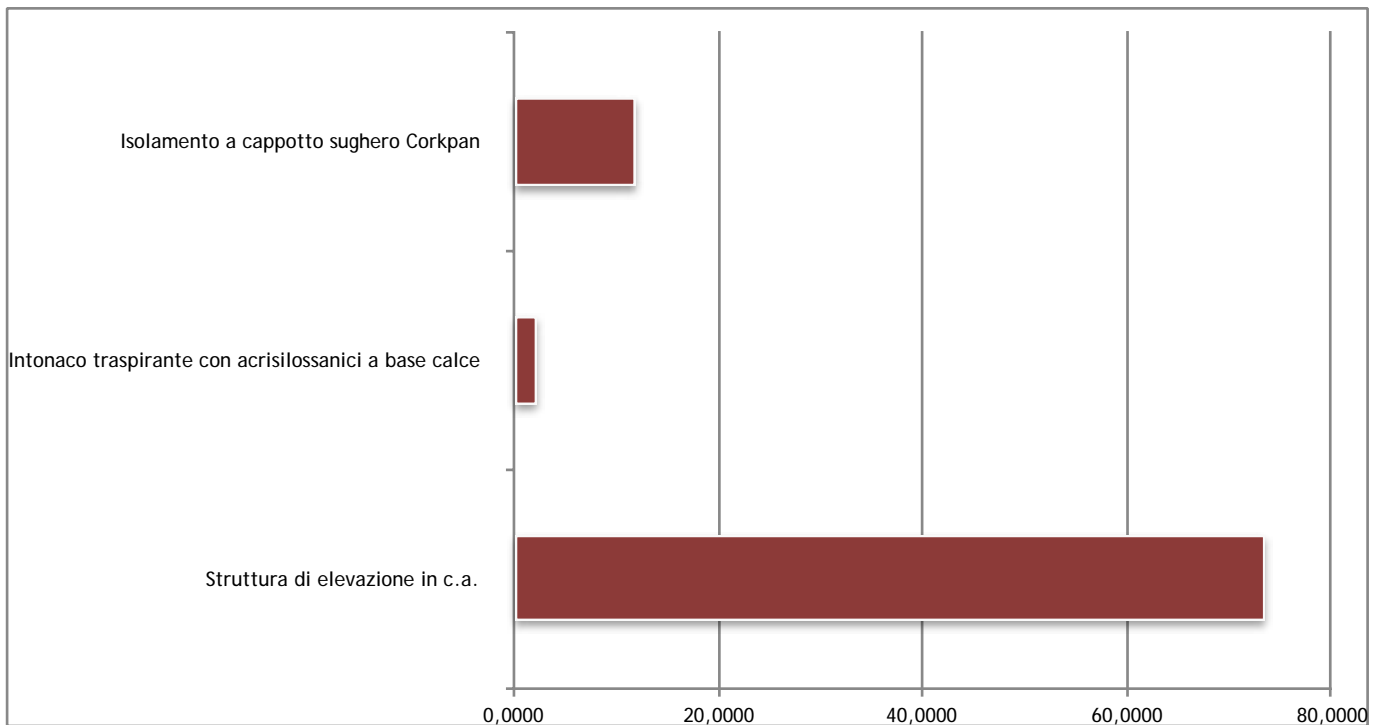


Impact category	Unit	Total	Cork slab {GLO}  market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO}  market for   Alloc Def, U	Concrete , 50MPa {GLO}  market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1.497,431	1.000,729	14,2199	482,4825
Non renewable, fossil	MJ	613,3912	165,2935	11,7504	436,3474
Non-renewable, nuclear	MJ	49,4651	17,7351	0,8146	30,9154
Non-renewable, biomass	MJ	0,4400	0,0386	0,0007	0,4007
Renewable, biomass	MJ	816,5455	811,6920	1,1944	3,6591
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	3,1911	1,1119	0,0554	2,0239
Renewable, water	MJ	14,3987	4,8581	0,4045	9,1360

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico V2 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Isolamento a cappotto con sughero Corkpan in cui prevalgono le fonti rinnovabili.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.497,4316 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

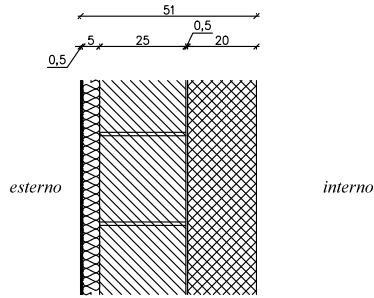


Impact category	Unit	Total	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete , 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	87,3547	11,8051	2,1317	73,4179

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico V2, equivale ad un totale di 87,3547 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Struttura di elevazione in c.a.' mentre quello minore dalla 'Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce'.

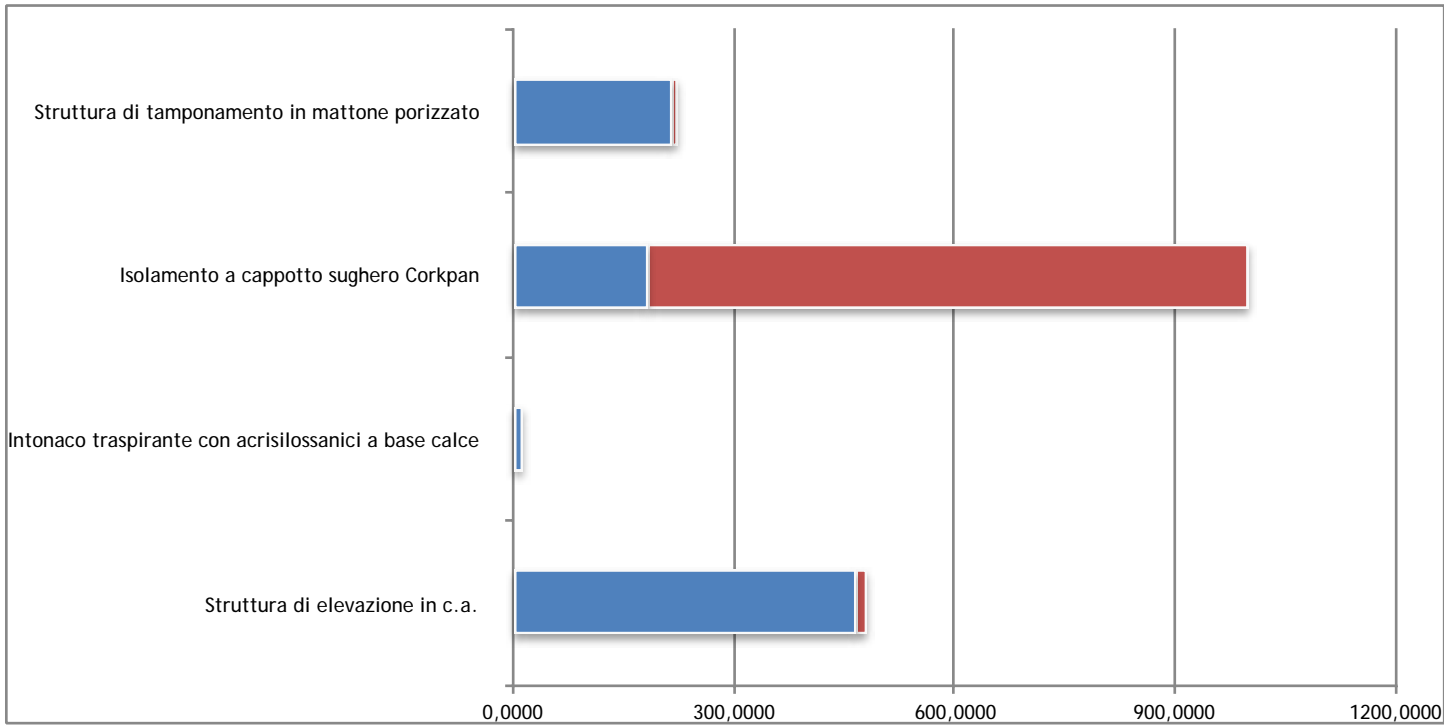
12.1.23 V3 Pareti su vano scala - esterno (Fronte Sud-Est piano terreno)



Da interno vano scala verso esterno- spessore 510mm:

- Struttura di elevazione in c.a. spessore 200mm;
- Struttura di tamponamento in mattone porizzato 200 mm Peso specifico 700-760 kg/mc  $\lambda_w$  0,13-0,23 W/mK resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  10;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 50 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica  $\lambda_D=0,039$  W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm.

‘Cumulative Energy demand’ (CED)

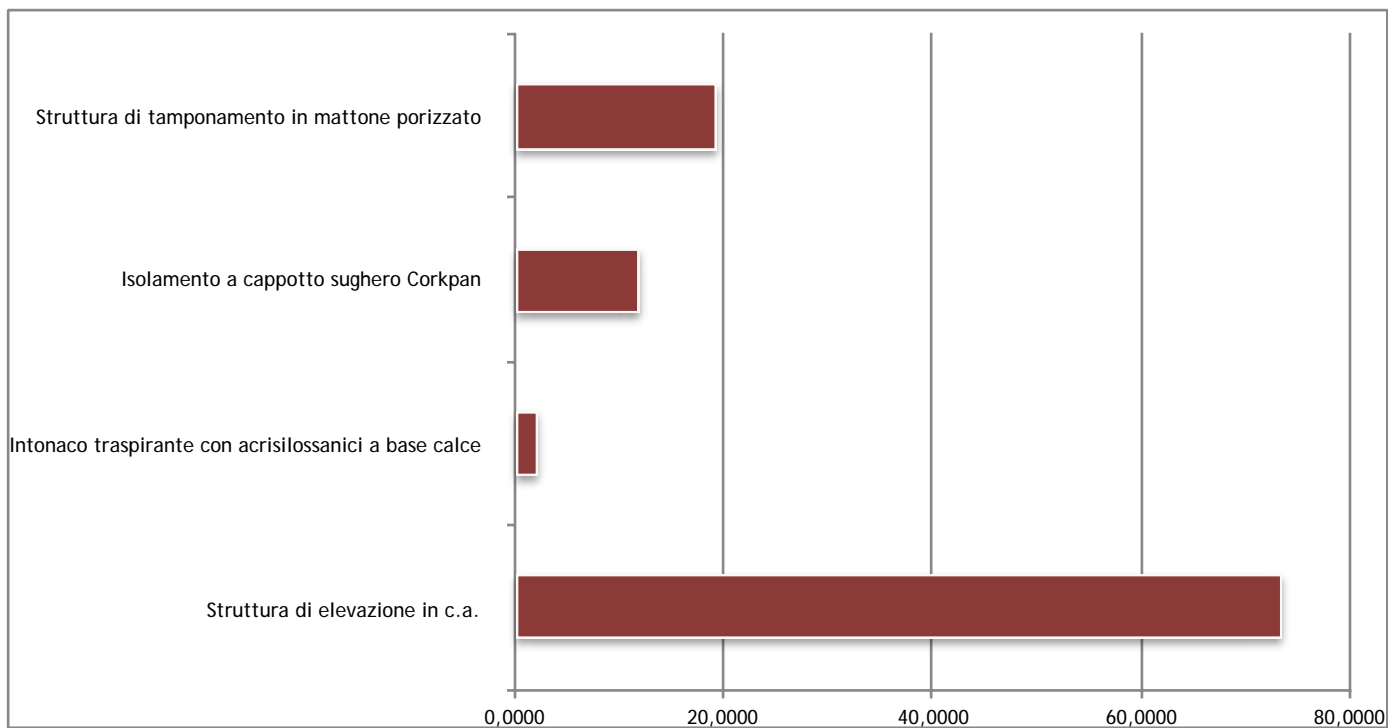


Impact category	Unit	Total	Brick {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete , 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	1.722,053	224,6221	1.000,729	14,2199	482,4825
Non renewable, fossil	MJ	820,9023	207,5111	165,2935	11,7504	436,3474
Non-renewable, nuclear	MJ	57,2057	7,7406	17,7351	0,8146	30,9154
Non-renewable, biomass	MJ	0,4426	0,0026	0,0386	0,0007	0,4007
Renewable, biomass	MJ	823,1968	6,6513	811,6920	1,1944	3,6591
Renewable, wind, solar, geothe	MJ	3,6498	0,4587	1,1119	0,0554	2,0239
Renewable, water	MJ	16,6565	2,2578	4,8581	0,4045	9,1360

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico V3 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, tranne nel caso della Isolamento a cappotto con sughero Corkpan in cui prevalgono le fonti rinnovabili.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 1.722,0538 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)



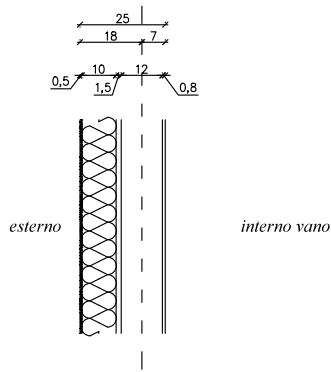
Impact category	Unit	Total	Brick {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Concrete , 50MPa {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	106,5934	19,2387	11,8051	2,1317	73,4179

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico V3, equivale ad un totale di 106,5934 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Struttura di elevazione in c.a.' mentre quello minore dalla 'Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce'.



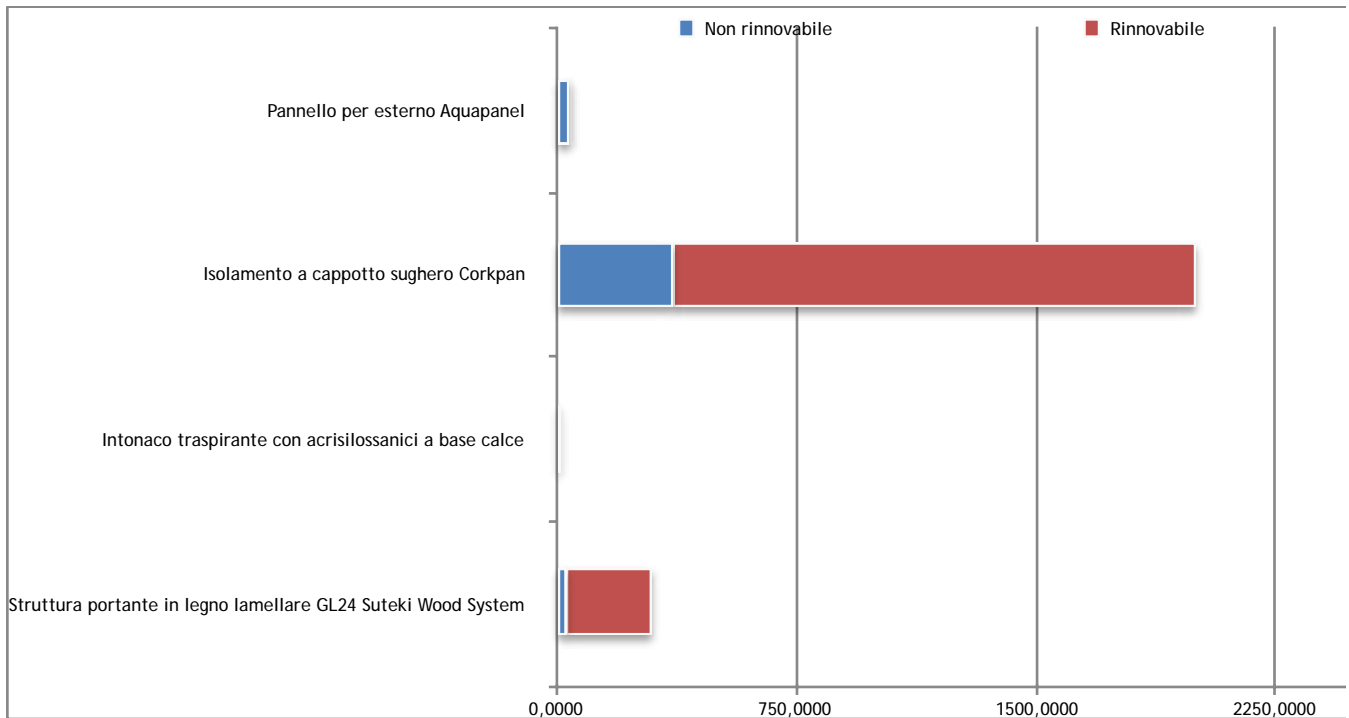
12.1.24 T1 Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco A)



dall'interno del vano tecnico all'esterno - spessore 250 mm:

