

Le strutture temporanee per Expo Milano 2015: valutazione ambientale e soluzioni per la gestione del fine vita

Monica Lavagna, Dipartimento Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC), Politecnico di Milano
 Marika Arena, Dipartimento di Ingegneria Gestionale (DIG), Politecnico di Milano
 Giovanni Dotelli, Dipartimento di Chimica dei Materiali e Ingegneria Chimica (CMIC), Politecnico di Milano
 Matteo Zanchi, Dipartimento di Energia (ENG), Politecnico di Milano

monica.lavagna@polimi.it
 marika.arena@polimi.it
 giovanni.dotelli@polimi.it
 matteo.zanchi@polimi.it

Abstract. In questo testo viene restituito il lavoro di ricerca svolto dal Politecnico di Milano, nell'ambito di una convenzione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare italiano, finalizzato alla valutazione della sostenibilità delle strutture temporanee delle aree espositive dei partecipanti a Expo Milano 2015, con particolare riferimento al miglioramento delle prestazioni ambientali degli edifici. Considerata la breve permanenza in loco degli edifici (6 mesi in cui si svolge l'evento), assumono grande importanza, ai fini del contenimento dell'impronta di carbonio, le strategie di gestione del fine vita di tali strutture. A partire dal lavoro sul caso specifico di Expo Milano 2015, il gruppo di lavoro del Politecnico ha avviato una riflessione metodologica sul tema estendibile ad altri eventi; in questo paper si presentano i differenti aspetti rilevanti per la gestione del fine vita di strutture temporanee per grandi eventi, affrontando gli aspetti metodologici, costruttivi e gestionali.

Parole chiave: Temporaneità, Fine vita, *Life Cycle Assessment*, Modelli di business

Quadro di riferimento e obiettivi della ricerca

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.

In particolare la ricerca condotta dal Politecnico riguarda la valutazione della sostenibilità delle strutture temporanee delle aree espositive dei partecipanti a Expo Milano 2015, con particolare riferimento alla valutazione della *carbon footprint* degli edifici, affiancando il Technical Office del Dipartimento Construction & Dismantling di Expo 2015 nella valutazioni dei progetti dei padiglioni presentati dai Partecipanti.

La valutazione della sostenibilità dei padiglioni viene svolta sulla base di griglie appositamente definite che, a partire dalle Linee Guida *Sustainable Solutions* (2013) messe a punto da Expo 2015

S.p.A. e proposte ai Partecipanti per l'adozione su base volontaria di criteri di sostenibilità nella progettazione, costruzione e dismissione degli edifici temporanei, verificano il rispetto di una serie di requisiti di sostenibilità di ampio respiro¹.

Per quanto riguarda la valutazione della *carbon footprint*, considerando la brevità della vita degli edifici (6 mesi di durata di Expo 2015), grande importanza viene data agli scenari di fine vita, con proposte metodologiche LCA originali di modalità di allocazione degli impatti.

Questo lavoro, grazie alla varietà di tipologie edilizie e di materiali proposti dai più di 70 Paesi coinvolti nell'Expo, consente di raccogliere una casistica di assoluto interesse per la definizione e la calibrazione di una metodologia LCA-based per la valutazione dell'impronta di carbonio e la definizione delle strategie di mitigazione dell'impronta ambientale delle strutture temporanee, garantendone l'applicabilità anche per eventi futuri.

La complessità del tema ha richiesto una notevole trasversalità disciplinare e dunque la costituzione di un gruppo di lavoro con competenze allargate, che vede coinvolti diversi dipartimenti del Politecnico di Milano: Energia (ENG), Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (ABC), Ingegneria Gestionale (DIG), Chimica dei Materiali e Ingegneria Chimica (CMIC), Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Design (DES). A partire dal lavoro svolto nell'ambito della convenzione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, il gruppo di lavoro del Politecnico ha avviato una riflessione metodologica sul tema dell'impronta ambientale delle strutture temporanee, estendibile anche ad altri eventi. In questo paper viene presentato l'approfondimento relativo all'allocazione degli

The temporary structures for Expo Milan 2015: environmental assessment and solutions for the end of life management

Abstract. Politecnico di Milano University worked for the Italian Ministry of Environment, land and sea on the sustainability assessment of Expo Milan 2015 self-built temporary pavilions. The work has been focused on the improvement of the buildings environmental performances. Given the buildings short durability in place (Expo lasts for 6 months), the strategies for their end of life are of great importance for the carbon footprint reduction. Starting from the specific work on Expo Milan 2015, the Politecnico di Milano working group proceeded with the methodology research about this issue, applicable also to future events. This paper presents the different relevant aspects of mega events temporary buildings end of life management; dealing with methodological, technical and managerial aspects.

