

I Criteri Ambientali Minimi nel progetto di architettura.

Trade-off tra sostenibilità ambientale, economica e sociale

Andrea Bassi*, Carlotta Ottone**,
Marta Dell'Ovo***

parole chiave: criteri ambientali minimi (CAM), sostenibilità, valutazione del progetto, life cycle assessment (LCA)

Abstract

In risposta alle direttive europee sugli appalti del 2004 fortemente improntate su tematiche di carattere ambientale, l'Italia rende obbligo di legge l'applicazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) attraverso il D.lgs. 50/2016 che disciplina l'aggiudicazione dei contratti di cessione, gli appalti pubblici e le procedure d'appalto degli enti erogatori, successivamente modificato dal D.lgs. 56/2017. I CAM nascono così con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, di promuovere sistemi e modelli di produzione più sostenibile e di ridurre i consumi. Il raggiungimento della sostenibilità nel campo dell'edilizia diventa così legge anche se rimane una tematica dibattuta da teorici e progettisti specialmente negli ultimi anni. La sostenibilità, intesa in senso più ampio, considera infatti non

solo aspetti di tipo ambientale ma anche economico e sociale e diventa una sfida riuscire a coniugare e soddisfare tutte le dimensioni coinvolte. Il più delle volte diventa necessario infatti trovare un trade-off in quanto risulta incompatibile riuscire ad ottimizzare un aspetto senza comprometterne un altro, soprattutto quando si parla di performance ambientali ed energetiche e costo dell'intervento. Il presente lavoro si pone l'obiettivo di fare chiarezza sulle procedure di applicazione dei CAM per le selezioni di gara, ed essere un supporto nella redazione di un bando per la valutazione dell'Offerta Economicamente più Vantaggiosa (OEPV), mostrandone criticità e punti di forza e tentando di coniugare istanze di tipo ambientale, economico e sociale.

1. INTRODUZIONE

La sostenibilità nel campo dell'architettura, e in particolare modo nell'edilizia e nell'industria delle costruzioni è una delle tematiche più dibattute e investigate, soprattutto negli ultimi anni (Manzone et al, 2019) per le sue dirette implicazioni sull'ambiente naturale e sull'ambiente costruito

(Capolongo et al., 2014). Infatti, dato il suo ruolo strategico nel miglioramento della qualità degli edifici (Manzone et al, 2019), viene riconosciuta come obiettivo da perseguire nella progettazione sia da attori pubblici che privati (Finkbeiner et al., 2010).

Il concetto di sviluppo sostenibile viene per la prima volta introdotto nel rapporto Brundtland, documento pubbli-

cato nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo. Qui la definizione di sostenibilità ingloba altre dimensioni oltre a quella ambientale, infatti si parla di uno sviluppo che comporta dirette conseguenze sulle trasformazioni dell'economia e della società. La sostenibilità così intesa, non può essere però perseguita se non con delle politiche atte a limitare e normare l'uso delle risorse disponibili ed a distribuire equamente i costi e i benefici rispondendo alle esigenze delle generazioni correnti senza compromettere i bisogni delle generazioni future. Infatti, la sostenibilità, intesa in senso più ampio, considera non solo aspetti di tipo ambientale ma anche economico e sociale e si fonda sulla loro integrazione (Triple-Bottom-Line, TBL) (Elkington, 1998; Daneshpour and Takala, 2017; Martens and Carvalho, 2017). Il raggiungimento della sostenibilità nel campo dell'edilizia diventa così una sfida data dalla complessità sempre maggiore dei progetti di architettura, dal numero di persone coinvolte nelle diverse fasi del processo edilizio – dallo studio di fattibilità che si configura come uno stage di pre-design e di project financing, alla realizzazione del progetto, fino alla sua demolizione e dismissione – e alla continua evoluzione delle competenze tecniche richieste (Schöpfer *et al.*, 2017). Data la difficoltà nel riuscire a soddisfare e massimizzare tutte le istanze coinvolte, il ruolo degli architetti e pianificatori diventa cruciale, diventando dei veri e propri Decision-Makers (DMs) con il compito non solo di produrre risultati di qualità, ma di gestire l'intero processo per lo sviluppo dei progetti, valutando e stimando l'effetto prodotto dalla scelta di determinate soluzioni progettuali (Signorelli *et al.*, 2016). In questo contesto, dato l'obiettivo finale, si cerca di identificare la soluzione in grado di rispondere in modo più performante alle istanze coinvolte, quindi capace di ridurre gli impatti negativi e implementare quelli positivi. Dall'esperienza applicata ne consegue la necessità di trovare un trade-off tra le dimensioni considerate, in quanto risulta incompatibile riuscire ad ottimizzare un aspetto senza comprometterne un altro, soprattutto quando si parla di performance ambientali ed energetiche e costo dell'intervento.

A partire da questo scenario, il seguente contributo si pone l'obiettivo di fornire un quadro normativo su come l'Italia sta rispondendo alle esigenze di sostenibilità nel campo dell'edilizia, facendo riferimento in particolar modo ai Criteri Ambientali Minimi (CAM) e di come il settore delle costruzioni faccia sempre più riferimento a metodologie consolidate (Finkbeiner *et al.*, 2010) – come il metodo Life Cycle Assessment (LCA) – oppure a strumenti di valutazione a punteggio – come il LEED, BREEAM, Protocollo Itaca, ecc. – per valutare l'efficienza energetica e l'impatto ambientale degli edifici. Un'analisi della letteratura scientifica ha permesso di individuare, nel settore delle costruzioni, quali siano le tematiche più trattate, considerando come obiettivo finale la sostenibilità, e come istanze di tipo ambientale siano state coniugate e massimizzate con quelle di tipo economico. Infine, attraverso un caso di studio di riferimento, è stato possibile mettere in pratica e applicare i CAM per la scelta di componenti di chiusura verticale in una fase di gara volta all'aggiudicazione secondo l'Of-

ferta Economicamente Più Vantaggiosa (OEPV) e quindi considerando i criteri premianti, volti a garantire prestazioni migliori rispetto a quelle garantite dalle specifiche tecniche. L'applicazione, oltre a mostrare come i CAM possano realmente essere utilizzati, permette di valutare quale sia la soluzione in grado di rispondere al meglio alle esigenze di tipo ambientale, economico e sociale, quindi la migliore offerta secondo il rapporto qualità-prezzo.

