



Consorzio POROTON® Italia

Via Gobetti 9 - 37138 VERONA

Tel 045.572697 Fax 045.572430

www.poroton.it - info@poroton.it

News - Ricerca

30 luglio 2008

## Prodotti in laterizio

Valutazione ambientale nel ciclo di vita.

M. Chiara Torricelli, Caterina Gargari, Elisabetta Palumbo

*Una ricerca Andil-Università di Firenze, muovendo dalle più recenti indicazioni in campo normativo, ha studiato l'applicazione del metodo LCA (Life Cycle Assessment) alla determinazione del profilo ambientale dei prodotti in laterizio nel ciclo di vita, al fine di promuovere un approccio sistemico alla valutazione della sostenibilità del costruire, volto a valutare le prestazioni ambientali in rapporto all'uso delle risorse, agli eco-sistemi e alla salute dell'uomo.*

Nel settore delle costruzioni, in questi ultimi anni, la crescente attenzione alla politica integrata di prodotto nelle strategie ambientali nazionali, unita al recepimento delle direttive europee sui prodotti edilizi e sull'energia ed alla sempre più crescente integrazione del criterio ambientale nell'attività edilizia privata e pubblica - green procurement, regolamenti edilizi, ecc. - sono stati elementi decisivi di qualificazione ambientale del settore.

Parlare di **qualità ambientale dei prodotti in laterizio** vuol dire attribuire un maggior valore agli edifici che con tali prodotti sono realizzati e, quindi, guardare al di là dei cancelli della fabbrica per rivolgersi ai progettisti, alle imprese di costruzione e agli utenti e promuovere il migliore utilizzo del laterizio ai fini della sostenibilità ambientale: dal prodotto alle scelte progettuali e costruttive, alle modalità di gestione, fino alla eventuale dismissione dell'edificio o di sue parti, nella evoluzione continua del costruito che si attua con interventi sull'esistente (demolizioni, ricostruzioni).

La ricerca ANDIL-Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design "Pier Luigi Spadolini" dell'Università di Firenze<sup>(1)</sup>, sul tema della "analisi e valutazione ambientale nel ciclo di vita dei laterizi", si colloca nel quadro dell'impegno dell'Associazione di Categoria per la promozione di una cultura industriale volta alla tutela e al rispetto dell'ambiente, nella consapevolezza delle qualità ambientali del prodotto laterizio, della importanza di dichiararle in modo credibile e comparabile con altri prodotti<sup>(2)</sup>, ma anche nella convinzione che gli stessi produttori possono ricavare, dall'analisi e dalla valutazione del ciclo di vita, elementi per migliorare ulteriormente il loro prodotto.

### Metodologia generale e riferimenti normativi

L'analisi e la valutazione ambientale del ciclo di vita di un prodotto si avvalgono di una metodologia scientifica ben definita e conforme alla ISO 14040, nota con l'acronimo **LCA (Life Cycle Assessment)**, applicabile nei diversi settori produttivi.

Per un prodotto da costruzione, la metodologia LCA riguarda le prestazioni ambientali del prodotto stesso, degli elementi costruttivi con cui possono essere progettati e realizzati degli edifici<sup>(3)</sup>.

Per un elemento in laterizio (un blocco, una tegola, un mattone, ecc.) vuol dire esaminare e valutare il processo produttivo che porta a quel prodotto, per poi analizzare tutto il complesso di materiali che concorrono, nella specifica tecnica costruttiva, a configurare il progetto e l'edificio realizzato, per capire, infine, l'impatto ambientale del sistema nel suo insieme e il peso di ogni componente del sistema sull'impatto ambientale così analizzato e valutato.

Seguendo la filosofia prestazionale sottesa alla direttiva europea sui prodotti da costruzione (DPC 89/106/CEE), anche l'approccio al tema ambientale fa riferimento all'elemento costruttivo definito in rapporto alla sua funzione edilizia ed alle sue prestazioni, connesse alla performance globale dell'edificio sotto il profilo ambientale<sup>(4)</sup>.

Se, dunque, nella analisi riferita alla fase di produzione di un determinato materiale l'unità di riferimento è una tonnellata di prodotto, la valutazione estesa a tutto il ciclo di vita ha per unità di riferimento una superficie unitaria - un metro quadrato - dell'elemento costruttivo realizzato con quel materiale: solo così è possibile una caratterizzazione su base prestazionale, criterio necessario per la comparabilità dei dati fra prodotti diversi destinati a svolgere una determinata funzione nella costruzione.

Semplificando, e per esemplificare, non avrebbe senso comparare l'impatto ambientale dovuto ad una tonnellata di calcestruzzo con quello relativo ad una tonnellata di laterizio; ha senso, invece, confrontare l'impatto dovuto alle quantità di materiali necessarie per ottenere determinate prestazioni nel caso di una parete in laterizio o di una parete in calcestruzzo.

### Metodologia e fasi della ricerca

Nell'ambito della ricerca qui presentata, lo studio LCA svolto si è strutturato attraverso sei passaggi che hanno condotto alle successive valutazioni di soluzioni tecniche in laterizio, alcune delle quali riportate in questo articolo:

- indagine LCA di ognuno dei materiali (laterizi, cementi, calci, inerti, isolanti, guaine, additivi, pitture, ecc.) che sono presenti nella realizzazione di determinate soluzioni tecniche, correntemente utilizzate e conformi alla buona pratica ed alle normative vigenti (parete in muratura, manto di copertura a falda, pavimento, solaio, ecc.);

- analisi delle tecniche di costruzione e di messa in opera elementari (murare, intonacare, impermeabilizzare, ecc.) e indagine LCA dei processi relativi;
- verifica delle soluzioni tecniche selezionate, in rapporto a requisiti di salubrità, igiene ed efficienza energetica, in relazione alle condizioni di impiego con riferimento a specifiche tipologie edilizie;
- analisi, per le soluzioni tecniche individuate, degli impatti attribuibili ai consumi energetici connessi all'uso dell'edificio e correlati alla soluzione tecnica esaminata con riferimento alle sue prestazioni energetiche, nonché alle eventuali operazioni di manutenzione, per un periodo di tempo definito come "tempo di vita utile" dell'edificio e delle sue parti;
- analisi per le soluzioni tecniche prese in considerazione delle tecniche di dismissione, demolizione, trattamento di fine vita e indagine LCA dei processi relativi;
- valutazione LCA delle soluzioni tecniche analizzate.

Muovendo dai dati raccolti ed elaborati, una fase successiva (che sarà illustrata in un prossimo articolo) ha riguardato l'analisi LCA alla scala di edificio.

Sono stati presi in considerazione, oltre al processo di produzione del laterizio, anche il processo costruttivo.

In quest'ottica, la ricerca si è mossa sulla base dei dati disponibili per elaborare le LCA in fase di produzione<sup>(5)</sup>, definendo gli appropriati confini del sistema oggetto di analisi, le unità funzionali considerate nello studio, gli indicatori di impatto.