Keywords: Temporariness, End of life, Life Cycle Assessment, Business models

Framework and objectives

Politecnico di Milano University has been appointed as technical advisor for the Italian Ministry of Environment, land and sea, within the agreement between the Italian Ministry and Expo Milan 2015 S.p.A. for the definition of sustainable strategies for mega events and for the identification of greenhouse gases reduction measures.

The Politecnico di Milano working group focused on the evaluation of the temporary exhibition buildings sustainability, particularly on their carbon footprint. The work consists in the appraisal of self-built pavilions of the participating Countries; the work has been done in team with the Technical Office of the Construction & Dismantling Department of Expo Milan 2015.

The assessment of the sustainability of the pavilions is done with a schematic approach following evaluation grids expressly defined on the basis of the Sustainable Solutions Guidelines (2013) prepared by Expo 2015 S.p.A. The guidelines are proposed to the participants who can voluntarily adopt sustainability criteria in design, construction and dismantling of their temporary buildings. Following the grids the design documents of each pavilion are analyzed, verifying the respect of several sustainability criteria¹.

For the assessment of the carbon footprint, given the buildings short durability in place (Expo lasts for 6 months), the strategies for their end of life were considered of great importance, by developing LCA methodological proposals of the allocation of impacts.

This work, given the variety of buildings constructions materials and

impatti di fine vita e alle soluzioni per la gestione del fine vita, sia dal punto di vista costruttivo (scenari per il riuso, scenari per il riciclo) sia dal punto di vista gestionale (modelli di business e network degli operatori).

Temporaneità e grandi eventi: scenari di fine vita e scelte costruttive

Un primo passaggio fondamentale per lo sviluppo della metodologia di valutazione della *carbon footprint* di edifici

temporanei è di definire i tipi di temporaneità associati ai grandi eventi e i possibili scenari di fine vita, correlandoli alle scelte costruttive e tecnologiche di progetto.

Al fine del contenimento degli impatti ambientali chiaramente risulta insostenibile pensare a un usa e getta degli edifici temporanei; viceversa la temporaneità deve essere pensata come la possibilità di estendere a più usi e a più vite utili l'oggetto costruito.

In questa prospettiva, la temporaneità degli edifici legata ai grandi eventi può essere intesa come:

- temporaneità di collocazione (con smontaggio e rimontaggio altrove della struttura),
- temporaneità di funzione (con rifunzionalizzazione della struttura per un nuovo uso).

La temporaneità di collocazione consiste nella costruzione di edifici temporanei, per esempio a scopo espositivo nel caso delle Expo, che vengono poi smontati e ricollocati per soddisfare nuove esigenze d'uso. Un esempio di temporaneità di collocazione è il Christ Pavilion progettato da Von Gerkan, Marg und Partner per l'Expo 2000 in Hannover, ricollocato a Volkenroda (Lavagna, 2006).

La temporaneità di funzione si caratterizza per la realizzazione

techniques proposed by more than 70 Countries for their self-built pavilions, is relevant for the definition and calibration of a LCA-based methodology for the carbon footprint of temporary structures and it is useful to identify and showcase environmental footprint reduction measures. The methodology and the reduction measures are generally valid and will be broadly applicable to future events.

The issue complexity requested a very high level of cross-knowledge and led to the creation of a multi-disciplinary team, involving several Departments of the Politecnico di Milano: Energy (ENG); Architecture, construction engineering and built environment (ABC); Managerial Engineering (DIG); Chemistry, Materials, and Chemical Engineering (CMIC); Environmental and civil engineer (DICA) and Design (DES).

Starting from the specific work done within the framework of the agreement with the Italian Ministry for Environment, land and sea, Politecnico di Milano University proceeded with the methodology research about the issue of environmental footprint of temporary buildings, focusing on the allocation of end of life impacts and on the end of life management, considering a construction perspective (re-use and recycling scenarios) and a managerial perspective (business models and stakeholders networks). This paper presents this research work.

Mega events and temporariness: end of life scenarios and construction choices

A critical first step for the development of the methodology for assessing the carbon footprint of the tem-

porary buildings is to define the types of temporality associated with the mega events and the possible end of life scenarios, correlating them with constructive and technological design solutions.

With the aim of the mitigation of environmental impacts, it is clearly unsustainable designing disposable temporary buildings; instead the temporary nature must be designed as the possibility of extending to more uses and more lives the constructed object. In this perspective, the temporariness of the buildings related to mega events, can be defined as:

- temporary placement (with disassembly and reassembly of the structure elsewhere),

- temporary function (refunctionalization of the structure for a new use). The temporary placement consists in the construction of temporary build-

ings, for example for exposition purposes as in the case of the Expo, which are then disassembled and relocated to meet the new requirements of use. A recent example of temporary placement is the Christ Pavilion designed by von Gerkan, Marg und Partner for the Expo 2000 in Hannover, and relocated to Volkenroda (Lavagna, 2006).

