

Valutazione LCA di edifici temporanei: il caso dei Cluster di Expo 2015

Monica Lavagna, Andrea Campioli, Sara Ganassali, Michele Paleari

Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

Email: monica.lavagna@polimi.it

Abstract

La vita molto breve degli edifici temporanei costruiti in relazione ai mega eventi impone di individuare strategie adeguate per la gestione del fine vita di tali strutture al termine dell'evento, al fine della riduzione degli impatti ambientali complessivi. Il testo presenta i risultati di una valutazione LCA svolta sugli edifici temporanei di Expo 2015, definiti Cluster. Sono stati valutati diversi scenari di fine vita (estensione d'uso in loco; ricollocazione; demolizione con riciclo e ricostruzione) al fine di definire le potenzialità di riduzione degli impatti ambientali nel caso di riuso. Per poter comparare gli scenari, la valutazione è stata svolta estendendo i confini di sistema alla seconda vita dell'edificio e dunque sviluppando una metodologia apposita per gli edifici temporanei.

1. Introduzione

I mega eventi richiedono la realizzazione di edifici e strutture temporanee, la cui vita utile legata all'evento è di brevissima durata (tipicamente le Esposizioni Universali, come Expo Milano 2015, durano 6 mesi e le Olimpiadi 3-4 mesi).

La natura temporanea degli edifici per i mega eventi può essere intesa come:

- funzione temporanea (con la rifunzionalizzazione a fine evento e riuso dell'edificio nello stesso luogo);
- collocazione temporanea (con il disassemblaggio a fine evento e riassetto dell'intera struttura e riuso dell'edificio in altro luogo);
- vita temporanea (con la demolizione a fine evento e il conferimento in discarica o a riciclo dei materiali).

Ovviamente questi tre scenari hanno diverse implicazioni dal punto di vista ambientale ed economico. Lo scenario di demolizione e riciclo è il più probabile se il progetto non è stato preventivamente pensato per il riuso.

Molti sono comunque gli esempi, soprattutto legati a mega eventi, in cui il riuso si è dimostrato una alternativa fattibile. In alcuni casi il riuso è stato attuato tramite lo smontaggio a fine evento e la ricollocazione della struttura altrove, grazie a un progetto che ha previsto la reversibilità dell'intero edificio: è il caso del Christ Pavilion, utilizzato nell'Expo 2000 di Hannover e ricollocato a Volkenroda dove è diventato un centro religioso per la comunità locale. In altri casi il riuso è avvenuto senza spostare la struttura, ma semplicemente riadeguandola alla nuova destinazione funzionale: è il caso del Villaggio Olimpico di Torino, utilizzato per le Olimpiadi Invernali 2006 come alloggi per i delegati e riconvertito a fine evento in residenze sociali; del Performing Art

Centre, utilizzato nell'Expo 2010 di Shanghai e riconvertito in Mercedes-Benz Arena (struttura destinata a concerti, eventi culturali, sportivi e ricreativi); e dell'Olympic Stadium di Londra, utilizzato per i giochi olimpici del 2012 e riadattato a stadio di calcio della squadra del West Ham United.

Capire i vantaggi ambientali delle differenti scelte di gestione del fine vita diventa elemento di interesse per gli organizzatori dei grandi eventi (e per la collettività).

2. Metodologia per la valutazione LCA di edifici temporanei

In occasione di Expo 2015, il Politecnico di Milano è stato individuato come supporto tecnico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare italiano nell'ambito del Protocollo d'Intesa tra Ministero dell'Ambiente ed Expo 2015 S.p.A. per la definizione di strategie per la sostenibilità dei grandi eventi e misure di mitigazione delle emissioni di CO₂ (Lavagna *et al.*, 2014). In particolare la ricerca condotta dal Politecnico ha riguardato la messa a punto di linee guida metodologiche per la valutazione LCA di edifici temporanei realizzati per i mega eventi e la valutazione LCA di alcuni edifici temporanei di Expo 2015.