La complessità dell'indagine, per i motivi sopra esposti, ha richiesto una approfondita fase di esame delle esperienze simili condotte in Italia ed all'estero, dei dati e degli strumenti a disposizione per la loro elaborazione e un'analisi critica dei metodi di valutazione per la caratterizzazione degli indicatori di impatto, al fine di definire la strategia migliore per una LCA dei prodotti e delle costruzioni in laterizio<sup>(6)</sup>.

Parallelamente è stato condotto un esame della bibliografia esistente e un rilevamento diretto in cantiere dei dati sensibili, per la definizione di quello che nella metodologia LCA è denominato l'inventario (input di materie prime e materiali complementari, tecniche di messa in opera, durabilità, prestazioni termiche, comportamento in uso, tecniche di dismissione, trattamento di fine vita) delle principali soluzioni del costruire in laterizio.

Questi dati, insieme a quelli sulla produzione, sono serviti a costituire il database dello studio svolto<sup>(7)</sup>.

Il metodo LCA prevede, a partire da tali dati, una elaborazione basata su indicatori di impatto, effettuata attraverso l'ausilio di software di calcolo.

Sulla base dell'indagine condotta è stato individuato il software più adeguato allo studio specifico<sup>(8)</sup>.

## **Sviluppo della ricerca e strumenti di analisi e valutazione**

### ***La fase di produzione***

Le informazioni sul processo di produzione dei laterizi (dati di input e di output per fasi), raccolte da ANDIL nel 2003, sono state rielaborate e trasferite sul software SimaPro.

I dati scaturiti dall'indagine ed utilizzati nella ricerca sono relativi alla produzione di una tonnellata di laterizio generico e comprendono, secondo le impostazioni di metodo descritte precedentemente: l'approvvigionamento di materie prime e complementari, la produzione di residui e rifiuti, il consumo di carburanti ed energie, il consumo di imballaggi (dall'estrazione dell'argilla al confezionamento e lo stoccaggio dei bancali prima dell'uscita dai cancelli della fornace).

La struttura del database LCA relativo alla fase di produzione è rappresentata in fig. 1.

L'analisi è stata condotta con il supporto della banca dati LCI ENEA e dei dati generici (secondari) reperiti nelle banche dati disponibili all'interno del software SimaPro.

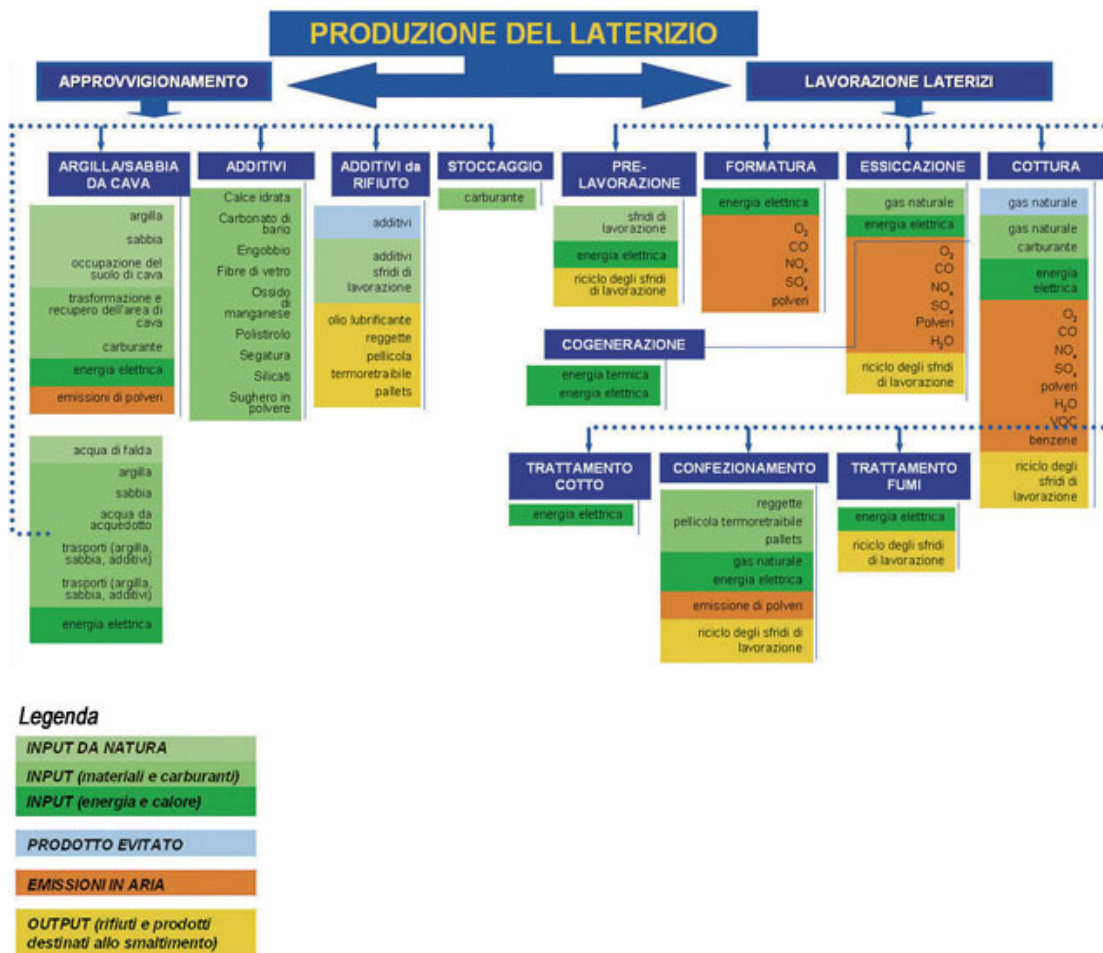


Fig. 1 - L'albero del processo di produzione di una tonnellata di laterizio.

### La fase di post-produzione

La valutazione di impatto del processo di costruzione [fig. 2] ha identificato le principali criticità (tecniche, ambientali, sanitarie, economiche) legate a questa fase, al fine di esprimere un giudizio sulla performance ambientale del processo di messa in opera relativo ai prodotti in laterizio.

Per ogni unità funzionale di riferimento (1 m<sup>2</sup> dell'elemento tecnico realizzato in laterizio) sono stati valutati gli impatti associati alle seguenti operazioni:

- trasporto al cantiere
- stoccaggio del materiale in cantiere
- lavorazioni preparatorie (lavaggi, puliture, tagli, ecc.)
- messa in opera/costruzione
- lavorazioni di finitura finali (pulitura, lavaggio, protezione, ecc.)
- uso e gestione
- demolizione
- trattamento di fine vita

in termini di materie prime, materiali e prodotti complementari, energie e combustibili.

