

Applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA) al settore delle costruzioni

Gian Andrea Blengini
Katia Zavaglia

DITAG Politecnico di Torino

Premessa: LCA e settore delle costruzioni

Il settore delle costruzioni, pur costituendo un elemento cardine dell'economia italiana, con un contributo significativo al processo di sviluppo economico (5% del PIL, 8% dell'occupazione nel 2005 – dati ISTAT 2005) presenta tuttavia notevoli impatti ambientali diretti ed indiretti.

Questi, in particolare, consistono sostanzialmente nell'elevato consumo di energia, legato alla realizzazione dei manufatti ed alla fase d'uso degli stessi, nel consumo di risorse naturali e nel degrado del territorio.

Sulla base delle statistiche ufficiali, nell'anno 2004 il settore civile ha consumato il 31% dell'energia primaria in Italia (al 93% generata da fonti non rinnovabili) per cui è ritenuto responsabile del 30,5% delle emissioni di gas serra (ENEA, 2005).

Tuttavia queste statistiche si riferiscono alla sola fase d'uso degli edifici, corrispondente ai carichi energetico-ambientali connessi alla gestione ordinaria del patrimonio edilizio (residenziale e strumentale). Se alla fase d'uso aggiungiamo la produzione dei materiali da costruzione e la loro messa in opera, si stima che il contributo complessivo salga al 37% dell'energia ed al 41% delle emissioni di gas serra (ENEA, 2005).

Al consumo di energia, in larga parte non rinnovabile, ed al conseguente effetto serra, vanno poi aggiunti

altri impatti ambientali tra cui il massiccio consumo di materie prime non rinnovabili e l'uso del territorio, a cui è legato l'ulteriore problema della destinazione finale delle macerie derivanti dalle demolizioni di edifici dismessi. Quest'ultimo gruppo di problemi ambientali, a scala regionale/locale, sta notevolmente impegnando i legislatori e gli amministratori degli enti territoriali i quali si trovano a dover fornire gli strumenti di pianificazione territoriale mirati alla corretta gestione delle risorse del territorio.

In sintesi, il "problema ambientale" riconducibile al settore delle costruzioni comprende sia la scala globale (uso di risorse non rinnovabili, effetto serra), sia quella regionale/locale (uso del territorio e delle sue risorse, smaltimento dei rifiuti).

Per troppo tempo le problematiche energetico-ambientali riconducibili agli edifici sono state affrontate per comparti separati, limitando molte volte l'analisi alla sola fase di esercizio. In questo modo, alcuni importanti impatti ambientali riferibili al ciclo di vita degli edifici sono stati trascurati e, in altre occasioni, i miglioramenti apportati puntualmente si sono rivelati inefficaci.

Ad esempio, materiali da costruzione definiti, forse troppo frettolosamente, eco-compatibili poiché di origine naturale, si sono rivelati poco performanti dal punto di vista dell'isolamento termico in fase d'esercizio, oppure inadatti al recupero di materie prime secondarie in fase di trattamento delle macerie a fine vita.

La presente nota tecnica intende illustrare sinteticamente le motivazioni, la procedura e le potenzialità di applicazione della metodologia di Analisi di Ciclo di Vita, Life Cycle Assessment (LCA), al settore delle costruzioni.

Senza entrare nei dettagli della tecnica di analisi, si descrive la struttura di base del modello di applicazione della metodologia LCA al progetto preliminare di un edificio, riportando, a titolo di esempio, alcuni risultati ottenuti dagli autori in un recente caso studio.

Scopo principale della presente nota è evidenziare l'opportunità di integrare la fase di progettazione di un edificio con le informazioni sulle prestazioni energetico-ambientali del suo intero ciclo di vita, in modo tale da orientare le scelte progettuali e impiantistiche, nonché le scelte dei materiali e delle tecniche costruttive, verso le soluzioni ambientalmente sostenibili.

Applying the Life Cycle Assessment (LCA) methodology to the building sector *The present short paper will briefly illustrate reasons, procedures and application potential of the Life Cycle Assessment (LCA) methodology in the building sector.*

Although a detailed explanation of the technique cannot here be given, the basic structure of the LCA application to preliminary building design will be described, by supplying an example retrieved from a recent case study carried out by the authors.