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di far emergere possibili limiti, le problematiche e le innovazioni legate all'applicazione dei CAM, mettendo in luce l'importanza della fase ideativa del progetto che ha le potenzialità di fornire una risposta adeguata al problema decisionale ed è in grado di rispondere alle diverse istanze coniugando aspetti creativi e vincoli tecnici. Il progetto si colloca in questo modo al centro di un processo produttivo complesso che non coinvolge solo la fase d'uso ma parte dalla sua valutazione in fase preliminare.

2. COME PERSEGUIRE LA SOSTENIBILITÀ NEL CAMPO DELL'EDILIZIA

2.1 Quadro normativo

Le direttive europee sugli appalti del 2004 (Direttiva 2004/17/CE; Direttiva 2004/18/CE) promuovono l'adozione di considerazioni di carattere ambientale nella determinazione delle specifiche tecniche, nei criteri di aggiudicazione e nelle clausole di esecuzione dell'appalto. Inoltre, le nuove Direttive Comunitarie in ambito di appalti e concessioni (2014/23/CE; 2014/24/CE; 2014/25/CE) individuano nel settore degli appalti pubblici uno degli strumenti trasversali per raggiungere gli obiettivi strategici europei (Europa 2020), incoraggiando un uso estensivo dei Green Public Procurement (GPP) per un consumo più efficiente delle risorse e un'economia a basso impatto ambientale.

In risposta alle direttive europee, l'Italia rende obbligo di legge l'applicazione dei CAM attraverso il D.lgs. 50/2016¹ che disciplina l'aggiudicazione dei contratti di cessione, gli appalti pubblici e le procedure d'appalto degli enti erogatori (successivamente modificato dal D.lgs. 56/2017) riferito a tutte le tipologie di appalti (lavori, forniture e servizi) e per tutti i tipi gli importi, dalle procedure negoziate fino alle gare europee.

I CAM si inseriscono all'interno di un piano generale più ampio definito Piano Nazionale sul Green Public Procurement (PAN GPP)² (Manzone *et al.*, 2019), adottato con il Decreto Interministeriale nel 2008 (G.U. n. 107, 8 maggio

¹ Il primo CAM edilizia viene pubblicato con D.M. 24/12/2015, e successivamente adeguato e modificato rispetto al nuovo codice degli appalti D.lgs 50/2016

² Nel 2005 l'Unione Europea formula il contenuto del Piano d'Azione Nazionale per l'applicazione delle politiche verdi del GPP negli stati Membri "Linee Guida per la redazione dei Piani d'Azione Nazionali per il GPP (2005)".

2008), che si pone come obiettivi principali l'ottimizzazione nell'uso delle risorse impiegate, la riduzione dell'uso di sostanze pericolose e della produzione di rifiuti. I CAM nascono così con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, di promuovere sistemi e modelli di produzione più sostenibile e di ridurre i consumi: il raggiungimento della sostenibilità nel campo dell'edilizia diventa così legge. Questi criteri devono essere utilizzati all'interno di ogni procedura di acquisto della Pubblica Amministrazione obbligando le stazioni appaltanti a verificare la conformità nelle varie fasi di procedura di acquisto di lavori, beni e servizi (art.34). Per rispondere ad istanze di tipo economico, i CAM si ineriscono anche nelle offerte di gara volte all'aggiudicazione secondo OEPV e in questi ultimi si fa riferimento ai criteri premianti. Mentre i criteri minimi costituiscono la dotazione minima di specifiche tecniche, tecnologiche o metodologiche rilevanti sull'impatto ambientale del prodotto o del servizio da acquisire, i criteri premianti attribuiscono un punteggio maggiore (a seguito della decisione delle singole amministrazioni) a seconda di specifiche prestazioni superiori alla base definita. La fase di verifica dei CAM riguarda il processo dell'opera pubblica, dal progetto, alla fase di valutazione dell'offerta tecnica con l'individuazione obbligatoria dei criteri premianti da parte della stazione appaltante sui costi dell'intero ciclo di vita dell'edificio, fino alla fase più complessa di verifiche sugli elementi/materiali che compongono l'intero organismo edilizio.

2.2 Metodi e strumenti di valutazione

Nel settore delle costruzioni, esistono metodologie già consolidate nel campo della valutazione degli impatti ambientali che permettono di verificare il soddisfacimento dei CAM nelle fasi di progetto, affidamento ed esecuzione dell'opera edilizia. La seguente sezione non ha la presunzione di essere una disamina approfondita di tutti i metodi esistenti, ma di presentare le caratteristiche di quelli maggiormente conosciuti. Le seguenti metodologie non si sovrappongono all'applicazione dei CAM ma si integrano per favorire un minore impatto ambientale lungo tutto il ciclo di vita del manufatto.

Tra i procedimenti più utilizzati nel settore delle costruzioni per valutare le prestazioni ambientali degli edifici, si ritrova, ad esempio, il metodo LCA (Hendrickson *et al.*, 1998; Ragheb, 2011) che permette di valutare l'intero ciclo di vita del prodotto considerandone gli impatti ambientali. Data la complessità sempre maggiore dei progetti di architettura, sono stati sviluppati diversi software che possono supportare il progettista fornendo informazioni sia di progetto che per la scelta dei singoli elementi e materiali che lo compongono. Per la valutazione economica, al metodo LCA è affiancato il Life Cycle Cost (LCC), che permette appunto di valutare il costo globale dell'intero ciclo di vita dell'edificio, considerando anche la sua gestione e dismissione (Gluch & Baumann, 2004). L'integrazione dei due modelli proposti permette di considerare prestazioni

sia di tipo ambientale che economico al fine di rispondere alla domanda di sostenibilità richiesta dal settore edilizio (Norris, 2001). Il limite nell'uso di queste metodologie si basa sulla scarsità di "meccanismi premiali" data dalla loro applicazione, anche se diversi strumenti di valutazione stanno integrando il loro uso al fine di misurare alcuni indicatori (Dalla Valle *et al.*, 2016).

Tra gli strumenti di valutazione più conosciuti e utilizzati nel contesto nazionale e internazionale si possono citare il LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), un sistema a punteggio sviluppato per stimare la sostenibilità ambientale degli edifici. Si compone di sei macro categorie, per ognuna delle quali è assegnato uno specifico numero di crediti; la totale conformità ai requisiti descritti nel protocollo permette di ottenere il punteggio massimo. Infatti, a seconda del punteggio totale, possono essere conseguiti diversi livelli di certificazione (Base, Argento, Oro, Platino). Tra gli altri sistemi di certificazione ambientale riconosciuti abbiamo il BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), protocollo britannico articolato in nove categorie e il DGNB (acronimo di German Sustainable Building Council), sistema di valutazione tedesco che si differenzia dagli altri sistemi per il suo approccio olistico, considerando non solo le prestazioni ambientali ma anche i costi di manutenzione o il comfort indoor. Nel contesto nazionale troviamo invece il Protocollo ITACA volto a valutare la sostenibilità ambientale ed energetica degli edifici attraverso l'utilizzo di un approccio multi-criteriale che si articola in cinque aree.