The temporary nature of function is characterized by the construction of permanent buildings, in which are allocated temporary functions during the event and that are functionally reconverted after the event, with a target useful to society. An example of a temporary function is the Turin Olympic Village, built for the 2006 Winter Olympics in order to accommodate delegations, and converted at the end of the event in social housing. In both cases, the temporary nature must be thought in the design phase,

- riuso dell'intero edificio per lo stesso uso;
- riuso dell'intero edificio per uso diverso (necessità di modificazioni);
- riuso dei componenti dell'edificio (smontati) per lo stesso uso;
- riuso dei componenti dell'edificio (smontati) per lo uso diverso;
- riciclo dei materiali dell'edificio per lo stesso uso (es. acciaio secondario);
- riciclo dei materiali dell'edificio con applicazione diversa (*downcycling*);
- termovalorizzazione;
- conferimento in discarica.

Chiaramente questi diversi scenari hanno un differente valore ambientale ed economico associato e nel caso della temporaneità occorre in particolare cercare di puntare agli scenari di riuso. Ma l'effettiva percorribilità dei diversi scenari dipende fondamentalmente dalle scelte tecnico-costruttive e materiche del progetto (realizzazione di connessioni meccaniche assemblate a secco, reversibilità costruttiva, separabilità dei materiali, uso di materiali riciclabili, ecc.).

In relazione alle soluzioni costruttive adottate nel progetto è dunque possibile delineare i possibili scenari di fine vita e associare il corrispondente impatto ambientale. Su questo sono però stati svolti degli approfondimenti metodologici.

La metodologia LCA per la valutazione della carbon footprint delle strutture temporanee

All'interno del più ampio obiettivo di mettere a punto una metodologia per valutare la *carbon footprint* (PAS 2050, 2008 e 2011) dei grandi eventi, è stata

elaborata una metodologia LCA-based² per il calcolo dell'impronta di carbonio delle strutture temporanee, con particolare attenzione ai padiglioni di Expo Milano 2015³.

Nei documenti di specifica tecnica riconosciuti a livello internazionale (ISO 2006; CEN 2012; EC-JRC 2011) le regole di allocazione degli impatti ambientali tra prima e seconda vita sia nel caso di riuso sia nel caso di riciclo di prodotti vengono definite in modo chiaro, anche se in via generale; inoltre esistono in letteratura (Nicholson et al., 2009; Pertl, Obersteiner and Salhofer, 2011; Wolf, Chomkhamsri and Ardenne, 2013) svariate interpretazioni e approfondimenti sul tema (che tengono per esempio conto anche del valore del bene). Si è però rilevata una carenza di

regole condivise rispetto al caso specifico di edifici, soprattutto di tipo temporaneo.

La valutazione LCA di edifici temporanei richiede una serie di assunzioni e precisazioni: a differenza degli edifici "permanenti" (CEN 2011), nelle strutture temporanee il maggior impatto non è determinato dalla fase d'uso (essendo breve), ma dalla produzione di materiali e componenti e dalla gestione del fine vita.

L'allocazione degli impatti di produzione muta in modo considerevole a seconda che si consideri uno scenario di fine vita con conferimento in discarica oppure che si consideri uno scenario di riuso che "prolunga" la vita utile dell'edificio grazie a un secondo impiego post-evento.

Le modalità di allocazione degli impatti di fine vita degli edifici in letteratura (Thomark, 2001; Thomark, 2002; Blengini, 2009) sono riferite tendenzialmente a scenari di riciclo e di riuso di edifici "permanenti" con una lunga vita utile, per cui gli impatti sono tutti allocati sulla prima vita utile e l'eventuale riuso può essere considerato a "impatto nullo" per quanto riguarda la seconda vita. Nel caso degli edifici temporanei con reimpiego programmato (smontaggio e rimontaggio dell'edificio) la valutazione LCA deve essere condotta considerando nei confini di sistema i due cicli di impiego dell'edificio (che corrispondono alla effettivo ciclo di vita dell'oggetto). Infatti il primo impiego è di breve durata mentre il secondo (dopo il riuso) è generalmente prolungato; di conseguenza l'allocazione degli impatti di produzione di materiali e componenti dovrebbe essere "distribuita" in relazione non ai singoli impieghi, ma in relazione all'effettivo ciclo di vita. Al fine di valorizzare le scelte progettuali orientate alla reversibilità costruttiva e al riutilizzo delle strutture, nella metodologia proposta gli impatti di produzione delle strutture

so to be an upstream objective of the project, since it requires the project to deal with the functionality of the second life. Moreover, the objective is the realization of a structure used temporarily for the event, but physically durable and reused after the event.

Thinking about a "durable" temporariness, which is guaranteed by the extension of the useful life of the building, is a sustainable objective, not just from an environmental perspective, but also social (because it allows you to create useful equipment for the society), and economic (by enhancing the use value and the economic potential value of the structure).