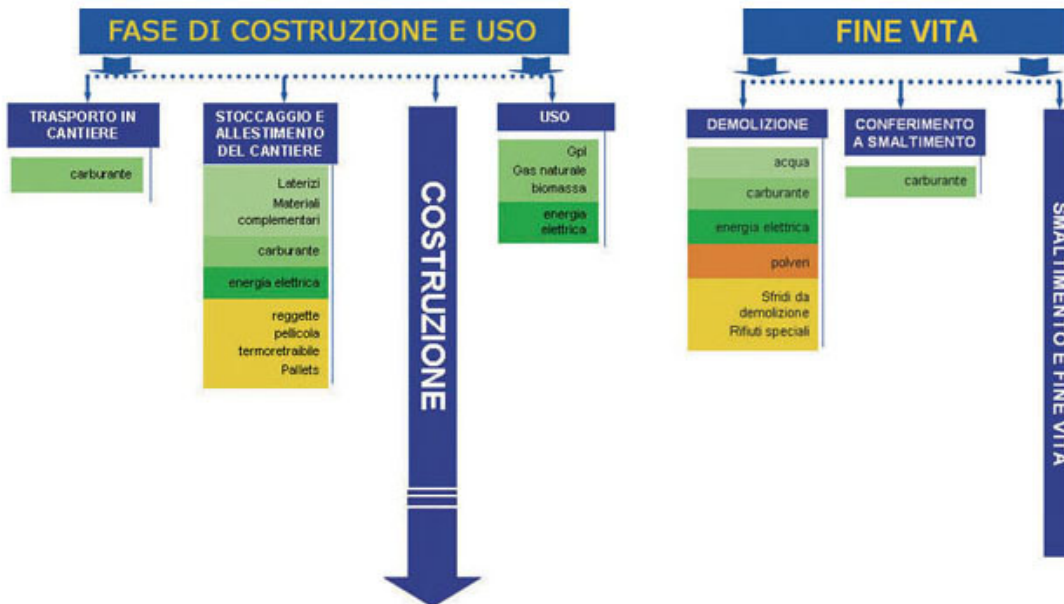


Fig. 2 - L'albero del processo di costruzione e uso di un metro quadrato di componente (a sinistra) e l'albero del processo di fine vita di un metro quadrato di componente (a destra).

Relativamente alla fase di uso, per ogni soluzione tecnica sono state definite, sulla base dell'unità funzionale adottata, le prestazioni energetiche (in termini di flusso termico entrante/uscente in regime estivo e invernale) ed i conseguenti costi ambientali derivanti dal consumo di energia/combustibile associato al flusso termico per il mantenimento delle condizioni di comfort.

Per quando concerne la fase di demolizione [fig. 2], il passaggio di scala da materiale a componente nell'analisi di post-produzione comporta una gestione dell'inventario relativo a questo specifico aspetto legato non tanto al singolo materiale quanto alla tecnologia costruttiva impiegata ed alle mutue interazioni tra i diversi materiali/strati che compongono il "pacchetto".

L'analisi ha tenuto quindi conto sia le possibilità di disaggregazione e trattamento separato dei vari materiali, sia la necessità di considerare il risultato della demolizione semplicemente come rifiuto generico ipotizzandone un fine vita indistinto.

Le fasi che definiscono un processo di dismissione sono assumibili come segue:

- demolizione del fabbricato o di parte di esso;
- raccolta e movimentazione dei rifiuti di demolizione all'interno del cantiere;
- conferimento in discarica o trattamento in appositi impianti fissi o mobili;
- riutilizzo dei prodotti recuperati e reimpiego dei prodotti riciclati.

### **Il metodo di valutazione**

Una volta realizzato l'inventario dei componenti edilizi [fig. 3], il software SimaPro permette di scegliere tra i diversi metodi disponibili per la valutazione delle ricadute ambientali e la trasformazione dei valori numerici di analisi in indicatori di impatto e indicatori di danno.

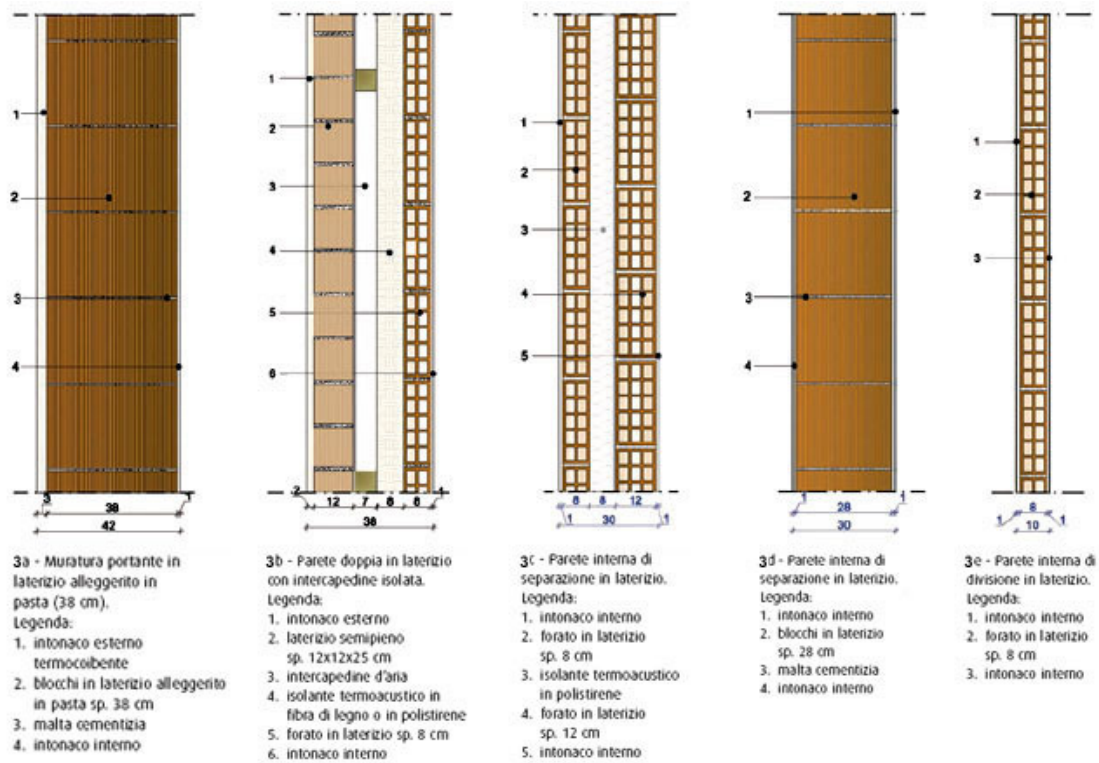


Fig. 3 (a, b, c, d, e) - Alcune tipologie costruttive considerate nello studio LCA: chiusure verticali.