Gli strumenti qui proposti, compresi i metodi LCA e LCC, e la certificazione ottenuta attraverso la conformità ai criteri proposti, non è ancora stata resa obbligatoria in Italia, ma sono del tutto volontarie al contrario dei CAM. Nonostante quest'ultimi possano essere considerati rigidi nella loro strutturazione, una delle critiche avanzate ai sistemi di valutazione a punteggio riguarda invece la divisione dei crediti, quindi la decisione di assegnare un punteggio maggiore ad una categoria rispetto che ad un'altra (Humbert *et al.*, 2007), anche se l'assegnazione è stata decisa da un pool di esperti. Considerando inoltre la sostenibilità come l'integrazione della dimensione ambientale, economica e sociale, solo il DGNB valuta costi e comfort mentre gli altri sistemi si limitano a stimare le prestazioni ambientali.

2.3 Letteratura scientifica

Dando priorità al raggiungimento della sostenibilità nel campo dell'architettura, la seguente letteratura scientifica si pone l'obiettivo di investigare come altri autori hanno approcciato il tema, limitando il raggio di azione alla scala dell'edificio e non a progetti a scala urbana. Infatti, l'analisi ci permetterà di comprendere maggiormente la complessità della tematica e delle fasi cardini del processo edilizio, sottolineando come attualmente la sostenibilità venga intesa. Nel dettaglio si è proceduto con un'analisi divisa in due fasi utilizzando il database Scopus:

i) la prima fase consiste nell'utilizzo di parole chiavi per

capire il contesto di applicazione o investigato dall'articolo e se la sostenibilità viene perseguita in una fase specifica o nell'intero processo edilizio;

- ii) la seconda fase consiste nell'aggiunta di altre parole chiave al set precedentemente definito per capire quanti, tra gli articoli trovati, utilizzano o descrivono le metodologie precedentemente definite (LCA, LCC, LEED, BREEAM, DGNB, Protocollo ITACA).

La volontà di strutturare la letteratura scientifica in due fasi e di mettere in luce la tematica relativa alla sostenibilità ha come obiettivo la definizione di linee guida per supportare i diversi attori coinvolti nel processo edilizio. Infatti cercando di sottolineare dei trend o delle criticità è possibile meglio capire come i CAM possano inserirsi nel dibattito attuale e come possano integrarsi con le metodologie meglio conosciute.

Per quanto riguarda la prima fase, il set di parole è stato definito partendo da due concetti cardini e poi andando ad aggiungere altri termini per meglio limitare e dettagliare la ricerca. Il set finale comprende "sustainability", "architecture", "building" e "construction industry" e sono stati trovati 118 articoli. È interessante notare come l'interesse in argomenti relativi alla sostenibilità legata all'architettura, ed in particolare alla scala dell'edificio, sia cresciuta negli ultimi anni, infatti si cominciano a registrare i primi articoli nel 2003 con una crescita dal 2011 in poi (Fig. 1).

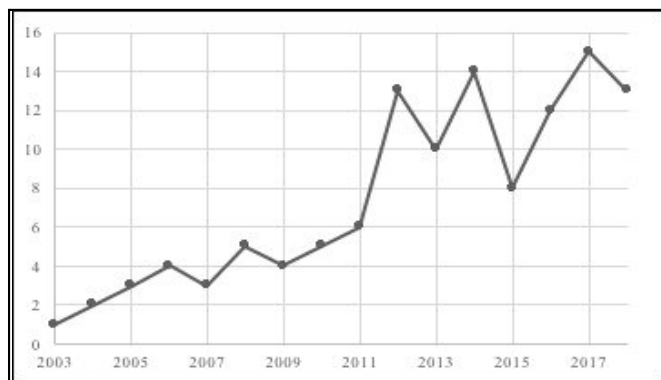


Figura 1 - Relazione tra numero di articoli ed anno di pubblicazione

Oltre a questa prima analisi temporale, come precedentemente descritto, uno degli obiettivi di questa fase consiste nell'indagine dell'area di applicazione della tematica trattata. Si constata infatti che limitando il campo di ricerca all'edificio, alcuni degli articoli sono molto specifici e si focalizzano sul raggiungimento della sostenibilità considerando la scelta dei materiali con un minore impatto ambientale, come diversi autori fanno emergere, quali Lozano-Miralles *et al.* (2018) che studiano la combinazione di mattoni di argilla con rifiuti organici, oppure Vãn (2018) che enfatizza l'uso del bambù come materiale per gli arredi interni. Molti autori promuovono inoltre l'utilizzo del Building Information Modeling (BIM), un modello che otti-

mizza la fase di pianificazione, progettazione, costruzione e gestione del progetto (Azhar, 2011). Musa *et al.* (2018) e Davies *et al.* (2018) lo applicano al contesto malese per rispondere alla complessità dell'industria delle costruzioni e alla crescente richiesta di efficienza, produttività e sostenibilità secondo la nozione della TBL. Differentemente, Vazquez *et al.* (2014) affronta il tema della scelta di soluzioni tecnologiche passive per l'illuminazione e la ventilazione naturale dimostrando come l'installazione di queste tecnologie sia in grado di migliorare gli impatti ambientali senza un grande dispendio economico.

Da questi esempi è chiaro come vengano trattate tematiche che considerano le diverse scale che compongono la complessità dell'edificio, dalla scelta del materiale per le finiture, alla scelta della metodologia per la gestione dello stesso.

Limitando ancor di più la ricerca attraverso il database Scopus, nella seconda fase sono state aggiunte nuove parole chiave per vedere quali tra gli articoli trovati dalla prima ricerca applicano o descrivono i modelli e gli strumenti di cui al punto 2.2.

