

Prodotti da costruzione in un'ottica di sostenibilità ambientale. Parte 1.

La comunità scientifica internazionale è concorde nell'affermare che un'accurata valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici non possa prescindere da requisiti fondamentali. Emerge l'inopportunità di orientare genericamente verso l'utilizzo di materiali specifici, senza che i benefici di tale utilizzo, siano puntualmente verificati attraverso una valutazione condotta con metodologie armonizzate, per scenari tecnologici ed economici concreti.

Un'accurata valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici non può prescindere dai seguenti requisiti:

- l'approccio Life Cycle;
- l'utilizzo di una metodologia LCA (Life Cycle Assessment) univoca;
- la valutazione degli impatti ambientali nel ciclo di vita del prodotto edilizio e almeno durante le fasi di produzione, uso e fine vita, nonché dei benefici attesi dalle attività potenziali di riuso e riciclo al termine della vita utile;
- il confronto a parità di equivalente funzionale;
- l'utilizzo di dati di inventario omogenei;
- una valutazione condotta tenendo conto di tutti gli indicatori obbligatori.

Tali requisiti, precludono ogni possibilità di generalizzazione, che veda un elemento, un componente o addirittura un materiale, preferito rispetto a un altro, al di fuori di uno scenario di analisi puntuale e contestualizzato.

Sulla base della più recente bibliografia scientifica, è stato redatto un apposito Dossier ^[0] (di cui il presente contributo è un estratto della prima parte) che offre una lettura critica dei risultati raccolti e delle incertezze, emerse dai risultati degli studi condotti sulla sostenibilità ambientale dei prodotti di origine rinnovabile impiegati in edilizia evidenziando come:

1. i risultati degli studi finora condotti non sono tra loro confrontabili poiché spesso non condotti a parità di metodo;
2. le conclusioni derivanti da studi che analizzino la sola fase di estrazione/produzione del prodotto non sono affidabili;
3. **la gestione del suolo** nella fase di produzione della materia prima rinnovabile **influenza in maniera determinante gli impatti ambientali del prodotto** e tali impatti devono essere considerati nell'analisi, obbligando all'utilizzo di dati di inventario LCI (Life Cycle Inventory) georeferenziati;
4. **il trasporto dal luogo di estrazione al cantiere è un dato rilevante** nella caratterizzazione degli impatti, ancor più in uno scenario nazionale di importazione, come quello Italiano;
5. gli impatti relativi alla fase di fine-vita del prodotto sono fortemente condizionati dalla definizione dello scenario di fine vita e possono invertire il valore calcolato nella fase di produzione;
6. **la durabilità è un elemento discriminante** nella determinazione degli impatti ambientali nel ciclo di vita;
7. diversi metodi impiegati per il calcolo del bilancio del ciclo di carbonio nei prodotti di origine rinnovabile conducono a risultati contrastanti ed è necessario quindi identificare una metodologia univoca di calcolo.

Tutto ciò premesso, si ritiene inopportuno orientare genericamente verso l'utilizzo di materiali specifici, senza che i benefici di tale utilizzo, siano puntualmente verificati attraverso una valutazione condotta con metodologie armonizzate, per scenari tecnologici ed economici concreti.



Fig. 1 – Bosco Verticale, Boeri Architetti + Barreca + La Varra: nuovo standard per edifici residenziali sostenibili.

Riflessioni su una leale promozione della sostenibilità

La Proposta di Piano per la Transizione Ecologica – Inquadramento Generale elaborato dal CITE, e nello specifico le indicazioni di cui al paragrafo c) “Approccio dei criteri ambientali minimi per il conseguimento degli obiettivi ambientali” dell’ultima bozza di revisione dei Criteri Ambientali Minimi per l’affidamento del servizio di progettazione e lavori per interventi edilizi, introducono alcuni aspetti di certa rilevanza nell’ottica di decarbonizzazione ed economia circolare portata avanti dalla politica EU ma, nell’ambito del contributo offerto dal settore dell’edilizia ai piani europei di sviluppo sostenibile, sussistono dubbi rilevanti sull’opportunità ed efficacia di un tale messaggio, che invita alla sostituzione dei materiali convenzionali con materiali bio-based, ovvero interamente o parzialmente derivati da biomassa (piante e vegetali).

Non solo perché la filiera italiana del legno, del sughero, della canapa non è in grado di sopperire alle richieste attuali del mercato e una quota consistente della materia prima viene di fatto importata, con aggravio consistente delle emissioni di CO₂ in ambiente legate alle operazioni di trasporto, ma perché tale proposta agisce su un patrimonio edilizio e culturale definito e caratterizzato dall’uso di questi materiali, da secoli impiegati non per assenza di alternative, ma perché di fatto dimostratisi più efficienti ed efficaci in termini di costi-benefici.



Fig. 2 – Padiglione a Chateau Margaux, Foster+Partners: esempio di progettazione green (CiL 168 – @Nigel Young).

Tale affermazione, che di fatto penalizza e discrimina in maniera significativa diversi comparti produttivi a vantaggio di un singolo, all'interno di documenti strategici di orientamento della politica ministeriale per la transizione ecologica, suggerisce una serie di riflessioni:

1. è responsabilità del legislatore creare condizioni di parità per tutti i comparti produttivi e agire nell'interesse generale di un miglioramento complessivo delle prestazioni di materiali ed edifici per raggiungere gli obiettivi specifici di efficienza energetica e riduzione delle emissioni di CO₂ nel ciclo di vita che l'Europa ha stabilito con la direttiva (UE) 2018/844 e più recentemente richiamato⁽¹⁾;
2. per realizzare ristrutturazioni della profondità e dell'entità di cui l'Europa ha bisogno⁽¹⁾, è necessario un settore edile forte e competitivo, che abbracci l'innovazione e la sostenibilità per crescere in qualità e ridurre i costi. In linea con il principio della imparzialità materiale, è compito del legislatore prescrivere obiettivi e traguardi per il settore edilizio (materiali, edifici, infrastrutture per la mobilità) sotto il profilo del risparmio energetico e delle risorse, senza però esprimere preferenze per un materiale o una tecnologia specifica, poiché tale affermazione, lontana dall'assicurare, a priori, un miglioramento delle prestazioni dell'edificio, contrasta con i principi di equità di mercato, introducendo elementi di discriminazione e di distorsione del mercato, limitando la competitività e l'innovazione del settore delle costruzioni;
3. il comparto dei prodotti da costruzione, in Italia rappresenta, in volume di affari, un valore di produzione pari a 74 miliardi di euro di cui solo il 2,18% è il peso percentuale, in valore, delle costruzioni realizzate in legno (calcolato sugli investimenti totali in nuove costruzioni). Ogni misura politica che condizioni la stabilità e la crescita potenziale di questa filiera produrrà necessariamente impatti sull'occupazione, sull'economia e sul benessere sociale che sono da valutare anche nel rispetto dei principi di accessibilità economica introdotti dalla politica EU ^[1];
4. dal punto di vista tecnico, è possibile massimizzare la riduzione dell'impronta ambientale degli edifici solo impiegando le risorse in modo efficiente e circolare durante l'intero ciclo di vita dell'edificio. Le opere edili sono sistemi complessi in cui i processi di fabbricazione dei prodotti da costruzione costituiscono solo una parte del ciclo di vita dell'edificio. Gli obiettivi di progettazione, uso e demolizione sostenibile degli edifici possono essere perseguiti solo quando si tiene conto dell'influenza di tutti i componenti, della loro installazione, delle prestazioni in uso e del trattamento a fine vita in relazione allo specifico contesto tecnologico ed economico di riferimento e **non è scientificamente sostenibile una asserzione di priorità di un materiale rispetto a un altro, al di fuori del contesto dell'edificio.**