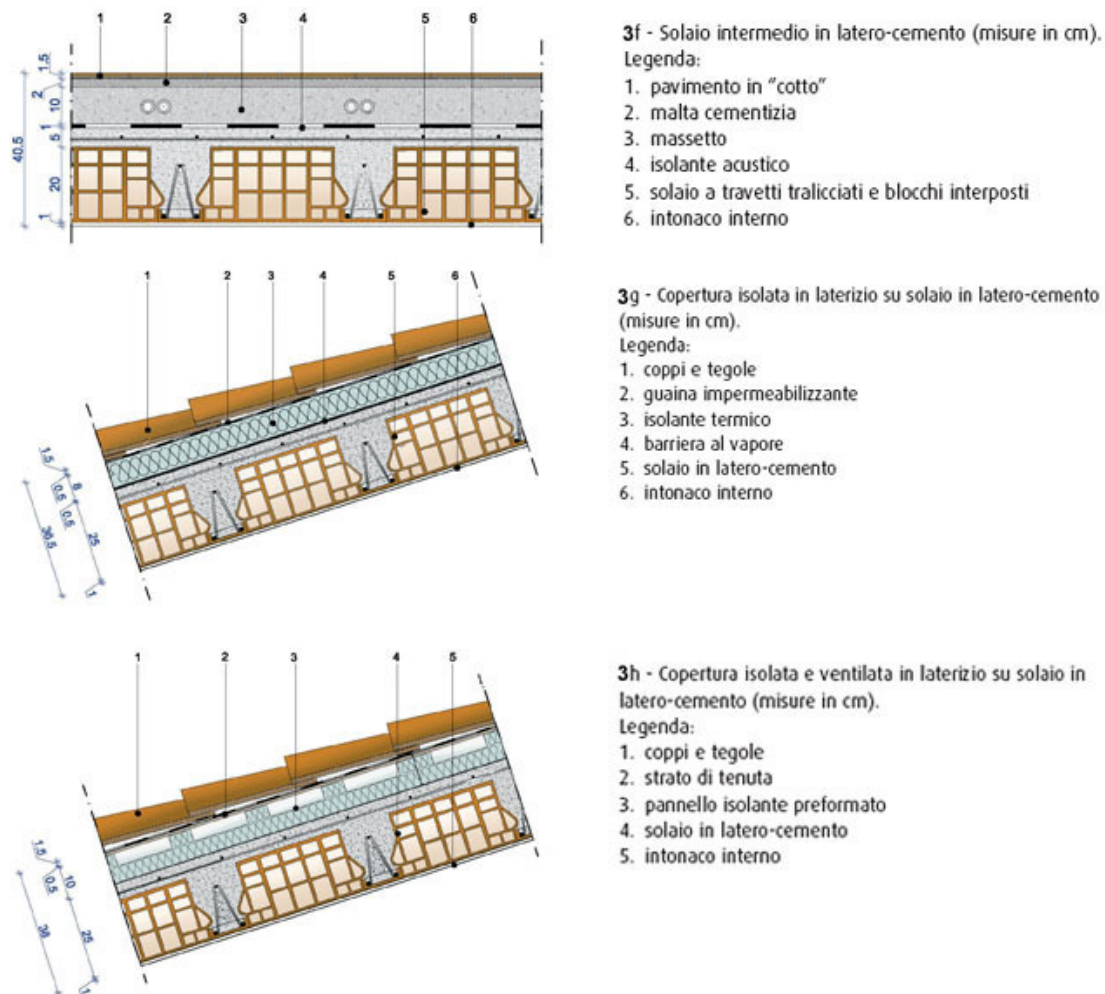


Fig. 3 (f, g, h) - Alcune tipologie costruttive considerate nello studio LCA: coperture e solai.

La ricerca si è orientata verso la scelta di tre tra i metodi disponibili (Eco-Indicator99, IMPACT 2002+, CLM 1992) che sono stati applicati ad ognuna delle soluzioni tecniche analizzate, nell'obiettivo di confrontare i risultati per ottenere indicazioni circa la reale compatibilità del metodo con il settore edilizio.

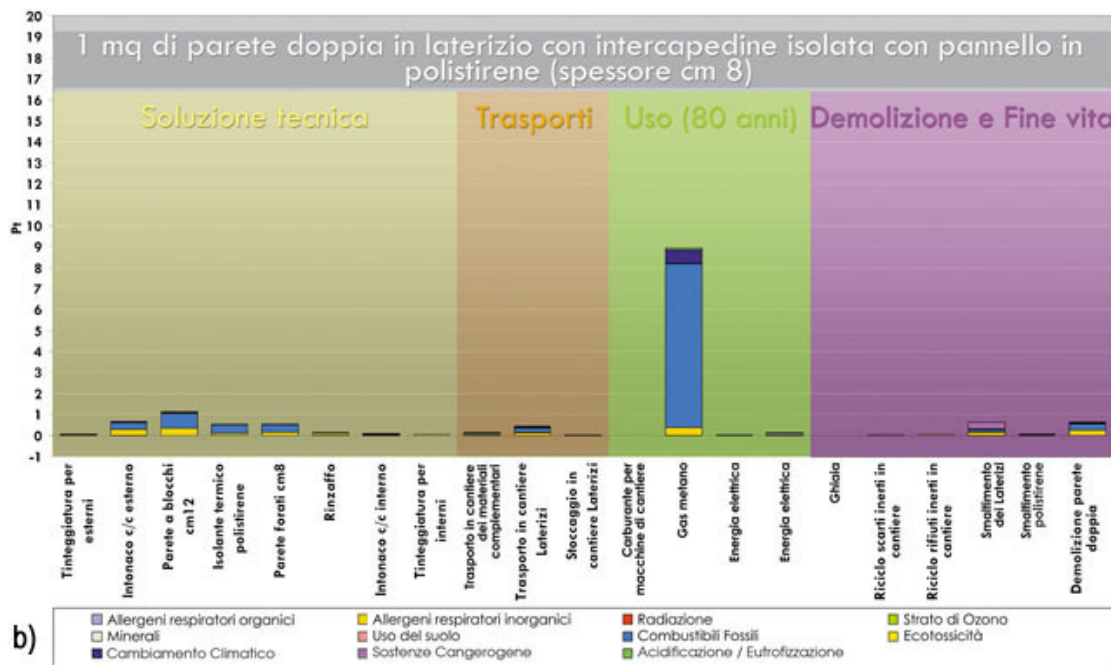
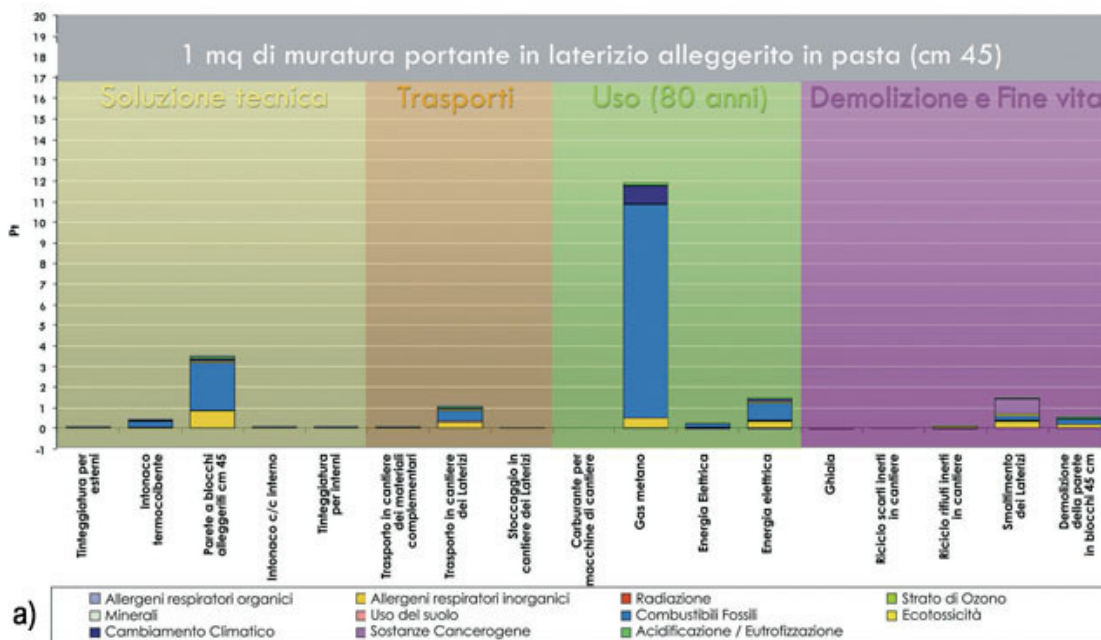