The main goal is to highlight benefits of integrating the design phase with information relevant to energetic-environmental performances of the building during its whole life cycle, in order to address design choices, selection of materials and building techniques towards environmentally sustainable solutions.

Per questo motivo negli ultimi anni sono aumentati considerevolmente anche nel settore delle costruzioni il numero e la tipologia di applicazioni dell' LCA, metodologia caratterizzata dall'approccio globale, cioè unitario e complessivo, alla valutazione dei problemi ambientali di un determinato sistema produttivo, idonea quindi ad affrontare efficacemente le suddette problematiche e a promuovere un effettivo miglioramento.

La metodologia LCA applicata al settore delle costruzioni

La metodologia di Analisi di Ciclo di Vita (*Life Cycle Assessment - LCA*), codificata dalle norme UNI EN ISO serie 14040, può essere definita: "Tecnica oggettiva di valutazione ambientale per la quantificazione degli impatti ambientali di un prodotto o di un processo durante tutte le fasi del ciclo di vita, attraverso la misura sistematica di tutti gli scambi fisici da e per il sistema ambiente".

Tale metodologia (Figura 1) è basata su criteri oggettivi che consentono di individuare e valutare i potenziali impatti ambientali ed i carichi energetici di un prodotto/processo produttivo, attraverso l'identificazione dei flussi in entrata (materiali, risorse ed energia) e in

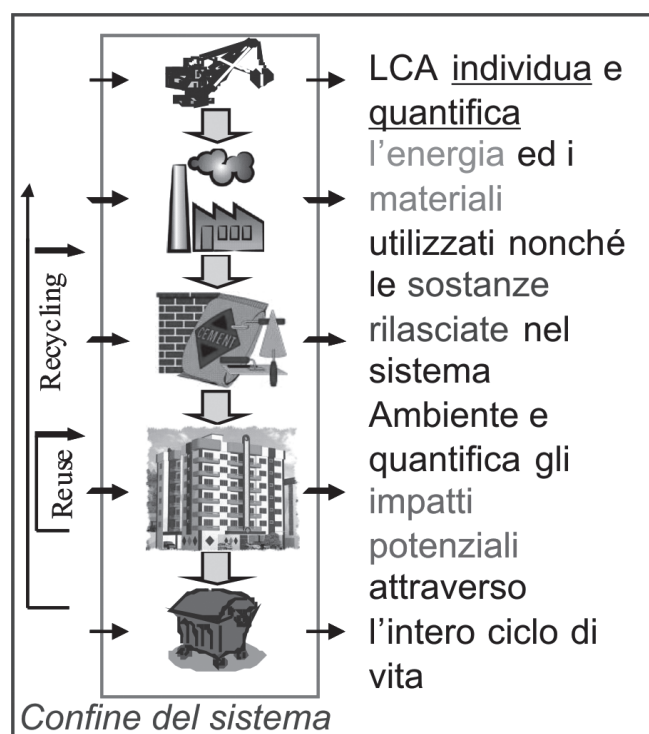


Fig. 1. Schema operativo della LCA applicata al settore delle costruzioni.
The Life Cycle Assessment approach in the building sector.

uscita (rifiuti ed immissioni nell'ambiente) lungo tutto il ciclo di vita.

L'approccio LCA, quantitativo, e quindi prettamente ingegneristico, nato nei primi anni '70, ma diffuso in modo esponenziale negli anni '90, costituisce un modo innovativo di affrontare le problematiche ambientali legate ad un prodotto o ad un processo.

Infatti, mediante un'analisi cosiddetta "dalla-culla-alla-tomba", il sistema produttivo è considerato in ottica globale e, di conseguenza, ipotesi e/o tentativi di miglioramento puntuale vengono valutati con riferimento all'intero ciclo di vita.

La valutazione comprende dunque: l'estrazione ed il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.

Le analisi LCA, inizialmente più diffuse nell'industria in senso stretto, vengono oggi comunemente applicate, come si è detto, anche alla quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita di un edificio.