Il principio di rispetto dell'estetica e della qualità architettonica introdotto dal documento *Verso una Baukultur di alta qualità per l'Europa*⁽²⁾ prevede che ogni intervento di costruzione/ristrutturazione debba rispettare i principi di "conservazione della progettazione, della fattura, del patrimonio e dello spazio pubblico. Il design dell'ambiente costruito, le relazioni tra gli oggetti e il loro ambiente costruito e naturale, la coerenza spaziale, la scala, la materialità: questi sono tutti fattori che hanno un impatto diretto sulla nostra qualità della vita. Un Baukultur di alta qualità si esprime quindi nell'applicazione di un design consapevole e ben discusso a ogni attività edilizia e paesaggistica, dando priorità ai valori culturali rispetto al guadagno economico a breve termine. Baukultur di alta qualità non soddisfa solo i requisiti funzionali, tecnici ed economici, ma soddisfa anche i bisogni sociali e psicologici delle persone".

Tale indicazione pone in rilievo l'importanza del linguaggio costruito dell'architettura esistente e l'importanza che i materiali della tradizione costruttiva rivestono nella creazione e nella tutela della Baukultur. Tralasciando gli aspetti di rilevanza economica e sociale legati alla scelta politica di privilegiare un materiale da costruzione, fin qui solo brevemente accennati e sui quali si invita comunque il legislatore a un confronto per una più accurata valutazione e discussione da condurre in altre sedi, è premura, in questo documento, valutare gli aspetti propriamente tecnico-scientifici che una tale affermazione coinvolge.

La rilevanza di un approccio LCA dalla culla alla tomba

È opinione consolidata nella comunità scientifica indipendente che, dal punto di vista progettuale, la soluzione migliore in un'ottica di decarbonizzazione, sostenibilità ambientale ed economica circolare, debba essere trovata caso per caso⁽³⁾, utilizzando i principi dell'analisi del ciclo di vita applicati a ipotesi contestualizzate (e non a modelli teorici) considerando quindi le condizioni locali specifiche quali la disponibilità di materie prime, i mix energetici nazionali, le tecnologie di demolizione e smaltimento tecnicamente adottabili. Pertanto, sulla base di questo assunto, ogni decisione in merito alle politiche di sostenibilità in edilizia, dovrebbe essere basata sull'analisi del ciclo di vita del "prodotto" finale (edificio o infrastruttura) evitando di promuovere genericamente tecnologie e materiali specifici, slegati dal contesto di intervento.

La collocazione dell'edificio sul territorio è importante nella valutazione della costruzione così quanto lo sono le soluzioni tecnologiche adottate, in relazione appunto ai requisiti specifici del luogo che determinano le condizioni di produzione dei materiali e le caratteristiche dei sistemi di trasporto⁽⁴⁾. Inoltre, regioni climatiche diverse esigono diverse prestazioni termiche, riflesse nei regolamenti edilizi nazionali e declinate in soluzioni conformi con prestazioni differentemente caratterizzate⁽⁵⁾.

In aggiunta, mercati locali o regionali possono offrire opportunità diversificate in relazione al numero e tipo di industrie produttrici di materie prime attive localmente⁽⁶⁾. Tutti questi aspetti, combinati fra loro, influenzano le prestazioni ambientali di un edificio e determinano la selezione dei materiali condizionando i risultati di ogni confronto tra le diverse alternative possibili⁽⁷⁾. Con questo obiettivo, il gruppo di lavoro TC350 del CEN ha lavorato negli ultimi 10 anni, di concerto con i principali stakeholders in ambito edilizio e con i referenti dei diversi Stati membri, per lo sviluppo di un quadro normativo per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici secondo la metodologia LCA.

La norma EN 15978:2011 Sostenibilità delle costruzioni – Valutazione della prestazione ambientale degli edifici – Metodo di calcolo definisce una nomenclatura comune e linee guida per la valutazione del ciclo di vita dell'edificio, sulla base dell'“equivalente funzionale”.

L'equivalente funzionale⁽⁸⁾ è una rappresentazione delle caratteristiche tecniche e delle funzionalità richieste dell'edificio. È il mezzo con cui le caratteristiche dell'edificio vengono razionalizzate in una descrizione minima dell'oggetto di valutazione (adattata da ISO 21931-1:2010). La norma stabilisce che i confronti tra i risultati delle valutazioni di edifici o sistemi assemblati (parte di opere) – in fase di progettazione o ogni volta che i risultati sono utilizzati – debbano essere effettuati solo sulla base della loro equivalenza funzionale. Ciò richiede che i principali requisiti funzionali siano descritti insieme all'uso previsto e ai relativi requisiti tecnici specifici. Questa descrizione consente di determinare l'equivalenza funzionale di diverse opzioni e tipi di edifici e costituisce la base per un confronto trasparente e imparziale.

Di fatto, per garantire obiettività e valenza scientifica dei risultati delle analisi LCA, **la norma esclude la possibilità di ogni confronto tra edificio o parti di esso che non sia condotto a parità di metodo LCA e a parità di equivalente funzionale ed esclude ogni possibilità di confronto tra materiali**, in accordo con quanto più chiaramente esplicitato in EN 15804:2019⁽⁹⁾.

