

Alberto Raimondi^a, Mabel Aguerre^b,

^aDipartimento di Architettura, Università degli studi Roma Tre, Italia

^bOve Arup & Partners Ltd, Londra

alberto.raimondi@uniroma3.it
Mabel.Aguerre@arup.com

Abstract. La disponibilità di strumenti che valutano i materiali in relazione ai protocolli di sostenibilità necessita sviluppi. La ricerca propone uno strumento e un metodo per supportare la scelta dei materiali in termini di sostenibilità, ponendo in relazione le scelte effettuate con la quantificazione dei crediti LEED.v4 BD+C MR associati. Lo strumento valuta il progetto e fornisce indicazioni sia relative al raggiungimento del massimo punteggio LEED che all'ottimizzazione della scelta dei materiali. Tale stima è ottenuta estraendo i parametri definiti nel modello BIM di progetto; la ricerca è applicata ad un caso studio. È suggerita l'estensione della ricerca a protocolli che includono materiali sostenibili non certificati e la validazione del sistema tramite ulteriori casi studio.

Parole chiave: LEED v4; BIM; Scelta materiali; Prodotti; Sostenibilità.

Introduzione

La diffusione dei protocolli di sostenibilità nell'industria delle costruzioni influenza le scelte progettuali. Nel contesto della sostenibilità i materiali svolgono una funzione chiave (Commission et al., 2011), (UNDP, 2015), (*European Commission Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste, Final Report*, 2006) e i protocolli ambientali favoriscono l'utilizzo di prodotti e materiali sostenibili dotati di specifiche certificazioni (Zanni, Soetanto e Ruikar, 2014; Jalaei e Jade, 2014; Ferreira, Pinheiro e De Brito, 2014).

Tenere sotto controllo la complessità del processo progettuale richiede il supporto di strumenti in grado di effettuare scelte consapevoli dalle prime fasi di progettazione; attualmente gli strumenti che consentono di computare le prestazioni e la sostenibilità dei materiali sono limitati e auspicabili (Crawford e Czerniakowski, 2015; Attia, 2011). I più diffusi protocolli di sostenibilità sono basati su un sistema di punteggi, da attribuire in base alle prestazioni raggiunte dall'edificio in specifici ambiti e

MSOT: materials selection optimization in the LEED v4 protocol - a case study with BIM

Abstract. The availability of tools that assess the material sustainability in relation to the green protocols is scarce. The research proposes a tool and a methodology to support the materials selection in terms of sustainability whilst also comparing material choices with a quantification of the associated LEED.v4 BD+C MR credits. It assesses the design whilst providing advice to designers on material choice improvement both to achieve LEED maximum score and material sustainability. The quantification is achieved using parameters defined in the project's BIM model. The methodology was applied in a case study. The extension of the research to include non-certified materials and the application of it to other case studies is recommended as some materials and products fall out of the current assessment system.

Keywords: LEED v4; BIM; Choice of materials; Products; Sustainability.

il BIM (Building Information Modelling) è uno strumento valido per estrarre dati richiesti dalla certificazione LEED (Castro-Lacouture et al., 2009).

La burocratizzazione di questi sistemi tende però ad escludere materiali sostenibili non certificati. I produttori devono infatti dimostrare la sostenibilità ambientale dei prodotti tramite l'adozione di numerose attestazioni e i progettisti devono scegliere materiali dotati delle certificazioni più accreditate, riducendo il ventaglio di prodotti o materiali utilizzabili (Castro-Lacouture et al., 2009).

Prescindendo da considerazioni che valutano se ai massimi punteggi dei protocolli ambientali corrispondano effettivamente edifici più sostenibili, questo contributo propone uno strumento, il MSOT (Materials Selection Optimization Tool), e un metodo per supportare il progettista nella selezione dei materiali al fine di ottenere il massimo punteggio LEED e la massima sostenibilità dei materiali tramite l'estrazione dei dati dal modello BIM del progetto. Lo studio è basato su un caso di studio reale, l'applicazione del protocollo LEED v4 BD+C a un progetto di ampliamento di un edificio per uffici a Roma.