- Pannello per esterno tipo Aquapanel (comprensiva la porzione di frontalino) spessore 8mm;
- Struttura portante in legno lamellare GL24 spessore 120mm;
- Isolamento a cappotto realizzato mediante impiego di pannelli in sughero bruno autocollato e auto-espanso Corkpan, spessore 100 mm, densità 110-130 kg/m<sup>3</sup>, conducibilità termica λD=0,039 W/mK;
- Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce spessore 5mm;

'Cumulative Energy demand' (CED)

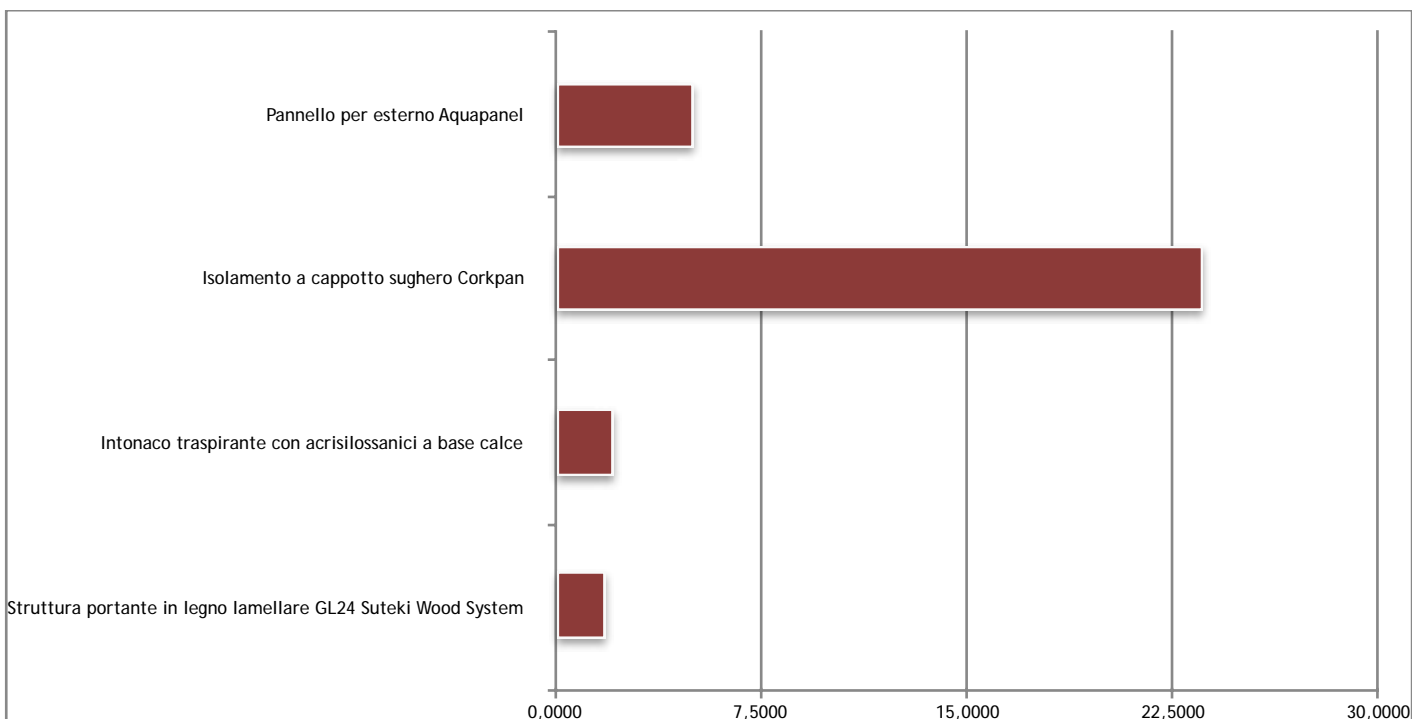


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	2.361,866	48,5206	2.001,458	14,2199	297,6672
Non renewable, fossil	MJ	406,2400	38,1407	330,5869	11,7504	25,7620
Non-renewable, nuclear	MJ	40,6562	3,2930	35,4703	0,8146	1,0784
Non-renewable, biomass	MJ	0,1284	0,0011	0,0771	0,0007	0,0495
Renewable, biomass	MJ	1.900,541	5,6106	1.623,384	1,1944	270,3524
Renewable, wind, solar, geother	MJ	2,5544	0,2039	2,2238	0,0554	0,0714
Renewable, water	MJ	11,7458	1,2714	9,7163	0,4045	0,3536

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico T1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti rinnovabili sia in quasi tutti i casi superiore rispetto a quello derivante da fonti non rinnovabili.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 2.361,8662 MJ di energia primaria.

### 'Global Warming Potential' (GWP)

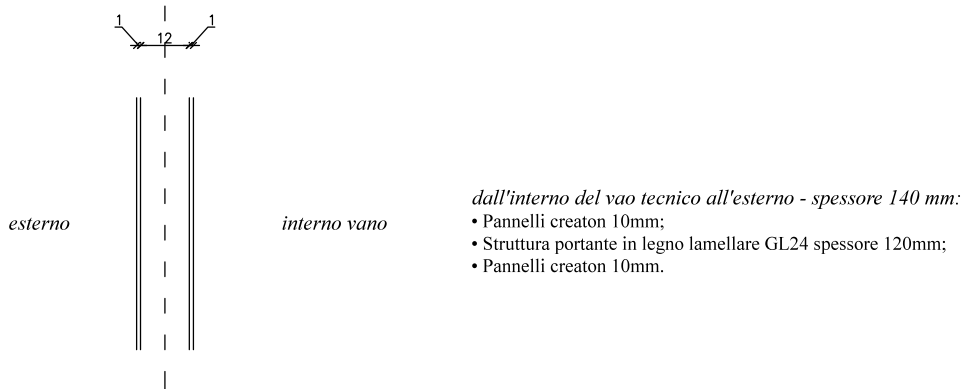


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile {GLO} market for   Alloc Def, U	Cork slab {GLO} market for   Alloc Def, U	Base plaster {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	32,5853	5,0643	23,6102	2,1317	1,7790

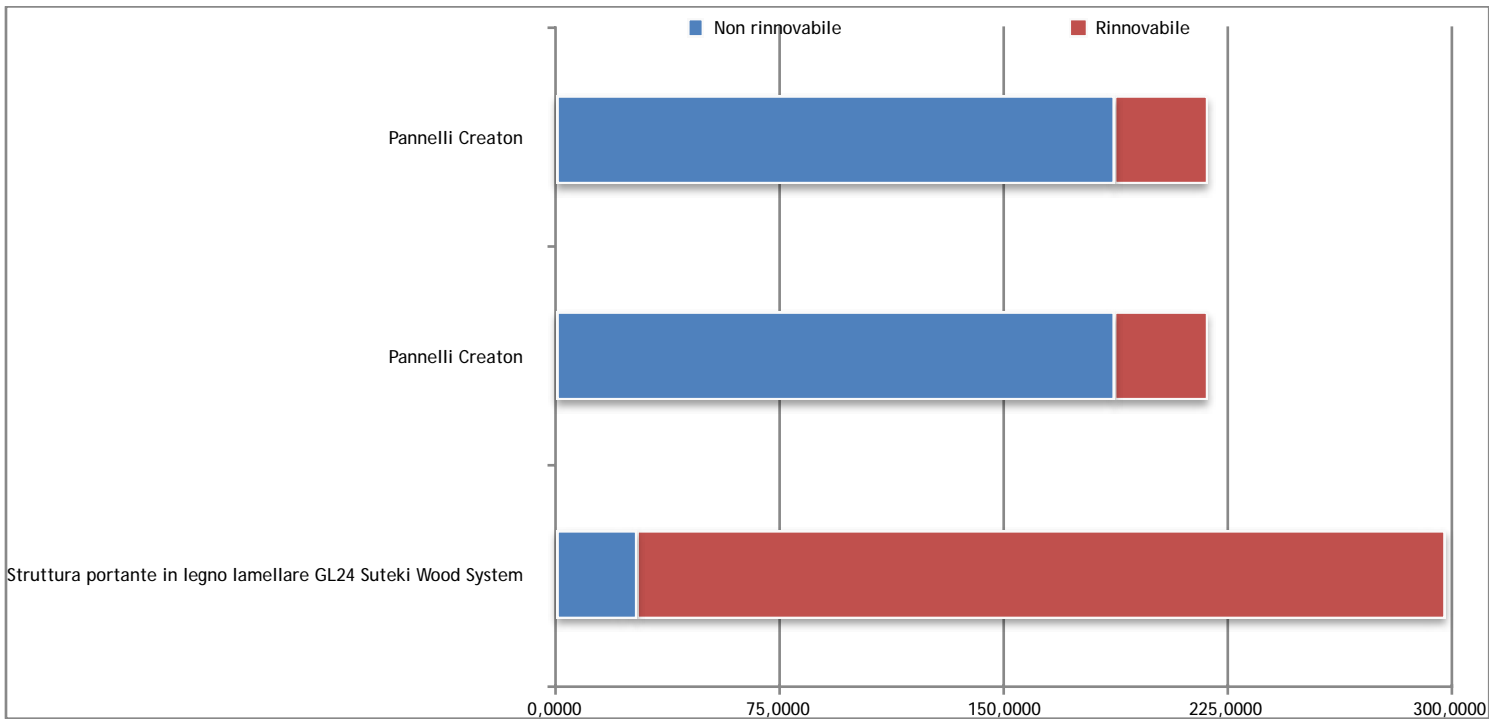
Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico T1, equivale ad un totale di 32,5853 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Isolamento a cappotto sughero Corkpan' mentre quello minore dalla 'Intonaco traspirante con acrisilossanici a base calce'.

12.1.25 T2 Pareti e delimitazioni dei vani tecnici su balconi (Blocco B)



'Cumulative Energy demand' (CED)

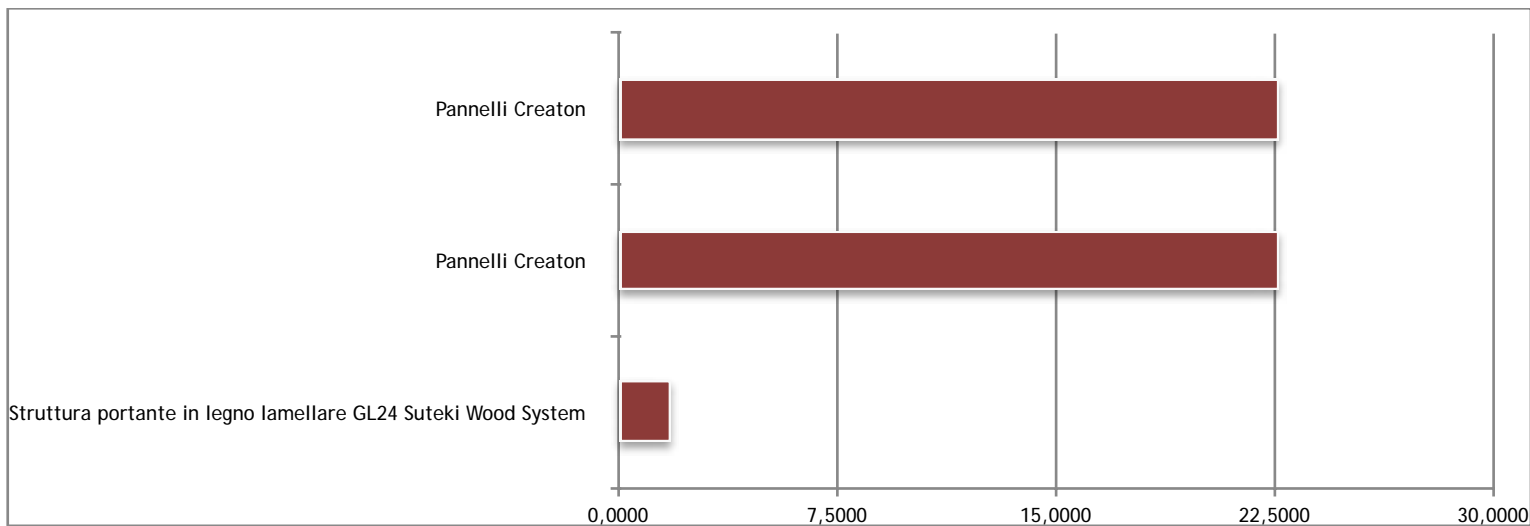


Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile, large format {GLO} market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile, large format {GLO} market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO} market for   Alloc Def, U
Total	MJ	735,6050	218,9689	218,9689	297,6672
Non renewable, fossil	MJ	371,3116	172,7748	172,7748	25,7620
Non-renewable, nuclear	MJ	30,3184	14,6200	14,6200	1,0784
Non-renewable, biomass	MJ	0,0599	0,0052	0,0052	0,0495
Renewable, biomass	MJ	320,4724	25,0600	25,0600	270,3524
Renewable, wind, solar, geother	MJ	1,8562	0,8924	0,8924	0,0714
Renewable, water	MJ	11,5864	5,6164	5,6164	0,3536

Analizzando l'impatto relativo al CED dell'elemento tecnico V1 emerge, in questo caso, che il consumo di energia primaria, utilizzata per la realizzazione dei materiali che lo compongono, derivante da fonti non rinnovabili sia piuttosto bilanciata rispetto a quello derivante da fonti rinnovabili, in alcuni casi prevale la componente rinnovabile come nelle parti strutturali in legno lamellare strutturali.

Per la composizione di tale elemento tecnico sono quindi necessari 735,6050 MJ di energia primaria.

'Global Warming Potential' (GWP)



Impact category	Unit	Total	Fibre cement facing tile, large format {GLO}  market for   Alloc Def, U	Fibre cement facing tile, large format {GLO}  market for   Alloc Def, U	Sawnwood, beam, hardwood, air dried, planed {GLO}  market for   Alloc Def, U
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	46,9968	22,6089	22,6089	1,7790

Il potenziale di surriscaldamento globale, dell'elemento tecnico T2, equivale ad un totale di 46,9968 kg CO<sub>2</sub> eq.

Il contributo maggiore viene dato dal componente 'Pannelli Creaton' mentre quello minore dalla 'Struttura portante in legno lamellare Suteki Wood System'.