Nel caso specifico delle costruzioni, l'analisi LCA può essere a pieno titolo considerata uno strumento di progettazione di tipo ingegneristico, utile a fornire risposte quantitative alle seguenti problematiche:

- Selezione dei materiali, nel rispetto della loro funzione in opera;
- Scelta delle tecniche costruttive;
- Individuazione delle soluzioni impiantistiche;
- Gestione del fine vita dell'edificio.

L'applicazione della LCA al progetto preliminare di un edificio può fornire informazioni oggettive di natura energetico-ambientale al fine di supportare le successive fasi della progettazione. In fase progettuale, l'analisi LCA consente, in particolare, di imputare ad elementi e componenti strutturali ed impiantistici i corrispondenti impatti ambientali di ciclo di vita, e cioè le conseguenze ambientali del loro utilizzo durante tutta la vita dell'edificio, fornendo un valido contributo al processo decisionale.

L'obiettivo è quello di indirizzare le scelte progettuali mediante un approccio alla valutazione di "sistema" dei carichi energetico-ambientali dei materiali, delle tecniche costruttive e delle tipologie degli impianti di servizio che, a livello complessivo e non di singolo componente, corrispondano al minor consumo di risorse ed impatti ambientali. Grazie all'approccio LCA, è possibile il confronto, già in fase preliminare, tra diverse soluzioni progettuali, mettendo in evidenza le prestazioni energetico-ambientali di ognuna di queste. Una volta effettuate le scelte progettuali, è poi possibile misurarne l'efficacia, attraverso la ri-applicazione iterativa della tecnica LCA, in modo da valutare l'efficacia delle eventuali proposte di cambiamento e/o miglioramento (fase di Life Cycle Improvement).

NOTE TECNICHE

Allo scopo di garantire una conoscenza sufficientemente approfondita delle varie fasi del ciclo di vita dell'edificio, l'analisi LCA deve essere condotta da un team di ricerca necessariamente multidisciplinare, da affiancare al progettista.

Il modello LCA dell'edificio deve comprendere tutte le fasi principali descritte nella figura 2.

Lo sviluppo dell'analisi LCA prevede di suddividere ulteriormente le fasi principali del ciclo di vita in unità di processo per le quali verranno individuati e quantificati input e output fisici, in termini di prelievi di energia e materiali dall'ambiente e emissioni di reflui nell'ambiente (fase di Inventario).

Nel caso di un edificio i dati necessari sono dunque (a grandi gruppi) i seguenti:

- Materiali costituenti l'involucro e le opere accessorie;
- Materiali costituenti gli impianti;
- Consumi energetici di cantiere;

- Consumi di materiali ausiliari in cantiere;
- Sfridi di cantiere;
- Consumi di energia e materiali in fase d'uso (energia elettrica, combustibili, acqua, ecc.);
- Materiali per manutenzione ordinaria;
- Previsione della vita utile dell'edificio;
- Consumi di energia e materiali in fase di smantellamento dell'edificio.

Oltre a questi dati "diretti" che devono essere definiti con il progettista devono essere disponibili i dati "indiretti" ovvero quelli riferibili alla produzione dei materiali da costruzione e relativi alle fonti energetiche (da banche dati o da studi LCA pregressi). Allo stesso modo servono i dati di input e output relativi alle operazioni di trattamento / riciclaggio delle macerie.

Per ciascuna fase dello studio LCA, di seguito descritte, devono essere resi disponibili le informazioni e i dati da inserire nel modello LCA, da sviluppare con