The possible end-of-life scenarios of a building are:

- reuse of the whole building for the same use;
- reuse of the whole building for a different use (need modification);

- reuse of building components (disassembled) for the same use;
- reuse of building components (disassembled) for use other than;
- recycling of building materials for the same use (eg, secondary steel);
- recycling of building materials with different application (downcycling);
- waste to Energy;
- landfill.

Clearly, these different scenarios have different environmental and economic value associated with them and in the case of the temporary nature it is important to spread the scenarios of reuse. But the actual feasibility of the different scenarios basically depends on the technical and material choices of the project (construction with mechanical connections dry assembled, constructive reversibility and separability of materials, use of recyclable materials, etc.).

In relation to the solutions used in the project is thus possible to delineate the possible end of life scenarios and to associate the corresponding environmental impacts. On this, the research group has done, however, a methodological deepening.

The LCA methodology to evaluate the Carbon Footprint of temporary buildings

In the framework of a general methodology to assess the carbon footprint (PAS 2050, 2008 and 2011) of mega events, an LCA-based² assessment tool to calculate that of temporary buildings has been built up, with special focus on Expo Milan 2015 pavilions³.

In the international technical documents and standards (ISO 2006; CEN 2012; EC-JRC 2011) the procedures to allocate environmental impacts

between first and second life, whether materials/components are reused or recycled, are clearly afforded, even though on a general basis; moreover, many different views of the topic can be found in the recent literature, where goods value is taken into account as well (Nicholson et al., 2009; Pertl, Obersteiner and Salhofer, 2011; Wolf, Chomkhamsri and Ardenne, 2013). However, accepted rules with respect to the specific case of buildings are lacking, especially when dealing with temporary ones.

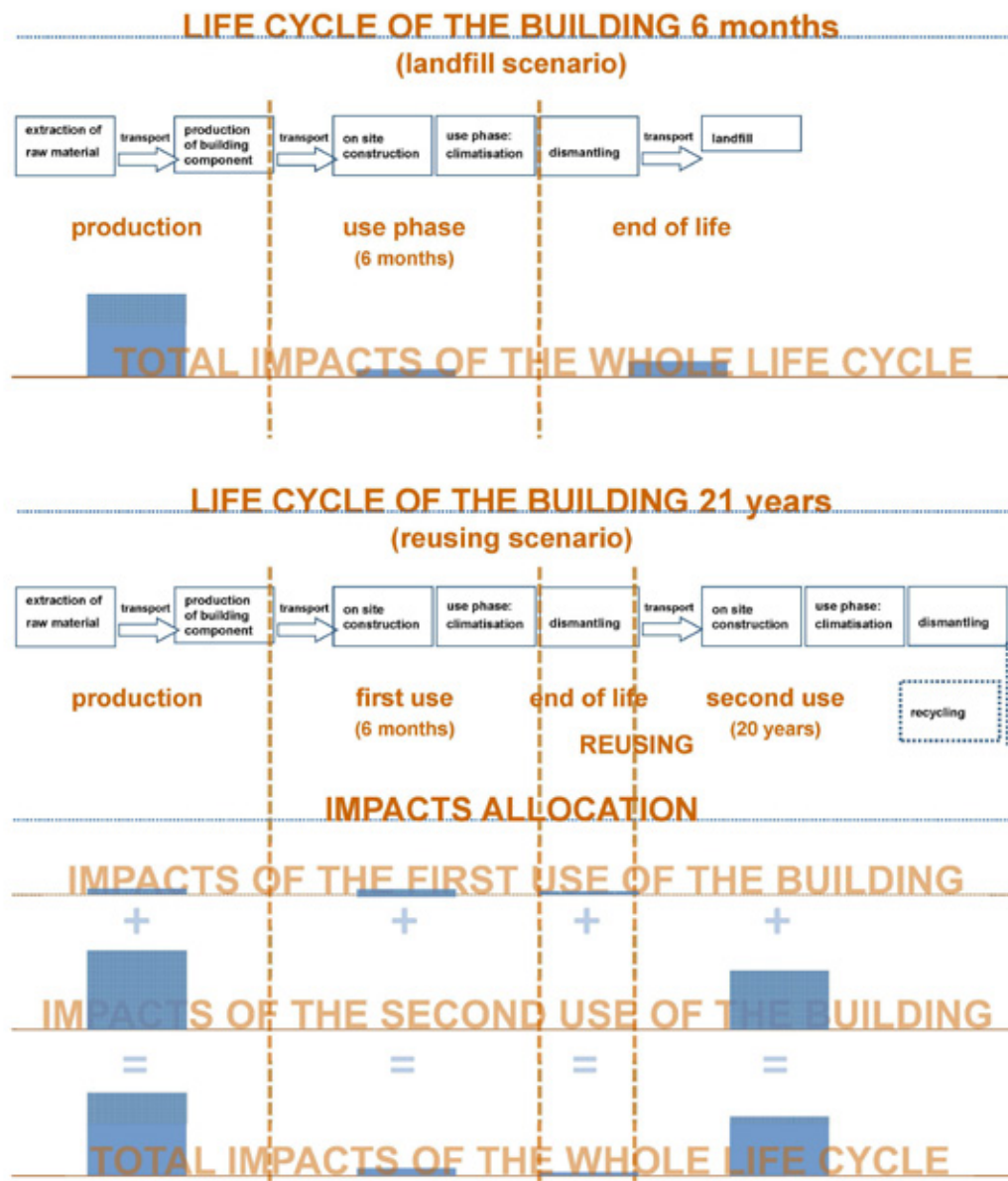
In the LCA analysis of temporary buildings a number of specifications and assumptions are required; unlike "permanent" buildings (CEN 2011), in temporary structures the major impact is not determined by the operational phase, being very short, but by upstream and downstream processes, i.e. building materials/component