# 12.2

## Analisi LCIA delle unità tecnologiche Il "Frullo" di Castenaso

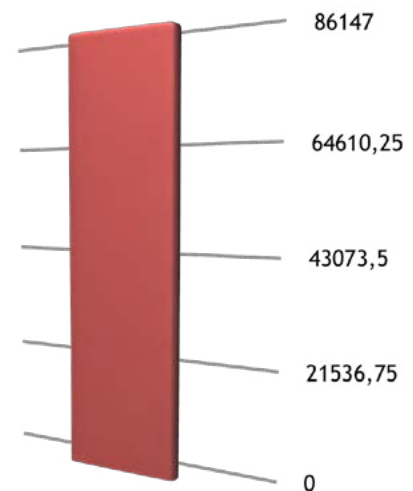
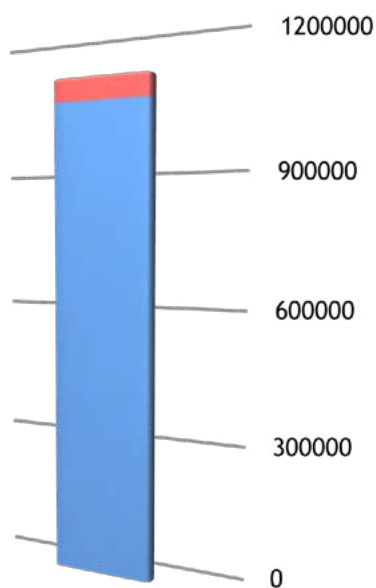
### 12.2.1 Solaio piano terreno [496 m<sup>2</sup>]



#### 'Cumulative Energy demand' (CED)

#### 'Global Warming Potential' (GWP)

■ Non rinnovabile ■ Rinnovabile



Non rinnovabile = **MJ 1.053.440**

Rinnovabile = **MJ 51.929**

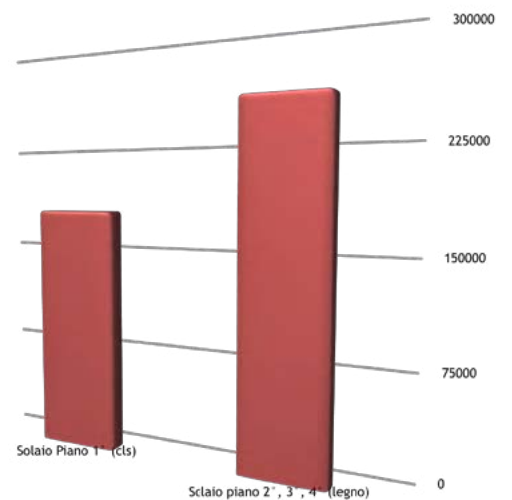
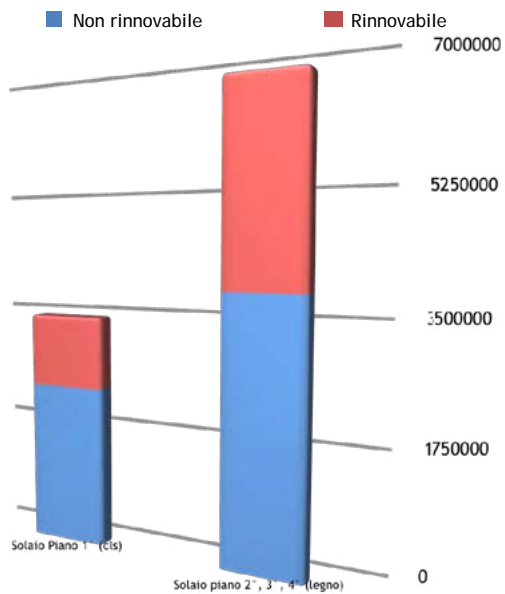
Global Warming Potential = **86.146 kg Co<sub>2</sub> eq**

## 12.2.2 Solai interpiano



‘Cumulative Energy demand’ (CED)

‘Global Warming Potential’ (GWP)



Non rinnovabile = **MJ 6.190.985**

Rinnovabile = **MJ 3.926.961**

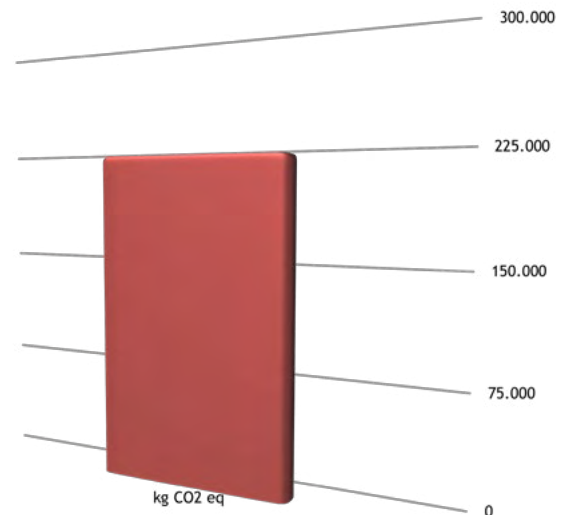
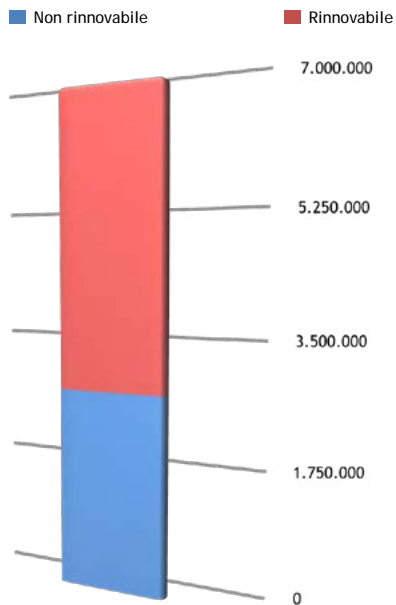
GWP = **434.435 kg Co<sub>2</sub> eq**

12.2.3 Solaio di copertura



'Cumulative Energy demand' (CED)

'Global Warming Potential' (GWP)



Non rinnovabile = **MJ 2.770.118**  
 Rinnovabile = **MJ 4.111.034**

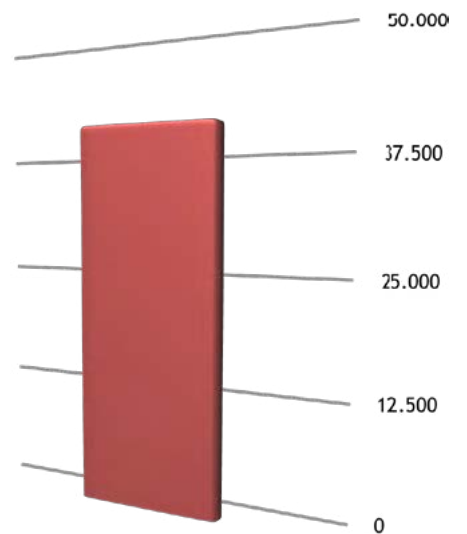
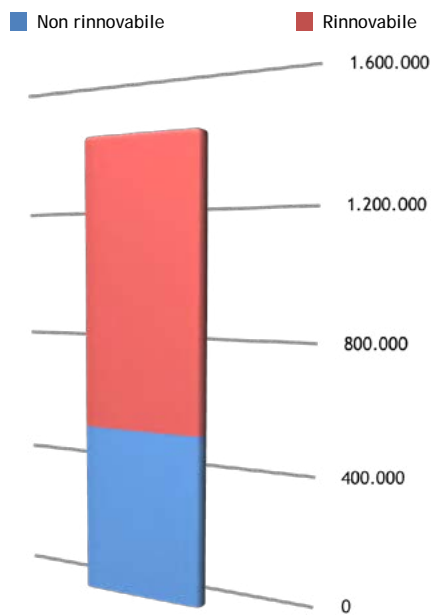
**GWP = 222.570 kg Co<sub>2</sub> eq**

## 12.2.4 Pareti interne verticali



'Cumulative Energy demand' (CED)

'Global Warming Potential' (GWP)



Non rinnovabile = **MJ 522.410**

Rinnovabile = **MJ 897.985**

GWP = **40.821 kg Co<sub>2</sub> eq**

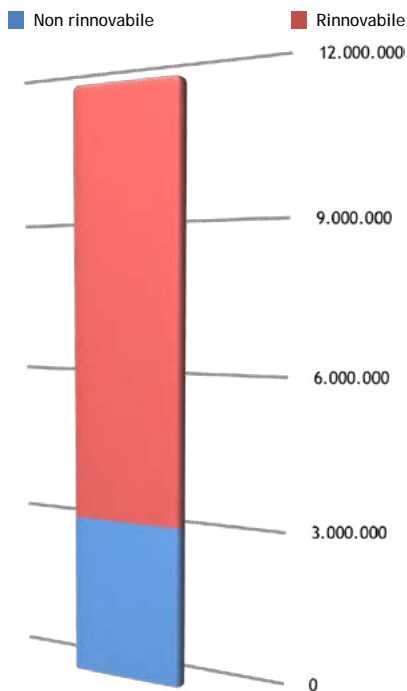


## 12.2.5 Pareti perimetrali verticali



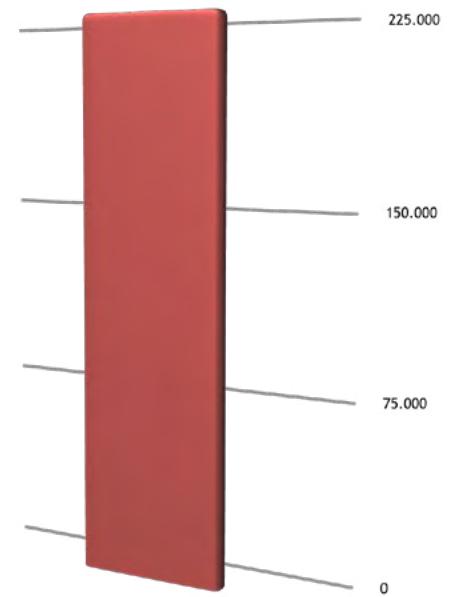
'Cumulative Energy demand' (CED)

'Global Warming Potential' (GWP)



Non rinnovabile = **MJ 3.129.591**

Rinnovabile = **MJ 8.438.161**



**GWP = 228.703 kg Co<sub>2</sub> eq**

## 12.2.6 Infissi esterni verticali



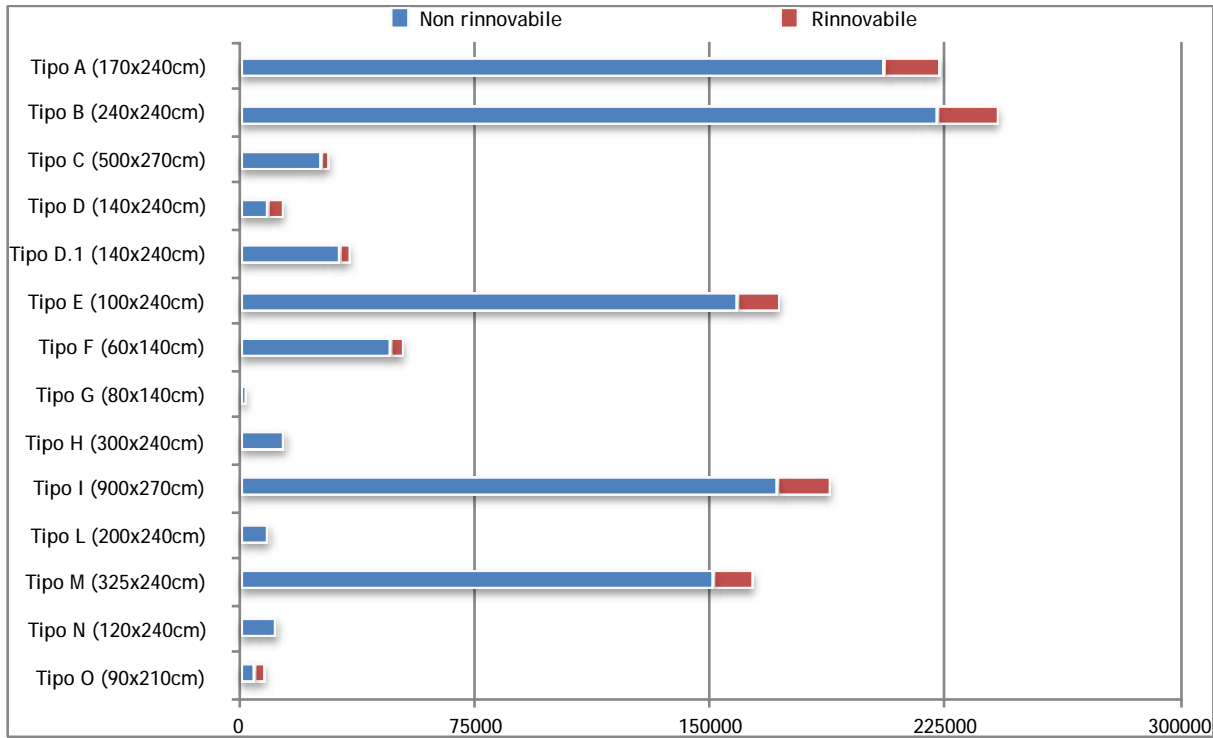
Sono stati analizzati anche gli infissi esterni verticali dell'edificio, i quali coprono una superficie considerevole di circa 490 m<sup>2</sup> sull'involucro esterno.

In totale sono 15 le tipologie diverse di infissi, le quali variano solamente per dimensioni e non per componenti, dotati di telaio in alluminio e doppi vetri con pellicola riflettente basso emissivi. Per ogni tipologia sono state individuate la quantità, le dimensioni, l'area complessiva, la percentuale di vetro e di struttura di ogni infisso, come si può notare nella tabella seguente.

	Dimensioni (cm)	Quantità	Larghezza (m)	Altezza (m)	Area (mq)	% Vetro	% Struttura
Tipo A	170 x 240	26	1,7	2,4	4,08	3,42	0,66
Tipo B	240 x 240	20	2,4	2,4	5,76	4,83	0,93
Tipo C	500 x 270	1	5,0	2,7	13,5	11,32	2,18
Tipo D (porta ingr.)	140 x 240	2	1,4	2,4	3,36	2,82	0,54
Tipo D.1 (finestra)	140 x 240	5	1,4	2,4	3,36	2,82	0,54
Tipo E	100 x 240	34	1,0	2,4	2,4	2,01	0,39
Tipo F	60 x 140	29	0,6	1,4	0,84	0,70	0,14
Tipo G	80 x 140	1	0,8	1,4	1,12	0,94	0,18
Tipo H	300 x 240	1	3,0	2,4	7,2	6,04	1,16
Tipo I	900 x 270	1	9,0	2,7	24,3	20,38	3,92
Tipo L	200 x 240	1	2,0	2,4	4,8	4,02	0,78
Tipo M	325 x 240	10	3,25	2,4	7,8	6,54	1,26
Tipo N	120 x 240	2	1,2	2,4	2,88	2,41	0,47
Tipo O (porte)	90 x 210	2	0,9	2,1	1,89	1,58	0,31

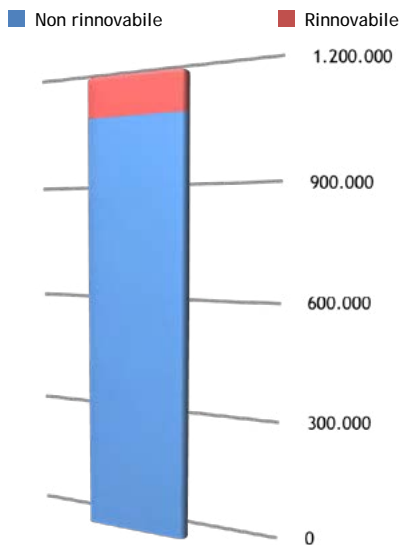
Tabella estratta da foglio di calcolo Excell, realizzata sulla base dei dati individuati nei disegni architettonici forniti da SBAstudio.

‘Cumulative Energy demand’ (CED)



Impact category	Unit	Total	Infissi esterni verticali - Tipo A (170x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo B (240x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo C (500x270 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo D (140x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo D.1 (140x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo E (100x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo F (60x140cm)	Infissi esterni verticali - Tipo G (80x140cm)	Infissi esterni verticali - Tipo H (300x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo I (900x270 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo L (200x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo M (325x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo N (120x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo O (90x210cm)
Total	MJ	1.168.664	223.468,4	242.385,8	28.407,20	13.998,46	35.243,53	172.399,9	52.314,24	2.349,57	15.128,23	188.583,0	10.141,17	164.167,6	12.202,82	7.874,13
Non renewable, fossil	MJ	992.062,5	190.879,1	207.039,0	24.264,60	8.380,74	30.104,45	147.256,0	44.680,85	2.006,96	12.922,19	160.502,1	8.662,12	140.227,0	10.422,94	4.714,17
Non-renewable, nuclear	MJ	74.327,33	14.612,00	15.852,59	1.857,86	668,87	2.306,30	11.266,60	3.408,41	153,75	989,68	10.638,92	662,74	10.736,30	797,06	376,24
Non-renewable, biomass	MJ	56,38	9,49	10,29	1,21	3,89	1,49	7,33	2,23	0,10	0,64	9,60	0,43	6,97	0,52	2,19
Renewable, biomass	MJ	22.443,73	3.068,04	3.328,31	390,07	4.450,37	484,14	2.365,99	716,40	32,28	207,77	2.336,29	139,18	2.254,16	167,41	2.503,33
Renewable, wind, solar, geother	MJ	3.174,58	633,15	687,02	80,52	35,02	99,99	487,99	147,29	6,67	42,90	405,85	28,71	465,27	34,51	19,70
Renewable, water	MJ	76.599,70	14.266,57	15.468,60	1.812,94	459,57	2.247,16	11.015,95	3.359,07	149,81	965,05	14.690,23	648,00	10.477,87	780,37	258,51

CED Totale

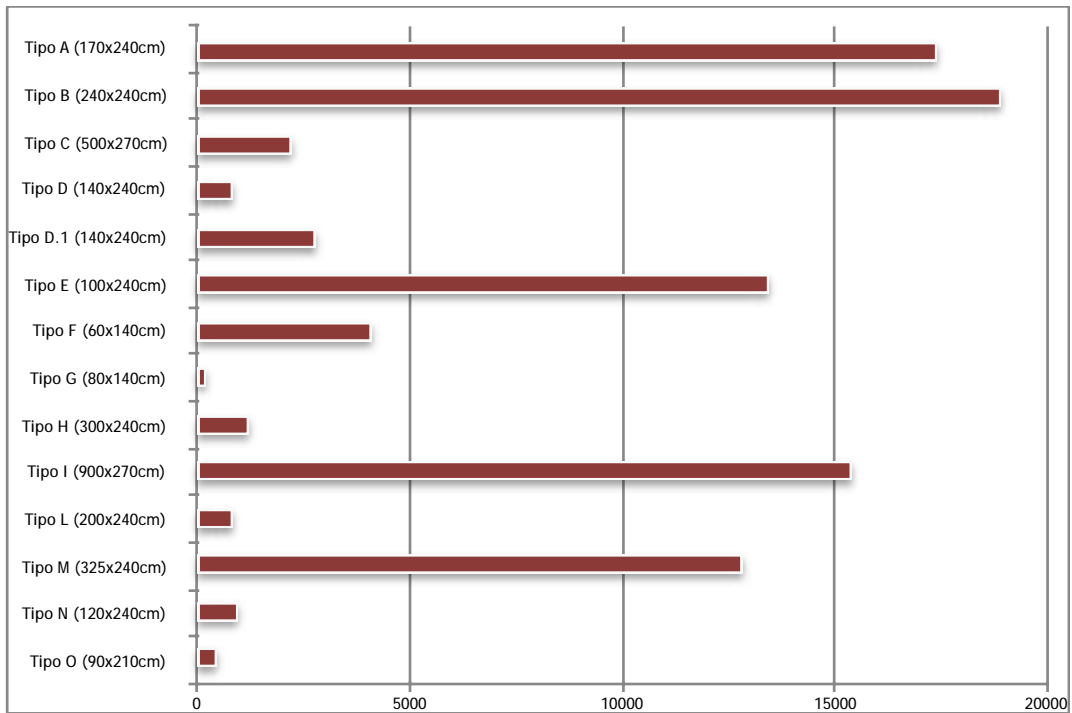


Non rinnovabile = **MJ 1.066.446**  
 Rinnovabile = **MJ 102.218**

Come emerge dai risultati relativi ai singoli infissi, così come nel risultato globale, la quota di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili è in ogni caso nettamente superiore alla quota rinnovabile.