Stato dell'arte

Lo sviluppo della cultura e della tecnologia ha provocato cambiamenti nell'ambiente fisico, sociale ed economico. In questo processo la sostenibilità è diventata un fattore cruciale e il BIM può costituire un valido strumento per valutarla (Oduyemi e Okoroh, 2016). Numerosi parametri inseriti nel BIM possono essere utilizzati per eseguire Building Performance Simulations

Introduction

The affirmation of sustainable protocols in the ACE (Architecture, Construction and Engineering) industry influences the design choices. The materials have a key role related to the sustainability (Commission et al., 2011), (UNDP, 2015), (*European Commission Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste, Final Report*, 2006) and the green protocols support the certified sustainable products adoption (Zanni, Soetanto and Ruikar, 2014; Jalaei and Jade, 2014; Ferreira, Pinheiro and De Brito, 2014).

The design process complexity management can be achieved through the adoption of tools that support informed choices at the early design stages. Actually, the tools that allow performance and the material sustainability computations are limited and further developments are desirable (Crawford and

Czerniakowski, 2015; Attia, 2011). The most common sustainable protocols are based on a scoring system based on the building elements performance and BIM (Building Information Modelling) is a valid instrument to extract the data required by the LEED protocol (Castro-Lacouture, Sefair, Flórez and Medaglia, 2009).

However, the protocols bureaucracy excludes non-certified sustainable materials. Indeed, the manufacturers have to demonstrate the products sustainability through the adoption of numerous certifications and the designers have to select the materials with the most reliable certifications, reducing the range of suitable materials and products (Castro-Lacouture et al., 2009).

Regardless of considerations that evaluate if maximum green protocol scores correspond to more sustainable build-

(BSP) al fine di ottenere valori che, tramite i Building Environmental Assessment Methods (BEAM) come il Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (USGBC, 2013) forniscono indici di sostenibilità (Alfredo e Calquin, 2013).

La ricerca di strumenti per aiutare a raggiungere i crediti relativi ai materiali nella versione LEED 2009 (USGBC, 2010) fornisce esempi che collegano il modello BIM alla documentazione necessaria per il LEED (Azhar et al., 2011). Al fine di eseguire valutazioni nelle prime fasi di progettazione con un ridotto costo della gestione delle informazioni, sono state inoltre sviluppate metodologie semplificate che prevedono l'estrazione di dati in assenza di un modello 3D (Maltese, Moretti e Re Cecconi, 2017). Il LEED è un noto protocollo di certificazione ambientale per gli edifici in continua evoluzione e dal 2017 la versione 4 sostituisce quella del 2009. Il LEED prevede diversi protocolli¹ in base alla tipologia d'intervento da certificare, quello qui considerato è il BD+C (Building Design and Construction), dedicato alle nuove costruzioni o alle grandi ristrutturazioni. Il sistema assegna alla fine del processo la certificazione in base al livello di sostenibilità ambientale raggiunto: Certified, Silver, Gold, Platinum. Per ottenere la certificazione occorre soddisfare i requisiti obbligatori e soddisfare altri requisiti suddivisi secondo 8 criteri: Location and Transportation (LT), Sustainable Sites (SS), Water Efficiency (WE), Energy and Atmosphere (EA), Materials and Resources (MR), Indoor Environmental Quality (EQ), Innovation (IN), Regional Priority (RP).

Questa ricerca è focalizzata sul ruolo dei materiali; il capitolo MR vale un massimo di 13 punti su un totale di 110 e ha 2 requisiti obbligatori che devono essere soddisfatti. L'obiettivo è «minimizing the embodied energy and other impacts associated

with the extraction, processing, transport, maintenance, and disposal of building materials»². Il criterio per la valutazione della sostenibilità dei materiali è basato sul LCA (Life Cycle Assessment) e sulla diminuzione degli impatti ambientali, considerando l'energia grigia contenuta in ogni materiale.

Uno dei principi della sostenibilità dei materiali su cui si basa il LEED è che la generazione di rifiuti del settore delle costruzioni è alta, negli USA arriva al 40% del totale dei rifiuti solidi e in EU al 25%³ (ISPRA, 2017). Il LEED abbraccia le strategie dell'EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e della Circular Economy che considerano i rifiuti da produzione e demolizione responsabili di un alto danno ambientale, indicando una gerarchia di interventi volti a ridurne l'impatto: riduzione alla fonte, riuso, riciclaggio e uso dei materiali come fonte energetica ("Sustainability US EPA" 2018), (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

La riduzione alla fonte è considerata la strategia preminente, evitando che un prodotto diventi rifiuto nel suo ciclo di vita. Ciò è possibile con un'attenta progettazione tesa a ridurre gli sfridi o gli errori di progetto o allungando la vita utile del bene.