nel caso del riuso vengono allocate proporzionalmente tra evento e post-evento (secondo impiego dell'edificio). Per esempio nel caso di Expo, se il padiglione temporaneo è stato progettato per essere smontato a fine Expo e rimontato altrove per un nuovo utilizzo, con un primo impiego di sei mesi e un secondo impiego di 20 anni, gli impatti relativi alla produzione di materiali e componenti, secondo la metodologia proposta, sono imputati per 1/21 all'evento (tenendo conto anche dei tempi di cantiere) e per 20/21 al secondo impiego. Se l'edificio temporaneo fosse conferito in discarica a fine evento, non essendoci un secondo

impiego, tutti gli impatti ambientali ricadrebbero sul primo impiego (evento).

Nella messa a punto della metodologia per gli edifici temporanei ci si è posti lo scopo di rendere maggiormente consapevoli progettisti e decisori degli impatti ambientali associati a determinate scelte progettuali, orientandoli verso una concezione di temporaneo reimpiegabile, quindi "durevole".

In questo senso occorre sottolineare che l'aspetto più critico nella valutazione degli impatti riguarda la corrispondenza tra "riutilizzabilità" (o riciclo) potenziale (considerato nella valutazione



01 | Schema di allocazione degli impatti: nel caso di scenario di conferimento in discarica post-evento della struttura temporanea tutti gli impatti sono allocati sulla prima vita dell'edificio (evento), nel caso di riuso post-evento della struttura temporanea gli impatti relativi alla produzione di materiali e componenti vengono distribuiti (proporzionalmente alla durata dell'uso) tra primo e secondo uso dell'edificio

Scheme of the impact's allocation: in the case of post-event landfill scenario of the temporary structure, all impacts are allocated on the first use of the building (event); in the case of post-event re-use of the temporary structure, the impacts of production of materials and components are distributed (in proportion to the duration of use) between the first and second use of the building

degli impatti) e riuso (o riciclo) effettivo post-evento. La valutazione, essendo a priori rispetto all'evento, si basa sull'assunzione di uno scenario di fine vita che non è detto poi si realizzerà. La corretta considerazione delle relazioni esistenti tra le variabili tecnologiche e le variabili gestionali è un aspetto particolarmente importante perché, spesso, proprio la mancanza della progettazione 'congiunta' del fine vita di una struttura può prevenire l'effettivo riciclo / riutilizzo (per stesso uso o per uso diverso), a fronte di soluzioni tecnologiche che pure lo consentono⁴. Per questo si è ritenuto fondamentale indagare anche gli aspetti gestionali del fine vita.

Modalità di gestione del fine vita: operatori, filiere e modelli di business

Le reali modalità di dismissione degli edifici e dei componenti edilizi a fine evento sono determinate non solo dalle scelte tecnico-costruttive di progetto (reversibilità costruttiva), ma anche dall'individuazione di adeguati modelli di business, intesi come l'insieme di assetti organizzativi e manageriali che rendono possibile la "gestione" della soluzione costruttiva in un'ottica di creazione di valore (Boons and Lüdeke-Freund, 2013).

Lo sviluppo di tali modelli di business richiede di prestare particolare attenzione a due aspetti. In primo luogo, è necessario costruire (e poi garantire nel tempo) l'adeguato coinvolgimento di un network di attori, che sono autonomi dal punto di vista decisionale. Le filiere del riciclo si presentano, infatti, come un sistema *multi-stakeholders*, caratterizzato dalla convivenza di soggetti diversi, con obiettivi potenzialmente contrastanti, che interagiscono e sono a loro volta influenzati dalle decisioni di

altri attori, quali i *policy makers*, le amministrazioni pubbliche, le comunità locali che insistono sullo stesso territorio (Geyer and Jackson, 2004; Simeon and Di Trapani, 2012).