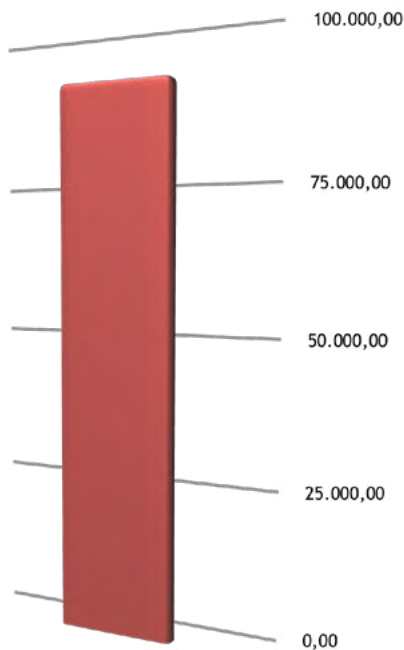
La causa principale è dovuta al fatto che siano tutti infissi dotati di telaio in alluminio, il quale richiede un elevato livello di lavorazione in fase di produzione, così come i vetri, in tutti i casi sono doppi con pellicola riflettente.

### 'Global Warming Potential' (GWP)



Impact category	Unit	Total	Infissi esterni verticali - Tipo A (170x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo B (240x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo C (500x270 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo D (140x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo D.1 (140x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo E (100x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo F (60x140cm)	Infissi esterni verticali - Tipo G (80x140cm)	Infissi esterni verticali - Tipo H (300x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo I (900x270 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo L (200x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo M (325x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo N (120x240 cm)	Infissi esterni verticali - Tipo O (90x210cm)
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	91.345,25	17.424,81	18.898,45	2.214,88	802,62	2.747,38	13.445,21	4.084,01	183,16	1.179,42	15.370,96	790,89	12.800,15	951,84	451,47

### GWP Totale



**GWP = 74.443 kg Co<sub>2</sub> eq**

Dal punto di vista del potenziale di surriscaldamento globale, emerge che i serramenti che danno il maggior contributo siano quelli di tipo A, B, E e M dovuto principalmente alle quantità con la quale si ripetono sull'edificio, mentre la tipologia I da un considerevole contributo per merito delle dimensioni proprie dell'infisso.

# 12.3 Considerazioni sui risultati

## Unità tecnologiche

Sulla base dei risultati emersi in seguito alle analisi effettuate tramite il software SimaPro, si possono effettuare alcune considerazioni riguardo le unità tecnologiche analizzate a scala di edificio. Partendo dal solaio a piano terreno, si può notare come i valori relativi al CED (Cumulative Energy Demand) mettano in risalto uno scenario con evidenti differenze dal punto di vista delle fonti energetiche provenienti da fonti rinnovabili rispetto a quelle provenienti da fonti non rinnovabili. Questo risultato deriva dal fatto che, poichè la tecnica costruttiva utilizzata per la realizzazione di questo solaio, sia di carattere principalmente tradizionale, dato l'elevato utilizzo di calcestruzzo armato e componenti utilizzati nell'edilizia residenziale tradizionale, ne consegue che l'impatto che ricade sull'ambiente sia di notevole entità.

La differenza tra la tipologia utilizzata nel caso del "Frullo" rispetto agli edifici tradizionali comincia ad evidenziarsi dall'analisi dei solai di interpiano che, nel caso di Castenaso sono realizzati a piano primo in cls e sui due piano soprastanti in tecnologia mista legno/calcestruzzo. I risultati riguardanti questa soluzione costruttiva, mette in risalto la componente derivante da fonti rinnovabili nettamente superiore rispetto a quella derivante da fonti non rinnovabili; questo accade in quanto la forte presenza di legno sia sotto forma di legno lamellare sia come pannelli OSB, entrambi materiali di origine rinnovabile, abbiano influenzato fortemente il risultato. Non è da trascurare la componente non rinnovabile in questo caso, dovuta alla presenza del solaio a piano primo realizzato interamente in calcestruzzo armato ed ai sottofondi il cls alleggerito ai piano superiori in cui sussiste la presenza solai misti legno/cls, scelta progettuale motivata dal fatto che nel caso in cui si fossero realizzati solai interamente a secco, in un futuro potessero compromettere il comfort abitativo, quindi una scelta fatta a titolo di garanzia a favore dei futuri inquilini.

I risultati relativi all'unità tecnologica del solaio di copertura, restituiscono un quadro simile a quello dei solai di interpiano.

Come nel caso analizzato nelle battute precedenti, la situazione si presenta con un rapporto tra la domanda di energia proveniente da fonti rinnovabili superiore rispetto a quella proveniente da fonti non rinnovabili, dovuto al fatto che anche in questo caso, l'unità tecnologica in questione sia composta da elementi tecnici composti da elementi di origine legnosa, a partire dalla struttura, fino a materiali isolanti, i quali danno un notevole contributo in questo campo. Gli elementi che contribuiscono dal canto della componente non rinnovabile, sono i materiali di finitura come le pavimentazione, i rivestimenti e le guaine impermeabilizzanti. I valori inferiori sono dovuti al fatto che differenziano i metri quadrati su cui insistono gli elementi tecnici che compongono tale unità tecnologica, nettamente inferiori.

Le pareti interne verticali, danno un grande contributo sull'impatto ambientale, le quali hanno una elevata incidenza sul peso complessivo dei materiali utilizzati per la costruzione dell'intero progetto, come analizzato in precedenza.

L'impatto che forniscono è causa dell'elevato numero di materiali diversi utilizzati per la composizione degli elementi tecnici, specialmente per le pareti di divisione degli alloggi (Elemento tecnico R1), le quali sono le più incisive sul risultato finale.

Si può notare, come nei solai di interpiano, anche in questo caso la componente derivante da fonti rinnovabili prevalga, dovuto al fatto che, escluso l'intonaco e la fibra minerale Isover IBR K 4+, siano tutte componenti di derivazione legnosa.

Infine, l'attenzione la si pone sulle pareti perimetrali verticali, le quali danno un contributo rilevante rispetto all'intera struttura a livello di impatto, dovuto alla quantità elevata di materiali rispetto alle altre unità tecnologiche appena analizzate.

La componente rinnovabile è di circa tre volte maggiore rispetto a quella non rinnovabile, considerando il fatto che è sulle pareti perimetrali che si concentra la quantità maggiore di struttura portante Suteki Wood System e non da meno sono i contributi derivanti dai materiali isolanti come il sughero Corkpan, i pannelli in fibra di legno ad alta e a bassa densità e non per ultimo l'elevata quantità di pannelli OSB utilizzati per controventare e tamponare l'anima delle pareti.

In questa analisi sono state considerate anche le componenti del vano scala e del piano terreno, le quali sono dotate di struttura portante in calcestruzzo armato, ed è proprio da questi elementi strutturali che deriva la componente derivante da fonti non rinnovabili, i quali nel caso in cui non venissero considerati, ci si troverebbe a trattare di pareti con una componente rinnovabile quasi totale.

Ultima unità tecnologica analizzata, per chiudere l'intero edificio, riguarda gli infissi esterni verticali. La loro struttura in alluminio a taglio termico e i doppi vetri basso emissivi con pellicola riflettente, danno un elevato contributo in termini di impatto ambientale, sia a livello di Embodied Energy che di Embodied Carbon, sul risultato finale complessivo, dovuto anche al fatto che tali metri quadrati occupano un'elevata superficie sull'involucro esterno. Si può notare come l'impatto dei serramenti sia pressochè paragonabile e quello del solaio a piano terra analizzato in precedenza. Così come anche in termini di Global Warming Potential, i valori si possono accostare a quelli del solaio a piano terreno. I valori relativi ai risultati mostrano anche in questo caso una componente di richiesta di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili molto elevata, la quale tende a rendere ininfluyente la componente derivante da fonti rinnovabili.

Si può quindi concludere l'analisi sulle unità tecnologiche, evidenziando che la domanda di energia primaria richiesta per ognuna delle unità tecnologiche mostra sempre scenari differenti. L'elevata presenza di componenti realizzati in calcestruzzo armato, ed altri materiali come le guaine impermeabilizzanti, gli isolanti in lana di roccia e i materiali di finitura come i pavimenti e le lastre in gessofibra, danno un contributo consistente in termini di energia proveniente da fonti non rinnovabili.

Viceversa, i materiali utilizzati per la realizzazione dei solai di interpiano e le pareti, ovvero il legno lamellare e i pannelli OSB, presenti in elevate quantità, sia quelli che contribuiscono a contenere l'impatto ambientale, ovvero contribuendo in maniera considerevole all'elevata quota di energia primaria proveniente da fonti rinnovabili.

# 12.4

## Risultati dell'analisi LCA: edifici a confronto

Il "Frullo" di Castenaso-Edificio di riferimento



Per la realizzazione del "Frullo" di Castenaso, sulla base delle analisi effettuate per mezzo del software SimaPro, si può evidenziare come risultato complessivo finale dell'intero edificio, l'Embodied energy risulti per un 53% proveniente da fonti rinnovabili ed un 47% da fonti non rinnovabili con un valore pari a 15.799.436 MJ. La quota rilevante, nonostante sia maggiore quella rinnovabile, di energia non rinnovabile, è dovuta alla modesta quantità di materiali come il calcestruzzo armato, i pannelli in fibrocemento, guaine impermeabilizzanti, serramenti in alluminio, etc. A questa quota andrebbe ancora sottratta la parte di "feedstock energy" ovvero il potere calorifico medio inferiore proprio del legno che secondo le ricerche per il legno stagionato in legnaia con un contenuto di umidità di circa il 20%, si aggira sull'ordine dei 14,3 MJ/kg<sup>1</sup>. Nel nostro caso studio, data una quantità di legno strutturale pari a circa 290 m<sup>3</sup>, il valore di feedstock è pari a 2.488.200 MJ.

Stato del legno	Contenuto idrico (w)	Potere calorifico inferiore
Boschivo fresco	50 - 60%	2,0 kWh/kg = 7,2 MJ/kg
Stagionato per una estate	25 - 35%	3,4 kWh/kg = 12,2 MJ/kg
Stagionato per più anni	15 - 25%	4,0 kWh/kg = 14,4 MJ/kg
Stato anidro	0%	5,2 kWh/kg = 19 MJ/kg

158 [http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/pubblicazioni/energia\\_legno.pdf](http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/pubblicazioni/energia_legno.pdf)  
consultato il 21 Novembre 2018



Quest'energia, ovvero l'energia immagazzinata, consiste nel potere calorifico del prodotto finito, la quale potrebbe potenzialmente costituire una sorta di risorsa energetica secondaria utilizzabile in un processo di riciclaggio,<sup>2</sup> oppure può essere utilizzata direttamente come combustibile o convertita in un'altra forma di combustibile o di prodotto energetico. Data la complessità del loro calcolo per determinare dei valori attendibili per ogni componente, è stata considerata solo la componente relativa al legno strutturale, ma nel caso in cui venissero considerate tutte, la quota in proporzione di CED (Cumulative Energy Demand) da fonti rinnovabili aumenterebbe ancora di più, poichè queste si sottraggono dalla parte non rinnovabile, in quanto è una quota di energia recuperabile. Si può quindi sottolineare come questo edificio abbia una forte componente derivante da fonti rinnovabili, la quale implica una ricaduta positiva sull'ambiente in quanto non è causa di elevato deperimento di risorse provenienti da fonti non rinnovabili, avendo, quindi, un impatto ambientale ancora minore se considerassimo tutte le variabili del caso. Sulla base dei risultati emersi in seguito alle ricerche effettuate sui testi di letteratura scientifica, si può evidenziare come termine di paragone, secondo un'analisi effettuata negli Stati Uniti dal *College of Architecture, Illinois Institute of Technology*, del 26 Febbraio 2018, che gli **edifici residenziali in legno** hanno un Embodied Energy che spazia in un range che varia **da 1,6 a 19,26 GJ/m<sup>2</sup>.**<sup>3</sup>

Building type	Life cycle embodied energy, EE (GJ/m <sup>2</sup> )				Life cycle operational energy, OE (GJ/m <sup>2</sup> )
	Initial	Recurrent	Demolition	Total EE	
Residential, concrete	0.9–23.1				
Residential, steel	0.9–19.2				
Residential, wood	0.9–6.6				
Residential, brick veneer	NR	NR	NR	17.64–25.74	41.5–52.5
Residential, concrete	NR	NR	NR	2.34–5.40	3.5–57.5
Residential, steel and concrete	NR	NR	NR	3.96–4.32	47.5
Residential, wood	NR	NR	NR	1.6–19.26	0.0–59.0
Residential, adobe, clay	NR	NR	NR	2.34–6.66	4.0–15.0
Residential, cement	NR	NR	NR	1.26	17.0

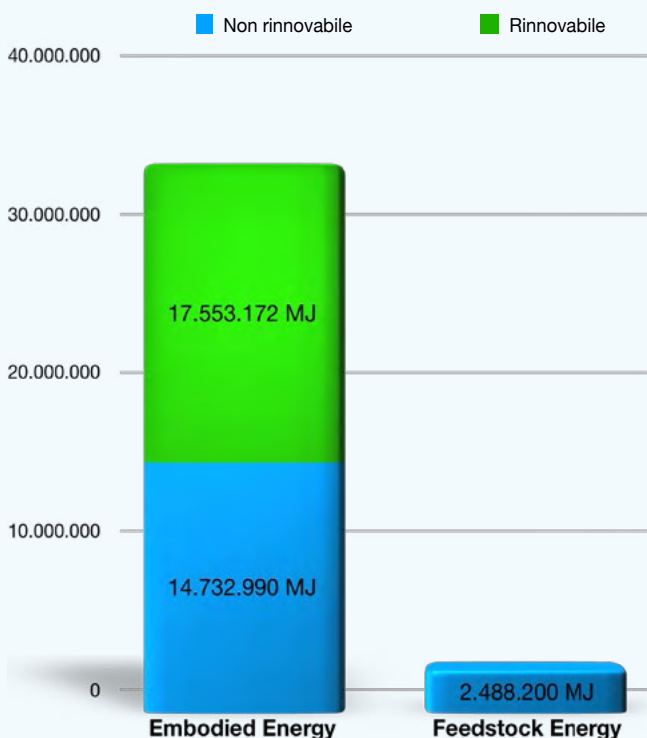
I risultati relativi al “Frullo” di Castenaso, tenendo in considerazione la componente proveniente da fonti non rinnovabili, restituiscono un valore di **8,79 GJ/m<sup>2</sup>** (ottenuto dividendo 14.732 GJ con la superficie utile pari a 1675 m<sup>2</sup>), quindi coerente con gli

159 Giordano, R., *I prodotti per l'edilizia sostenibile: la compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Sistemi Editoriali, 2010

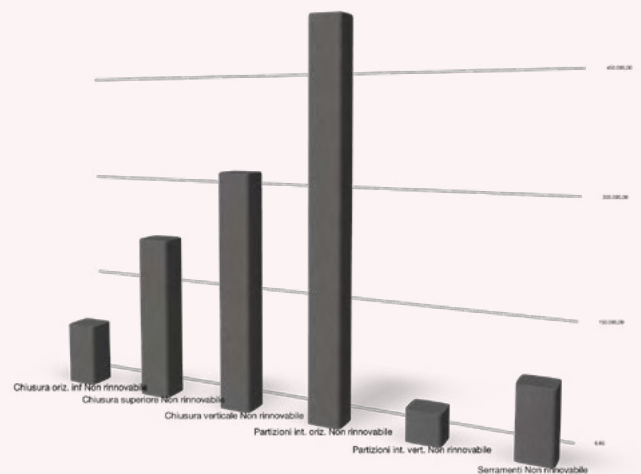
160 R. Azari, N. Abbasbadi, *Embodied energy of buildings: A review of data, methods, challenges, and research trends*, Energy and Buildings, Volume 168, pp 225-235, 2018

studi effettuati nell'articolo citato redatto negli Stati Uniti. Ponendo ulteriore attenzione alla tabella frutto di diverse analisi LCA messe a confronto, emergono dati e informazioni interessanti se confrontate con i risultati del caso studio del "Frullo" di Castenaso appena analizzato. Ciò che più risalta dalla tabella, sono i risultati relativi agli edifici realizzati con tecniche tradizionali, ovvero con struttura il calcestruzzo armato e tamponati con laterizio, la cui tipologia, ad oggi, è quella ancora maggiormente diffusa poichè dagli anni '60 fino alle fine degli anni '90 gran parte dell'edilizia residenziale veniva realizzata con questa tecnologia, ancora utilizzata ai giorni nostri ma con standard qualitativi migliori rispetto ad un tempo. Si può notare come l'impatto ambientale al metro quadrato di questa tipologia costruttiva in termini di Embodied Energy, sia piuttosto elevato, precisamente dell'ordine che varia da 17,64 a 25,74 GJ/m<sup>2</sup>, o meglio si può comprendere che sia quasi il doppio rispetto agli edifici con struttura in legno. Sulla base di queste considerazioni vengono di seguito mostrati i grafici relativi ai risultati dell' Embodied Energy Initial e dell'Embodied Carbon della fase "from cradle to gate".