Sono state sviluppate sei differenti ricerche:

1. Aggiungendo la parola chiave "LCA" o "Life Cycle Assessment", sono stati trovati quattro articoli. Due si focalizzano sulla scelta del materiale da costruzione (Lozano-Miralles *et al.*, 2018; Maywald & Riesser, 2016), uno sull'integrazione con modelli BIM (Costa & Santos, 2017), e l'ultimo sui benefici ambientali derivanti dall'uso della metodologia LCA (Simonen, 2014).
2. Inserendo la parola chiave "LCC" o "Life Cycle Cost", si è individuato un articolo che tratta il tema dello sviluppo sostenibile partendo dalla scelta dei materiali. In particolare Akadiri & Olomolaiye (2012) sviluppano un'analisi multicriteriale, dove il costo del ciclo di vita è uno dei sei criteri analizzati per il raggiungimento della sostenibilità.
3. Aggiungendo il termine "LEED", si sono trovati quattordici articoli. Molti autori presentano casi di studio di edifici certificati LEED dove sono state applicati metodi BIM per l'esecuzione del progetto (Wu & Issa, 2015; 2014; Nguyen, & Troghi, 2013) oppure in altri casi il LEED è uno dei protocolli di certificazione a punteggi descritti per supportare i DMs per strategie sostenibili (Ismael & Shealy, 2018; Rivera, 2009).
4. Aggiungendo la parola chiave "BREEAM", è stato trovato un articolo che discute sulle differenze tra i due protocolli di certificazione, il LEED e il BREEAM (Rivera, 2009).
5. Aggiungendo la parola chiave "DGNB", si individua un solo contributo del 2010 che descrive l'introduzione di questo nuovo sistema di certificazione in Germania il quale permette di raggiungere la qualità ed incoraggia la costruzione sostenibile.
6. Aggiungendo la parola chiave "ITACA" o "Itaca Protocol", è stato trovato un articolo che, attraverso la descrizione di un caso di studio localizzato in Italia compara diversi sistemi di valutazione per progettare "green buildings" (Mattoni *et al.*, 2017).

Dall'indagine si constata come la maggior parte dei contributi selezionati attraverso la ricerca, affrontino il tema della sostenibilità soprattutto dal punto di vista degli impatti ambientali e pochi invece considerano la concezione olistica che si fonda sull'integrazione anche della dimensione economica e sociale. Dall'analisi della letteratura, possiamo inoltre evidenziare come, utilizzando il set di parole chiave precedentemente definito, non sono stati trovati articoli che citano i CAM. Infatti, facendo una ricerca attraverso lo stesso database e utilizzando come unica parola chiave "Minimum Environmental Criteria", si individua l'unico contributo di Manzoni *et al.* (2019) in cui si analizza come l'Italia sta provando a rispondere al tema della sostenibilità.

3. COME APPLICARE LA SOSTENIBILITÀ NEL CAMPO DELL'EDILIZIA

Data la carenza di letteratura su applicazioni dei CAM nel settore dell'edilizia, e data inoltre la necessità di fare chiarezza su come istanze di tipo ambientale possano essere integrate a quelle di tipo economico, di seguito è proposto un caso applicativo riguardante una procedura di acquisto di elementi edilizi secondo l'OEPV. L'esempio è orientato a cogliere gli aspetti legati ai CAM ed ai criteri premianti nella fase di progetto e di gara: requisiti specifici di partecipazione e sistema di selezione delle offerte. In dettaglio verrà presentato l'iter procedurale per poter procedere con la redazione dei requisiti di partecipazione alla gara di selezione secondo l'OEPV. La seguente procedura può supportare sia il progettista che la Pubblica Amministrazione nella realizzazione del bando e sia la stazione appaltante e la ditta per rispondere al meglio ai requisiti indicati.

3.1 Caso di studio

Data la complessità di proporre un caso studio relativo alla realizzazione di un nuovo edificio, o di una sua ristrutturazione, in questo contesto verrà proposta la procedura di acquisto di serramenti per l'adeguamento energetico di un palazzo storico ad uso dell'Università del Piemonte Orientale. L'intervento concorre a raggiungere l'obiettivo di risparmio energetico secondo i livelli normativi nazionali della Regione Piemonte e ha per oggetto la sostituzione di tutte le chiusure verticali trasparenti dell'insieme di edifici denominato complesso San Giuseppe, localizzato a Vercelli, Italia (Fig. 2; Fig. 3).

Per procedere con la proposta di gara, si utilizzeranno gli strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale e gli spunti derivanti dall'applicazione del CAM edilizia. Per definire i limiti con cui elaborare il progetto bisogna considerare che l'edificio è inserito nell'elenco dei beni monumentali e architettonici del Piemonte con vincolo di cui al D.Lgs n. 42/2004, pertanto la Soprintendenza dei beni architettonici del Piemonte ha autorizzato la sostituzione degli infissi con particolari prescrizioni quali le tipologie morfologiche e materiche, al fine di tutelare e valorizzare i caratteri storici e architettonici originari. Verranno infatti considerati i seguenti limiti di progetto nella redazione del bando:

- la sostituzione dei serramenti in legno con infissi identici agli esistenti;
- la sostituzione delle ampie finestre in ferro con serramenti in acciaio zincato verniciato.

Queste prescrizioni non permetteranno di ottenere il massimo di prestazione energetica dell'edificio, ma sono un compromesso per tutelare e valorizzare da un punto di vista architettonico il bene monumentale.