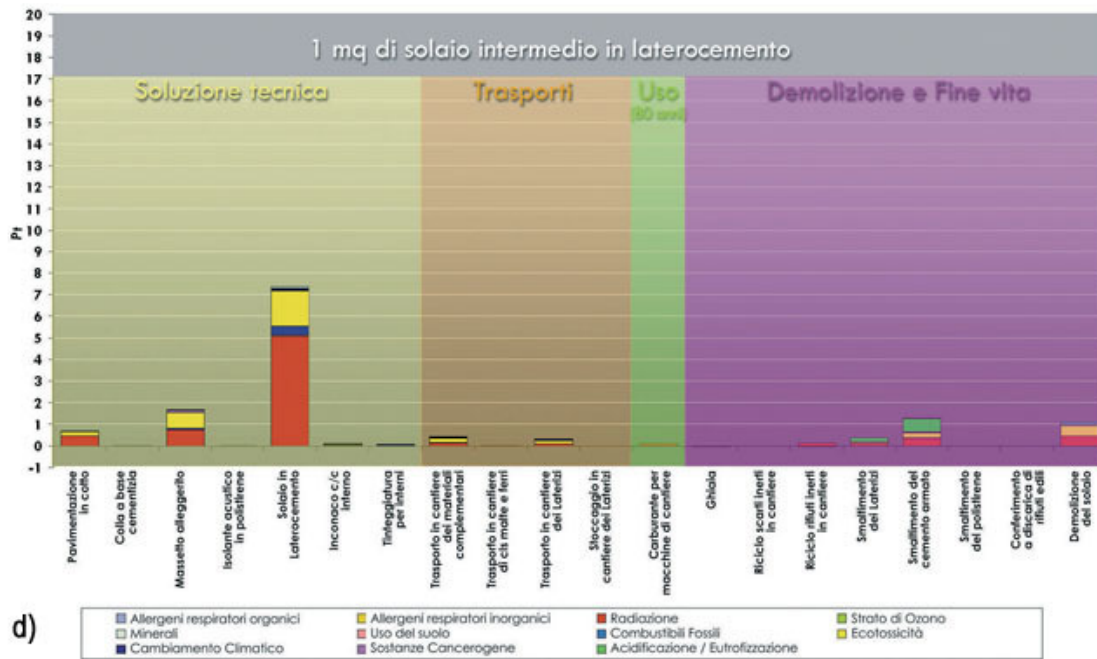
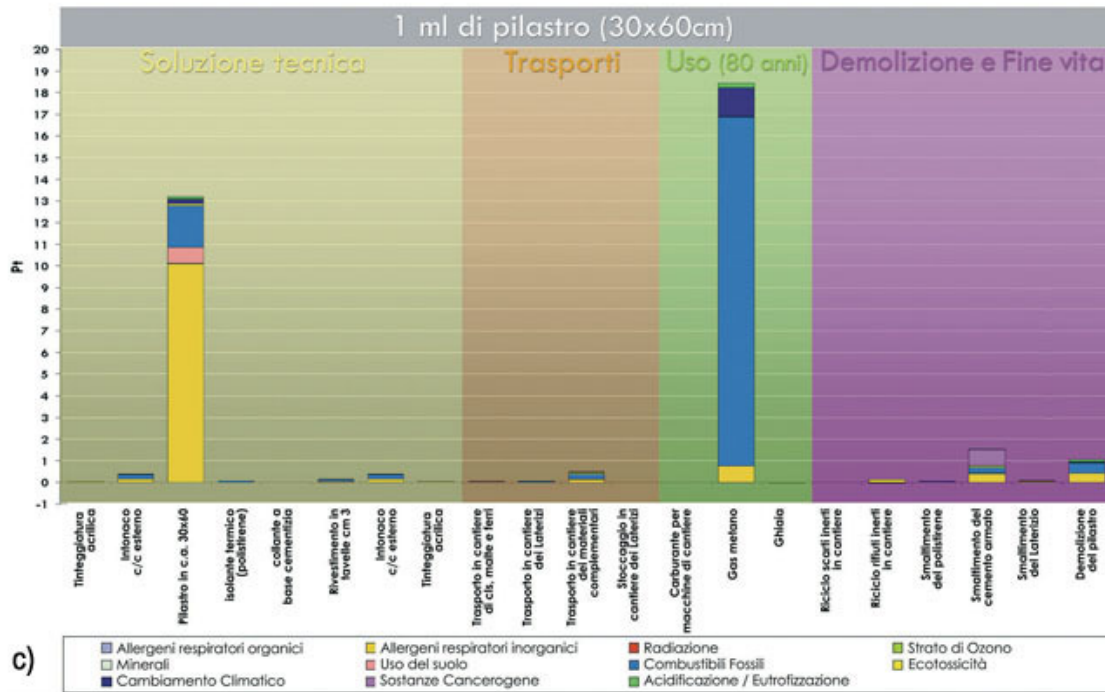
Il metodo Eco-Indicator99 risulta quello più diffuso e completo e quindi maggiormente affidabile soprattutto in previsione di confronti futuri con LCA di altri materiali da costruzione.

Nella fase di caratterizzazione, il metodo attribuisce ad ogni flusso in input o output, definito nella fase di inventario, un fattore che permette di calcolare il relativo impatto, sulla base di analisi degli effetti della sostanza emessa sull'ecosistema e la salute umana. In questa fase, i valori relativi alle varie categorie di impatto devono essere espressi nelle unità delle relative categorie per poi essere sommati.

Mediante la pesatura, che consiste nel moltiplicare i suddetti valori per un fattore che li rende adimensionali, si può procedere ad un confronto avendo a disposizione tutti i dati omogenei [fig. 4a÷e]<sup>(9)</sup>.

Definite le "categorie di danno" (3 in Eco-Indicator 99), ognuna delle quali raggruppa un certo numero di "categorie di impatto" (in totale 11 per Eco-Indicator99), si possono identificare i valori relativi alle categorie di danno per ogni soluzione tecnica. Questi valori vengono successivamente normalizzati e pesati per giungere ad un indicatore sintetico di prestazione ambientale per ciascuna soluzione tecnica stessa [fig. 5].