Esempi pratici volti a determinare le condizioni minime atte a garantire la validità tecnica di un confronto tra prodotti edilizi per la **determinazione della soluzione a minore impatto ambientale**:

- non è possibile eseguire il confronto tra un blocco in laterizio e un blocco in legno-cemento aventi le medesime dimensioni, ma è possibile realizzare un confronto tra 1 m² di parete di tamponamento realizzata con blocchi in laterizio avente (ad esempio) trasmittanza termica $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ e una parete di tamponamento realizzata con blocchi in legno cemento avente medesima trasmittanza termica $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- non è possibile realizzare il confronto tra le due pareti di cui al punto precedente, se la metodologia LCA utilizzata per determinare gli impatti di entrambi i prodotti edilizi non è la stessa, ossia non è possibile confrontare gli impatti ambientali di una parete calcolata secondo la EN 15804+A2 con gli impatti di una parete calcolati secondo EN 15804+A1 o ISO 14040;
- non è possibile realizzare il confronto tra le due pareti precedenti se per entrambe non sono stati valutati gli impatti delle fasi del ciclo di vita A1-A3 (produzione), C1-C4 (fine-vita) e D (riuso e riciclo). Ossia non è possibile confrontare due prodotti edilizi sulla base degli impatti ambientali relativi alla sola fase di produzione.

Durabile significa sostenibile

La EN 15804:2019, definendo le regole di categoria di prodotto per l'elaborazione delle Dichiarazioni Ambientali sulla base di informazioni e metodologie armonizzate, fornisce di fatto la base informativa per la valutazione della sostenibilità ambientale a scala di edificio attraverso:

- dati tecnici o scenari verificabili e coerenti relativi al prodotto per la valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici;
- dati tecnici verificabili e coerenti relativi al prodotto o scenari potenzialmente correlati alla salute degli utenti per la valutazione delle prestazioni degli edifici;

e garantisce, attraverso la sua corretta applicazione:

- che i confronti tra prodotti da costruzione siano effettuati nell'ambito della loro applicazione nell'edificio;
- la comunicazione delle informazioni ambientali dei prodotti da costruzione da un'impresa all'altra;
- la base, fatte salve ulteriori prescrizioni, per la comunicazione ai consumatori delle informazioni ambientali dei prodotti da costruzione.

In contesti specifici, l'utilizzo della metodologia LCA ha consentito di evidenziare addirittura potenziali aggravi di impatto ambientale e/o incremento dei costi economici nel ciclo di vita derivanti da scelte tecnologiche orientate al raggiungimento degli standard NZEB. Uno studio condotto nell'ambito del progetto CONZEBs⁽¹⁰⁾ su un edificio residenziale tipo a 4 piani (29 appartamenti con SU ~ 87 m², 4 vani scale, un centro civico al piano terra), collocato in due zone termiche distinte, Roma e Torino, ha dimostrato come la soluzione più performante in termini ambientali ed economici, in una prospettiva di ciclo di vita di 30 anni, sia quella che combina la scelta accurata di materiali e tecnologie costruttive, a soluzioni impiantistiche ottimizzate in relazione al mix energetico e al clima specifico, escludendo la possibilità di limitare ogni valutazione alla sola selezione dei materiali da costruzione.

Uno studio condotto nel 2015 dal Technical Research Institute of Sweden AB⁽³⁾, con l'obiettivo di raccogliere e valutare informazioni e dati sugli impatti climatici ed energetici nel ciclo di vita di soluzioni diverse di involucro edilizio e rivestimento di facciata per edifici residenziali tipo in Svezia, ha dimostrato infatti che, ove il processo progettuale includa una selezione attiva dei fattori di maggiore rilevanza, quali la selezione dei materiali, il sistema di trasporto e approvvigionamento, i sistemi di condizionamento climatico, ecc., non sussistono differenze sostanziali, relativamente agli impatti sulle emissioni di CO₂ o sul consumo di energia primaria, legate ai diversi materiali impiegati.

I vantaggi ambientali ed economici della durabilità di un edificio sono notoriamente riconosciuti. Un edificio di lunga durata prevede un lungo periodo di tempo per ammortizzare i costi ambientali ed economici che sono stati sostenuti per costruirlo e **la scelta di prodotti e materiali durevoli comporta interventi di sostituzione e riparazione meno frequenti**, con ulteriore riduzione dei consumi di materie prime ed energie e degli impatti ambientali associati alla loro trasformazione e produzione. Nella progettazione di edifici sostenibili, **durabilità e basso tasso di manutenzione sono criteri da considerare congiuntamente nella scelta di un materiale.**

Uno studio spagnolo⁽¹¹⁾, ha confrontato le valutazioni LCA condotte su un edificio residenziale di 8 piani costruito nel 1956 con struttura in cemento armato e tamponamento in laterizio, con tetto inclinato in tegole di laterizio, quando questo sia sottoposto a riqualificazione energetica o a demolizione e ricostruzione, dimostrando come l'ipotesi di riqualificazione energetica secondo i più restringenti standard in vigore, in una ipotesi di RSL di 100 anni, garantisca i livelli più bassi di emissioni di CO₂.

Obiettivo primario di ogni studio LCA è infatti quello di supportare il processo decisionale nella fase iniziale di progettazione per fornire una guida e un monitoraggio della progettazione, in modo efficace e tempestivo. L'utilizzo delle simulazioni LCA fornisce dati quantitativi, in modo tale che il team di progetto possa confrontare le diverse alternative e scegliere quella con maggiori vantaggi in relazione al contesto specifico di intervento o agli obiettivi puntuali del progetto⁽¹²⁾.

Questo aspetto assume rilevanza ancora maggiore oggi, in presenza di edifici, coerenti con le prescrizioni NZEB, che presentano impatti ambientali minori durante la fase di uso a causa della forte contrazione dei consumi per la climatizzazione ma, al contrario, un incremento dei costi ambientali legati alle operazioni di costruzione, manutenzione e ristrutturazione⁽¹³⁾.