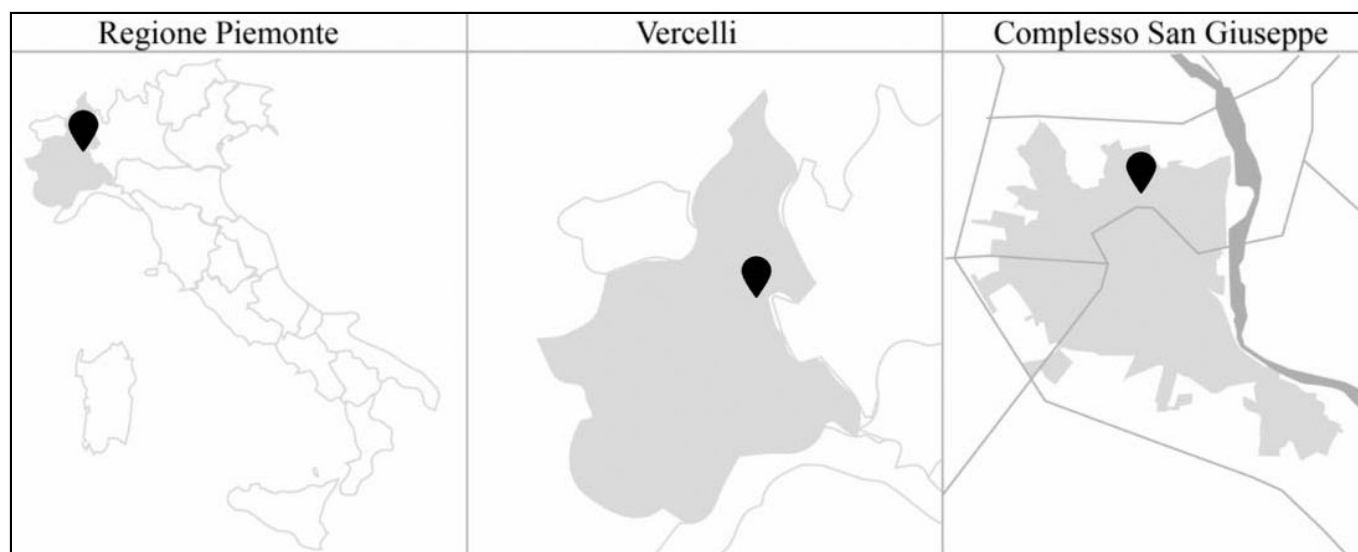


Figura 2 - Localizzazione del complesso San Giuseppe



Figura 3 - Complesso San Giuseppe e dettaglio dei serramenti

La procedura da adottare è relativa all'affidamento tramite procedura negoziata, o aperta o con dialogo competitivo avente per oggetto la fornitura di serramenti secondo i criteri ambientali previsti dal D.M. 25/07/2011 e relativi allegati. Per le finalità di questo contributo, verranno mostrati i passaggi sviluppati al fine di redigere un bando di gara secondo l'OEPV per i soli serramenti in legno.

3.2 Applicazione dei Criteri Minimi Ambientali ad una procedura negoziata

La figura 4 mostra le fasi sviluppate per poter definire i requisiti di partecipazione alla gara di selezione secondo l'OEPV.

Lo schema metodologico segue la configurazione del pro-

cesso decisionale proposto da Sharifi & Rodriguez (2002) e si struttura infatti in tre fasi distinte: 1. Intelligence; 2. Design; 3. Decision.

Nella fase di 1. Intelligence è prevista una parte di comprensione e descrizione del sistema, un'analisi della situazione corrente e la formulazione degli obiettivi da raggiungere. La fase di 2. Design prevede la formulazione del modello e generazione delle alternative, mentre l'ultima fase di 3. Decision considera la scelta tra le alternative proposte grazie anche alla valutazione dei loro impatti e la comunicazione della decisione. Analizzando il contesto di applicazione, le fasi proposte da Sharifi & Rodriguez (2002) sono state mantenute, considerando i contenuti come guida, mentre i passaggi specifici si sono modellati facendo riferimento all'obiettivo ultimo della redazione di un ban-



Figura 4 - Fasi sviluppate

do per l'affidamento dei lavori tramite procedura negoziata, o aperta o con dialogo competitivo.

La prima fase considera l'esplicitazione dei CAM, infatti, le specifiche tecniche di base da rispettare per i serramenti riguardano il valore di (i) trasmittanza termica a seconda della fascia climatica e (ii) il valore di permeabilità all'aria con rispettiva verifica di congruenza. Per il legno e per il vetro, vengono inoltre richiesti dei criteri specifici come la dichiarazione di origine.

Tra le specifiche tecniche premianti si riscontrano:

- i) nuovamente la trasmittanza termica alla quale viene assegnato un punteggio più alto nel caso fosse inferiore rispetto al livello stabilito per legge in riferimento alla zona climatica;
- ii) materiali non rinnovabili, dove il punteggio viene assegnato in base alla percentuale di contenuto riciclato;
- iii) materie plastiche che permettono di apportare punteggi aggiuntivi sulla base della rispondenza a determinate caratteristiche, come l'assenza di piombo e paraffine alogenate;
- iv) legno vergine, inteso come la provenienza da foreste gestite con sostenibilità;
- v) recupero di serramenti esterni sostituiti, se vengono recuperati e riciclati serramenti dismessi;
- vi) formaldeide, al fine di promuovere materiali che ne limitino le emissioni;

vii) emissioni di Composti Organici Volatili (COV) al fine di promuovere materiali che ne limitino le emissioni.

Naturalmente le specifiche qui descritte, devono essere verificate attraverso attestazioni e/o certificazioni per poter assegnare i punteggi aggiuntivi.

Nella seconda fase, si dettagliano le informazioni riguardo il sistema (in questo caso il serramento) per poter rispondere ai requisiti di sostenibilità. Per la fase di progetto, al fine di combinare e trarre benefici dalle metodologie precedentemente descritte (vedi 2.2), e valutare la sostenibilità ambientale delle possibili soluzioni proposte, si consiglia l'applicazione del metodo LCA considerando i criteri minimi ambientali definiti dal D.M. 25/07/2011 e relativi allegati. Questo processo metodologico, permette di definire le unità funzionali dell'elemento da analizzare, definirne il ciclo di vita, definirne gli indicatori LCA (e.g. CO₂eq) e valutarne gli impatti. Questa fase permette di determinare dei range per quanto riguarda gli impatti previsti e di capire in quale fase del ciclo di vita ci siano gli impatti maggiori (Tarantini *et al.*, 2011).

La fase successiva comprende l'analisi di mercato, il cui scopo è comprendere quali requisiti specifici degli operatori economici potenziali possano essere richiesti ragionevolmente in fase di gara per ottemperare al principio di concorrenza, e quali specifiche tecniche dei serramenti in legno presenti sul mercato possano costituire elemento di valutazione ulteriore nella selezione delle offerte secondo l'OEPA. L'analisi è finalizzata a poter stabilire dei criteri

Tabella 1 - Analisi del mercato

	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3
Luogo	Taranto	Trento	Chiari (Brescia)
Dati Azienda	54 anni 200 dipendenti fatturato: 18.000.000 € prodotti: legno e alluminio	fatturato: da 3 a 5.000.000 €	30 anni fatturato: 14.000.000 € prodotti: legno e alluminio
REQUISITI			
ISO 9001	no	si	si
ISO 14001	no	si	si
SOA	/	si	/
EMAS	no	no	no
ANALISI LCA	no	/	/
MARCATURA CE	si	si	si
CERTIFICAZIONE SERRAMENTO	CASA CLIMA	LEED	/
CERTIFICAZIONE POSA	CASA CLIMA	LEED	/
ETICHETTE I-II-III	/	FSC TIPO I	FSC TIPO I
DICHIARAZIONE CONFORMITÀ	/	permeabilità aria tenuta acqua resistenza al vento	/
TRASMITTANZA PRODOTTO PIÙ INNOVATIVO	si	no	no

[

di partecipazione, un'offerta e dei prezzi coerenti con il mercato di riferimento e tali da garantire i principi del codice degli appalti, in particolare principi di concorrenza e efficienza. L'analisi del mercato proposta, si pone l'obiettivo di permettere quindi la stesura di un capitolato tecnico, un capitolato d'appalto e uno schema di contratto coerente e appetibili con il mercato di riferimento, è infatti finalizzata a predisporre l'offerta per la gara. La tabella 1 mostra un esempio dell'analisi svolta e delle caratteristiche indagate, quando le celle sono vuote, l'informazione non è stata reperita per mancanza di dati.