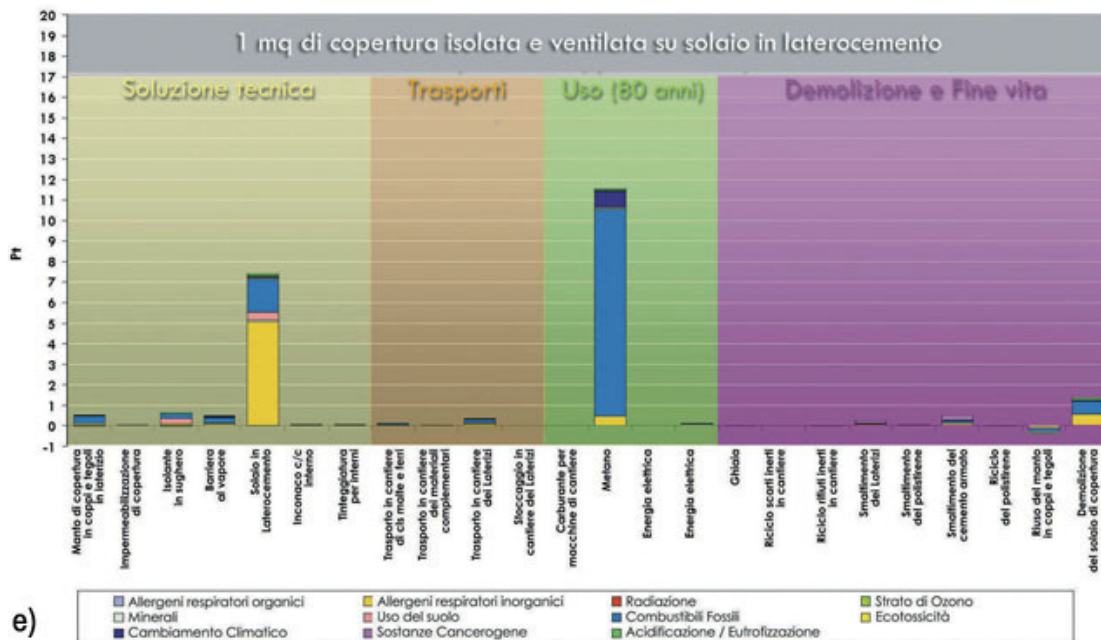
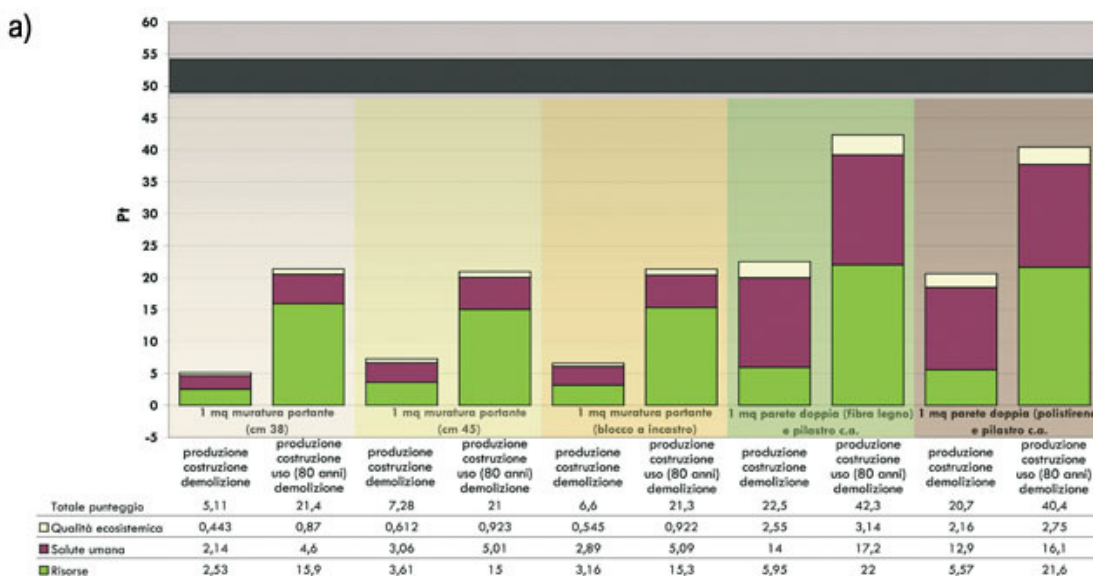
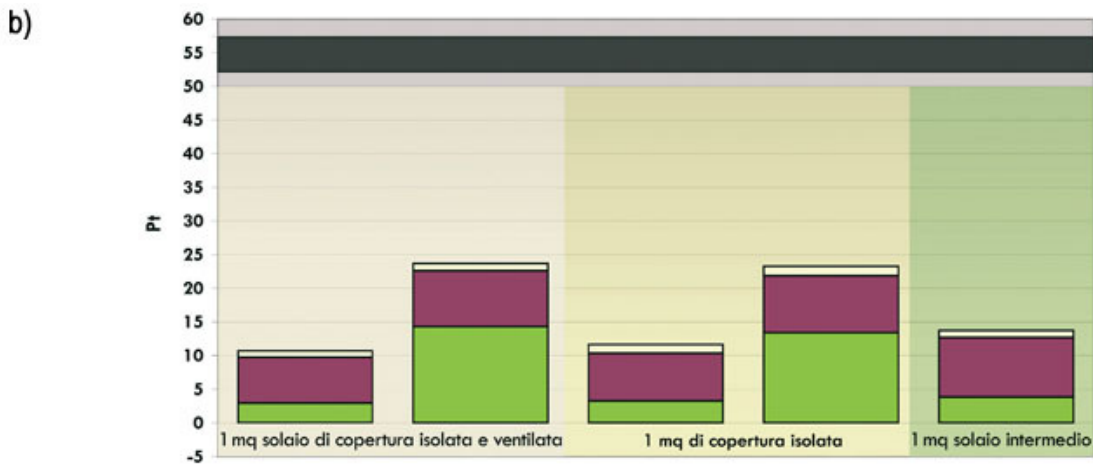


Fig. 4<sup>(9)</sup> - Valutazione degli impatti per fasi del ciclo di vita per alcune delle soluzioni esaminate (valori espressi in punteggio Eco-Indicator point):