Acronimi

EPD	Environmental Product Declaration
PCR	Product Category Rule
RSL	Reference Service Life
EOL	End of Life
GWP	Global Warming Potential
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment

La sostenibilità dei prodotti ceramici

La principale materia prima usata per la fabbricazione dei prodotti ceramici è l'argilla, materiale naturale, ampiamente disponibile e di provenienza locale. **L'argilla** risulta da un punto di vista geologico inesauribile ed è considerata una **sostanza climaticamente neutra e sicura** da impiegare quindi per il raggiungimento degli obiettivi sfidanti per decarbonizzare l'edilizia⁽¹⁴⁾. Gli impianti di produzione sono spesso situati accanto a depositi di argilla o cave di sabbia, riducendo così al minimo l'energia necessaria per trasportare il materiale alla fornace e sono diffusamente distribuiti sul territorio nazionale, limitando quindi le emissioni di CO₂ legate alle fasi di trasporto alla fornace e dalla fornace al sito di costruzione. In termini di uso del suolo, se la cava di argilla e sabbia indubbiamente comporta un impatto ambientale, sempre più spesso il **recupero ambientale delle cave** rappresenta un'opportunità per creare o ripristinare habitat naturali in cui trovano rifugio specie animali e vegetali.

L'industria ceramica ha negli ultimi anni modificato sostanzialmente i propri processi produttivi, sostituendo i combustibili tradizionali per l'alimentazione dei forni con energie rinnovabili e questo processo è in costante progresso. In molte filiere della produzione di ceramica, all'argilla grezza sono aggiunti additivi naturali, come la segatura, che rappresentano una fonte di energia rinnovabile aggiuntiva riducendo ulteriormente il consumo di combustibili fossili e quindi l'emissione di CO₂. Il processo di produzione dei materiali ceramici consuma quote relativamente modeste di acqua, e non produce rifiuti poiché gli scarti vengono riutilizzati internamente nella filiera.

Nella fase di uso dell'edificio, **le strutture in laterizio contribuiscono in maniera significativa alle prestazioni termiche e acustiche di un edificio.** La massa termica del laterizio, in aggiunta ai buoni livelli di isolamento, ha un effetto diretto sull'energia richiesta per il condizionamento degli edifici, soprattutto in climi mediterranei. Infine, i prodotti ceramici hanno una durata maggiore di ogni altro materiale da costruzione richiedendo, al contempo, bassi livelli di manutenzione nel ciclo di

vita dell'edificio. Quando poi, alla fine della vita utile dell'edificio, devono essere smaltiti, possono essere facilmente e diffusamente riciclati come aggregati o, nel caso dei mattoni pieni, delle piastrelle e delle tegole, riusati direttamente in nuovi edifici, con tassi di reimpiego reali e documentati.

Gli impatti ambientali dell'edificio nel ciclo di vita

Il volume Embodied Carbon in Buildings⁽¹⁵⁾, fornisce il più recente riferimento scientifico, elaborato con il contributo di oltre 50 esperti da tutto il mondo, per la misurazione, gestione e mitigazione degli impatti degli edifici durante l'intero ciclo di vita. L'articolo di Davies et. al. *Quantifying Environmental Impacts of Structural Material Choices Using Life Cycle Assessment: A Case Study*⁽¹⁶⁾, mette a confronto gli impatti lungo le fasi A1-A3 produzione, A4-A5 trasporto e messa in opera, B2-B4 uso, C2-C4 fine vita, D riciclo e riuso di uno stesso edificio per uffici alto 7 piani, realizzato con 4 tecnologie costruttive diverse.

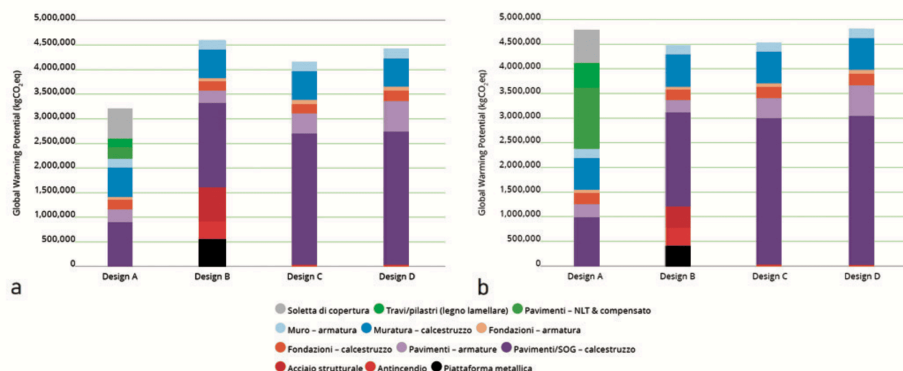


Fig. 3 – Risultati degli impatti ambientali relativi all'indicatore GWP di 4 diversi design strutturali, in uno scenario cradle to gate (a) e in uno scenario cradle to grave (b).

I risultati della valutazione LCA [fig. 3] offrono interessanti spunti di riflessione:

- limitando la valutazione alla sola fase di produzione, il design A risulta caratterizzato dal minore impatto ambientale (per l'indicatore GWP) inglobato nei materiali da costruzione;
- ampliando lo scenario di analisi alle fasi di uso e fine vita, le relazioni tra le colonne variano significativamente e il design A comporta, con una *reference service life* di 60 anni, gli impatti più alti (per l'indicatore GWP) assieme al design D.

In uno scenario *cradle to gate*, è comunque importante sottolineare, come in Passer A. et al⁽¹⁷⁾, che gli impatti associati alla costruzione in legno non sono inferiori in valore assoluto rispetto ad altri sistemi costruttivi, ma lo possono essere, in determinate condizioni e contesti relativamente ad alcuni indicatori specifici.

I risultati [fig. 4] di uno studio condotto su un edificio per uffici realizzato con tre sistemi costruttivi alternativi (cemento armato, acciaio, legno), mostra che le prestazioni ambientali di tutti i sistemi di costruzione portanti sono molto simili, anche se a scala diversa tra i vari indicatori. Contrariamente ai dati di LCI, la rilevanza in termini di massa del calcestruzzo non trova evidente riscontro nei risultati dell'LCIA. Nell'analisi di dettaglio, emerge l'alto valore POCp^[2] della costruzione in legno, causato dall'impiego di legno lamellare incollato (GLT), che influenza anche gli altri indicatori ODP, AP, EP, HTP e CEDnr^[3].