Pertanto, sin dalle prime fasi progettuali, è necessario non solo identificare le possibili filiere di riutilizzo e riciclo, in termini di operatori coinvolgibili, ma comprendere quali siano le possibili modalità di integrazione, i flussi fisici e informativi tra gli operatori e le relative logiche di valorizzazione. Ovviamente, in alcuni casi, le filiere sono più consolidate, come, ad esempio, nel caso del legno e dell'acciaio, e sono caratterizzate da un certo livello di strutturazione; in altri casi, le filiere sono meno strutturate, e quindi richiedono un *effort* iniziale per la creazione e la gestione delle relazioni tra gli operatori.

In secondo luogo, la progettazione del modello di business non può prescindere dalla natura multi-obiettivo del sistema di riuso e riciclo. Non si deve dimenticare che diversi scenari di fine vita implicano diversi livelli di sostenibilità in termini economici e ambientali e con potenziali ricadute sulla dimensione sociale. In termini generali, il riuso è tipicamente meglio del riciclo e lo stesso uso è meglio dell'uso diverso, ma, in funzione di come queste soluzioni vengono implementate nella pratica, si possono generare dei significativi *trade-offs*. Diventa quindi importante comprendere come le diverse soluzioni tecnologiche e organizzative impattano su un sistema ampio di prestazioni e definire delle strategie che consentano la massimizzazione del valore (inteso in senso lato), tramite la messa in sinergia degli interessi dei diversi *stakeholders* coinvolti.

Infine, nella costruzione delle modalità di gestione del fine vita, occorre anche considerare il ruolo delle possibili barriere normative ed economiche⁵.

production and end-of-life. The impacts allocation of materials and component production changes dramatically whether the end-of-life scenario considers landfill disposal as final fate or reuse which instead would prolong building life to a second post-event application.

In the literature the approach to building end-of-life impacts allocation (Thomark, 2001; Thomark, 2002; Blengini, 2009) relies mainly on the assumption of recycling and reuse scenarios of permanent buildings with a long-lasting life, so that all the environmental burden is attributed to the first life; as a consequence, a possible reuse is in fact considered to have zero impacts as for the second life. In fact, for temporary buildings with a programmed reuse (building dismantling and re-construction) LCA ought to be performed by including inside the

system boundaries two entire building life cycles (which are effectively the building life). As a matter of course the first use lasts shortly, while the second one (after the reuse) is normally quite long; as a consequence, the allocation of environmental impacts due to building materials and components production should be based on the account of their entire life and not on their first usage.

In order to promote project choices oriented towards construction reversibility and structure reuse, in the methodology hereafter proposed structure production environmental impacts are proportionally shared between event and post-event (second use of the building). For instance, in the case study of Expo, if the temporary pavilion has been designed in such a way that it should be dismantled at the end of the Expo event and re-mounted

elsewhere for a second use, considering an expected life of six months and 20 years for the second use, respectively, the impacts due to materials/components productions, in accordance with the above mentioned approach, have to be allocated to the extent of 1/21 to the event (1 year considering the on site works) and 20/21 to the second use (post-event). On the contrary, whenever the temporary building were disposed directly to landfill after the six-month life, lacking a second use all the impacts should be charged on the first life, i.e. the event.

In the temporary building methodology definition the main goal has just been to increase the designer and project team awareness of the environmental burden associated with specific project choices, in the hope of driving team decisions towards a concept of "re-usable" or "long-lasting" temporary.

It must be highlighted that the most critical aspect in the impacts assessment concerns the correspondence between potential reusability (and recyclability) and effective post-event reuse. Of course, the evaluation is always based on the assumption of an end-of-life scenario, but often there is no effective reuse, even if the project has considered the dismantling in doing specific choices, because a proper network of operators has not been created⁴. The proper consideration of the relationships between technological and managerial elements is particularly critical because the lack of "jointly" planning the end of life of a structure can prevent its effective recycling / reuse (for the same use or for other use), even in front of technological solutions that allow it⁵. For all these reasons end-of-life management aspects deserve a special analysis.

In questo senso il lavoro di ricerca ha costruito un quadro di possibili modalità di coinvolgimento di stakeholders (individuazione di canali per la donazione di strutture a pubbliche amministrazioni locali, mappatura delle filiere del riciclo esistenti, creazione di condizioni per la costruzione di una piattaforma per il riciclo / riuso di componenti) al fine di favorire una gestione sostenibile del post-evento.