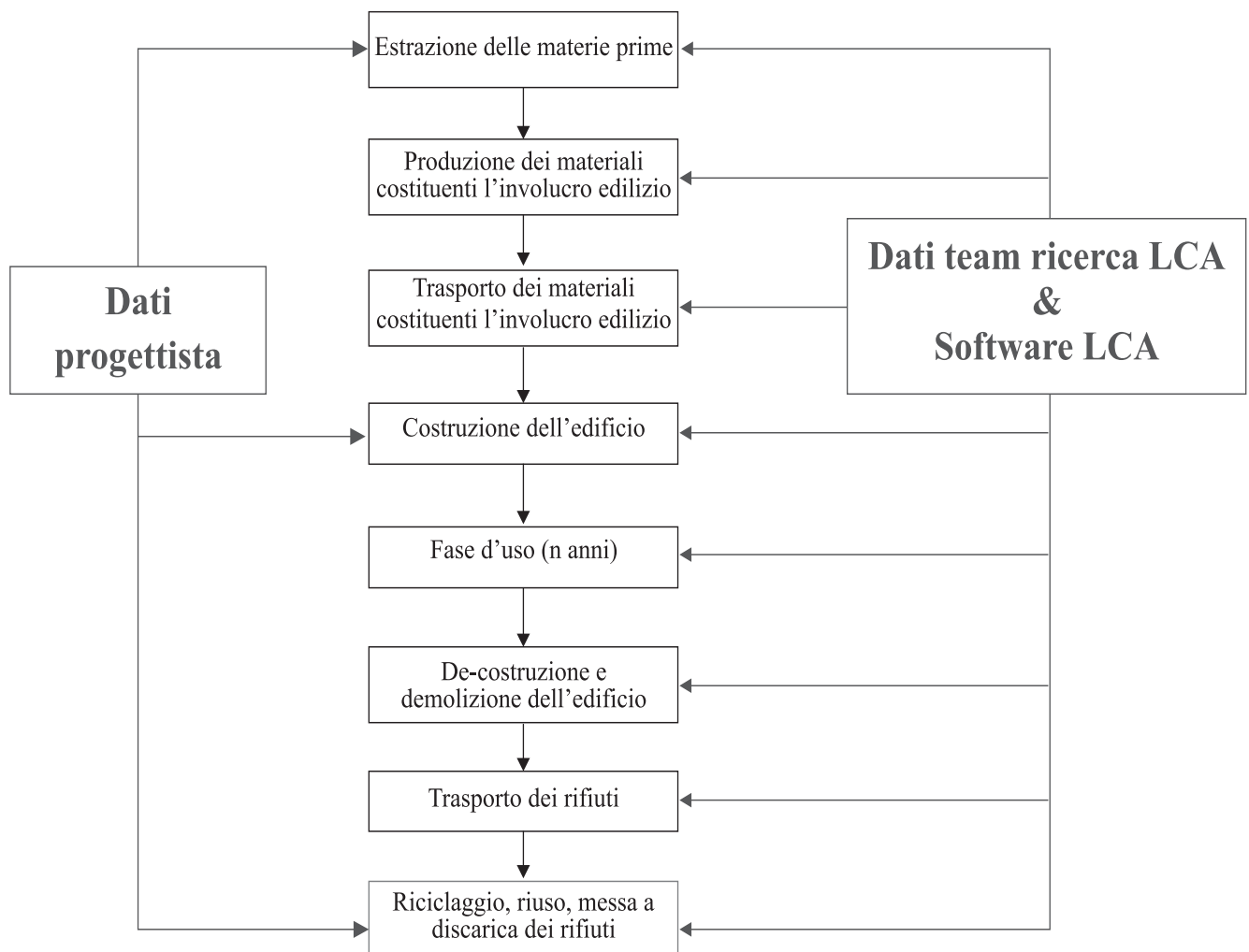


Fig. 2. Fasi dello studio LCA: ruolo del progettista e del team LCA.
LCA phases: designer and LCA team roles.

l'ausilio di software dedicati (per esempio SimaPro e Boustead Model).

Fase 1: estrazione delle materie prime di base

I dati relativi a questa fase possono essere reperiti in studi LCA pregressi, oppure nelle banche dati contenute nelle applicazioni software utilizzate, oppure dalla letteratura specialistica.

Fase 2: produzione dei materiali da costruzione selezionati per l'edificio

Le tipologie di materiali da costruzione sono definite in base alle indicazioni fornite dal progettista. Gli eco-profili, ovvero le prestazioni energetico-ambientali, di tali materiali possono essere reperiti in studi pregressi oppure nelle banche dati di SimaPro/Boustead Model.