Il riuso di edifici o di prodotti esistenti è la seconda strategia più efficace, poiché il riutilizzo dei materiali esistenti evita il carico ambientale generato dal processo di produzione e trasporto.

Il riciclo è la strategia più diffusa per prevenire il trasporto a discarica. Le tecnologie stanno evolvendo, generando un mercato delle materie prime seconde che si sta diffondendo anche nel campo delle costruzioni, che prevede il reinserimento dei materiali di riciclo nei flussi produttivi⁴.

Quando nessuna delle precedenti strategie è applicabile, è indicato l'uso dei rifiuti come fonte energetica per prevenire il conferimento a discarica.

ings, this research proposes a tool, the MSOT (Materials Selection Optimization Tool), and a methodology to support the designer in the materials selection, aiming to achieve the highest LEED score and materials sustainability through the BIM model data extraction. The research is based on a case study, the application of the LEED v4 BD+C protocol to the extension of an office building in Rome.

State of the art

The culture and technology development provoked changes in the physical, social and economic environment. In this process, the sustainability is a key factor and BIM can be a valid tool to assess it (Oduyemi and Okoroh, 2016). Diverse parameters inserted in the BIM model can be used to perform Building Performance Simulations (BSP), obtaining values that, through

the Building Environmental Assessment Methods (BEAM) such as Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (USGBC, 2013), provides sustainability indicators (Alfredo and Calquin, 2013).

Different tools that supported the LEED 2009 (USGBC, 2010) protocol materials credits achievement had been developed, correlating BIM model and LEED required data (Azhar et al., 2011). To provide early design stages assessments with reduced information cost management, simplified methodologies based on data extractions without a 3D model had been also developed (Maltese, Moretti and Cecconi, 2017).

LEED is a building environmental certification protocol in constant evolution and from 2017 the version 4 replaces the 2009 one. The LEED protocol is composed of many sections¹

based on the building function. In this research, the BD+C (Building Design and Construction), dedicated to new buildings or major renovations, has been considered. The protocol assigns the final certifications based on the environmental sustainability achieved level, which are: Certified, Silver, Gold and Platinum. To obtain the certification, mandatory prerequisites and credits must be satisfied. This system is organized in 8 criteria: Location and Transportation (LT), Sustainable Sites (SS), Water Efficiency (WE), Energy and Atmosphere (EA), Materials and Resources (MR), Indoor Environmental Quality (EQ), Innovation (IN), Regional Priority (RP).

This paper is focused on the role of the materials; in the MR section, it is possible to achieve a maximum of 13 points out of 110 and there are 2 mandatory prerequisites. The objec-

tive is «minimizing the embodied energy and other impacts associated with the extraction, processing, transport, maintenance, and disposal of building materials.»² The materials sustainability assessment criteria are based on the LCA (life-cycle assessment) and on the environmental impact reduction by considering the materials grey energy. One of the principles of the material sustainability of the LEED protocol is that the construction sector waste generation is high, in the USA it reaches 40% of the total solid waste and in the EU the 25%³ (ISPRA, 2017). Indeed, LEED embraces the strategy of the EPA (U.S. Environmental Protection Agency) and of the Circular Economy, that consider the production and demolition waste as responsible for a high environmental damage, indicating a hierarchy of actions to decrease it: reduction at

Il LEED premia il riutilizzo di prodotti o materiali e i materiali con alto contenuto di materie prime seconde. Il protocollo misura la qualità ambientale dei materiali assegnando dei punti a prodotti che attestino i seguenti obiettivi:

1. Riduzione dell'impatto nel ciclo di vita dell'edificio. Incoraggiare l'adattamento e il riuso di edifici e parti di essi. Ottimizzare le prestazioni ambientali di materiali e prodotti e ridurre l'impronta ambientale degli edifici tramite il LCA (5 punti).
2. Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD). Scegliere prodotti di aziende virtuose dotate di EPD, incoraggiando l'adozione di prodotti per i quali è stato verificato il miglioramento dell'impatto ambientale sul ciclo di vita (2 punti).
3. Provenienza delle materie prime. Incoraggiare la scelta di prodotti reperiti con criteri ambientalmente responsabili (2 punti).
4. Ingredienti dei materiali. Supportare la scelta di materiali la cui composizione chimica è verificata, minimizzando l'uso o la generazione di sostanze nocive. Incoraggiare i produttori dei materiali ad utilizzare materie prime con LCA (2 punti).
5. Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione. Supportare il riciclo o il riuso dei materiali da demolizione, evitando il conferimento a discarica fino al 75% del totale dei materiali provenienti dalle demolizioni (2 punti).
6. A questi criteri si aggiunge quello della regionalità, che premia i prodotti con una ridotta impronta ecologica. I prodotti generati, trasformati e venduti nel raggio di 160km dal cantiere possono ricevere un punteggio doppio.