Conclusioni

La messa a punto di un quadro di riferimento metodologico per la valutazione e gestione del fine vita degli edifici temporanei nei grandi eventi costituisce un interessante esempio di tema di ricerca sovradisciplinare, che ha richiesto la creazione di un tavolo di lavoro transdisciplinare. Questa esplorazione delle connessioni tra discipline richiede una relazione tra competenze specialistiche forti (e dunque una chiara distinzione dell'apporto di ciascuna disciplina), senza cui non si costruirebbe conoscenza "transdisciplinare". La necessità di conoscenze specialistiche sul fronte LCA, sia di tipo metodologico sia di tipo applicativo (dalla scala dell'edificio fino all'approfondimento dettagliato degli impatti legati ai materiali o alle strategie energetiche in fase d'uso), e sul fronte della gestione del fine vita (sia dal punto di vista dei modelli di business sia dal punto di vista della conoscenza di operatori e filiere del settore edilizio), hanno portato al coinvolgimento di diverse discipline (Tecnologia dell'architettura, Ingegneria chimica, Ingegneria energetica, Ingegneria gestionale).

How to manage the end of life: stakeholders, supply chains and business models

The actual modes of disposal of buildings and building components at the end of the event are determined not only by technical and construction choices (construction reversibility), but also by the need of identifying appropriate business models, which are commonly defined as the set of organizational and managerial arrangements that enable the "management" of technological solutions to pursue value creation (Boons and Lüdeke-Freund, 2013).

The development of these business models requires to pay particular attention to two aspects. First, it requires to build (and then ensure the appropriate involvement over time) a network of actors, who are autonomous in their decision-making pro-

cesses. The recycling value chain is configured, in fact, as a multi-stakeholders system, characterized by the coexistence of different subjects, with potentially competing goals, which interact and are influenced by the decisions of other stakeholders such as policy makers, local governments, local communities (Geyer and Jackson, 2004; Simeon and Di Trapani, 2012). Therefore, from the earliest stages of the project, it is necessary not only to identify the possible reuse and recycling value chains, in terms of operators that can be involved, but also to understand what are potential modes of integration, physical and informative flows between the operators and possible ways to value them. Obviously, in some cases, the networks of actors are more consolidated as, for example, in the case of wood and steel value chains; in other cases, the value

NOTE

¹ Gli aspetti considerati sono, per esempio: minimizzare i consumi di energia (climatizzazione estiva, illuminazione), massimizzare l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonti rinnovabili, minimizzare l'effetto isola di calore, contenere i consumi di acqua (per gli usi interni e per l'irrigazione esterna), ridurre l'impatto ambientale di materiali e tecniche costruttive tramite la riduzione o il riciclaggio o il riuso, ecc.

² Le politiche della Commissione Europea pongono in primo piano la valutazione degli impatti ambientali degli edifici in una prospettiva *life-cycle*, al fine di ridurre il consumo di risorse e di energia e la produzione di rifiuti ed emissioni. Si citano per esempio: EC (2011a) Communication from the European Commission, *Resource Efficient Europe*, (COM(2011) 21); EC (2012) Communication from the European Commission, *Innovating for Sustainable Growth: A Bio-economy for Europe*, (COM (2012) 60).

³ Nel caso specifico di Expo Milano 2015, viene specificato che i padiglioni espositivi dei paesi partecipanti devono essere temporanei e dopo l'evento il suolo deve essere ripristinato nella condizione originale.

⁴ Emblematico in tal senso è il caso della Basketball Arena delle Olimpiadi di Londra 2012, progettata per essere completamente smontabile e messa in vendita a fine evento, ma che a oggi non ha ancora trovato una nuova collocazione.

⁵ Per esempio, il Campus Point di Lecco, struttura temporanea costruita per ospitare uffici durante la ristrutturazione degli edifici del Politecnico, è stato progettato per essere smontato e riutilizzato a fine cantiere; in realtà è stato smantellato per l'eccessivo costo di trasferimento.

REFERENCES

- Blengini, G.A. (2009), "Life cycle of buildings, demolition and recycling potential", *Building and Environment*, n. 44, pp. 319-330.
- Boons, F. and Lüdeke-Freund, F. (2013), "Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda", *Journal of Cleaner Production*, n. 45, pp. 9-19.

chains can be less structured, and therefore they require an initial effort for the establishment of cooperation relationships between the operators. Secondly, the design of the business model cannot ignore the multi-objective nature of the system of reuse and recycling. We must not forget that different end of life scenarios imply different levels of sustainability in economic and environmental terms, as well as different potential impacts on the social dimension. In general terms, reuse is typically better than recycle, and recycle for the same purpose is better than recycle for different purposes. However, depending on how these solutions are implemented in practice, they can generate significant trade-offs. It is therefore important to understand how different technological and organizational solutions impact on a wider performance

system and define strategies that allow the maximization of the value creation (in a broad sense), through the synergy of interests of the various stakeholders involved.

Finally, in the definition of the ways for managing the end of life, we must also consider the possible role of regulatory and economical barriers⁵.