Per poter realizzare una valutazione LCA di edifici temporanei che metta in evidenza il ruolo degli scenari di fine vita, è stato necessario definire specifiche linee guida metodologiche, sottoposte a revisione di parte terza (Lavagna, Dotelli, 2015b). Infatti gli standard internazionali (ISO) ed europei (CEN) sulla valutazione LCA di edifici sono dedicati a edifici di carattere permanente e dunque non prevedono considerazioni specifiche rispetto al tema della temporaneità. Per esempio negli edifici temporanei l'attenzione non deve essere posta sugli impatti della fase d'uso ma sugli impatti di produzione e fine vita. Anche gli studi a letteratura sugli impatti di fine vita degli edifici (Thomark, 2001; Blengini, 2009), valutando il fine vita di edifici "permanenti" e con una "lunga vita", tendono ad allocare gli impatti sulla prima vita e i benefici ambientali sulla seconda. Nel caso degli edifici temporanei però, se l'edificio viene riutilizzato, la maggior parte del "ciclo di vita" si svolge durante il secondo uso.

Sono state dunque definite proposte metodologiche nuove in relazione all'assunzione dei confini di sistema e all'allocatione degli impatti nel caso di edifici temporanei. È stato definito come periodo di riferimento dello studio LCA uno scenario di 10 anni. Nel caso di riuso, se gli impatti venissero normalizzati all'anno, circa 1/10 degli impatti sarebbero da riferire all'evento e 9/10 sarebbero da riferire al "secondo uso". È stato inoltre definito che, nel caso di vita temporanea della struttura e demolizione a fine evento, occorre ipotizzare la costruzione di una nuova struttura per soddisfare la necessità di "secondo uso" di uno spazio che nei casi di riuso viene soddisfatta dalla stessa struttura.

3. Valutazione LCA dei Cluster di Expo 2015

I Cluster sono padiglioni che ospitano diversi Paesi in relazione a identità tematiche e filiere alimentari: Riso, Cacao e Cioccolato, Caffè, Frutta e Legumi,

Spezie, Cereali e Tuberi, Bio-Mediterraneo, Isole Mare e Cibo, Zone Aride. In particolare i Cluster Cereali e Tuberi, Bio-Mediterraneo, Isole Mare e Cibo, Zone Aride sono stati costruiti con lo stesso tipo di struttura in legno lamellare a portali distanziati di un interasse di 3m, modulare (12x12m di base e 10m di altezza).

I risultati presentati riguardano la valutazione LCA applicata al Cluster Isole Mare e Cibo, dal momento che i Cluster hanno tutti la medesima struttura portante e cambia solo il sistema di involucro (Campioli *et al.*, 2015). L'involucro del Cluster Isole Mare e Cibo è realizzato in pannelli in legno OSB con isolante in polistirene interposto e rivestimento in tessuto tecnico (PVC) con sottostruttura metallica.

La valutazione è stata svolta utilizzando SimaPro 8 e la banca dati Ecoinvent 3. I dati relativi alla quantità di materiali impiegati per la costruzione dell'edificio sono stati calcolati a partire dagli elaborati grafici del progetto definitivo andato in gara d'appalto. Sono inoltre stati ipotizzati materiali integrativi per adeguare prestazionalmente l'edificio al secondo uso.

Gli scenari di fine evento valutati sono stati:

1. estensione d'uso dell'edificio a fine evento (riuso nello stesso luogo), con integrazione di materiali legata alla nuova funzione (Figura 1);
2. disassemblaggio dell'edificio a fine evento, trasporto (40 km su camion) e ricollocazione dell'edificio (riuso in altro luogo), con integrazione di materiali legati alla nuova funzione e ricostruzione delle fondazioni (Figura 2);
3. demolizione a fine evento, conferimento in discarica o a riciclo dei materiali e ricostruzione di un nuovo edificio per il "secondo uso" (Figura 3).

La fase d'uso non è stata inclusa nella valutazione LCA, in quanto gli impatti sono identici nei tre scenari, che cambiano solo rispetto al fine vita. Sono stati considerati gli impatti di fine vita (dopo 10 anni) legati al conferimento in discarica o al riciclo alla fine del secondo uso.

Inoltre non sono stati considerati gli impatti legati al cantiere di costruzione e al cantiere di demolizione-disassemblaggio a fine evento (e ricostruzione-rimontaggio) per impossibilità di accesso a dati primari e carenza di dati a letteratura. I dati a letteratura, che indicano una incidenza del cantiere di circa il 2% dell'energia incorporata nei materiali (Asdrubali *et alii*, 2013), sono riferiti a cantieri tradizionali, mentre in questo caso la costruzione a secco di componenti prefabbricati (a parte le fondazioni) riduce drasticamente tali impatti.