Fase 3: trasporto dei materiali in cantiere

I dati relativi a questa fase possono essere stimati dal team di ricerca LCA, anche sulla base dell'esperienza acquisita in precedenza.

Fase 4: costruzione dell'edificio

Per quanto riguarda il cantiere per la costruzione dell'edificio, nel modello LCA devono essere inseriti i dati relativi all'utilizzo di materiali ausiliari, sfridi di cantiere ed energia. Le quantità dei materiali dell'involucro devono essere forniti dal progettista con riferimento alle quantità necessarie alla realizzazione dell'edificio. La fase di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'edificio dipende dal numero di anni di servizio di ciascun componente dell'involucro e degli impianti.

Nella tabella 1 si riporta, a titolo d'esempio, l'inventario utilizzato nello studio LCA del progetto preliminare della Torre San Paolo-IMI a Torino (Badino et al., 2007).

Fase 5: fase d'uso dell'edificio

I dati relativi alla fase d'uso dell'edificio oggetto di studio devono essere desunti dal progetto e possono eventualmente essere integrati con i dati di ricerche pregresse e/o statistiche nazionali/regionali.

Fase 6: De-costruzione

È questa certamente la fase più problematica ed aleatoria, in cui devono essere ipotizzate, con vari de-

Tab. 1. Inventario della Torre San Paolo-IMI (dati riferiti a 1 piano - 1500 m²) (fonte: Badino et al., 2007).

Inventory of San Paolo-IMI Tower (data per 1 floor - 1500 m² area) (source: Badino et al., 2007).

Tipologia	Materiale	Fonte eco-profilo	Quantità (kg)
Elementi strutturali (durata in servizio 60 anni)	Acciaio	Ecoinvent	270.440
	Alluminio	Ecoinvent	54.470
	Rame	IDEMAT	26.010
	Fibra di vetro	Ecoinvent	20.740
	Lattoneria	IDEMAT	9.820
	Mat. tessile filtrante	IDEMAT	260
	Neoprene	Ecoinvent	5.890
	Polistirene	Ecoinvent	2.000
	Polipropilene	Ecoinvent	13.140
	Porcellana sanitaria	Ecoinvent	12.140
	Lamiera acciaio galvan.	Ecoinvent	98.040
	Calcestruzzo armato	Politecnico	1.380.000
	Vetro	Ecoinvent	79.000
Totale elementi strutturali			1.971.950
Impianti (durata in servizio 30 anni)	Acciaio	Ecoinvent	56.540
	Alluminio	Ecoinvent	9.930
	Rame	IDEMAT	31.060
	Polietilene	Ecoinvent	2.670
	Lamiera acciaio galvan.	Ecoinvent	3.480
Totale impianti			103.680
Sistema anti-incendio (durata in servizio 60 anni)	Acciaio	Ecoinvent	116.470
	Lattoneria	IDEMAT	970
	Neoprene	Ecoinvent	3.850
	Vetro	Ecoinvent	1.920
Totale anti-incendio			123.210
Totale 1 piano (1500 m²)			2.198.840

Tab. 2. Consumi energetici nella fase d'uso della Torre San Paolo-IMI (dati riferiti a 1 m²/anno) (fonte: Badino et al., 2007).

Direct energy consumption relevant to the use phase of San Paolo-IMI Tower (data per 1 m² per year) (source: Badino et al., 2007).

Consumi energetici	Tipologia fonte energetica/impianto	Fonte eco-profilo	[MJ/m ² / anno]
Climatizzazione	Termica da cogenerazione a gas	Ecoinvent	216
	Elettrica MIX Italia	BUWAL 250	36
Riscaldamento	Termica da cogenerazione a gas	Ecoinvent	194,4
Acqua calda sanitaria	Termica da cogenerazione a gas	Ecoinvent	21,6
Usi cucina	Gas naturale	BUWAL 250	44
Illuminazione	Elettrica MIX Italia	BUWAL 250	43,2