In this sense, the research work has built up a framework of possible ways of involvement of stakeholders (identifying channels for donation of the structures to local public administration, mapping of the existing recycling chains, creation of the conditions for the construction of a platform for the recycling / reuse of components) in order to promote sustainable management of the post-event.

- Campioli, A. and Lavagna, M. (2007), "Life cycle design in building and construction sector", in *Life Cycle Management*, 27-29 Aug., Zurich.
- CEN (2011), EN 15978, *Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method*.
- CEN (2012), EN 15804, *Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products*.
- EC-JRC (2011) European Commission - Joint Research Centre, *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. Recommendations for Life Cycle Assessment in the European context based on existing environmental impact assessment models and factors*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Geyer, R. and Jackson, T. (2004), "Supply loops and their constraints: the industrial ecology of recycling and reuse", *California Management Review*, n. 46, pp. 55-73.
- Kohler, N., König, H., Kreissig, J. E and Lützkendorf, T. (2010), *A life cycle approach to buildings*, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, Detail Green Book, München.
- ISO (2006), ISO 14044, *Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines*.
- Lavagna, M. (2006), "Acciaio e disassemblabilità. Von Gerkan, Marg und Partner, The Christ Pavilion, Expo 2000 in Hannover e monastero di Volkenroda", *Costruzioni metalliche*, n. 1, gen-feb., pp. 29-39.
- Lavagna, M. (2007), "Lightness and Temporariness in Life Cycle Assessment", in *Ephemeral Architecture. Time and Textile*, Tensinet Symposium 2007, Libreria Clup, Milano.
- Lavagna, M. (2008), *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano.
- Nicholson, A.L. et al. (2009), "End-of-life LCA allocation methods", *Sustainable Systems and Technology*, 2009. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/60047>.
- PAS 2050 (2008), Guide to PAS 2050. *How to assess the carbon footprint of goods and services*, British Standards (BSI).
- PAS 2050 (2011), *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, British Standards (BSI).
- Pertl, A., Obersteiner, G. and Salhofer, S. (2011), "Life cycle assessment aspects of reuse products", *Life cycle Management*, 28-31 Aug., Berlin.
- Simeon, M.I. and Di Trapani, G. (2012), "Mega eventi e creazione di valore per il territorio: un'analisi delle Esposizioni Universali e Internazionali", *Sinergie rapporti di ricerca*, n. 34/11.
- Thormark, C. (2001), *Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings*, KFS AB, Lund, Sweden, 2001.
- Thormark, C. (2002), "A low energy building in a life cycle - its embodied energy, energy need for operation and recycling potential", *Building and Environment*, n. 37, pp. 429-435.
- Wolf, M.A., Chomkhamisri, K. and Ardente, F. (2013), "Modelling recycling, energy recovery and reuse in LCA", *Life Cycle Management*, Gothenburg.

Conclusions

The development of a methodological framework for the assessment and management of end of life of temporary buildings in mega events is an interesting example of a supra-disciplinary research topic, which required the creation of a trans-disciplinary working table. This exploration of the connections between disciplines requires a strong relationship between expertise (and therefore a clear distinction of the contribution of each discipline), without which it would not be possible to build "trans-disciplinary" knowledge. The need for expertise on the topic of LCA, both methodological and applicative (ranging from the building scale to the details related to materials choice or energy strategies, highly relevant in the use phase), and on the topic

of end of life management (from the point of view both of business models and of the knowledge of operators and supply chains in the construction industry), have led to the involvement of different disciplines (Architectural Technology, Chemical & Materials Engineering, Energy Engineering and Management Engineering).

NOTES

¹ The aspects considered are, for example: minimize energy demand (for cooling and lighting), maximize the energy production from renewable sources, minimize the heat island effect, saving water (for indoor use and for irrigation), reduce the environmental impact of materials and construction technology by reducing-recycling-reusing, etc..

² The policies of the European Com-

mission put in the foreground the assessment of environmental impacts of buildings in a life-cycle perspective, in order to reduce the consumption of resources and energy and the production of waste and emissions. They cite, for example: EC (2011a) Communication from the European Commission, Resource Efficient Europe (COM (2011) 21), EC (2012) Communication from the European Commission, Innovating for Sustainable Growth: A Bio-economy for Europe, (COM (2012) 60).

³ In the specific case of Expo Milano 2015 is specified that the exhibition pavilions of participating countries must be temporary and after the event, the soil must be restored to its original condition.

⁴ Emblematic in this regard is the case of the Basketball Arena for the Lon-

don Olympics 2012, designed to be completely disassembled and put on sale at the end of event, but up to now it has not yet found a new location.

⁵ For example, the Campus Point of Lecco, a temporary structure built to house offices during the renovation of the buildings of the Politecnico, has been designed to be disassembled and reused at the end of the works, but in fact has been dismantled due to the excessive cost of transfer.