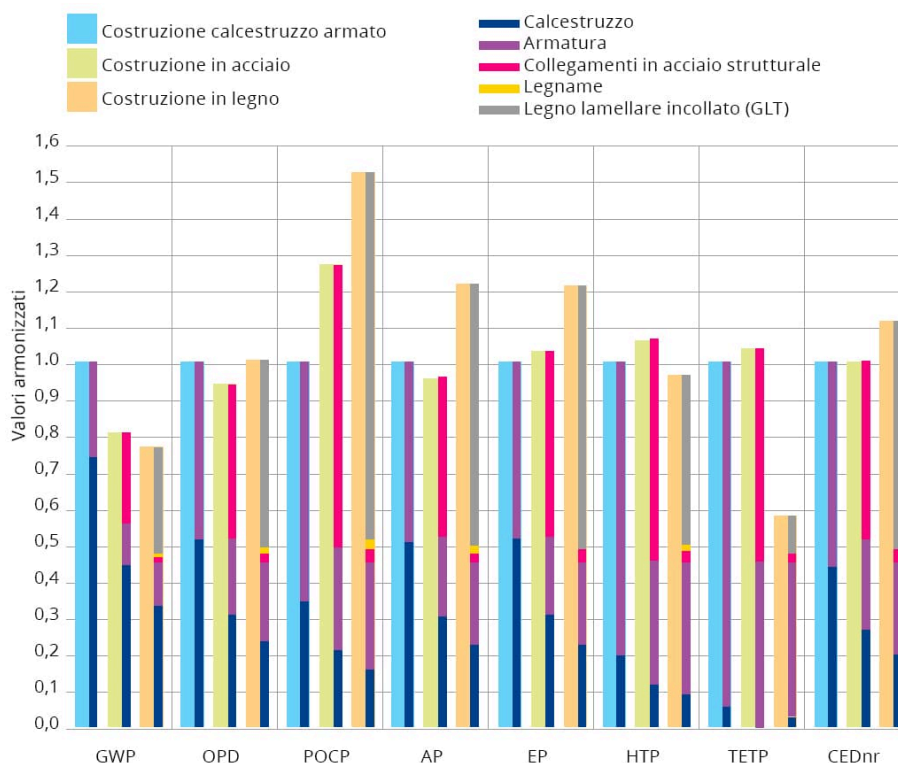


Fig. 4 – Confronto tra gli impatti ambientali di tre sistemi costruttivi alternativi, espressi per m^2 e armonizzati sulla base della costruzione in calcestruzzo armato.

I risultati indicano anche che l'acciaio strutturale e le piastre di collegamento impiegate nelle costruzioni in legno svolgono un ruolo significativo nella LCIA e dovrebbero quindi sempre essere incluse nei confini del sistema di analisi e incluse in una valutazione degli effettivi impatti ambientali associati alla costruzione in legno.

In ambito europeo, uno degli studi più completi sul tema, è stato condotto dalla Austrian Cooperative Research (ACR) con lo scopo di fornire una risposta alla domanda su quale sia la costruzione più sostenibile.

Sono stati individuati i metodi costruttivi maggiormente utilizzati (laterizio, calcestruzzo, legno-cemento, telaio in legno e legno massiccio) combinando le diverse soluzioni tecniche con i requisiti energetici minimi previsti dalle più recenti normative e includendo nell'analisi anche i sistemi impiantistici (riscaldamento a pellet, pompe di calore, solare termico, fotovoltaico, ecc.). Da questa combinazione sono scaturite 45 varianti i cui impatti sono stati valutati in un ciclo di vita di 100 anni.

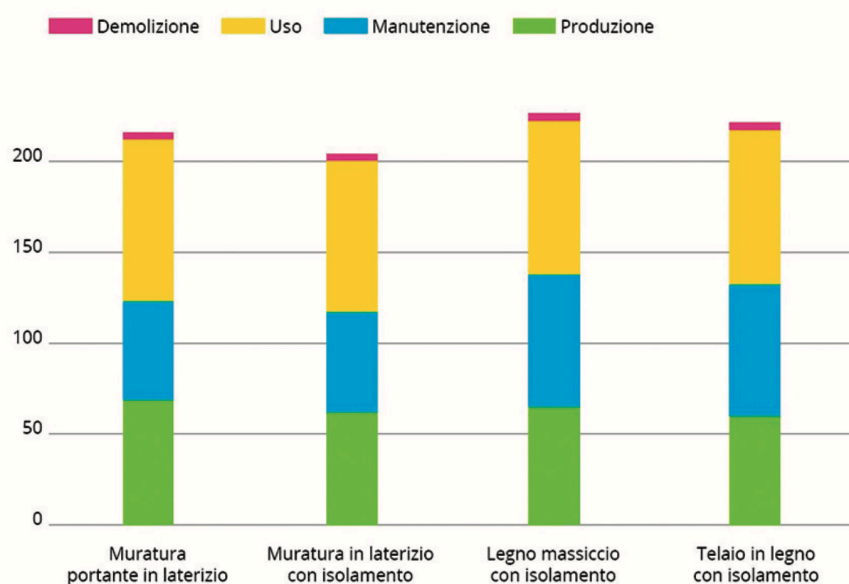


Fig. 5 – Energia primaria da fonti energetiche non rinnovabili ($MJ/m^2 a$) per le diverse fasi del ciclo di vita.

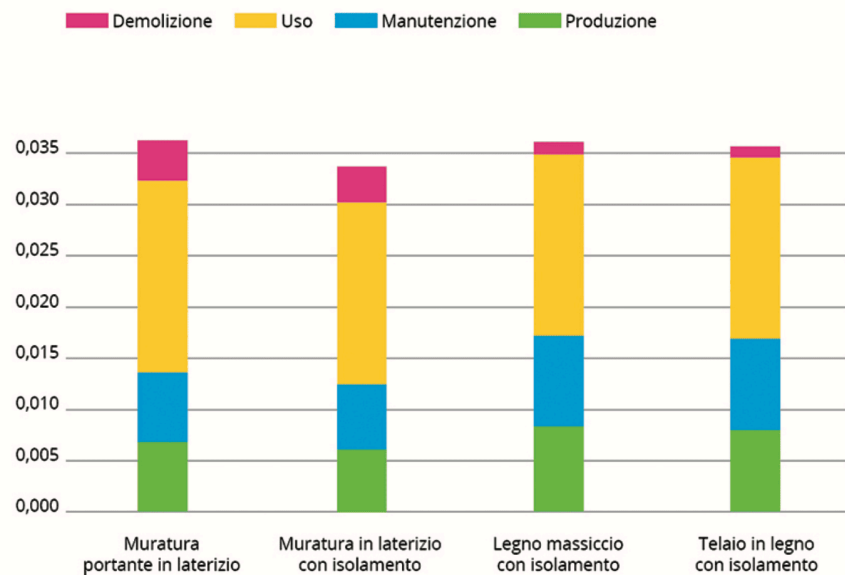


Fig. 6 – Potenziale di eutrofizzazione (EP, $\text{kg PO}_4^{3-} \text{eq/m}^2 \text{a}$) per le diverse fasi del ciclo di vita.