Torre SanPaolo, Torino - Italy



Via Garrone, Torino - Italy

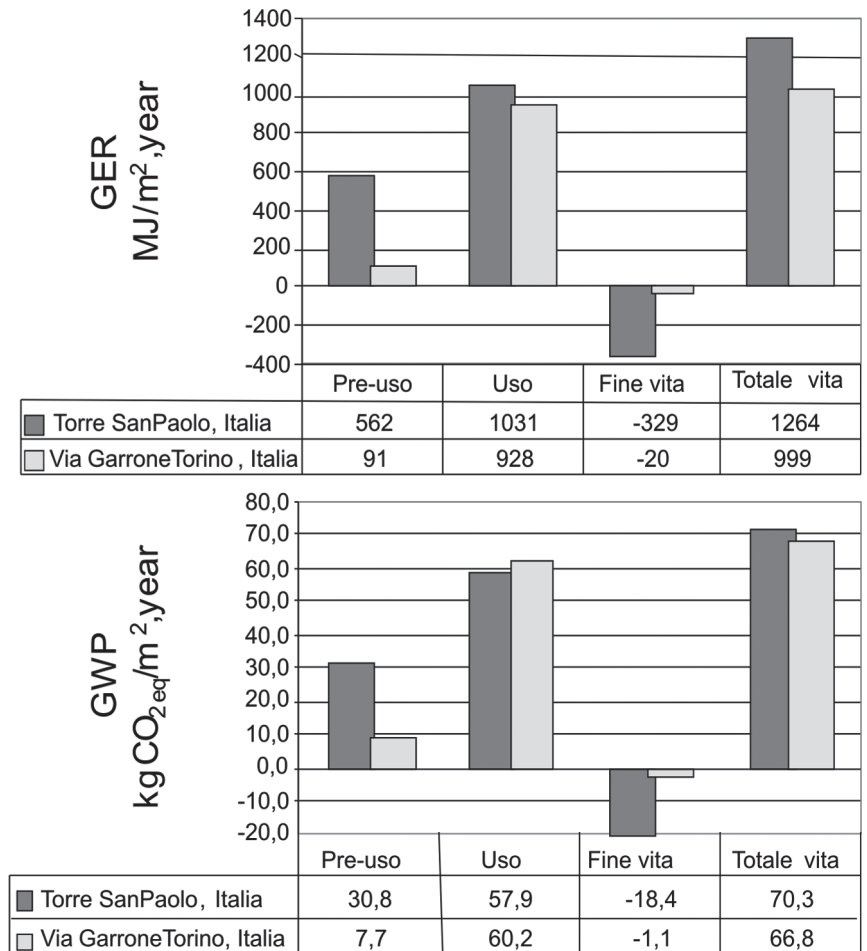


Fig. 3. Confronto di due edifici in termini di consumo di risorse energetiche ed emissioni di gas serra (Badino et al., 2007). Comparison between two buildings in terms of life-cycle energy use and greenhouse emissions (Badino et al., 2007).

cenni d'anticipo, le operazioni per la de-costruzione dell'edificio, finalizzate al successivo riciclaggio/recupero dei materiali. Per le operazioni di de-costruzione si può utilizzare l'esperienza acquisita in altri cantieri di demolizione, oppure far riferimento all'esiguo numero di pubblicazioni scientifiche che affrontano l'argomento in termini di LCA.

Fase 7: riciclaggio / riuso / messa a discarica dei materiali derivanti dalla demolizione dell'edificio

In questa fase devono essere ipotizzate le operazioni per il riciclaggio/recupero dei materiali, includendo la collocazione a discarica dei materiali residui. Le ipotesi di lavoro su cui si basa questa fase devono essere verosimili e credibili, in modo che solo i materiali effettivamente separabili, e non semplicemente tutti i materiali potenzialmente riciclabili, siano avviati al processo di recupero.

Tipici risultati dell'analisi LCA applicata al progetto preliminare di un edificio

Si riportano, a titolo d'esempio, alcuni dei tipici risultati dell'applicazione della metodologia LCA ad un edificio. Le valutazioni sono riferite a 1 m² di superficie netta calpestabile, all'anno: unità funzionale tipicamente adottata negli studi LCA nel settore delle costruzioni. Alcuni degli indicatori energetico-ambientali comunemente utilizzati sono riportati in tabella 3.