4. Risultati

La comparazione dei risultati LCA (Figura 4) ha messo in evidenza che la soluzione a minor impatto è il riuso con rifunzionalizzazione in loco (Figura 1).

Anche il riuso con ricollocazione (Figura 2) è vantaggioso, ma comporta un aumento degli impatti rispetto al riuso in loco dovuto soprattutto al rifacimento delle fondazioni, considerate irreversibili (impatti per lo smaltimento dei materiali delle fondazioni e per la produzione di nuovi materiali). L'incidenza delle fondazioni sugli impatti complessivi di produzione dei materiali è, infatti, elevata.

VALUTAZIONE SCENARIO 1: ESTENSIONE D'USO

PRODUZIONE MATERIALI E TRASPORTO AL SITO FIERISTICO DI EXPO 2015

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	3.546		143
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	8.154		293
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	8.299		398
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	2.531		52
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	3.472		278
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	11.178		1.000
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	7.858		639

PRODUZIONE E TRASPORTO IN SITO DEI MATERIALI INTEGRATIVI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	564		18
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	1.448		37
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	731		51
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	357		7
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	816		36
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	2.085		128
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	1.366		82

TRASPORTO E SMALTIMENTO MATERIALI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	59		3.144
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	122		2.850
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	165		729
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	22		759
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	116		611
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	415		665
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	265		887

EMISSIONI TOTALI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m				
Acidification	kg SO ₂ eq	7.475			
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	12.905			
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	10.373			
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	3.726			
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	5.329			
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	15.469			
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	11.097			



Figura 1: Impatti ambientali LCA dello scenario di fine vita 1 (estensione d'uso in loco)

VALUTAZIONE SCENARIO 2: RICOLLOCAZIONE

PRODUZIONE MATERIALI E TRASPORTO AL SITO FIERISTICO DI EXPO 2015

TRASPORTO DI ALCUNI MATERIALI AGLI IMPIANTI E SMALTIMENTO

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	6		170
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	12		334
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	17		339
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	2		68
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	12		236
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	42		240
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	27		569

PRODUZIONE E TRASPORTO DI MATERIALI AGGIUNTIVI E TRASPORTO DELL'EDIFICIO AL NUOVO SITO

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	1.746		53		11
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	3.776		109		22
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	4.161		148		30
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	927		20		4
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	1.797		104		21
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	5.507		372		75
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	3.880		238		48

TRASPORTO E SMALTIMENTO MATERIALI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	59		3.144
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	122		2.850
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	165		729
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	22		758
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	116		611
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	415		665
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	265		887

EMISSIONI TOTALI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m	Costruzione	Trasporto	Fine vita
Acidification	kg SO ₂ eq	8.879		
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	15.673		
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	14.286		
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	4.384		
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	6.646		
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	19.493		
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	14.412		



Figura 2: Impatti ambientali LCA dello scenario di fine vita 2 (riuso della struttura altrove)

VALUTAZIONE SCENARIO 3: DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE

PRODUZIONE MATERIALI E TRASPORTO AL SITO FIERISTICO DI EXPO 2015

TRASPORTO MATERIALI AGLI IMPIANTI E SMALTIMENTO

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	41		3.134
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	84		2.763
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	114		700
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	15		755
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	80		608
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	287		658
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	184		883

PRODUZIONE MATERIALI E TRASPORTO DEL NUOVO EDIFICIO AL NUOVO SITO

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	4.111		161
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	9.602		331
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	9.030		448
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	2.887		59
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	4.288		314
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	13.263		1.127
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	9.224		721

TRASPORTO E SMALTIMENTO MATERIALI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m		+	
Acidification	kg SO ₂ eq	59		3.144
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	122		2.850
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	165		729
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	22		758
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	116		611
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	415		665
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	265		887

EMISSIONI TOTALI

CATEGORIA D'IMPATTO	u.d.m	
Acidification	kg SO ₂ eq	14.340
Eutrophication	kg PO ₄ eq E-1	24.200
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq E2	19.884
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ eq E-1	7.080
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC ₁₁ eq E-5	9.767
Abiotic depletion	kg Sb eq E-4	28.592
Non renewable, fossil and nuclear	MJ E3	20.660