Data l'analisi proposta è possibile quindi procedere con la redazione di un bando di gara per l'OEPV considerando i CAM, i criteri premianti, l'applicazione del metodo LCA e l'analisi di mercato.

3.3 Proposta per una selezione di gara volta a giudicare l'offerta economicamente più vantaggiosa.

Ancora nella fase di 2. Design e a seguito delle analisi svolte, viene di seguito proposto il contenuto di un bando di gara.

Dato l'obiettivo finale di sostituire i serramenti del complesso San Giuseppe, ubicato a Vercelli (Italia), si propone una metodologia capace di prendere in considerazione aspetti sia di natura ambientale che economica e sociale. Infatti verranno di seguito illustrati dei criteri di tipo qualitativo e quantitativo in grado di valutare quale tra le proposte sia la più idonea sotto il punto di vista della sostenibilità.

Formulazione del Bando di gara

Per la redazione dell'offerta, la ditta, per rispondere alle indicazioni della stazione appaltante, deve formulare l'offerta degli elementi qualitativi che costituisce la proposta tecnica.

Tra i criteri di natura qualitativa si riscontrano:

- caratteristiche tecniche e di sicurezza*, che valuta la classe di resistenza all'impatto e la capacità di carico dei dispositivi di bloccaggio per apertura vasistas;
- caratteristiche di posa e durabilità del serramento*, criterio che prende in considerazione la qualità estetica e in dettaglio la posa certificata e il ciclo di verniciatura garantita;
- caratteristiche ambientali* legate ai CAM e considera infatti la trasmittanza termica, il contenuto riciclato del serramento, l'etichettatura e il recupero dei serramenti esistenti.

Considerando l'ultimo punto, tra i criteri ambientali premianti vengono proposte le seguenti specifiche:

- 1) *trasmittanza termica*: valutazione di una trasmittanza (U) del serramento finito < a 1,8 W/mq K. Valori inferiori a U= 1,4 W/mq K vengono valutati con il massimo del punteggio;

- 2) *etichettatura origine legno*: il legno deve possedere una certificazione di provenienza certificata con etichettatura di tipo I marchio o EDP di tipo II (marchi ambientali);
- 3) *contenuto riciclato del serramento*: si valuta la percentuale in Kg di materiali di materia prima che costituisce il serramento finito;
- 4) *recupero serramenti esistenti*: si valuta il riciclo dei materiali dei serramenti esistenti e la possibilità di riciclaggio degli stessi in termini di peso kg.

I criteri sopra espressi e la richiesta dei relativi requisiti è ovviamente esemplificativa e il più possibile differenziata. I mezzi di verifica vanno dalla richiesta di certificazioni, a relazioni tecnico descrittive fino alla campionatura con valutazione estetica puramente discrezionale.

Nella fase finale di 3. Decision è necessario assegnare dei punteggi alle caratteristiche esplicitate al fine di valutare quale sia la proposta più idonea.

Ripartizione dei punteggi

Il metodo di attribuzione del punteggio dei criteri qualitativi nell'offerta tecnica è di tipo discrezionale con assegnazione di un coefficiente variabile tra 0 e 1 da parte di ciascun commissario di gara a seconda della conformità ai requisiti esplicitati (tabella 2). Per la valutazione della scelta della proposta più valida, ad ognuno dei criteri è stato assegnato un peso. L'aggregazione attraverso una somma pesata del punteggio ottenuto per la suddetta categoria ed il peso assegnato, permetterà di avere un risultato finale in una scala da 0 a 100. I pesi sono stati assegnati con allocazione diretta; ai criteri qualitativi è stato allocato un punteggio massimo di 70 mentre a quelli quantitativi un massimo di 30. La pesatura dei criteri è stata calibrata sulle qualità del prodotto che si ritiene più opportuno per le esigenze della stazione appaltante (Tabella 2).

Per i criteri di tipo quantitativo viene invece richiesta la proposta dell'offerta economica valutata a ribasso percentuale rispetto all'importo posto a base di gara, esclusi gli oneri della sicurezza di cantiere. Il metodo di attribuzione del punteggio dei criteri quantitativi – prezzo – sarà calcolato tramite la formula interpolazione non lineare.

Formulazione della graduatoria

La valutazione della soluzione più idonea viene definita quindi in riferimento ai requisiti e alle modalità di pesatura descritti nella tabella 2, attraverso quindi l'offerta tecnica ottenuta attraverso la valutazione dei criteri qualitativi e l'offerta economica attraverso criteri quantitativi.

4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Il lavoro qui proposto si pone l'obiettivo di essere un primo tentativo volto a fare chiarezza sulle procedure di applicazione dei CAM per le selezioni di gara e di come diverse

Tabella 2 - Schema riassuntivo per la valutazione dell'offerta più vantaggiosa

CRITERI QUALITATIVI			
CRITERI	INDICATORI	PESO	FORMULAZIONE PUNTEGGIO
CARATTERISTICHE TECNICHE, DI SICUREZZA	classe resistenza meccanica all'impatto	4	0 punti: materiale presentato insufficiente, caratteristiche non soddisfatte; 0.2 punti: valutazione insufficiente, ovvero soluzione non pienamente rispondente a quanto richiesto, compresa l'assenza della campionatura e documentazione chiara ed esaustiva; 0.5 punti: valutazione sufficiente; 0.6 punti: valutazione buona; 1 punti: valutazione ottima.
	capacità carico dispositivi bloccaggio per vasistas	10	
CARATTERISTICHE DURABILITÀ	posa certificata	8	
	ciclo verniciatura garantita	8	
CARATTERISTICHE AMBIENTALI	trasmissione termica	16	
	certificato origine legno	6	
	contenuto riciclato	6	
	recupero serramenti esistenti	12	
		70	
CRITERI QUANTITATIVI			
CRITERI	INDICATORI	PESO	FORMULAZIONE PUNTEGGIO
COSTO	costo intervento	30	ribasso percentuale rispetto all'importo posto a base di gara

metodologie esistenti sul tema della sostenibilità nel campo dell'edilizia possano essere integrati.