### EE (Embodied Energy)



### EC (Embodied Carbon)



Classi di unità tecnologiche	kg CO <sub>2</sub> eq
Chiusura orizzontale inferiore	86.146,22
Chiusura superiore	222.569,97
Chiusura verticale	228.703,32
Partizioni interne orizzontali	520.580,95
Partizioni interne verticali	40.820,86
Infissi esterni verticali	91.345,25
<b>TOT</b>	<b>1.190.163,35</b>

# 12.5

## Fase d'uso e manutenzione

### Embodied Energy Recurrent

La fase di uso fa riferimento alla “vita” vera e propria dell’edificio, dal momento in cui, concluse le operazioni di costruzione, l’edificio viene abitato. L’energia spesa durante questo periodo è quella necessaria a tutte le operazioni quotidiane svolte all’interno del manufatto, qualunque sia la sua destinazione d’uso.

Attualmente è su questa fase che si concentrano gli sforzi maggiori per le strategie di risparmio energetico. Si cerca di diminuire i consumi dell’edificio applicando pannelli solari o fotovoltaici per abbassare la richiesta di gas ed elettricità; usando infissi a taglio termico per eliminare le dispersioni di calore; aumentando l’isolamento con sistemi come il cappotto termico, per garantire maggiore inerzia termica all’edificio; usando lampadine a risparmio ed elettrodomestici a basso consumo<sup>4</sup>.

Considerando che per un edificio di classe energetica A il consumo energetico dev’essere inferiore a 30 kWh/m<sup>2</sup> anno, nel caso del “Frullo” di Castenaso e di conseguenza anche dell’edificio di riferimento, il consumo medio annuo, o meglio definito come **Operational Energy**, sarà di circa 50.250 kWh anno data una superficie utile di 1.675 m<sup>2</sup>, equivalente a 180.900 MJ .

Se ci ponessimo nelle condizioni di fare una prospettiva per i prossimi 50 anni di utilizzo di tali fabbricati, è ovvio che questi necessiteranno di manutenzione ordinaria, poichè alcuni elementi, in particolare i materiali classificati come “coverings” sul software SimaPro, come l’intonaco e i materiali di rivestimento, essendo esposti alle intemperie o eventi straordinari, necessitano di manutenzione o di essere sostituiti dopo un certo numero di anni.

Le indicazioni riportate nel documento “Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings” sono state utili per fare questa previsione, poichè all’interno della tabella sono indicati i valori relativi alla vita utile dei componenti degli edifici. Sono, quindi, stati calcolati gli indicatori da applicare ai materiali utilizzati nel progetto, ovvero i coefficienti moltiplicatori che

---

161 <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/embodied-energy-energia-risparmio-energetico-519/> consultato il 24 Ottobre 2018

definiscono il numero di volte in cui i componenti dell'edificio necessitano essere sostituiti nei prossimi 50 anni. (Fig.30)

Building parts	Related building elements	Expected lifespan
<b>Shell (substructure and superstructure)</b>		
Load bearing structural frame	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frame (beams, columns and slabs)</li> <li>- Upper floors</li> <li>- External walls</li> <li>- Balconies</li> </ul>	60 years
Non-load bearing elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ground floor slab</li> <li>- Internal walls, partitions and doors</li> <li>- Stairs and ramps</li> </ul>	30 years
Facades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- External wall systems, cladding and shading devices</li> <li>- Façade openings (including windows and external doors)</li> <li>- External paints, coatings and renders</li> </ul>	30 years (35 years glazed) 30 years 10 years (paint) 30 years (render)
Roof	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure</li> <li>- Weatherproofing</li> </ul>	30 years
Parking facilities	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Above ground and underground (within the curtilage of the building and servicing the building occupiers) <sup>8</sup></li> </ul>	60 years
<b>Core (fittings, furnishings and services)</b>		
Fittings and furnishings	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sanitary fittings</li> <li>- Cupboards, wardrobes and worktops</li> <li>- Floor finishes, coverings and coatings</li> <li>- Skirting and trimming</li> <li>- Sockets and switches</li> <li>- Wall and ceiling finishes and coatings</li> </ul>	20 years 10 years 30 years (finishes) 10 years (coatings) 30 years 30 years 20 years (finishes) 10 years (coatings)

Figura 30. Tabella estratta dal documento "Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings"

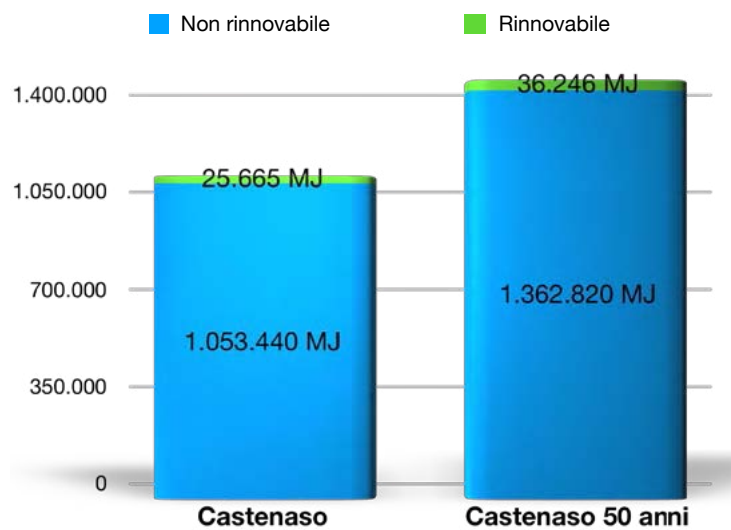
Calcolati i coefficienti di sostituzione dei componenti ed applicati sui singoli elementi tecnici, sono stati nuovamente analizzati per mezzo del software SimaPro, tutte le unità tecnologiche, per avere la possibilità di evidenziare le differenze a livello di impatto ambientale che possono emergere considerando la fase d'uso e manutenzione in un arco temporale di 50 anni.

Anche l'Operational Energy subirebbe sostanziali variazioni in questo arco di tempo, il quale diventerebbe pari a 2.512.500 kWh, ovvero 9.045.000 MJ.

### 12.5.1 Fase d'uso e manutenzione: 50 anni

Il confronto viene effettuato dal punto di vista di Embodied Energy nella fase “from cradle to gate” ed in quella d'uso considerando un periodo di 50 anni e le conseguenti manutenzioni del caso, accostando a questi la componente di Operational Energy dello stesso arco temporale, per comprendere quanto sia il rapporto fra i determinati valori.

#### Solaio piano terreno



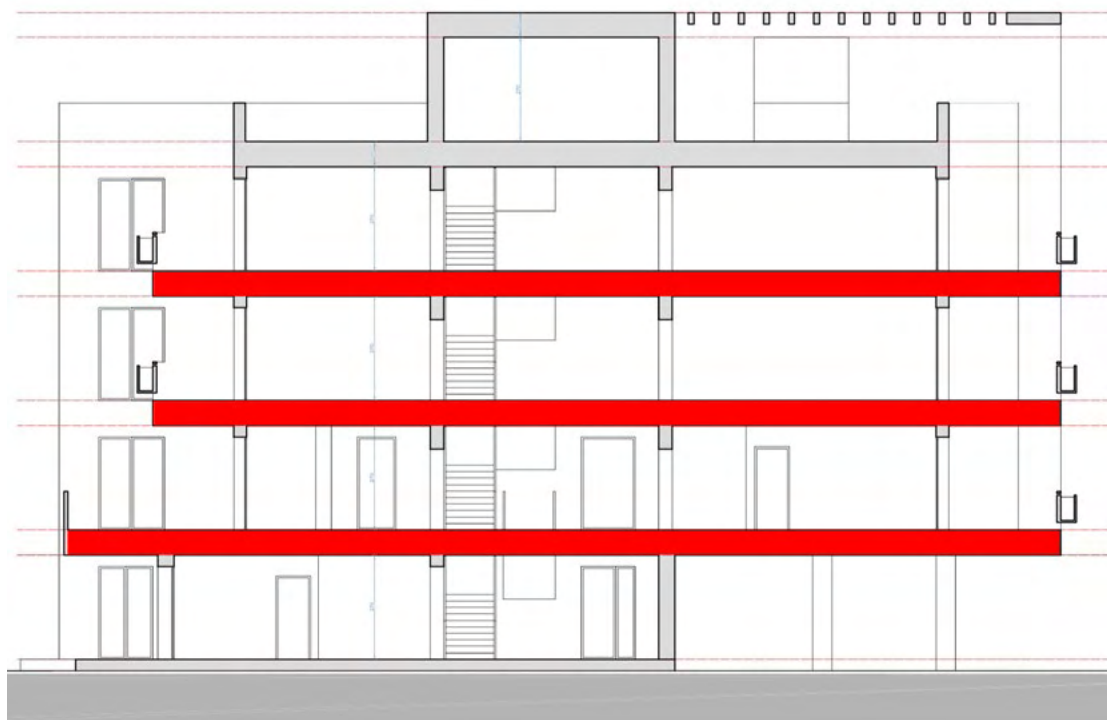
Considerando che come già accennato in precedenza, la tipologia costruttiva del solaio a piano terreno, il quale è di carattere tradizionale, in quanto è stato realizzato facendo uso di consistenti quantità di calcestruzzo armato per la realizzazione delle fondazioni, ed isolando gli ambienti interni per mezzo degli igloo situati al di sotto della pavimentazione separati da un massetto di completamento.

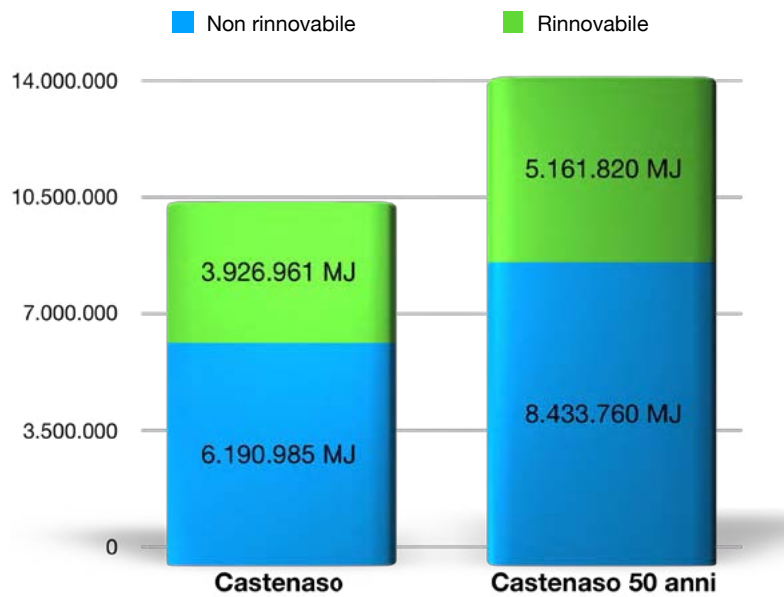
Nella fase di manutenzione nell'arco di 50 anni è stata presa in considerazione la sostituzione della pavimentazione 1 volta sola, come viene indicato nella tabella di riferimento, mantenendo il resto dell'unità tecnologica come d'origine, poichè viene garantita per un periodo superiore a 50 anni.

Tale manutenzione nell'arco di 50 anni, a livello di impatto ambientale comporta un incremento di 309.380 MJ nel caso del "Frullo" di Castenaso. Nel caso dell'energia proveniente da fonti rinnovabili si ha un incremento di valore pari a 10.581 MJ.

Sono differenze di modesta entità considerando il lasso di tempo e come vedremo in seguito, se paragonati alle altre unità tecnologiche.

### Solai interpiano



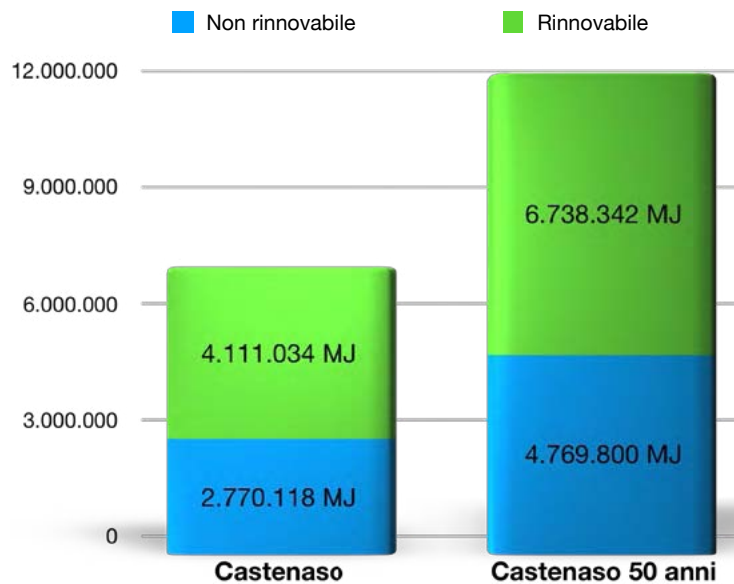


Lo scenario relativo all'Embodied Energy, nel caso dei solai di interpiano, fa risaltare una notevole differenza relativa all'incremento di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili, la quale, come già spiegato in precedenza tiene in considerazione la "feedstock energy" che nel caso in cui venisse sottratta porterebbe la situazione attuale ad una condizione meno impattante.

Differente è la situazione relativa all'energia proveniente da fonti rinnovabili, nettamente superiori nello scenario di Castenaso nella fase "from cradle to gate" nell'arco di 50 anni. La fase d'uso, anche in questo caso tiene in considerazione la sostituzione dei materiali superficiali. Da tenere in considerazione in questo caso, è stato la differenza tra il solaio a piano primo in calcestruzzo armato e quelli superiori realizzati in tecnologia mista legno/calcestruzzo.

Nel caso del "Frullo" sono previste la sostituzione di almeno una volta delle pavimentazioni, degli intonaci, dei pannelli Creaton, dei pannelli OSB e degli isolanti (ove questi siano esposti verso l'esterno, come ad esempio nell'elemento tecnico S6\_Solaio da interno riscaldato verso esterno), i quali hanno portato ad un aumento del valore di CED rispetto alla fase iniziale di 2.242.775 MJ da fonti di energia non rinnovabili e di 1.234.859 MJ da fonti rinnovabili.