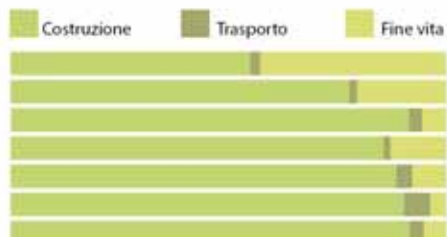


Figura 3: Impatti ambientali LCA dello scenario di fine vita 3 (demolizione con riciclo e ricostruzione)

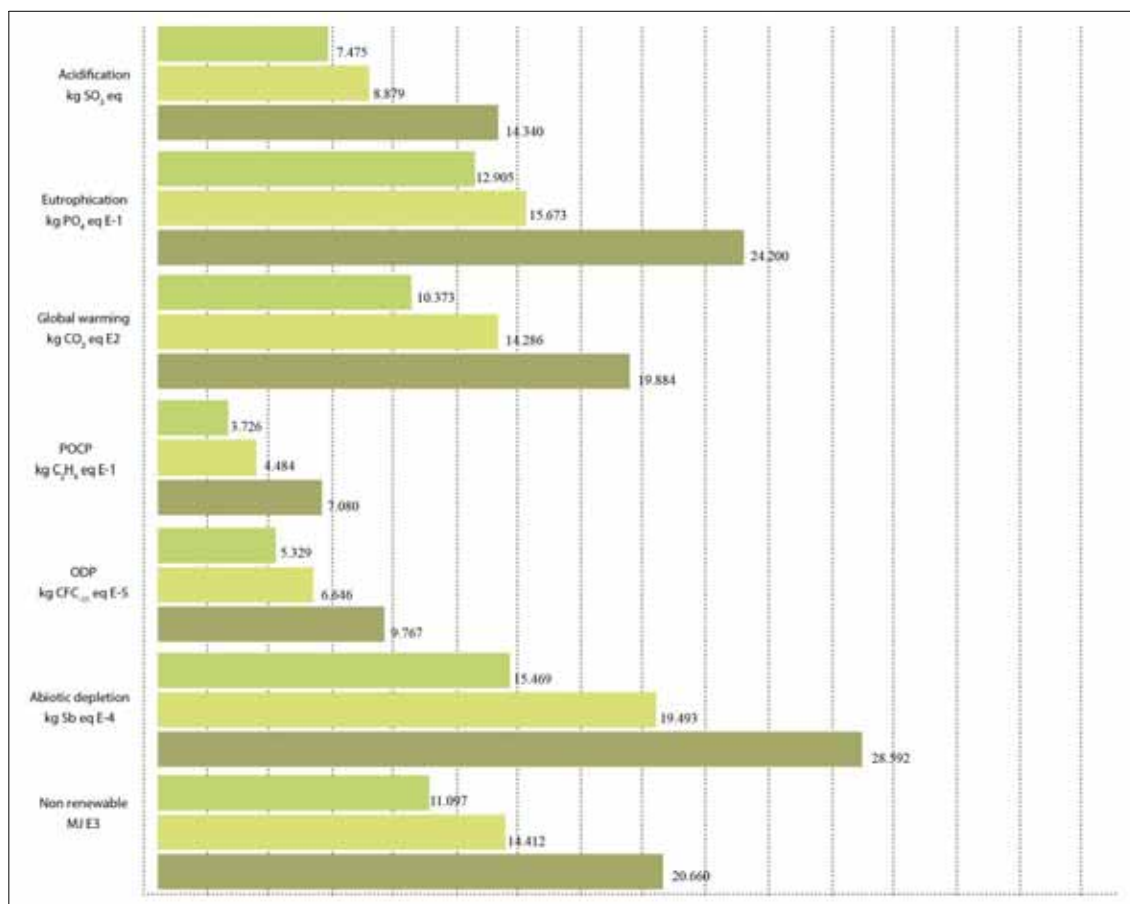


Figura 4: Confronto degli impatti LCA dei tre scenari di fine vita (riuso, ricollocazione, demolizione)

A differenza di quanto ci si aspettava gli impatti di trasporto per la ricollocazione dell'edificio nel nuovo sito sono risultati non particolarmente significativi. Questo è dovuto però al fatto che l'edificio è particolarmente leggero, dal momento che è realizzato con struttura puntiforme in legno, ed è stata ipotizzata una ricollocazione a breve distanza (40 km). Tale incidenza potrebbe variare significativamente con il variare della tecnologia costruttiva (e dunque del peso o ingombro trasportato) e della distanza. La ricollocazione è dunque uno scenario di riuso il cui profilo ambientale varia notevolmente, a seconda del tipo di fondazione (reversibile o no) e della distanza del nuovo sito.