Lo schema finale presentato in tabella 2 e i criteri descritti, hanno lo scopo di valutare l'elemento edilizio, in questo caso il serramento in legno, dal punto di vista della sostenibilità ambientale, economica e sociale. Infatti mentre i CAM ci permettono di valutarne gli impatti ambientali, il costo dell'intervento definisce il suo impatto economico e la considerazione del valore storico dell'edificio e l'analisi di caratteristiche estetiche relative alle proposte in gara, ne valutano anche l'impatto sociale. In questo modo diventa importante sottolineare come il metodo si propone di definire un trade-off tra le diverse dimensioni coinvolte al fine di valutare la più idonea, o almeno, quella che risponde in modo più idoneo ai requisiti richiesti.

Essendo stato scelto un metodo aggregativo compensativo, una performance negativa ottenuta in un criterio verrà compensata da una positiva ottenuta sotto un altro aspetto. Considerando questa prospettiva i DMs, in questo caso la stazione appaltante, hanno un ruolo fondamentale, dovendo governare i risultati ottenuti e considerando quelli parziali in modo da riuscire a capire quale delle soluzioni proposte riesce, in modo più performante, a rispondere alle istanze definite. L'alternativa selezionata dovrà essere quella in grado di massimizzare tutti gli aspetti coinvolti o almeno in grado di trovare un trade-off tra questi. L'analisi multi-criteriale di un elemento tecnico o di qualsiasi processo edilizio (Sdino et al, 2018), ne permette quindi la sua totale comprensione e valutazione e permette inoltre di conoscere a-priori rischi e benefici ottenuti dalla sua

scelta in quanto, come già descritto, si conoscono i risultati parziali ottenuti in tutti i criteri considerati.

Il contributo vuole inoltre mettere in luce l'importanza della fase ideativa del progetto che ha le potenzialità di fornire una risposta adeguata al problema decisionale ed è in grado di rispondere alle diverse istanze coniugando sia aspetti di tipo creativo che vincoli tecnici (Nardi, 2010). Il processo di realizzazione e costruzione dell'opera, secondo le indicazioni proposte, seguirà inoltre non più processi economici lineari ma bensì circolari con la possibilità di rigenerarsi da soli ed essere promotori dello sviluppo sostenibile (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Diventa così importante ricordare il ruolo strategico del progettista, oltre che delle stazioni appaltanti e della Pubblica Amministrazione, che devono essere in grado di gestire la complessità di un processo architettonico volto alla realizzazione dell'opera.

5. CONCLUSIONI

L'Italia rende obbligo di legge l'applicazione dei CAM attraverso il D.lgs. 50/2016 per rispondere alle direttive europee sugli appalti con carattere improntato su tematiche ambientali. Essendo il settore delle costruzioni responsabile del 50% delle risorse naturali ricavate dall'uomo e di circa il 25-40% dell'energia complessiva impiegata (Manzone *et al.*, 2019), il tema della sostenibilità nel campo dell'edilizia diventa strategico ed è inoltre urgente prevedere specifiche linee di indirizzo. I CAM sono la prima risposta normativa dell'Italia a questa necessità nonostante esistano da tempo procedure di certificazione ambientale volontarie e meto-

dologie consolidate. Gli obiettivi individuati nel CAM edilizia sono molto ambiziosi e definiscono un quadro di vincoli tali da realizzare costruzioni e infrastrutture con impatti ambientali minimi. Per promuovere però il cambiamento culturale verso la realizzazione di opere e infrastrutture sostenibili da un punto di vista ambientale e sociale, lo stimolo dovrebbe partire dalla Pubblica Amministrazione attraverso una formazione del personale interno verso gli strumenti e le metodologie prima descritte, per evitare un'applicazione passiva dei CAM che si traduca in un'archiviazione di modelli e attestati. L'effettiva applicazione delle disposizioni del decreto CAM potranno essere perseguite solo con un'innovazione culturale e con nuove competenze degli attori che interagiscono con il processo edilizio (Ashford & Hall, 2011).

In questo contesto, oltre agli impatti a livello ambientale,

non bisogna trascurare la sfida di riuscire a coniugare e soddisfare tutte le dimensioni coinvolte per il raggiungimento della sostenibilità. I CAM hanno l'esigenza così di essere flessibili ma anche di rispondere alle istanze di tipo sociale dalla popolazione e di promuovere la sostenibilità economica dell'intervento senza comprometterne la qualità.

Note

Il presente articolo è il risultato della tesi sviluppata all'interno del Master Universitario di II livello in "Appalti e contratti pubblici" A.A. 2017/2018 presso il Politecnico di Milano dalla studentessa Carlotta Ottone e seguita dal Prof. Andrea Bassi dal titolo "I Criteri Minimi Ambientali in edilizia. Elementi di innovazione e criticità secondo i principali attori del processo d'appalto".

* **Andrea Bassi**, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italia.

e-mail: a.bassi@polimi.it

** **Carlotta Ottone**, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italia.

e-mail: ottone.carlotta@gmail.com

*** **Marta Dell'Ovo**, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (DABC), Politecnico di Milano, via Ponzio 31, 20133 Milano, Italia.

e-mail: marta.dellovo@polimi.it

Bibliografia

AKADIRI P.O., & OLOMOLAIYE P.O., *Development of sustainable assessment criteria for building materials selection*, Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 19(6), 2012, pp. 666-687.

ASHFORD N.A., & HALL, R.P., *The importance of regulation-induced innovation for sustainable development*, Sustainability, Vol. 3(1), 2011, pp. 270-292.

AZHAR S., *Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*, Leadership and management in engineering, 11(3), 2011, pp. 241-252.

BRUNDTLAND G.H., *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1987.

CAPOLONGO S., BUFFOLI M., OPPIO A., & PETRONIO M.G., *Sustainability and hygiene of building: future perspectives*, Epidemiologia e prevenzione, Vol. 38(6 Suppl 2), 2014, pp. 46-50.

COSTA A.A., & SANTOS R., *Information integration and interoperability for BIM-based life-cycle assessment*, Integrating Information in Built Environments, Routledge, 2017, pp. 91-108.

DALLA VALLE A., LAVAGNA M., & CAMPIOLI A., *Strumenti LCA di*

supporto al settore delle costruzioni, Life Cycle Thinking, sostenibilità ed economia circolare, ENEA, 2016, pp. 21-28.

