

# La valutazione di impatto ambientale delle strutture mediante LCA

Chiara Calderini ([chiara.calderini@unige.it](mailto:chiara.calderini@unige.it))

*Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli Studi di Genova.*

Chiara Piccardo ([chiara.piccardo@arch.unige.it](mailto:chiara.piccardo@arch.unige.it))

*Dipartimento Architettura e Design, Università degli Studi di Genova.*

## **Premessa**

Il presente contributo rappresenta il primo di una serie di articoli volti a introdurre il tema del Life Cycle Assessment (LCA) applicato alle strutture. In particolare, si intende illustrare come tale strumento di valutazione ambientale possa integrare e supportare il processo progettuale e produttivo delle strutture stesse. L'analisi LCA, infatti, può considerarsi parte di un approccio integrato per la progettazione strutturale sostenibile. A tal proposito, si descrivono alcuni casi studio esemplificativi, analizzati nel corso di una collaborazione tra Tecnostrutture e Università di Genova.

## **ABSTRACT**

Lo strumento di Life Cycle Assessment (LCA) consiste in una metodologia di valutazione ambientale sempre più affermata, anche nel campo dell'edilizia. Un crescente numero di studi fa ricorso all'LCA per investigare l'impatto ambientale degli edifici nel corso del loro ciclo di vita, in una prospettiva di ottimizzazione produttiva dell'oggetto edilizio, analogamente a quanto già avviene per i prodotti industriali. Naturalmente l'analisi del ciclo di vita di un edificio non può prescindere da quello della sua struttura, la quale è intrinsecamente legata alla sua durata. Da tali presupposti, nasce la collaborazione tra Università degli Studi di Genova e Tecnostrutture. L'obiettivo diretto è di effettuare un'analisi LCA comparativa tra i suoi prodotti e prodotti tradizionali, per valutare quanto siano competitivi dal punto di vista ambientale. L'obiettivo indiretto è spingere sempre di più le imprese innovative a misurarsi nel campo della sostenibilità ambientale e a ragionare su modelli edilizi nuovi.

## **1. LCA: specchio di una nuova visione delle costruzioni**

Negli ultimi anni, le analisi LCA sono state un strumento sempre più usato, nel mondo della produzione, per valutare gli impatti ambientali dei prodotti e dei processi. Questo strumento è alla base di molte politiche ambientali, perché fornisce dati quantitativi per poter confrontare i prodotti. L'analisi si concentra su diverse categorie di impatto. Tra quelle più significative, vi sono, ad esempio, il consumo di risorse rinnovabili e non rinnovabili a finalità energetiche e il potenziale di effetto serra. La metodologia LCA si basa sulle norme ISO della serie 14040, di validità internazionale, oltre che su linee guida riconosciute a livello europeo (European Commission et al., 2010).

La forza innovativa dell'LCA non è determinata però tanto nel fatto di avere fornito uno strumento di valutazione ambientale dei prodotti (che si affianca a quella economica classica), quanto nell'aver portato al centro della valutazione il "ciclo di vita".

L'idea di pensare all'intero ciclo di vita dei prodotti è affermata da anni in certi ambiti della produzione industriale. Si pensi all'industria automobilistica. Un'auto è progettata già pensando ai tempi di sostituzione dei componenti, a cicli di riuso (auto di seconda o terza mano, o auto vendute

in stock ai paesi in via di sviluppo), al recupero di alcuni componenti nel fine vita, alla demolizione finale.

Questa logica è tutta nuova, invece, per l'ambito delle costruzioni. Due sono le motivazioni di fondo. La prima è che le costruzioni, almeno in Europa, non sono considerate un prodotto di "consumo", con una vita limitata nel tempo, ma un prodotto "immobile" ed eterno. La seconda è che, almeno in Italia, la costruzione è ancora largamente vista come un prodotto "artigianale" e non industriale.

L'idea della costruzione come prodotto "immobile" ed eterno ha radici relativamente recenti, in Europa. L'edilizia del passato era un prodotto in continua trasformazione, che si adattava alle variate esigenze delle persone e della città. Molto si costruiva, molto si riparava, molto si modificava, molto si recuperava, molto si demoliva. Ma le costruzioni erano fatte per durare nel tempo, per stare. Altri modelli edilizi, tipo quello americano, hanno prodotto costruzioni meno immanenti, figlie di una società più orientata al cambiamento e ad una mobilità rapida e intensa. Ma i crescenti ritmi di cambiamento della società d'oggi impongono, anche in Europa, di guardare alle costruzioni come prodotti con una vita "finita". Questo cambiamento di paradigma impone di ragionare sulla loro "durata" e, più in generale, sul modello edilizio più efficiente dal punto di vista economico e ambientale. È più conveniente fare costruzioni più durevoli ma più impattanti, o costruzioni meno durevoli ma meno impattanti? O è possibile immaginare costruzioni durevoli ma poco impattanti? Qual è il punto di equilibrio?