La demolizione e ricostruzione (Figura 3) è lo scenario a maggior impatto, nonostante si sia ipotizzato un prevalente conferimento al riciclo dei materiali. Infatti è comunque necessaria la rilavorazione dei materiali riciclati per la realizzazione dei nuovi prodotti, con un innalzamento degli impatti complessivi.

5. Conclusioni

La valutazione LCA può essere un importante strumento di orientamento progettuale ma anche di decisione strategica in occasione di grandi eventi, per il contenimento degli impatti ambientali.

Consente infatti di quantificare i benefici ambientali di una strategia come il riuso a fine vita. Nonostante sia frequentemente ribadito che il riuso di strutture temporanee sia un'operazione necessaria ai fini della sostenibilità ambientale, occorre porre attenzione all'incidenza delle strutture di fondazione e dei trasporti nel caso in cui il riuso comporti una ricollocazione. Spesso infatti, anche se gli edifici temporanei vengono costruiti con soluzioni prefabbricate e sistemi di assemblaggio reversibili, le strutture di fondazione sono irreversibili, determinando un innalzamento significativo degli impatti se l'edificio viene ricollocato. Inoltre la scelta di alcuni paesi di smontare le strutture temporanee per rimontarle nel paese di origine, come avvenuto per Expo, può comportare costi di trasporto elevati, che possono ridurre significativamente il vantaggio ambientale del riuso rispetto alla demolizione. La valutazione LCA può dunque consentire di verificare gli effetti di diverse opzioni di fine vita, permettendo di orientarsi verso quella più efficace.

6. Bibliografia

- Asdrubali, F, Baldassarri, C, Fthenakis, V, 2013. Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings, *Energy and Buildings*, 64, pp. 73-89.
- Blengini, GA, 2009. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential, *Building and Environment*, No. 44, pp. 319-330.
- Campoli, A, Lavagna, M, Ganassali, S, Paleari, M, 2015. LCA evaluation of the Expo 2015 Clusters, in: *Guidelines for the reduction of the environmental impact of temporary building and structures in mega events*, <http://www.minambiente.it/pagina/sostenibilita-dei-grandi-eventi-il-caso-expo-2015>.
- CEN, 2011, EN 15978, "Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method".
- Kohler, N, König, H, Kreissig, J, Lützkendorf, T, 2010. A life cycle approach to buildings, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, Detail Green Book, München.
- Lavagna, M, Arena, M, Dotelli, G, Zanchi, M, 2014. Le strutture temporanee per Expo Milano 2015: valutazione ambientale e soluzioni per la gestione del fine vita, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 7, pp. 171-177.
- Lavagna, M, Dotelli, G, 2015a. LCA methodology for temporary buildings, in: *Guidelines for the reduction of the environmental impact of temporary building and structures in mega events*, <http://www.minambiente.it/pagina/sostenibilita-dei-grandi-eventi-il-caso-expo-2015>.
- Lavagna, M, Dotelli, G, 2015b. Methodological guidelines for the LCA of temporary buildings in mega events, <http://www.minambiente.it/pagina/sostenibilita-dei-grandi-eventi-il-caso-expo-2015>.
- Nicholson, AL, et al., 2009. End-of-life LCA allocation methods, *Sustainable Systems and Technology*, 2009. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/60047>
- Pertl, A, Obersteiner, G, Salhofer, S, 2011. Life cycle assessment aspects of reuse products, *Life Cycle Management*, 28-31 Aug., Berlin.
- Thormark, C, 2001. Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings, KFS AB, Lund, Sweden, 2001.
- Wolf, MA, Chomkamsri, K, Ardente, F, 2013. Modelling recycling, energy recovery and reuse in LCA, *Life Cycle Management*, Gothenburg.