DANESHPOUR H., & TAKALA J., *Decision Making Towards Integration of Sustainability Into Project Management; A Multilevel Theory Building Approach*, Management and Production Engineering Review, Vol. 8(3), 2017, pp. 13-21.

DAVIES R.J., PRATAMA M.M.A., & YUSUF M., *BIM adoption towards the sustainability of construction industry in Indonesia*, MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, Vol. 195 (06003), 2018.

ELKINGTON J., *Cannibals with forks: The triple bottom line of sustainability*, Gabriola Island: New Society Publishers, 1998.

FINKBEINE, M., SCHAU E.M., LEHMANN A., & TRAVERSO M., *Towards life cycle sustainability assessment*, Sustainability, Vol. 2(10), 2010, pp. 3309-3322.

GEISSDOERFER M., SAVAGET P., BOCKEN N.M., & HULTINK E.J., *The Circular Economy—A new sustainability paradigm?*, Journal of cleaner production, Vol. 143, 2017, pp. 757-768.

GLUCH P., & BAUMANN H., *The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making*, Building and environment, Vol. 39(5), 2004, pp. 571-580.

HENDRICKSON C., HORVATH A., JOSHI S., & LAVE L., *Peer reviewed:*

- economic input–output models for environmental life-cycle assessment, *Environmental science & technology*, Vol. 32(7), 1998, pp. 184A-191A.
- HUMBERT S., ABECK H., BALI N., & HORVATH A., *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)-A critical evaluation by LCA and recommendations for improvement*, *Int J LCA 12* (special issue 1), 2007, pp. 46-57.
- ISMAEL D., & SHEALY T., *Aligning Rating Systems and User Preferences: An Initial Approach to More Sustainable Construction through a Behavioral Intervention*, *Construction Research Congress 2018*, 2018, pp. 716-725.
- LOZANO-MIRALLES J., HERMOSO-ORZÁEZ M., MARTÍNEZ-GARCÍA C., & ROJAS-SOLA J., *Comparative Study on the Environmental Impact of Traditional Clay Bricks Mixed with Organic Waste Using Life Cycle Analysis*, *Sustainability*, Vol. 10(8), 2917, 2018.
- MANZONE F., REBAUDENGO M., & ZACCARO V.L., *The Italian Response to Sustainability in Built Environment: The Match Between Law and Technical Assessment*, *Third International Congress on Information and Communication Technology*, Springer, Singapore, 2019, pp. 527-537.
- MARTENS M.L., & CARVALHO M.M., *Key factors of sustainability in project management context: A survey exploring the project managers' perspective*, *International Journal of Project Management*, Vol. 35(6), 2017, pp. 1084-1102.
- MATTONI B., ASDRUBALI F., BALDINELLI G., BIANCHI F., BISEGNA F., EVANGELISTI L., GORI P., GRAZIESCHI G., & GUATTARI C., *Comparison among different green buildings assessment tools: Application to a case study*, *Building Simulation Applications*, 2017, pp. 97-104.
- MAYWALD C., & RIESSER F., *Sustainability—the art of modern architecture*, *Procedia Engineering*, Vol. 155, 2016, pp. 238-248.
- MUSA S., MARSHALL-PONTING A., NIFA F. A. A., & SHAHRON S. A., *Building information modeling (BIM) in Malaysian construction industry: Benefits and future challenges*, *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, Vol. 2016, No 1, p. 020105, 2018.
- NARDI G., *Percorsi di un pensiero progettuale*, Maggioli Editore, Vol. 17, 2010.
- NGUYEN T.H., TOROGHI S.H., *Knowledge representation in BIM for evaluating sustainability of a building design*, *ISEC 2013 - 7th International Structural Engineering and Construction Conference: New Developments in Structural Engineering and Construction 2013*, 2013, pp. 1161-1166.
- NORRIS G.A., *Integrating life cycle cost analysis and LCA*, *The international journal of life cycle assessment*, Vol. 6(2), 2001, pp. 118-120.
- RAGHEB A.F., *Towards Environmental Profiling for Office Buildings Using Life Cycle Assessment (LCA)*, 2011.
- RIVERA A., *International applications of building certification methods: a comparison of BREEAM and LEED*, *PLEA 2009 - Architecture Energy and the Occupant's Perspective: Proceedings of the 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 2009.
- SCHRÖPFER V.L. M., TAH J., & KURUL E., *Mapping the knowledge flow in sustainable construction project teams using social network analysis*, *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 24(2), 2017, pp. 229-259.
- SDINO L., ROSASCO P., TORRIERI F., & OPPIO A., *A Mass Appraisal Model Based on Multi-criteria Evaluation: An Application to the Property Portfolio of the Bank of Italy*, *International Symposium on New Metropolitan Perspectives*, Springer, Cham, 2018, pp. 507-516.
- SHARIFI M.A., & RODRIGUEZ E., *Design and development of a planning support system for policy formulation in water resources rehabilitation: the case of Alcazar De San Juan District in Aquifer 23, La Mancha, Spain*, *Journal of Hydroinformatics*, Vol. 4(3), 2002, pp. 157-175.
- SIGNORELLI C., CAPOLONGO S., BUFFOLI M., CAPASSO L., FAGGIOLI A., MOSCATO U., ... & D'ALESSANDRO, D., *Italian Society of Hygiene (StI) recommendations for a healthy, safe and sustainable housing*, *Epidemiologia e prevenzione*, Vol. 40(3-4), 2016, pp. 265-270.
- SIMONEN K., *Life cycle assessment*, Routledge, 2014.
- TARANTINI M., LOPRIENO A.D., & PORTA P.L., *A life cycle approach to Green Public Procurement of building materials and elements: A case study on windows*, *Energy*, Vol. 36(5), 2011, pp. 2473-2482.
- VÂN N.T.B., *Bamboo-the eco-friendly material—one of the material solutions of the sustainable interior design in Viet Nam*, *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Vol. 193, p. 04014, 2018.
- VAZQUEZ E., BRANDÃO M., ROLA S., ALVES L., FREITAS M., & ROSA L.P., *Incorporation of bioclimatic conditions in architectural projects: a case study of the Solar Hemicycle building, Madrid, Spain*, *Eco-Architecture V: Harmonisation between Architecture and Nature*, Vol. 142, No. 3, 2014.
- WU W., & ISSA R.R., *BIM execution planning in green building projects: LEED as a use case*, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 31(1), A4014007, 2014.
- WU W., & ISS, R.R., *An integrated green BIM process model (IGBPM) for BIM execution planning in green building projects*, *Building Information Modeling: Applications and Practices*, 2015, pp. 135-165.