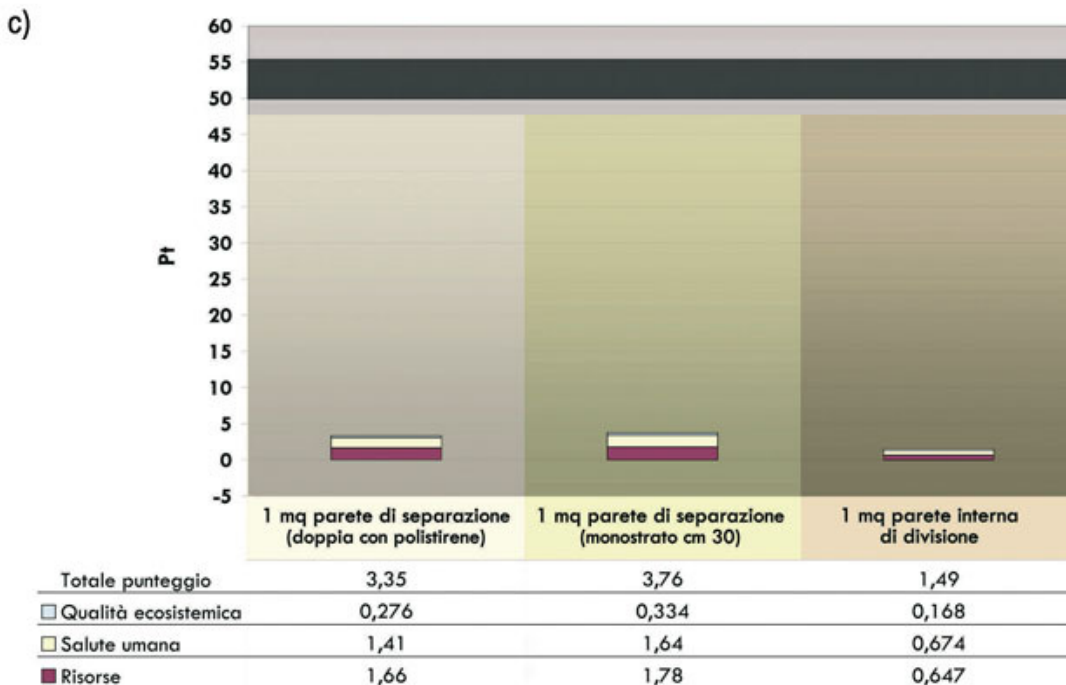
- muratura portante in laterizio alleggerito in pasta (cm 45)
- parete doppia in laterizio con intercapedine isolata con pannello in polistirene
- pilastro in c.a.
- solaio intermedio in latero-cemento
- copertura isolata con pannello di polistirene preformato per ventilazione su solaio in latero-cemento.







Totale punteggio	10,7	23,7	11,6	23,3	13,7
Qualità ecosistemica	0,954	1,12	1,3	1,46	1,09
Salute umana	6,8	8,3	7,09	8,44	8,82
Risorse	2,95	14,3	3,25	13,4	3,84



Totale punteggio	3,35	3,76	1,49
Qualità ecosistemica	0,276	0,334	0,168
Salute umana	1,41	1,64	0,674
Risorse	1,66	1,78	0,647

Fig. 5 - Grafico di confronto delle valutazioni LCA per categoria di danno delle soluzioni analizzate con il metodo Eco-Indicator E99, valutate sul ciclo di vita (produzione, costruzione uso - 80 anni - e dismissione):

- chiusure esterne in muratura portante e tamponamenti in muratura con pilastro in calcestruzzo armato;
- solaio di copertura isolata e ventilata, isolata, solaio intermedio;
- parete di separazione multistrato, monostrato e parete divisoria.

## Risultati

L'analisi del ciclo di vita (LCA) - valutata attraverso il metodo Eco-indicator 99 - applicata alle soluzioni tecniche in laterizio evidenzia come queste rappresentino sistemi costruttivi a basso impatto ambientale.

In particolare, emerge che l'indicatore di danno relativo alle fasi di produzione, trasporto, messa in opera e demolizione - ad esclusione, quindi, della sola fase d'uso - è sempre moderatamente basso, per le soluzioni in laterizio esaminate, ad eccezione di quelle a telaio in c.a. [figg. 4a÷e]<sup>(9)</sup>.

Il valore più alto, pari a 13,7 pt attribuito ad 1 m<sup>2</sup> di solaio intermedio in latero-cemento completo di relativi strati di intonaco e pavimentazione, è comunque più basso del danno attribuibile ad una soluzione di solaio in calcestruzzo armato. Considerando, invece, la vita utile delle soluzioni tecniche per un periodo di 80 anni, e quindi il loro contributo alle prestazioni energetiche dell'edificio, l'indicatore di impatto - relativo, quindi, all'intero ciclo di vita - si mantiene inferiore a 23,7 pt, valore riscontrato per 1 m<sup>2</sup> di solaio di copertura.

Ne consegue l'elevata incidenza sull'impatto ambientale, in termini di consumo di risorse, di qualità dell'ecosistema e di salute umana, della fase d'uso.

Contributo che supera da 2 a 4 volte l'indice complessivo delle restanti fasi di produzione, trasporto, messa in opera e demolizione.

### **Chiusure esterne e pareti interne**

Nelle soluzioni di parete in muratura leggera, l'indicatore di danno presenta i valori più elevati, 42,3 pt e 40,4 pt, rispettivamente per 1 m<sup>2</sup> di parete doppia con intercapedine in fibra di legno ed in polistirene (il polistirene, pesando 1/10 del pannello in fibra di legno, determina un impatto minore della specifica soluzione tecnica), in quanto l'analisi considera la soluzione tecnica integrata con il pilastro in calcestruzzo armato, che incide notevolmente sia sulla produzione della soluzione tecnica, per la quota parte dovuta alla manifattura del calcestruzzo armato, che sullo stesso sistema costruttivo per le dispersioni in corrispondenza del pilastro, in riferimento al periodo di uso di 80 anni, come risulta dal grafico di fig. 4c.

I valori più bassi si rilevano per le pareti interne, sia come soluzioni tecniche, in relazione al ridotto impegno di materiali, che nel periodo d'uso, in relazione alla assenza di dispersioni termiche attraverso i divisori interni.

In termini di qualità ecosistemica, tutte le soluzioni in laterizio esaminate presentano un valore di danno estremamente contenuto: da 0,5 a 1,5 pt.

Quest'ultimo valore è associato alla soluzione di parete con isolante in fibra di legno, per effetto dell'emissione al suolo degli ossidi di zinco, dovuta al processo produttivo del pannello in fibra di legno.

Per quanto riguarda il danno in rapporto alla salute dell'uomo, questo è imputabile all'emissione di polveri nella produzione del calcestruzzo presente nelle soluzioni tecniche con solaio in latero-cemento e con pilastro in calcestruzzo armato ed alle emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dal riscaldamento degli edifici nell'arco degli 80 anni.

Infine, il consumo delle risorse (per le murature, valori compresi tra 15 e 15,9 pt) è prevalentemente da imputare ai consumi per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo, attribuibili a 1 m<sup>2</sup> di soluzione tecnica di chiusura verticale su un periodo di 80 anni.

A fronte di questi valori, i consumi relativi alle fasi di costruzione e demolizione sono estremamente contenuti e parimenti risultano compresi fra 0,6 pt e 3,8 pt, anche nelle fasi di produzione.

La valutazione del ciclo di vita (LCA) fornisce indicazioni di confronto fra due o più soluzioni costruttive, utili alla scelta di quella ottimale in termini di minor impatto ambientale o di minor danno della specifica categoria di interesse.

Ad esempio, dal confronto fra le due soluzioni in muratura portante a blocchi di laterizio alleggerito in pasta si rileva che, passando da una muratura di 38 cm ad una di 45 cm, si ha una diminuzione del danno complessivo da 21,4 pt a 21 pt.

In termini di qualità ecosistemica, il danno aumenta da 0,87 pt a 0,923 pt, principalmente a causa dell'emissione in aria degli ossidi di zinco, dovuta al processo di trasporto del laterizio, che aumenta in quantità passando da 38 a 45 cm.