## Solai di copertura



I solai di copertura mostrano evidenti differenze in entrambi gli scenari previsti per il caso studio del “Frullo” di Castenaso.

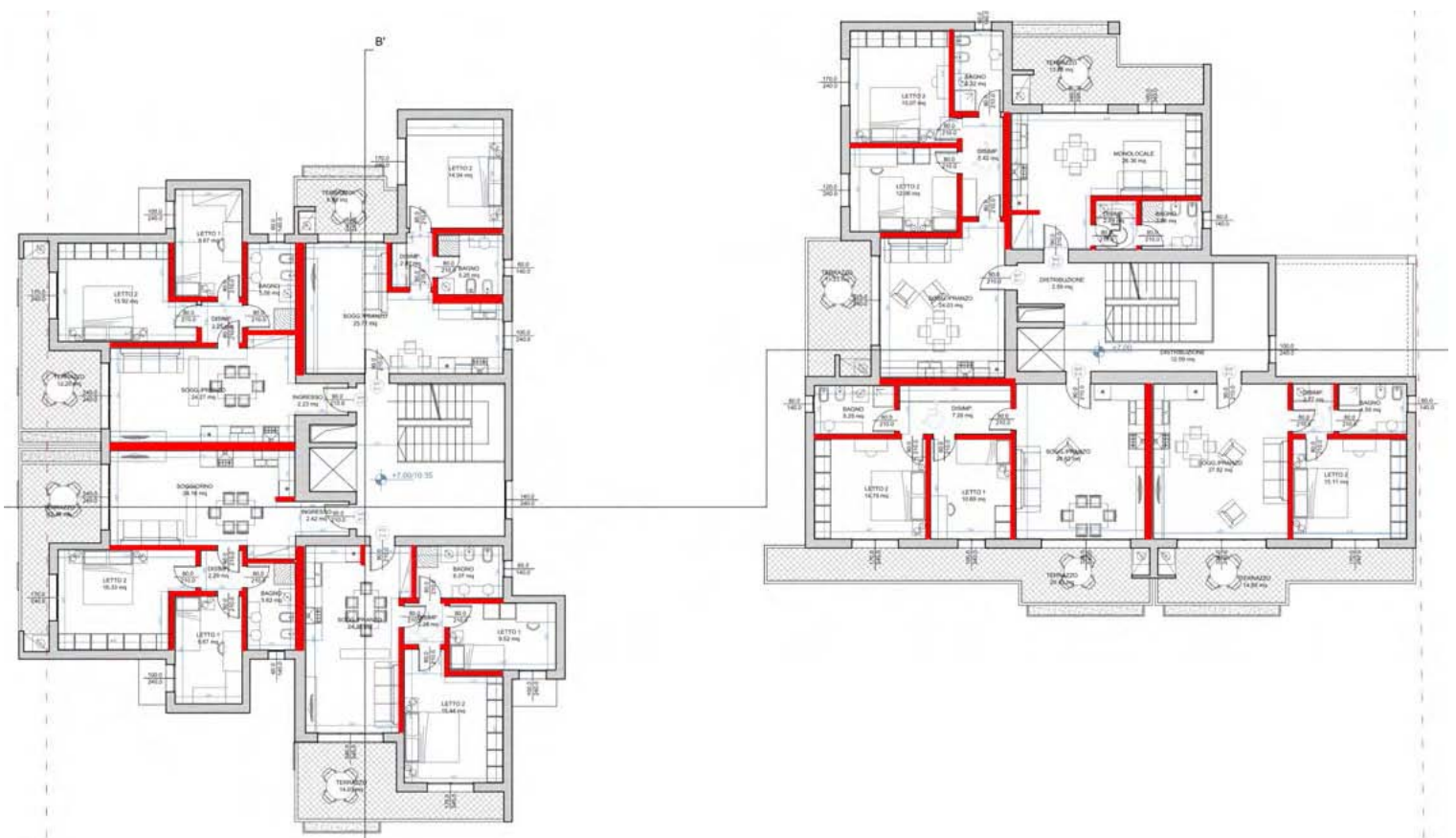
Come già spiegato in precedenza, l'elevata componente di energia primaria rinno-

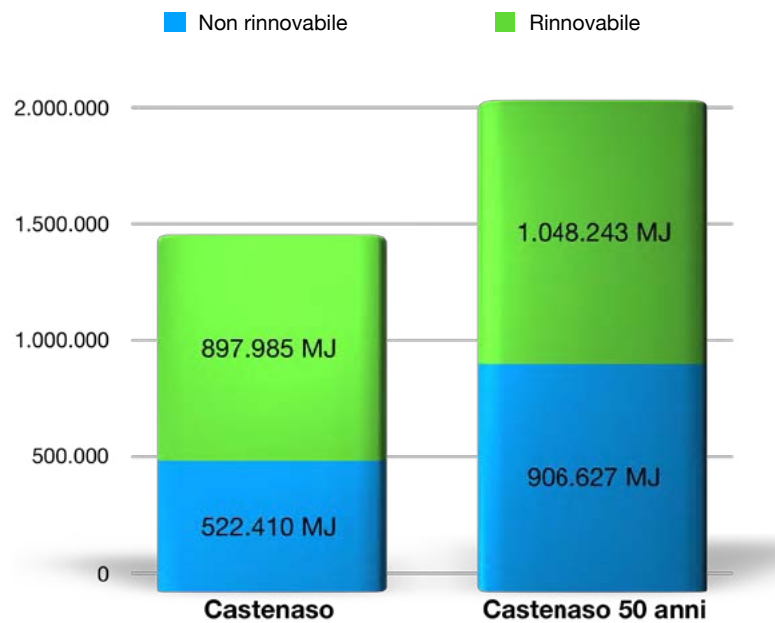


vabile mette in risalto una situazione sostenibile nel caso di Embodied Energy iniziale, considerando che la quota di “feedstock energy” risulta inglobata come in tutte le altre unità tecnologiche prese in considerazione. Analizzando il grafico, quello che più risalta è lo scenario della fase d'uso ovve quella di Embodied Energy recurrent, con un considerevole incremento di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabile di 1.999.682 MJ e di 2.627.308 quello da fonti rinnovabili.

Questi risultati sono la conseguenza della sostituzione di alcuni materiali, data l'unità tecnologica più esposta alle intemperie, come la pavimentazione, il primo strato di isolamento, le guaine impermeabilizzanti e dei pannelli OSB esposti verso l'esterno almeno una volta nell'arco di 50 anni.

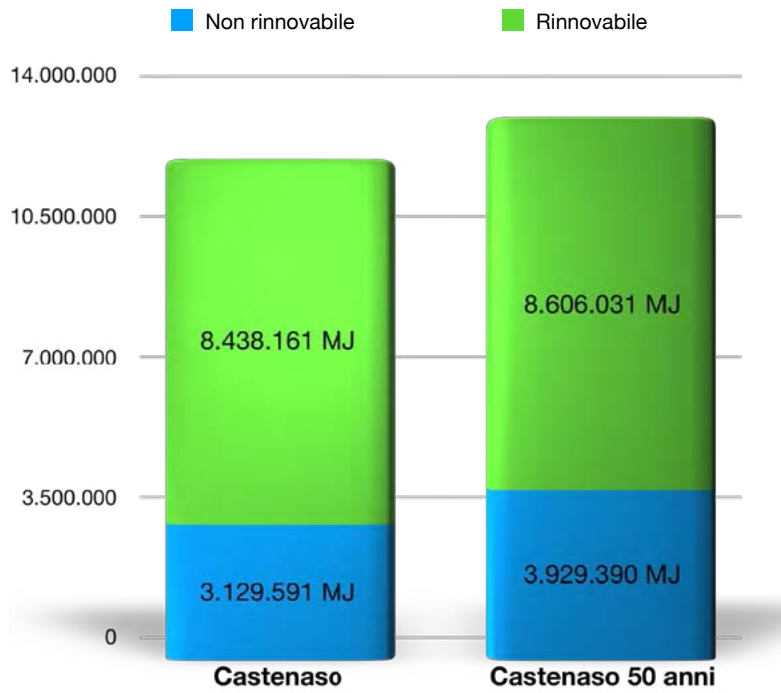
## Pareti interne verticali





Le pareti interne verticali mostrano scenari simili a quelli analizzati nel caso dei solai di copertura. La loro composizione, mostrata in precedenza, è fatta prevalentemente da materiale di origine legnosa, ovvero con struttura in legno lamellare e all'interno materiale isolante come la fibra di legno ad alta e a bassa densità, tamponate da pannelli in cartongesso, così come le pareti che dividono gli alloggi, le quali hanno in più isolanti acustici e fibra minerale. Anche in questo caso, la situazione del "Frullo" nella fase d'uso e manutenzione subisce un incremento dei valori di energia proveniente da fonti non rinnovabili e da fonti rinnovabili considerevoli, rispettivamente di 384.217 MJ e di 150.258 MJ, i quali rispetto alle altre unità tecnologiche analizzate finora sono incrementi nettamente minori. Le cause che portano a questi valori nella fase d'uso, sono dovute alla sostituzione dei pannelli in cartongesso superficiali, presenti in quantità consistenti degli elementi tecnici R1 e D1, i quali vengono garantiti secondo la tabella estratta dal programma europeo "Level(s)" indicata in precedenza nella figura 30, per un periodo solamente di 30 anni e quindi non sono in grado di garantire le prestazioni dichiarate per tutto l'arco di tempo di 50 anni preso in considerazione.

## Pareti perimetrali verticali

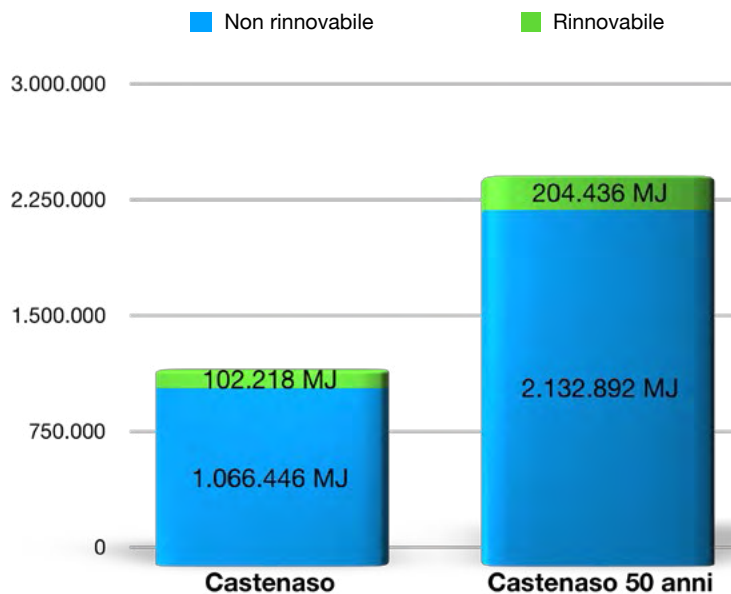


L'analisi effettuata sulle pareti perimetrali verticali fa emergere situazioni differenti rispetto alle unità tecnologiche analizzate finora, poichè come già sottolineato in precedenza, in questo caso la componente rinnovabile prevale in maniera considerevole rispetto a quella non rinnovabile. Questo è dovuto all'elevata quantità di materiale di origine legnosa presente nei vari elementi tecnici che la compongono, come le componenti strutturali Suteki Wood System, i pannelli OSB e i materiali isolanti, senza considerare aspetti successivi come "feedstock energy" e gli scenari di fine vita già sottolineati nei paragrafi precedenti, che se messi a paragone con edifici tradizionali mostrerebbero tutti i vantaggi di questa tipologia di parete.

Il "Frullo" di Castenaso, mostra in questa unità tecnologica, la componente rinnovabile quasi tre volte superiore rispetto a quella non rinnovabile anche nella fase d'uso, con un incremento di 799.799 MJ di energia non rinnovabile e di 167.870 MJ di energia rinnovabile dovuta alla sostituzione dei pannelli di rivestimento superficiali e degli intonaci, garantiti per una durata di 30 anni, come indicato nella tabella estratta da "Level(s)" e anche dei pannelli in cartongesso sulla parte rivolta verso l'interno delle pareti. La sostituzione solamente dei materiali superficiali, è dovuta al fatto che le componenti legnose interne strutturali, risultano essere garantite per periodi di tempo superiori, nel caso in cui tutti i nodi e le opere di finitura vengano realizzate secondo canoni e regole che consentano a tali materiali di durare nel tempo.

Nel caso in cui questo non accada, le problematiche che possono emergere da tali mancanze potranno essere molteplici, poichè a causa di una qualunque infiltrazione d'acqua o di umidità nelle componenti interne degli elementi tecnici, implica la sostituzione di tali materiali e quindi opere di manutenzione straordinaria, con conseguenti incrementi di valore nella fase di Embodied Energy recurrent nell'arco di 50 anni.

## Infissi esterni verticali

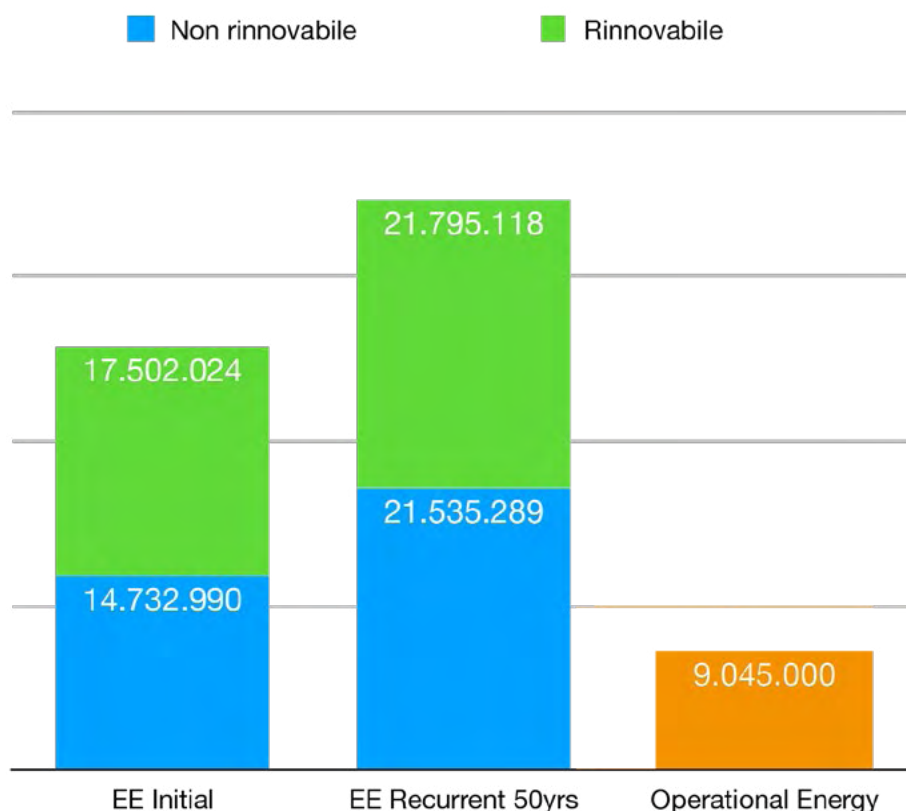


Come già indicato in precedenza, la tipologia di infissi utilizzati è stata dettata dalla necessità di raggiungere la classe energetica A nel caso del “Frullo” di Castenaso. Per questo motivo gli scenari messi a confronto mostrano un raddoppio dell’incremento di energia rinnovabile e non rinnovabile, poichè nella fase d’uso è necessario che vengano sostituiti una volta sola poichè i serramenti (Windows), nella tabella estratta dal documento “Level(s)”, hanno una vita utile pari a 30 anni. L’incremento di valore di energia proveniente da fonti non rinnovabili portato da tali sostituzioni, risulta essere pari ad un valore di 1.066.446 MJ mentre il valore da fonti rinnovabili pari a 102.218 MJ.

# 12.6

## Conclusioni: risultati finali a confronto

### EE (Embodied Energy) versus OE (Operational Energy)



L'analisi finale, ha lo scopo di mettere a confronto tutti i contributi alla Life Cycle Energy relativi al caso studio del "Frullo" di Castenaso, ovvero Embodied Energy Initial, l'Embodied Energy Recurrent e l'Operational Energy.