I risultati di uno studio LCA consentono di comprendere il contributo di ciascuna fase agli impatti complessivi del totale ciclo di vita dell'edificio oggetto di studio (Figura 3). Un interessante utilizzo dei risultati di una LCA, è inoltre il confronto tra diversi casi studio. A titolo esemplificativo, si riportano i risultati relativi alla LCA della Torre San Paolo-IMI (Badino et al., 2007) confrontati, in termini di consumo di risorse energetiche (GER) e di emissioni di gas serra (GWP) con quelli relativi ad un edificio residenziale sito nel comune di Torino oggetto di una precedente ricerca (Badino et al., 2005).

Tab. 3. Tipici indicatori energetico-ambientali utilizzati per esprimere i risultati di una LCA.
Typical LCA energetic and environmental indicators.

Categoria di impatto	Descrizione	Indicatore di impatto	Unità di misura
Consumo di risorse energetiche	Energia totale consumata, durante l'intero ciclo di vita del sistema in esame (Diretta + Indiretta + Feedstock).	GER	[MJ]
Consumo di risorse energetiche non rinnovabili	Quota non rinnovabile del GER	NRER	[MJ]
Effetto serra	Incremento della temperatura media atmosferica, causato dalle emissioni di gas serra.	GWP	[kg CO ₂ eq]
Eutrofizzazione	Abbassamento del tenore di ossigeno nei suoli e nelle acque superficiali.	EP	[g O ₂ eq]
Acidificazione	Abbassamento del pH di laghi, fiumi, foreste e dei suoli.	AP	[moli H ⁺]
Formazione di smog foto-chimico	Inquinamento dovuto alla presenza di idrocarburi incombusti e ossidi di azoto.	POCP	[g C ₂ H ₄ eq]

Dalla lettura della figura 3, si può notare che gli impatti della fase d'uso sono i più significativi in entrambi gli edifici. È dunque la fase d'uso quella in cui si devono ricercare i miglioramenti più consistenti. Tuttavia, la corretta gestione del fine vita dell'edificio, attraverso opportune operazioni di de-costruzione, smontaggio, smantellamento e recupero/riciclaggio dei materiali, consente di ridurre gli impatti ambientali associati alla fase di pre-uso e quindi di ridurre gli impatti ambientali del totale ciclo di vita di un edificio. In questo senso, la fase di fine vita di un edificio come la Torre San Paolo-IMI, è certamente strategica al fine di controllarne gli impatti di ciclo di vita.

In conclusione, per conseguire la sostenibilità del settore delle costruzioni occorre comprendere e quantificare gli impatti di tutte le fasi del ciclo di vita di un edificio, soprattutto al fine di valutare i miglioramenti complessivi derivanti dalla scelta di materiali e soluzioni tecniche ed impiantistiche più efficienti dal punto di vista energetico-ambientale. La LCA è la tecnica che consente meglio di altre di effettuare tali analisi.

Bibliografia

- BADINO V., BALDO G.L., (1998): *LCA, Istruzioni per l'uso*. Progetto Leonardo, Esculapio Editore, Bologna.
- BADINO V., BLENGINI G.A., ZAVAGLIA K., (2005): *Demolition and rubble recycling as a new source of building materials*. Proc. Conf. MPES, Banff, Canada. 1-3 November 2005. 64-82. ISSN 1712-3208.
- BADINO V., BLENGINI G.A., MONDINI G., ZAVAGLIA K., (2007): *Life Cycle Assessment and sustainable constructions: eco-design issues relevant to the San Paolo Tower in Torino*. Proc. Conf. Sustainable Building South Europe, Torino, Italy. 7-8 June 2007. 17-24. ISBN 13 978-88-7661-748-5.
- ENEA, (2005): *Rapporto Energia e Ambiente 2004*. Roma.
- ISO International Standard 14040, 1997. *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva.
- ISTAT 2005. *Annuario statistico italiano 2005*, Roma.