Per quanto riguarda il danno in rapporto alla salute dell'uomo, questo passa da 4,6 pt a 5,01 pt, principalmente a causa dell'emissione degli ioni di arsenico e cadmio in acqua, emissioni generate nel processo di fine vita del laterizio, che aumenta in quantità passando da 38 a 45 cm, e ciò nonostante la riduzione della produzione di CO<sub>2</sub> per effetto del minore consumo di combustibile per il riscaldamento invernale.

Infine, relativamente al consumo delle risorse, il danno si riduce da 15,9 pt a 15 pt, principalmente a causa del minor consumo di combustibile per il riscaldamento degli edifici nell'arco degli 80 anni.

### **Coperture e solai**

Dal confronto fra le due soluzioni di copertura, quella isolata con pannello in polistirene preformato per ventilazione e quella con pannello in sughero, si nota una diminuzione del danno totale da 23,7 pt a 23,3 pt a favore della seconda.

In termini di qualità ecosistemica, si riscontra tuttavia un aumento del danno da 1,12 a 1,46 pt, dovuto all'utilizzo del suolo per la coltivazione del sughero ed alla produzione dei teli per la barriera a vapore.

Per quanto riguarda il danno in rapporto alla salute dell'uomo, si evince ancora un aumento del danno da 8,3 a 8,44 pt dovuto, in buona parte, alla maggior quantità di ossido di carbonio emesso durante la fase di smaltimento dei materiali costituenti la barriera al vapore.

Più ridotto risulta invece il consumo delle risorse necessarie per il riscaldamento invernale nell'arco degli 80 anni ipotizzati: 13,4 pt per la copertura isolata con pannello in sughero, rispetto a 14,3 pt per la copertura con ventilazione e isolamento in pannello in polistirene.

### **Conclusioni**

La ricerca svolta fornisce, sulla base delle più recenti indicazioni normative, il profilo ambientale di soluzioni costruttive in laterizio relativamente al loro ciclo di vita, che comprende, oltre alle fasi strettamente legate alla natura dei prodotti (produzione e trattamento di fine vita), quelle legate al loro impiego nelle fasi di cantiere e in opera, fino alla demolizione. Il processo di analisi dell'impatto ambientale, con le conseguenti valutazioni di danno, coinvolge molti fattori in gioco lungo la vita utile di un prodotto, nelle diverse condizioni contestuali (la fabbrica, il cantiere, l'edificio e la zona in cui questo è realizzato e gestito), e sulla base di alcune ipotesi convenzionali, quali ad esempio quella di una vita utile degli edifici tradizionali pari a 80 anni o quelle che si compiono relativamente ai calcoli sul comportamento energetico degli edifici in periodo invernale ed estivo al fine di valutare l'impatto in uso.

Al di là delle valutazioni, il risultato strategico della ricerca è anche il contributo sperimentale dato alla messa a punto di specifici metodi di analisi nel settore edilizio, al fine di promuovere una cultura ambientale rivolta a tutti gli operatori del settore, in grado di fornire una visione più ampia delle problematiche connesse al progettare ed al costruire sostenibile.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia ANDIL Assolaterizi e Faenza Editrice per avere autorizzato la pubblicazione del presente articolo.

### **Note**

1. Ricerca "LCA LATERIZIO: analisi del ciclo di vita di prodotti e sistemi in laterizio", Convenzione Università degli Studi di Firenze, Dip. Tecnologie dell'Architettura e Design "PL. Spadolini"- Andil Laterservice. Responsabile: Prof. ssa M. Chiara

Torricelli; gruppo di ricerca: Caterina Gargari, Elisabetta Palumbo, Alain Lusardi, Adolfo Baratta, Claudio Piferi, Nicoletta Setola; partner esterni: Lisa de Cristofaro, Università Federico II di Napoli, Ing. Paolo Neri, Enea Bologna.

2. Gli schemi sviluppati per le dichiarazioni ambientali di prodotto si riferiscono ai lavori normativi dell'ISO/TC 207 e ISO 14025. In particolare la dichiarazione EPD (Environmental Product Declaration) è uno schema di etichettatura applicabile a qualunque prodotto, servizio o processo. Nel settore delle costruzioni, si veda il Rapporto Tecnico della commissione TC59 per la definizione della ISO/DIS 21930 (Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products, luglio 2005).
3. L'applicazione della metodologia generale LCA al settore edilizio è oggetto dei lavori di normazione a livello internazionale dell'ISO TC59 e in sede europea in base al mandato M/350 EN, CEN 29.03.2004.
4. Il programma di normalizzazione previsto nel mandato M/350 EN, CEN 29.03.2004 è organizzato in tre sezioni: una sezione quadro al livello edificio; una sezione prodotti e materiali edili che dovrà fornire una normativa sulla metodologia LCA applicata ai materiali edili; una sezione sul ciclo di vita dell'edificio relativa a norme e/o rapporti tecnici di valutazione ambientale delle fasi di costruzione, di manutenzione/pulizia e di demolizione.
5. I requisiti specifici comuni per prodotti in laterizio sono indicati in un Product Specific Requirement PSR 2004:9 con riferimento alla unità funzionale di 1.000 kg di laterizio pronto per la vendita.
6. In questa fase, in particolare, è stata preziosa l'esperienza maturata in anni di ricerca presso l'ENEA di Bologna dal gruppo coordinato dall'Ing. Paolo Neri, che ha fornito una supervisione continua sui lavori della presente ricerca.
7. La banca dati di questa ricerca è costituita da: dati primari ricavati da indagini dirette condotte dal gruppo di ricerca; prezzo dei materiali e delle opere; schede tecniche dei laterizi e dei prodotti complementari; banca dati LCI ENEA; dati generici (secondari) reperiti nelle banche dati disponibili all'interno del software SimaPro.
8. Il software utilizzato nella ricerca è il SimaPro 7.0 sviluppato dalla società Pré consultants.
9. In particolare, nella fase di produzione, relativamente ai materiali che realizzano la soluzione tecnica, sono stati considerati:
  - i quantitativi di combustibili fossili connessi ai consumi energetici dovuti alla produzione di laterizi, calci, cementi e additivi per intonaco e, nel caso delle strutture in c.a., di calcestruzzi e ferro;
  - le emissioni in atmosfera conseguenti alla fase di produzione del calcestruzzo.

Per la fase di costruzione sono stati valutati, invece, i soli consumi relativi ai trasporti al cantiere, essendo irrilevante l'impatto dovuto all'esecuzione delle opere.

Nella fase d'uso sono stati computati i valori di impatto associati alla vita utile dell'edificio (posta pari a 80 anni), connessi alle prestazioni termiche della specifica soluzione tecnica (nel caso dei tamponamenti, non sono considerati i ponti termici) ed espressi in termini di consumo di combustibili per il riscaldamento e consumi di elettricità per il condizionamento estivo.

Nella fase di dismissione sono state, infine, considerate le emissioni nocive per la salute umana derivanti dalla fase di trattamento o di messa in discarica dei prodotti a fine vita.