Ricapitolando, le cause principali che hanno portato a questi risultati sono di diversi generi, prima fra queste è data dal fatto che nonostante sia un edificio realizzato per gran parte con struttura portante Suteki Wood System, la scelta di realizzare il piano terra con struttura portante in calcestruzzo armato, così come il vano scala con setti portanti in cls armato ed allo stesso modo il solaio a piano primo, il quale funge come base da appoggio per la struttura in elevazione per i piani superiori, abbia influito parecchio sui risultati globali in termini di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili. Allo stesso modo, anche l'utilizzo di massetti in cls alleggerito e le cappe armate in cls ad alta densità hanno dato un contributo considerevole in

termini di fabbisogno energia primaria da fonti non rinnovabili. Non da meno è stato il contributo proveniente dalla grande quantità di materiale isolante in fibra minerale, che insieme all'utilizzo della pavimentazione in grès ed ai pannelli in cartongesso, hanno fatto in modo che il fabbisogno di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili risulti piuttosto elevato. A questo si accompagna anche il fatto che per il "Frullo" di Castenaso siano stati considerati 45 materiali diversi, i quali sia nella fase "from cradle to gate" che in quella d'uso hanno avuto un peso notevole sui risultati finali. La componente di fabbisogno di energia primaria proveniente da fonti rinnovabili risulta praticamente alla pari di quella non rinnovabile, dovuto alla quantità di materiali derivati da specie di origine legnosa come la struttura portante, l'isolante in fibra di legno, i pannelli OSB e l'isolamento in sughero Corkpan, i quali per la loro produzione viene considerata l'elevata componente proveniente da biomassa, la quale porta ad un risultato così elevato in termini di Primary Energy Demand renewable. Questo aspetto influenza molto l'effettiva sostenibilità del progetto poichè se venisse considerato l'intero ciclo di vita, si dimostrerebbe come gran parte delle sue componenti possano essere smontate e riciclate oppure smaltite sotto forma di energia per produrre nuovamente altri materiali.

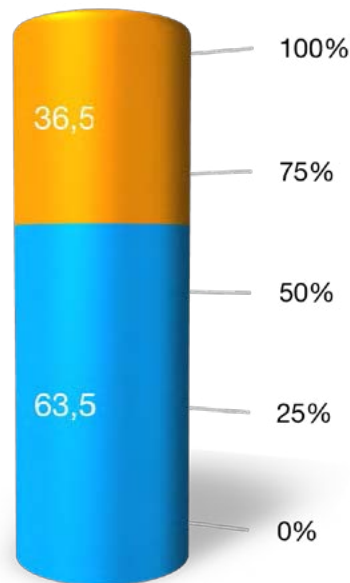
Va ancora considerato che in entrambe le fasi prese in considerazione, l'energia di "feedstock" è stata considerata come inglobata e quindi non sottratta dalla quantità di fabbisogno proveniente da fonti non rinnovabili, poichè non è stata considerata la fase di fine vita ed i relativi scenari di smaltimento e riciclaggio.

Anche la fase di cantiere non è stata presa in considerazione per mancanza di dati sufficienti e attendibili, ma nel caso in cui venisse considerata mostrerebbe i vantaggi notevoli rispetto ad un edificio tradizionale, poichè la realizzazione di un edificio in legno è più veloce in termini di tempo e si avvale (esclusi i mezzi di trasporto per il trasferimento dei componenti da montare) di strumenti e mezzi meno pesanti e gravosi sull'ambiente. Così come gli scenari di fine vita, in quanto il caso del "Frullo" può essere per gran parte smontato e riciclato come sottolineato in precedenza,

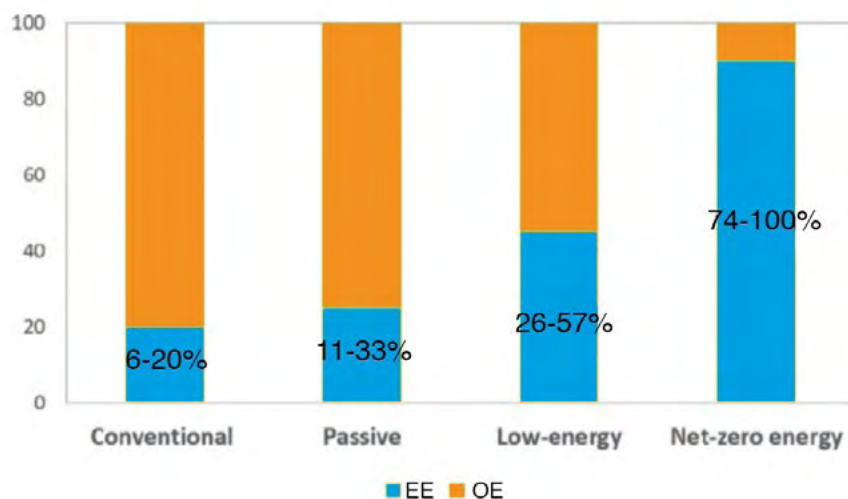
andando così a migliorare la situazione attuale rappresentata nel grafico.

L'aspetto relativo alla fase d'uso di tale edificio in classe energetica A, o meglio definita come Operational Energy, risulta essere circa il 36,5% rispetto al fabbisogno di energia da fonti non rinnovabili.

■ Embodied Energy    ■ Operational Energy



Per comprendere meglio il valore di tale valore grafico, si può confrontare con un ulteriore grafico, realizzato negli Stati Uniti nel College of Architecture dell'Illinois Institute of Technology dagli stessi autori dell'articolo citato in precedenza relativo ai valori medi di Embodied Energy degli edifici in legno, il quale sulla base del rapporto tra Embodied Energy e Operational Energy classifica l'efficienza energetica di un edificio, come si può notare dal seguente grafico.





Il risultato relativo al rapporto tra Embodied Energy e Operational Energy del “Frullo” di Castenaso, il quale vede la componente di Embodied Energy pari al 63,5% del totale della Life Cycle Energy, posiziona l’edificio in una situazione di mezzo tra la categoria Low-Energy e Net-zero energy, a conferma ulteriore del fatto che essendo un edificio di classe energetica A, i risultati emersi da questa analisi rispecchiano la realtà dell’edificio analizzato.

Questo valore aiuta a comprendere come, negli ultimi decenni, su questo aspetto le politiche e le norme abbiano raggiunto buoni risultati, e si stanno facendo ancora enormi progressi siccome la tendenza seguirà questa linea, tant’è che dal 2021 subentrerà l’obbligo di realizzare solamente edifici nZEB (Nearly Zero Energy Building) ovvero edifici il cui consumo energetico è circa pari a zero come indicato nelle direttive europee EPBD del 2010 (2010/31/UE), regolamentato anche in Italia da quando il tema dell’efficienza energetica è stato introdotto dal D.lgs. 192/2005, poi modificato dal D.L. 63/2013, divenuto L. 90/2013 per integrare alcuni aspetti richiesti dalle EPBD che ancora mancavano<sup>160</sup>.

Quindi, come emerge dal grafico, se dal canto dell’efficienza energetica si stanno facendo e sono già stati fatti grandi progressi rispetto ad un decennio fa; ora l’attenzione si sta ponendo verso la fase di costruzione, la quale attualmente da ancora il contributo maggiore in termini di impatto ambientale, in quanto la fase di Operational Energy negli edifici ad alta efficienza energetica risulta essere inferiore tendente allo zero per il prossimo futuro, è quindi necessario lavorare ancora sulle varie fasi del ciclo di vita degli edifici per far sì che anche dal punto di vista del fabbisogno energetico in fase di costruzione si possa raggiungere un livello sempre minore di richiesta di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili, favorendo quello proveniente da fonti rinnovabili, e di conseguenza anche l’utilizzo di materiali locali e riciclabili, per fare sì che si possa limitare e quindi diminuire il conseguente impatto che gli edifici avranno sull’ambiente.

---

162 <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/nZEB-case-futuro-edifici-a-energia-quasi-zero-302.html> consultato il 14 Novembre 2018

# Bibliografia

Dunlap, R.E., Jorgenson, A.K., *Environmental problems*, The Wiley-Blackwell Encyclopedia of Globalization, 2012.

Frank, D.J., Hironaka, A., Schofer, E., *The nation-state and the natural environment over the twentieth century*, American Sociological Review 65, 2000.

deGroot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*, Ecological Economics 41, 2002.

Haberl, H., Wackernagel, M., Krausmann, F., et al., *Ecological footprints and human appropriation of net primary production: a comparison*, Land Use Policy 21, 2004.

Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., et al., *Shrink and share: humanity's present and future footprint*, Philosophical Transactions of the Royal Society, 363, 2008.

York, R., Rosa, E.A., Dietz, T., *Footprints on the earth: the environmental consequences of modernity*, American Sociological Review, 68, 2003.

Maila, M.W., *Grounding Sustainable Development in Praxis-Furthering Accountability and Collaboration*, in Ahmad, A., *World Sustainable Development Outlook 2006: A Global and Local Resources in Achieving Sustainable Development*, Switzerland, Inderscience, 2006.

Mahmoudi, H., et al., *Application of geothermal energy for heating and fresh water production in a brackish water greenhouse desalination unit: A case study from Algeria*, JRSER, 14(1), 2010.

Goosen M.F A., et al., *Fouling of Reverse Osmosis and Ultrafiltration Membranes: A Critical Review*, Separation Science and Technology, 39(10), 2004.

Goosen, M.F., *Environmental management and sustainable development*, Procedia Engineering, 33, 2004.

Gabaldón, A.J., Aguilera, M., *Bioethical Dimensions of Sustainable Development*, in Laboy-Nieves, E.N, et al., *Environmental Management, Sustainable Development and Human Health*, Taylor & Frances Publ, London, 2009.

Hammond, F.N., Somevi, J., *Poverty, Urban Land and Africa's Sustainable Development Controversy*, in Laboy-Nieves, E.N, 2009.

Stern, N., *The Economics of Climate Change: the Stern Review*, UK Government Report, October, 2006.

Kaplan, R.S., Norton, D.P., *The Strategy-Focused Organization*, Boston, Harvard Business School Press, 2001.

- United Nations, 2016 *Annual Report, Empowering people to protect the planet*, 2017.
- United Nations Environment Program, *Global Assessment of Sand and Dust Storms*, 2016.
- Langlet, D., Mahmoudi, S., *EU environmental law and policy*. Oxford University Press, 2016.
- Articolo 192(3) del *Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea*.
- Rentier, A., *Europe: Policy-Making without Legislating?*, Common goods: Reinventing European and international governance, 2002.
- Johnson, S.P., Corcelle, G., *The Environmental Policy of the European Communities*, Kluwer Law International, 1995.
- Hildebrand, P.M., *The European Community's Environmental Policy, 1957 to '1992': From Incidental Measures to an International Regime?*. In *A green dimension for the European Community*, Routledge, 2014.
- Decision 2179/98/EC by the European Parliament and the Council on a *Review of the European Community Action Programme for the Environment and a Sustainable Development called 'Towards a Sustainable Development'*, OJ L.257/1, 1998.
- Decision 1600/2002/EC by the European Parliament and the Council on *the establishment of the Community's Sixth Action Programme for the Environment*, OJ L.242/1, 2002.
- Calvin, K., et al., *EU 20-20-20 energy policy as a model for global climate mitigation*, Climate policy, 14(5), 2014.
- European Environment Agency, *Overall progress towards the European Union's '20-20-20' climate and energy targets*, disponibile qui: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/trends-and-projections-in-europe/trends-and-projections-in-europe-2017/overall-progress-towards-the-european> consultato il 1 ottobre 2018.
- European Council, *Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework*, European Council, Brussels, 2014.
- European Commission, *European energy and transport, trends to 2030, update 2007*, European Commission, Brussels, 2008.
- European Council, *Increased energy efficiency: ensuring progress towards EU's climate and energy goals*, European Council, Brussels, 2017.
- European Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank 'Energy Union Package: A framework strategy for a resilient Energy Union with a forward-looking climate change policy'*, 25 February 2015a.

- European Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European and Social Committee of the Regions and the European Investment Bank 'State of the Energy Union 2015'*, 18 November 2015b.
- European Environment Agency, *Progress of the European Union towards its 2020 energy efficiency targets*, disponibile qui: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/trends-and-projections-in-europe/trends-and-projections-in-europe-2017/progress-of-the-european-union-1> consultato il 2 ottobre 2018.
- EEA, *Primary energy consumption by fuel*, 2017, disponibile qui: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/primary-energy-consumption-by-fuel-6/assessment-1> consultato il 2 ottobre 2018.
- Odysee-Mure, *Monitoring of energy efficiency trends and policies in the EU*, 2015.
- Klöpffer, W., Grahl, B., *Life Cycle Assessment (LCA). A guide to best practice*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 2014.
- Hunt, R.G., Franklin, W.E., *LCA—How it came about*, The International Journal of Life Cycle Assessment,1(1), 1996.
- Klöpffer, W., *The role of SETAC in the development of LCA*, International Journal of LCA,11(1), 2006.
- Jensen, A A., et al., *Life Cycle Assessment (LCA). A guide to approaches, experiences and information sources*, European Environment Agency, Environmental Issues Series, No. 6.
- Filimonau, V., et al., *A critical review of methods for tourism climate change appraisal: life cycle assessment as a new approach*, Journal of Sustainable Tourism,19(3), 2011.
- Hertwich, E.G., Pease, W.S., Koshland, C.P.,*Evaluating the environmental impact of products and production processes: A comparison of six methods*, Science of the Total Environment,196(1), 1997.
- Jeswani, H.K., et al., *Options for broadening and deepening the LCA approaches*, Journal of Cleaner Production, 18(2), 2010.
- International Organization for Standardization, *ISO/TC 207/SC 5—Life cycle assessment*, ISO, Geneva, Switzerland, 2015a.
- Such, B., *PAS 2050 research report*, BSI, London, 2011.
- Wolf, M.A., et al., *The International reference Life Cycle Data system (ILCD) Handbook*, JRC reference reports, European Commission, 2012.
- International Organization for Standardization, *ISO/TC 207/SC 5—Life cycle assessment*, ISO, Geneva, Switzerland, 2015b.

- McManus, M.C., Taylor, C.M., *The changing nature of life cycle assessment*, Biomass and bioenergy, 82, 2015.
- Finkbeiner, M., *Product environmental footprint—breakthrough or breakdown for policy implementation of life cycle assessment?*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 19(2), 2014.
- Junnila, S., Horvath, A., *Life-cycle environmental effects of an office building*, Journal of Infrastructure Systems, 9(4), 2003.
- Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G., *Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA*, Construction and Building Materials, 23(1), 2009.
- Arena, A.P., De Rosa, C., *Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza—Argentina*, Building and Environment, 38(2), 2003.
- Koroneos, C., et al., *Life cycle assessment of kerosene used in aviation*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 10(6), 2005.
- Junnila, S.I., *Empirical comparison of process and economic input-output life cycle assessment in service industries*, Environmental Science and Technology, 40(22), 2006b.
- Ally, J., Pryor, T., *Life-cycle assessment of diesel, natural gas and hydrogen fuel cell bus transportation systems*, Journal of Power Sources, 170(2), 2007.
- Thollier, K., Jansen, B., *Reducing life cycle impacts of housing and computers in relation with paper*, Journal of Cleaner Production, 16, 2008.
- Frischknecht, R., Rebitzer, G., *The ecoinvent database system: A comprehensive web-based LCA database*, Journal of Cleaner Production, 13(13–14), 2005.
- Vogtländer, J., *A Practical Guide to LCA for Students, Designers and Business Managers, Cradle-to-grave and Cradle-to-cradle*, VSSD, Delft, The Netherlands, 2010.
- Berners-Lee, M., Howard, D.C., Moss, J., et al., *Greenhouse gas footprinting for small businesses—the use of input-output data*, Science of the Total Environment, 409(5), 2011.
- Lundie, S., Dwyer, L., Forsyth, P., *Environmental-economic measures of tourism yield*, Journal of Sustainable Tourism, 15(5), 2007.
- Foran, B., et al., *Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting*, Ecological Economics, 52(2), 2005.
- Paulsen, J.H., Borg, M., *A building sector related procedure to assess the relevance of the usage phase*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 8(3), 2003.

Jonsson, A., *Tools and methods for environmental assessment of building products—methodological analysis of six selected approaches*, Building and Environment, 35, 2000.

Kellenberger, D., Althaus, H.J., *Relevance of simplifications in LCA of building components*, Building and Environment, 44, 2009.

Berners-Lee, M., Howard, D.C., Moss, J., et al., *Greenhouse gas footprinting for small businesses—the use of input-output data*, Science of the Total Environment, 409(5), 2011.