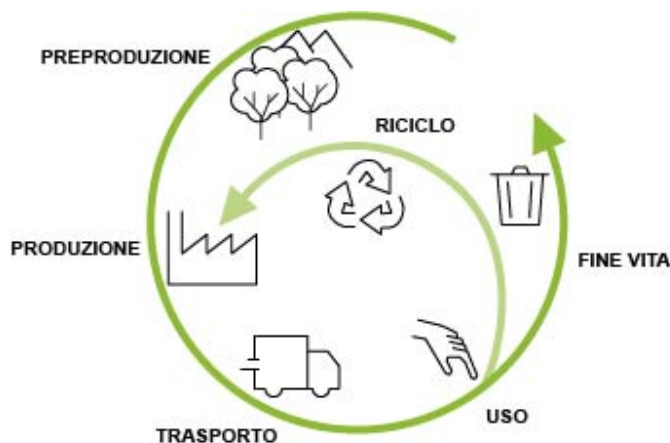


Figura 1. Principali fasi del ciclo di vita di un prodotto.

In realtà, quando si parla di "durata" di una costruzione, è necessario distinguere tra le varie componenti, come in un'automobile. Da sempre, vi sono componenti "sostituibili" (tipicamente quelle soggette a degrado e usura più rapidi, come l'intonaco nelle costruzioni più antiche, o i rivestimenti, gli impianti, i serramenti) e componenti "non sostituibili", come le strutture. Quando si parla di "durata" di una costruzione, ci si riferisce, di fatto, alla durata della sua struttura. Per questo motivo, l'analisi del ciclo di vita di una costruzione non può prescindere dall'analisi del ciclo di vita della sua struttura.

La concezione della costruzione come prodotto artigianale, è un'idea molto italiana. Con aspetti positivi e negativi. Se si osserva la storia dell'ingegneria italiana nel corso del XX secolo si osserva che le sue grandi opere (dall'Autostrada del Sole ai ponti di Morandi, Zorzi, ...) sono tutti prodotti artigianali di elevatissima qualità. Prodotti unici, frutto di imprese di costruzioni uniche, di idee uniche. Un po' come l'alta moda. Ma allo stesso tempo, nell'edilizia comune, si osserva una bassa qualificazione delle imprese, un modo di operare poco efficiente, una mancanza del controllo del processo edilizio che porta spesso a costi eccessivi (varianti in corso d'opera, rallentamenti di cantiere, ...) che ci allontanano dall'edilizia nord-europea. La mancanza di controllo del processo edilizio è una delle motivazioni per cui in Italia è molto difficile fare un'analisi LCA di una costruzione e, in particolare, di una struttura.

## 2. Un'esperienza italiana: la collaborazione tra Tecnostrutture e Università di Genova.

Necessità di analizzare la costruzione nel suo ciclo di vita, ipotizzando una durata "finita". Attenzione al ruolo della struttura. Visione della costruzione come prodotto industriale. Da queste tre idee nasce la collaborazione tra Università degli Studi di Genova e Tecnostrutture. L'obiettivo diretto è di effettuare un'analisi LCA comparativa tra i suoi prodotti e prodotti tradizionali, per valutare quanto siano competitivi dal punto di vista ambientale. (Tecnostrutture ha accettato la sfida senza sapere se la avrebbe vinta. Un gesto di coraggio inusuale per un'azienda). L'obiettivo indiretto è spingere sempre di più le imprese innovative a misurarsi nel campo della sostenibilità ambientale e a ragionare su modelli edilizi nuovi.

L'analisi LCA, i cui risultati saranno disponibili a breve, è stata condotta su due casi di studio reali: un edificio monopiano e un edificio pluripiano. La scelta di affrontare due strutture reali, e non singoli "prodotti" (come ad esempio una trave o un pilastro NPS) ha due motivazioni. La prima è che l'analisi LCA comparativa delle strutture deve essere effettuata a parità di efficienza strutturale. Tale efficienza è difficilmente valutabile a livello del singolo componente perché dipende dallo schema statico e dal tasso di lavoro dei componenti. La seconda è che l'impatto ambientale finale dipende fortemente anche dalla messa in opera delle componenti (trasporto, montaggio, completamento).



Figura 2. Le due strutture realizzate con travi e pilastri NPS® scelte per l'analisi LCA

I casi studio analizzati sono strutture reali realizzate o in corso di realizzazione da Tecnostrutture. Le strutture ordinarie di confronto, una in acciaio e una in cemento armato, sono state progettate appositamente dall'Università di Genova sul medesimo progetto architettonico delle strutture reali di Tecnostrutture. Il confronto è fatto pertanto a parità di distribuzione architettonica e a parità di efficienza strutturale.

A tal proposito, è stato impiegato un approccio riconoscibile in altri studi LCA, che considerano la ri-progettazione di soluzioni strutturali alternative a partire da casi studio esistenti (Takano et al., 2015; Sartori and Hestnes, 2007; Dodoo and Gustavsson, 2013), mentre altre fonti si basano su edifici esistenti (Adalberth, 2001; Guggemos and Horvath, 2005) oppure su modelli di edifici ipotetici (Feese and Bulleit, 2014).