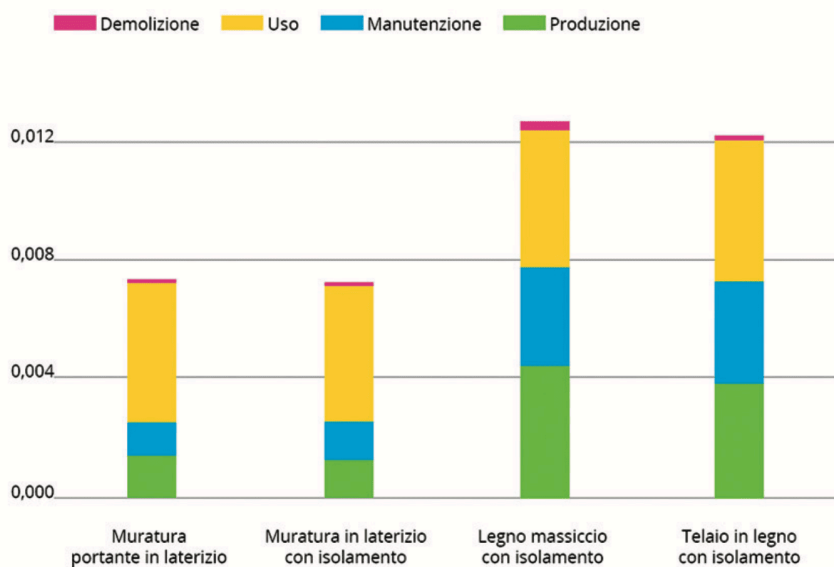


Fig. 7 – Potenziale di formazione dello strato di ozono fotochimico (POCP, $\text{kg C}_2\text{H}_4 \text{eq/m}^2 \text{a}$) per le diverse fasi del ciclo di vita.

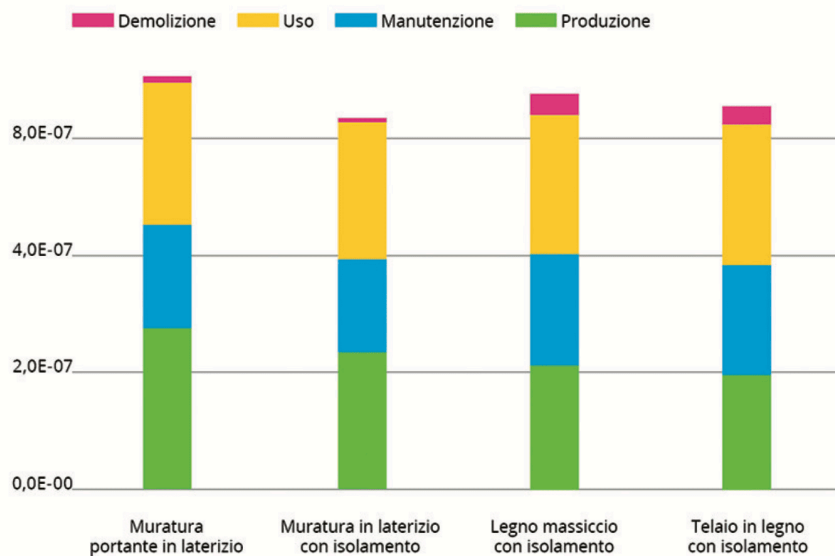


Fig. 8 – Potenziale di esaurimento dell'ozono stratosferico (ODP, kg CFC¹¹ eq/m² a) per le diverse fasi del ciclo di vita.

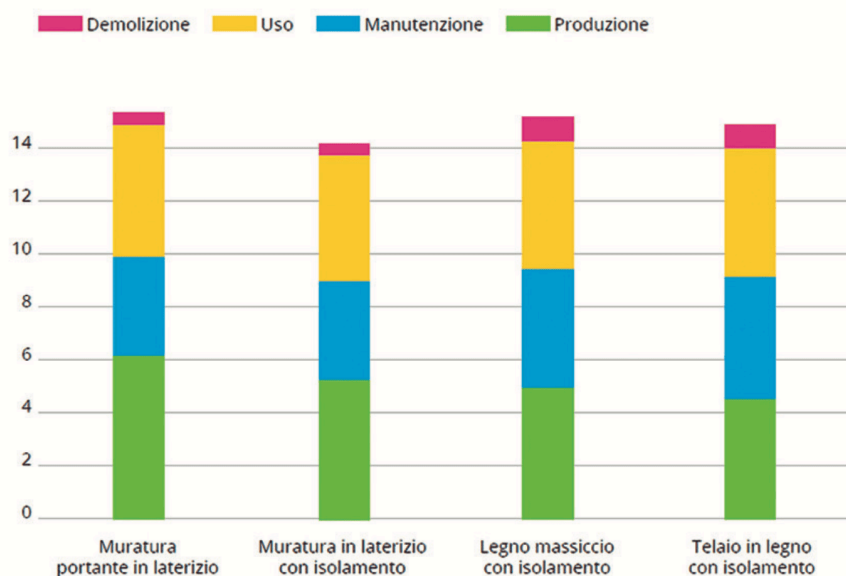


Fig. 9 – Potenziale di riscaldamento globale (GWP, kg CO₂ eq/m² a) per le diverse fasi del ciclo di vita.

Vengono qui riportati i risultati dello studio per le seguenti tipologie costruttive:

- muratura portante in laterizio;
- muratura in laterizio con isolamento termico;
- legno massiccio con isolamento;
- telaio in legno con isolamento;

impiegate per la realizzazione di una abitazione a basso consumo energetico (40 kWh/m²). I risultati di cui alle figg. 5, 6, 7, 8, 9 confermano quanto emerso dai risultati degli studi fin qui esposti, avvalorando la tesi che, in uno scenario di vita completo, che tenga conto della durabilità effettiva dei materiali in opera e dell'intero ciclo di vita dell'edificio, inclusa manutenzione e demolizione/smaltimento, non è possibile affermare che le costruzioni in legno comportino un minor impatto ambientale legato alle emissioni di CO₂ e che, relativamente agli altri indicatori ambientali obbligatori in una analisi LCA conforme agli standard europei CEN, le costruzioni in legno è confermato scontino impatti ambientali maggiori (POCP, ODP, AP, EP).