Blengini, G. A., *Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy*, Building and Environment, 44(2), 2009.

Brady, J., Ebbage, A., Lunn, R., *Environmental management in organizations. The IEMA handbook*, Earthscan, Oxon, UK, 2011.

Williams, A. S., *Life cycle analysis: A step by step approach*, Sustainable Technology Center, Champaign, Illinois, IL, 2009.

Ness, B., et al., *Categorising tools for sustainability assessment*, Ecological Economics, 60(3), 2007.

Heiskanen, E., *The institutional logic of life cycle thinking*, Journal of Cleaner Production, 10(5), 2002.

Bengtsson, S., Andersson, K., Fridell, E., *A comparative life cycle assessment of marine fuels, liquefied natural gas and three other fossil fuels*, Journal of Engineering for the Maritime Environment, 225(2), 2011.

Nanaki, E.A., Koroneos, C. J., *Comparative LCA of the use of biodiesel, diesel and gasoline for transportation*, Journal of Cleaner Production, 20(1), 2012.

Wong, A., Hallsworth, A., *Farm-to-Fork: A proposed revision of the classical food miles concept*, International Journal of Food System Dynamics, 3(1), 2012.

Fusi, A., Guidetti, R., Benedetto, G., *Delving into the environmental aspect of a Sardinian white wine: From partial to total life cycle assessment*, Science of The Total Environment, 472, 2014.

Kara, S., Manmek, S., Herrmann, C., *Global manufacturing and the embodied energy of products*, CIRP Annals Manufacturing Technology, 59(1), 2010.

Thorn, M.J., Kraus, J. L., Parker, D.R., *Life-cycle assessment as a sustainability management tool: Strengths, weaknesses, and other considerations*, Environmental Quality Management, 20(3), 2011.

Rugani, B., et al., *A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector*, Journal of Cleaner Production, 54, 2013.

- van Dijk, S., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen, A., *Continuing the building's cycles: A literature review and analysis of current systems theories in comparison with the theory of Cradle to Cradle*, Resources, Conservation and Recycling, 82, 2014.
- Braungart, M., McDonough, W., Bollinger, A., *Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design*, Journal of Cleaner Production, 15(13–14), 2007.
- Bjørn, A., Hauschild, M.Z., *Absolute versus relative environmental sustainability*, Journal of Industrial Ecology, 17(2), 2013.
- Baral, A., Bakshi, B.R., Smith, R.L., *Assessing resource intensity and renewability of cellulosic ethanol technologies using Eco-LCA*, Environmental Science and Technology, 46, 2012.
- Matthews, H.S., Small, M., *Extending the boundary of life-cycle assessment through environmental economic input-output-models*, Journal of Industrial Ecology, 4(3), 2001.
- Lenzen, M., *Errors in conventional and input-output-based life-cycle inventories*, Journal of Industrial Ecology, 4(4), 2000.
- Fthenakis, V.M., Kim, H.C., *Greenhouse-gas emissions from solar electric- and nuclear power: A life-cycle study*, Energy Policy, 35(4), 2007.
- Wackernagel, M., Rees, W.E., *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, 1996.
- East, A.J., *What is a carbon footprint? An overview of definitions and methodologies. In Vegetable industry carbon footprint scoping study*, Discussion papers and workshop, Horticulture Australia Limited, Sydney, 26 September 2008.
- Finkbeiner, M., *Carbon footprinting—Opportunities and threats*, International journal of Life Cycle Assessment, 14, 2009.
- Browne, D., O'Regan, B., Moles, R., *Use of carbon footprinting to explore alternative household waste policy scenarios in an Irish city-region*, Resources, Conservation and Recycling, 54, 2009.
- Peters, G.P., *Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales*, Current Opinion in Environmental Sustainability, 2(4), 2010.
- Matthews, S.C., Hendrickson, C.T., Weber, C.L., *The importance of carbon footprint estimation boundaries*, Environmental Science and Technology, 42(16), 2008.
- Padgett, J.P., et al., *A comparison of carbon calculators*, Environmental Impact Assessment Review, 28, 2008.
- BSI, *Publicly available specification 2050. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, British Standards Institute, 2008.

- Hammond, G., *Time to give due weight to the 'carbon footprint' issue*, Nature, 445(7125), 2007.
- Jarvis, P., *Never mind the footprints, get the mass right*, Nature, 446, 2007.
- Lynas, M., *Carbon counter*, Harper Collins Publishers, Glasgow, 2007.
- Pandey, D., Agrawal, M., Pandey, J. S., *Carbon footprint: current methods of estimation*, Environmental monitoring and assessment, 178(1-4), 2011.
- Wright, L. A., Kemp, S., Williams, I., *'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition*, Carbon management, 2(1), 2011.
- L.E.K. Consulting LLP, *The L.E.K. Consulting carbon footprint report 2007: Carbon footprints and the evolution of brand-consumer relationships*, L.E.K. Consulting Research Insights, I., L.E.K. LLB., London, 2007.
- Courchene, T.J., Allan, J.R., *Climate change: The case of carbon tariff/tax*, Policy Options, 3, 2008.
- Rich, D., *Designing a U.S. Greenhouse Gas Emissions Registry*, Climate and energy. World Resource Institute, 2008.
- Capoor, K., Ambrosi, P., *State and trends of the carbon market 2009*, The World Bank, Washington DC, 2009.
- Kleiner, K., *The corporate race to cut carbon*, Nature, 3, 2007.
- CDP, *Carbon disclosure project report 2009: Global 500, on behalf of 385 investors with assets of \$57 trillion*, Carbon Disclosure Project, 2009.
- Kenny, T., Gray, N.F., *Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland*, Environmental Impact Assessment Review, 29, 2008.
- Murray, J., Day, C., *The carbon neutral free for all*, International Journal of Greenhouse Gas Control, 3, 2009.
- Hamilton, K., et al., *State of the voluntary carbon markets 2007: Picking up steam*, Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance, 2009.
- Frank, L.D., et al., *Carbonless footprints: Promoting health and climate stabilization through active transportation*, Preventive Medicine, 50, 2010.
- Gössling, S., *Carbon management in tourism: Mitigating the impacts on climate change*, Routledge, 2010.
- Chambers, J.Q., et al., *Hurricane Katrina's carbon footprint on U.S. gulf coast forests*, Science, 318, 2007



Wackernagel, M., Rees, W.E., *Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective*, Ecol. Econ. 20, 1997.

Siche, J.R., et al., *Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices*, Ecological Economics, 66(4), 2008.

Esty, D., et al., *Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship*, Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven, 2005.

Brown, M.T., Ulgiati, S., *Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation*, Ecol. Eng. 9, 1997.

Lal, R., *Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment*, Soil and Tillage Research, 43(1-2), 1997.

Forestry Commission, *Forests, Carbon and Climate Change: the UK Contribution*, Information Note, June 2003.

Gibbs, H.K., et al., *Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality*, Environmental Research Letters, 2(4), 2007.

Richter, D.D., et al., *Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest*. Nature, 400(6739), 1999.

Skog, K.E., Nicholson, G.A., *Carbon sequestration in wood and paper products*, in Linda A., et al., *The impact of climate change on America's forests: a technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA Assessment*, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-59, US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 2000.

Fossdal, S., *Environmental impact and energy flow of building materials in Norway*, in *Proceedings of the RILEM workshop on 'Environmental Aspects of Building Materials and Structures'*, VTT Building Technology, Technical Research Centre of Finland, Espoo, 1995.

Bowyer, J., et al., *Life cycle environmental performance of renewable materials in the context of residential building construction; phase I research report on the research plan to develop environmental performance measures for renewable building materials with alternatives for improved performance*, Consortium for Research on Renewable Industrial Materials, CORRIM, Seattle/WA, 2004.

Lippke, B., et al., *Life cycle environmental performance of renewable building materials*, Forest Prod J, CORRIM, 54, 2004.

Bowyer, J., et al., *A report of progress and a glimpse of the future*, Forest Prod. J, 51(10), 2001.

Bowyer, J., et al., *Life cycle environmental performance of renewable building materials in the context of residential building construction*, CORRIM Inc., Seattle, WA, 2004.

Buchanan, A. H., Honey, B.G., *Energy and carbon dioxide implications of building construction*, Energy and Buildings, 20(3), 1994.

Skotnicova, I., et al., *Experimental measurements and numerical simulations of dynamic thermal performance of external timber frame wall*, in *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publications, 889, 2014.

Evans, L., *Cross Laminated Timber Taking wood buildings to the next level*, in *Continuing Education*, 2014.

Durlinger, B., Crossin, E., Wong, J., *Life Cycle Assessment of a cross laminated timber building*, Forest & Wood Products Australia, 2013

Taylor, J., Warnken, K., *Wood recovery and recycling: A source book for Australia*, Report for Forest & Wood Products Australia, Clayton South, CSIRO Materials Science and Engineering, 2008.

Fondazione Censis e Federcasa, *Social Housing e agenzie pubbliche per la casa*, Ricerca commissionata da Dexia-Crediop, 2008.

International Building Exhibition IBA Amburg, *Smart Material Houses*, disponibile qui: <https://www.iba-hamburg.de/en/projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-material-houses.html> consultato il 10/11/2018.

Rossetti, M., *L'innovazione nel social housing*, Archivio di studi urbani e regionali, 105(3), 2012.

Decreto-Legge 6 dicembre 2011, n. 201, *Disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici*, pubblicato in G.U. Serie Generale n.284 del 06/12/2011, Suppl. Ordinario n. 251.

Pepke, E., et al., *Impacts of Policies to Eliminate Illegal Timber Trade*, Dovetail Partners, Minneapolis, USA, 2015.

*Saving 120 tonnes of CO<sub>2</sub>*, *Detail, Sustainable Use of wood and wood products. How to plan a zero-carbon policy*, Detail, 2, 2009.

Bridport House, *Faster, greener, neater and more accurate building with CLT*, Rethink, 2013, disponibile qui: [http://www.clt.info/wp-content/uploads/2013/05/Bridport\\_factsheet\\_EN\\_light1.pdf](http://www.clt.info/wp-content/uploads/2013/05/Bridport_factsheet_EN_light1.pdf) consultato il 10/11/2018.

Lehmann, S., *Sustainable construction for urban infill development using engineered massive wood panel systems*, Sustainability, 4(10), 2012.

Giordano, R., *I prodotti per l'edilizia sostenibile: la compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Sistemi Editoriali, 2010.

# Ringraziamenti

Il cammino che mi ha portato fino a qui è stato lungo e tortuoso, ma è finalmente giunto al termine. Sono state tante le difficoltà che mi hanno messo a dura prova in questi anni, le quali mi hanno fatto crescere e maturare, fatto capire chi e cosa conta veramente nella vita, ed in fin dei conti, chi sono.

Ognuna delle persone citate di seguito ha avuto un ruolo fondamentale per il raggiungimento di questo traguardo, dalla famiglia agli amici.

In primis devo ringraziare la mia famiglia, a cominciare dai miei genitori. A voi devo dire il grazie più grande per essermi stati sempre vicini in ogni situazione, lasciandomi fare le mie scelte e sostenendomi in ogni difficoltà. Non mi avete mai fatto mancare niente, nonostante non sia mai riuscito a dimostrarvi l'affetto e il bene che realmente provo per voi.

Questa tesi la dedico a voi, perchè è il frutto di tutto i sacrifici che avete fatto per me, per farmi studiare e farmi diventare quello che sono. Questo è il miglior modo che ho per dirvi grazie, sono fortunato ad avere dei genitori come voi.

Grazie Vale, che nonostante tutto ti dimostri sempre pronta a darmi una mano, anche se non viviamo più sotto lo stesso tetto. Il tempo ci ha un pò allontanati ma nonostante questo non dimenticherò mai quello che hai fatto per me fin da quando ero più piccolo, da farmi studiare a coinvolgermi in tutte le tue attività, per me sei e sarai sempre un riferimento, sono orgoglioso di quello che sei diventata, di quello che stai costruendo con Daniele e in particolar modo delle bimbe. Cercherò di essere per loro quello che tu sei stata per me.

Grazie Gian, perchè grazie a te, fin da piccolo mi sono sempre ispirato in ogni cosa che ho fatto, dal tamburello, al motocross, fino alla scelta dei vari corsi di studi, cercando di seguire i tuoi passi ed imparando anche ad evitare i tuoi errori. Ti ho sempre stimato per tutto quello che fai e hai fatto, abbiamo caratteri diversi ma spesso le stesse passioni e ambizioni. Non abbiamo mai condiviso grandi cose ma spero che da questo giorno qualcosa cambierà.

Grazie ai miei zii, Mariangela e Carlo, e ai miei cugini, Stefano e Floriana.

Grazie zii per dimostrarvi sempre presenti nella vita di tutti i giorni, dimostrandomi il vostro sostegno e affetto in ogni momento della mia vita.

Grazie Ste, per essere stato quasi come un secondo fratello specialmente quando ero più piccolo, anche se ora la vita ti sta facendo intraprendere strade lontane dalle mie, ti devo dire grazie perchè rimani sempre un riferimento.

Grazie Flo, una seconda sorella, per esserci sempre stata specialmente nei miei momenti di difficoltà fisica, il tuo aiuto è stato fondamentale. Sei sempre stata forte ed hai combattuto per arrivare ai tuoi obiettivi. Sono orgoglioso di quello che sei diventata e che stai creando con Davide, siete entrambi un grande ispirazione per me.

Grazie nonna, presenza costante ogni giorno della mia vita. La persona con cui ho condiviso più tempo in casa. Mi hai visto crescere e mi hai assistito in tutte le tappe della vita.

Abbiamo condiviso ogni giorno sotto lo stesso tetto, da quando giravamo in 5 o 6 per casa, fino ad oggi, che siamo rimasti solo più io e te. Non abbiamo mai fatto tanti discorsi, ma la tua è stata una presenza fondamentale per arrivare fino a qui.

Sempre pronta a tendermi una mano, nonostante l'età e i tuoi dolori.

Grazie nonna, ti sarò sempre grato per tutto quello che hai fatto per noi.

Grazie Giulia, da più di un anno ormai condividiamo avventure, disavventure, momenti belli e altri meno. Sei arrivata dal nulla e forse nel momento in cui più avevo bisogno di una persona come te accanto. Hai stravolto quello che ero prima di te, facendomi conoscere lati di me che per tutta la vita erano rimasti nascosti. Grazie per i tuoi sorrisi infiniti che migliorano le mie giornate, sono stati fondamentali soprattutto nei periodi più difficili. Sei il mio esempio di vita, e sono fortunato ad averti al mio fianco e poter condividere traguardi come questi con te.

Grazie ai miei amici di sempre, quelli con cui sono cresciuto, con cui ho condiviso esperienze che rimarranno indelebili dentro di me. Poter contare su amici come voi è una fortuna, vi devo dire grazie per non avermi mai fatto sentire solo, anche se ormai non ci vediamo più spesso come un tempo, quello che conta è sapere che siete sempre lì. Quello che sono oggi lo devo in parte anche grazie a voi.

Grazie ai miei compagni di questo viaggio al Poli, in particolar modo a Luca e a Ilenia con cui ho condiviso questi cinque lunghi anni ormai volati grazie a voi.

Grazie Luca, sempre fianco a fianco per tutto il corso di studi, abbiamo condiviso tante gioie e momenti difficili, ma esame dopo esame siamo arrivati al capolinea. Le risate e le ansie che abbiamo condiviso lo sappiamo solo noi. Sei stato il miglior compagno di viaggio che potessi avere. Oggi questo risultato lo devo in parte anche grazie a te, grazie bomber.

Grazie Ilenia, per avere condiviso gran parte di questo corso di studi con te, tra risate, ansie e varie difficoltà, ti devo dire grazie soprattutto per avermi aiutato quando ne avevo bisogno. Sono stato fortunato ad averti incontrato in questo viaggio e il risultato di oggi lo devo in parte anche grazie a te.

Grazie Ilario, la tua determinazione esemplare e la voglia di fare mi hanno colpito molto nel corso dell'ultimo semestre che abbiamo trascorso insieme fianco a fianco. Sei stato un valido compagno di gruppo oltre che un amico, per questo ti devo dire grazie per aver condiviso parte di questo cammino con me.

Oggi si conclude un capitolo importante della mia vita, sono felice di aver raggiunto questo traguardo e di averlo potuto condividere con tutti voi. Da domani si volta finalmente pagina, cambieranno tante cose nella speranza che mi rimarrete sempre accanto come avete fatto finora.

Grazie a tutti.