L'analisi ha preso in considerazione due categorie d'impatto fra quelle maggiormente indagate in letteratura, ossia il consumo di energia primaria e le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente.

### 3. Prospettive future

Il tema centrale emerso nel corso della collaborazione tra Tecnostrutture e Università di Genova è stato quello della "durata" della vita delle strutture da considerare nell'analisi. Nel corso della ricerca, infatti, si è scelto, almeno in una prima fase, di considerare una durata di 50 anni, orizzonte temporale tipico per le analisi LCA e in fondo congruente con la normativa strutturale che identifica in 50 anni la vita utile di una costruzione ordinaria. Ma certo questo dato è da ripensare, in future analisi. In particolare, la lunghezza della vita della costruzione dovrebbe essere vista in forma probabilistica, sia in funzione di possibili scenari del mercato immobiliare sia di eventi eccezionali come un incendio o un terremoto.

Nella ricerca, inoltre, in linea con altre analisi LCA di letteratura, si sono considerate solo fasi ordinarie della vita della struttura, quali la realizzazione, il suo uso in sicurezza (manutenzione ordinaria), e la sua demolizione a fine vita. Non è stata considerata invece la manutenzione straordinaria. Eppure vi sono probabilità, seppur piccole, che la struttura subisca, nel corso della sua vita, azioni eccezionali di natura antropica (fuoco) o ambientale (sisma o alluvione, per esempio). Tali azioni possono compromettere la funzionalità degli elementi strutturali, richiedendo operazioni di ripristino e così incrementando il consumo di risorse. Ad oggi, soltanto pochissimi studi hanno incluso nelle loro analisi LCA tali consumi. In particolare, Feese and Bulleit (2014) hanno stimato il consumo energetico e le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dal ripristino delle strutture danneggiate da eventi catastrofici, rispettivamente in acciaio e calcestruzzo armato. Ma nuovamente, tali analisi dovrebbero essere basate su un approccio probabilistico.

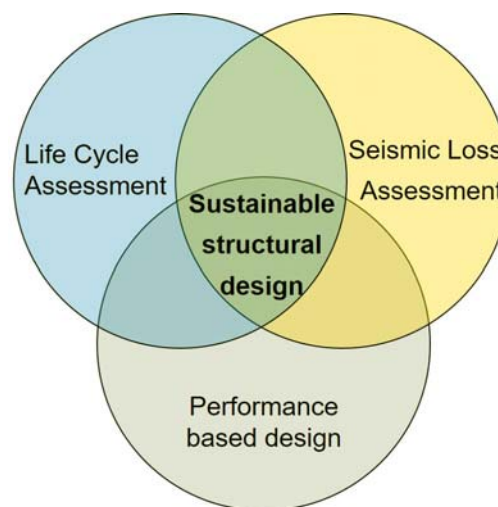


Figura 3. Ambiti di un approccio integrato per la progettazione strutturale.

Quando si pensa a nuovi modelli edilizi, non si può non pensare al concetto di resilienza. Eventi straordinari possono ridurre la durata della vita delle costruzioni, o possono portare a danneggiamenti significativi, i cui impatti ambientali non sono quantificati. Le domande iniziali sulla durata delle costruzioni si arricchiscono quindi di nuove domande: pur rispettando gli imprescindibili vincoli della sicurezza, è più conveniente progettare costruzioni che costano meno, ma si danneggiano e che poi devono essere sostituite? o costruzioni che si danneggiano e che siano facilmente riparabili? O costruzioni che non si danneggiano?

Solo analisi LCA avanzate sulle strutture potranno darci delle risposte a queste domande.

#### 4. Bibliografia

- Adalberth K., Almgren A., Petersen Holleris E. (2001). Energy Use in Four Multi-Family Buildings During their Life Cycle. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, 2: 1-21.
- Dodoo A., Gustavsson L. (2013). Life cycle primary energy use and carbon footprint of wood-frame conventional and passive houses with biomass-based energy supply. *Applied Energy*, 112, 834-842.
- European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability (2010). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) handbook—General guide for life cycle assessment—Detailed guidance*, European Commission–Joint Research Centre, Luxembourg.
- Feese C., Li Y., and Bulleit W.M. (2015). Assessment of Seismic Damage of Buildings and Related Environmental Impacts. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29 (4): 04014106-1 -04014106-10.
- Guggemos A.A. and Horvath A. (2005). Comparison of Environmental Effects of Steel- and Concrete-Framed Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*, 11 (2): 93-101.
- Sartori I. and Hestnes A.G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: a review article. *Energy and Buildings*, 39 (3): 249–57.
- Takano A., Kumar Pal S., Kuittinen M., Alanne K., Hughes M., Winter S. (2015). The effect of material selection on life cycle energy balance: A case study on a hypothetical building model in Finland. *Building and Environment*, 89: 192-202.