Tutti i risultati delle indagini e degli studi finora condotti, in uno scenario *cradle to gate*, rischiano poi di dover essere sovrascritti dalle più recenti indagini che prendono a riferimento nuovi materiali, sviluppati, grazie all'innovazione tecnologica, in relazione alle pressioni della politica EU per un incremento della percentuale di riciclo e riuso delle materie prime anche nel settore delle costruzioni.

In media, in un edificio *low-energy*, l'incidenza degli impatti ambientali relativi ai materiali sul bilancio di energia complessivo dell'edificio (incorporata e operativa) è pari al 30-50%⁽¹⁸⁾ e, secondo Berggren et al. 2013⁽¹⁹⁾, in un edificio *net-zero*, gli elementi strutturali contengono fino al 60% di questa energia incorporata.

Di conseguenza, il potenziale di riciclo dei materiali da costruzione costituisce un aspetto significativo in termini di impatto del ciclo di vita dell'edificio in quanto potrebbe equivalere fino al 15% dell'energia totale dell'edificio⁽²⁰⁾.

Di conseguenza, per limitare l'estrazione di materie prime e le emissioni associate al trasporto e alla produzione di materiali da costruzione, la ricerca tecnologica degli ultimi anni, ha portato alla progettazione di nuovi materiali che fanno largo impiego di sottoprodotti industriali e materiali di scarto come sabbia di fonderia, loppa d'altoforno granulata macinata, scorie di acciaio, scorie di rame, ceneri pesanti, ceneri leggere, fumi di silice, cenere di pulla di riso, bagassa di canna da zucchero e altri compositi in grado di migliorare le prestazioni strutturali e ambientali degli edifici se utilizzati al posto degli aggregati⁽²¹⁾.

È dimostrato come il riciclo dei rifiuti da demolizione e ricostruzione concorra significativamente alla riduzione dell'impatto ambientale e dei costi attribuibili ai materiali da costruzione: la ricerca più recente documenta la notevole riduzione dell'impronta di carbonio di un edificio raggiunta grazie all'aggiunta sia di sottoprodotti industriali che di aggregati riciclati^(22, 23, 24). Zeit. A. et al. ha dimostrato ad esempio⁽²⁵⁾ come l'impiego del legno massiccio in edilizia, perda ogni vantaggio ambientale, con particolare riferimento a GWP (embodied carbon^[4]) ed energia incorporata (embodied energy^[5]) qualora si utilizzino, in alternativa, acciaio e calcestruzzo con alto contenuto di riciclato (*best practices*).

Lo studio si concentra sul confronto tra 4 diverse strutture per un edificio destinato a parcheggio, a parità di equivalente funzionale (fattore di sismicità, capacità portante, layout strutturale): calcestruzzo armato prefabbricato, calcestruzzo armato post-teso, acciaio, legno [tab. 1, tab. 2]. Le soluzioni *best practices* sono state elaborate considerando alcuni scenari plausibili di sostituzione del cemento portland con ceneri volanti (25-50%), di utilizzo di acciaio con alto contenuto di riciclato (93%).

Tab. 1 – “Carbonio incorporato” per unità di superficie (kgCO₂e/m²) per ognuno dei 4 casi studio – *cradle to gate*.

Struttura principale	Pratiche peggiori	Pratiche migliori
Calcestruzzo prefabbricato	80	52
Acciaio	107	41
Calcestruzzo post-teso	80	46
Legno	67	37

Tab. 2 – “Energia incorporata” per unità di superficie (MJ/m²) per ognuno dei 4 casi studio – *cradle to gate*.

Struttura principale	Pratiche peggiori	Pratiche migliori
Calcestruzzo prefabbricato	1,300	860
Acciaio	2,300	950
Calcestruzzo post-teso	1,500	850
Legno	1,652	970

Per le strutture in legno, *worst practices* rappresenta lo scenario in cui, nei calcoli, è stato computato anche il carbonio biogenico, oltre a quello fossile. Il valore relativamente alto di energia incorporata nella struttura in legno era già stato riscontrato in precedenti studi⁽²⁶⁾.

È dimostrato come l'impiego di legno strutturale, in una media tra i valori migliore e peggiore, consenta, in relazione agli indicatori di carbonio ed energia incorporata, guadagni marginali rispetto ad altri materiali tradizionali. Questi guadagni peraltro sono inferiori ad un valore di tolleranza $\pm 30\%$ ⁽²⁷⁾ che tutt'oggi rappresenta il margine di incertezza per analisi LCA condotte a partire da dati generici.

In conclusione, **il legno presenta prestazioni di impatto comparabili con i sistemi strutturali standard in acciaio, calcestruzzo e laterizio**. Gli eventuali vantaggi che sembrano associati alla leggerezza del legno e al suo stoccaggio di carbonio durante la sua fase di accrescimento, nella progettazione di un sistema strutturale possono tradursi in elementi penalizzanti, soprattutto quando la valutazione tenga conto delle fasi del ciclo di vita successive alla produzione.

Note

[0] Dossier “IL PRINCIPIO DI NEUTRALITÀ DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE PER LA SOSTENIBILITÀ DELL'EDIFICIO NEL CICLO DI VITA” – Febbraio 2022, a cura di Caterina Gargari e Fabio Fantozzi, promosso da Confindustria Ceramica e Federbeton, in condivisione con Anpae, Assobeton e Cagema.

[1] “accessibilità economica” – assicurare un'ampia disponibilità di edifici efficienti sotto il profilo energetico e sostenibili, segnatamente per le famiglie a basso e medio reddito e per le persone e le zone vulnerabili.

[2] POCP Photochemical Ozone Creation Potentials.

[3] ODP Ozone Depletion Potential, AP Acidification Potential, EP Eutrophication Potential, HTP Human Toxicity Potential e CEDnr non-renewable Cumulative Energy Demand, TEPT Terrestrial ecotoxicity.

[4] Per carbonio incorporato si intende tutta la CO₂ emessa nel processo di produzione dei materiali. È stimato sulla base della energia utilizzata per estrarre e trasportare le materie prime e dalle emissioni derivanti dai processi di produzione.

[5] L'energia incorporata è l'energia totale richiesta per l'estrazione, la lavorazione, la produzione e la realizzazione degli edifici. A differenza della valutazione del ciclo di vita, che valuta tutti gli impatti durante l'intera vita di un materiale o di un elemento, l'energia incorporata considera solo l'aspetto frontale dell'impatto di un materiale da costruzione. Non include l'uso o lo smaltimento dei materiali a fine vita (fonte EU).

[6] La ricarbonatazione è stata inserita fra le leve disponibili per raggiungere nel 2050 la carbon neutrality del settore del cemento.

Bibliografia:

(1) Comunicazione Della Commissione Al Parlamento Europeo, Al Consiglio, Al Comitato Economico E Sociale Europeo E Al Comitato Delle Regioni “Un'ondata di ristrutturazioni per l'Europa: invertire gli edifici, creare posti di lavoro e migliorare la vita”, 14.10.2020 COM(2020)

(2) Towards a high-quality Baukultur for Europe, Davos Declaration 2018

(3) Kurkinen E. et al., *Energy and climate-efficient construction systems: Environmental assessment of various frame options for buildings* in Brf. Viva, 2018 pag 41, SP Rapport, ISSN 0284-5172; 2015:70 E

(4) Estanqueiro B. et al. (2018), *Environmental life cycle assessment of coarse natural and recycled aggregates for concrete*. European Journal of Environmental and Civil Engineering, 22(4), 429-449

(5) Anand C. K. & Amor B. (2017), *Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings: A critical review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, 408-416

(6) Govindan K. et. al (2015), *Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: A literature review*, Journal of Cleaner Production, 98, 66-83

(7) Göswein V. et al. (2019), *Using anticipatory life cycle assessment to enable future sustainable construction*, Journal of Industrial Ecology; 1-15

(8) PrEN 15978-1:202x *Sustainability of construction works – Methodology for the assessment of buildings – Part 1: Environmental Performance*

(9) EN 15804:2012+A2:2019 *Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*

(10) Sanchez Mayoral Gutierrez M., *Solution sets for the Cost reduction of new Nearly Zero-Energy Buildings – Life cycle assessment of typical multi-family houses with different energy performance levels*, CoNZEBs EU H2020-EE-2016-CSA Projekt ID: 754046, Deliverable D7.1

(11) Palacios Muñoz, Beatriz & Peuportier, Bruno & Gracia, Luis & López-Mesa, Belinda (2019), *Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of LCA and durability-based estimations of buildings lifespans: A new approach*. Building and Environment. 160. 106203. 10.1016/j.buildenv.2019.106203

(12) nZEB Demo buildings environmental impact through LCA, Ref. Ares(2019)6267803 – 10/10/2019

(13) Blengini G.A., Di Carlo T., *The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings*. Energy Build 2010;42:869e80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.009>

(14) A New European Bauhaus: op-ed article by Ursula von der Leyen, President of the European Commission – Brussels, 2021-06-30 New European Bauhaus Concept Paper FINAL (europa.eu) https://europa.eu/new-european-bauhaus/system/files/2021-07/2021-06-30_New_European_Bauhaus_Concept_Paper_HLRT_FINAL.pdf

(15) Pomponi F., De Wolf C., Moncaster A., *Embodied Carbon in Buildings – Measurement, Management, and Mitigation*, Springer, Cham, 2018

- (16) Davies D., Johnson L., Doecker B., Hedlund M. (2018), *Quantifying Environmental Impacts of Structural Material Choices Using Life Cycle Assessment: A Case Study*. In: Pomponi F., De Wolf C., Moncaster A. (eds) *Embodied Carbon in Buildings*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72796-7_6
- (17) Passer A., Schuler D. & Maydl P. (2007), *Life Cycle Assessment of buildings comparing structural steelwork with other construction techniques*, Poster session presented at 3rd International Conference on Life Cycle Management, University of Zurich at Irchel
- (18) Gardner H. M., *Whole Building Life Cycle Assessment of a Living Building*, J. Archit. Eng., 2020, 26(4): 04020039
- (19) Berggren B., Hall M. and Wall M. (2013), "LCE analysis of buildings-Taking the step towards net zero energy buildings" *Energy Build.* 62: 381-391. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.063>
- (20) Thormark C. (2002), "A low energy building in a life cycle-Its embodied energy, energy need for operation and recycling potential" *Build. Environ.* 37 (4): 429-435. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(01\)00033-6](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(01)00033-6)
- (21) Shahana Y. Janjua et al., *Review of Residential Buildings' Sustainability Performance Using a Life Cycle Assessment Approach*, J Sustain Res. 2019;1:e190006. <https://doi.org/10.20900/jsr20190006>
- (22) Göswein V., Goncalves A. B., Silvestre J. D., Freire F., Kurda R., *Transportation matters-does it? GIS-based comparative environmental assessment of concrete mixes with cement, fly ash, natural and recycled aggregates*. *Resour Conserv Recycl.* 2018;137:1-10
- (23) Nath P., Sarker P. K., Biswas W. K., *Effect of fly ash on the service life, carbon footprint and embodied energy of high strength concrete in the marine environment*. *Energy Build.* 2018;158:1694-702
- (24) Lawania K., Sarker P. K., Biswas W. K., *Global Warming Implications of the Use of By-Products and Recycled Materials in Western Australia's Housing Sector*. *Materials.* 2015;8(10):6909-25
- (25) Zeitz A., Griffin C.T., P. Dusicka P., *Comparing the embodied carbon and energy of a mass timber structure system to typical steel and concrete alternatives for parking garages*. *Energy and Buildings*, 2019, 199, 126-133
- (26) Robertson A. B., Lam F. C. & Cole R. J. (2012), *A Comparative Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Mid- Rise Office Building Construction Alternatives: Laminated Timber or Reinforced Concrete*. *Buildings*, 2(3), 245- 270. <https://doi.org/10.3390/buildings2030245>
- (27) Bamber N., Turner I., Arulnathan V. et al., *Comparing sources and analysis of uncertainty in consequential and attributional life cycle assessment: review of current practice and recommendations*. *Int J Life Cycle Assess* 25, 168-180 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01663-1>
- (28) Emami N. et al., *A Life Cycle Assessment of Two Residential Buildings Using Two Different LCA Database-Software Combinations: Recognizing Uniformities and Inconsistencies*, *Buildings* 2019, 9, 20; doi:10.3390/buildings9010020

DATA PUBBLICAZIONE

24 Febbraio 2026

AUTORI

Caterina Gargari (*), Fabio Fantozzi (**)

NOTE AUTORI

(*) Architetto, PhD, membro CEN TC350 Sustainability of construction work

(**) Professore, Associato Dipartimento DESTEC, Università degli Studi di Pisa

RIFERIMENTO

Newsletter numero 167

TRATTO DA

"Costruire in Laterizio" n. 188, aprile 2022