L'insieme dei criteri di valutazione dei materiali persegue i seguenti obiettivi, in analogia con quelli delle Nazioni Unite (UNDP, 2015):

source, reuse, recycling and material use as energy source ("Sustainability _ US EPA," 2018), (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Source reduction is considered the main strategy, ensuring that a product does not become waste during its life cycle. That it is possible through a design that reduces the material waste or by extending the material life.

The existing buildings or products reuse is the next most effective strategy, as it reduces the environmental impact generated by the manufacturing process and the product transportation. Recycling is the most widespread strategy to prevent transport to landfills. The technologies are evolving to create a market for secondary raw materials that is also spreading in the ACE sector, reincorporating recycled materials into production flows⁴.

Where none of the above strategies

is applicable, the material used as an energy source is indicated to prevent landfilling.

LEED, therefore, rewards the reuse of materials and the materials with a high content of secondary raw materials. It measures the environmental quality of the materials, assigning credits to products that meet the criteria that support the following aims:

1. Impact reduction on the life cycle of the building. Encourage the reuse of buildings or parts of them. Optimize the materials environmental performance and reduce the buildings environmental footprint through the LCA (max 5 points).
2. Environmental Product Declarations (EPDs). Choose of products from virtuous companies with EPDs, encouraging the use of products and materials with verified improved LCA (max. 2 points).

- supporto allo sviluppo economico di produttori di materiali sostenibili tramite la valutazione del loro peso nel progetto;
- sostegno all'impiego e alla diversificazione di risorse tramite l'uso di materiali certificati;
- incentivo alla crescita economica delle comunità e delle imprese rispettose dell'ambiente;
- supporto delle istituzioni che garantiscono processi di certificazione trasparenti;
- incentivo alla riduzione delle emissioni di CO₂ dovute al trasporto;
- supporto alle economie e comunità locali e sostegno alla riduzione delle disuguaglianze;
- sostegno a scelte progettuali consapevoli tramite la valutazione delle emissioni di CO₂ prodotte per costruire l'edificio e durante l'uso dell'edificio stesso;
- supporto alla progettazione di edifici che raggiungono prestazioni eccezionali o innovative incorporando nuovi prodotti.

L'evoluzione del LEED V4 ha introdotto nell'ambito dei materiali alcuni dei più grandi cambiamenti rispetto alla versione precedente.

Nel capitolo MR i crediti attribuiti singolarmente nella versione precedente sono stati sostituiti da un approccio olistico basato sulla valutazione del ciclo di vita (Fig. 1), incoraggiando l'uso di materiali sostenibili e la riduzione dei rifiuti durante il cantiere. Un nuovo prerequisito richiede un progetto per la gestione dei rifiuti (CWM), evidenziando i tassi di riciclaggio dei rifiuti. Inoltre, il nuovo credito per il LCA mira a ridurre l'impatto ambientale dell'edificio, incoraggiando il riutilizzo di edifici storici e la ristrutturazione di edifici degradati.

3. Sourcing of raw materials. Encourage the adoption of products extracted and manufactured with environmentally responsible criteria (max 2 points).

4. Materials ingredients. Encourage the choice of materials whose chemical composition is declared, minimizing the generation of harmful substances. Encourage material producers to adopt LCA certified raw materials (max 2 points).

5. Construction and demolition waste management. Encourage the demolition materials recycling or reuse, demonstrating that up to 75% of all the demolition materials have not been sent to landfills (max 2 points).

6. In addition to these criteria, there is a regional bonus, that rewards products with reduced ecological footprint. Those processed and sold within a 160 km radius from the

construction site can receive a double score.

The materials evaluation criteria objectives are in analogy with some of the UN goals (UNDP, 2015) and are:

- support the economic development of sustainable material manufacturers through the weight assessment in the project;
- support the sustainable resources adoption and their diversification with certified materials;
- promote the economic growth of environmentally friendly communities and companies;
- support the institutions that guarantee transparent certification processes;
- promote the CO₂ emissions reduction from transport;
- support local economies and communities and encourage the inequalities reduction;

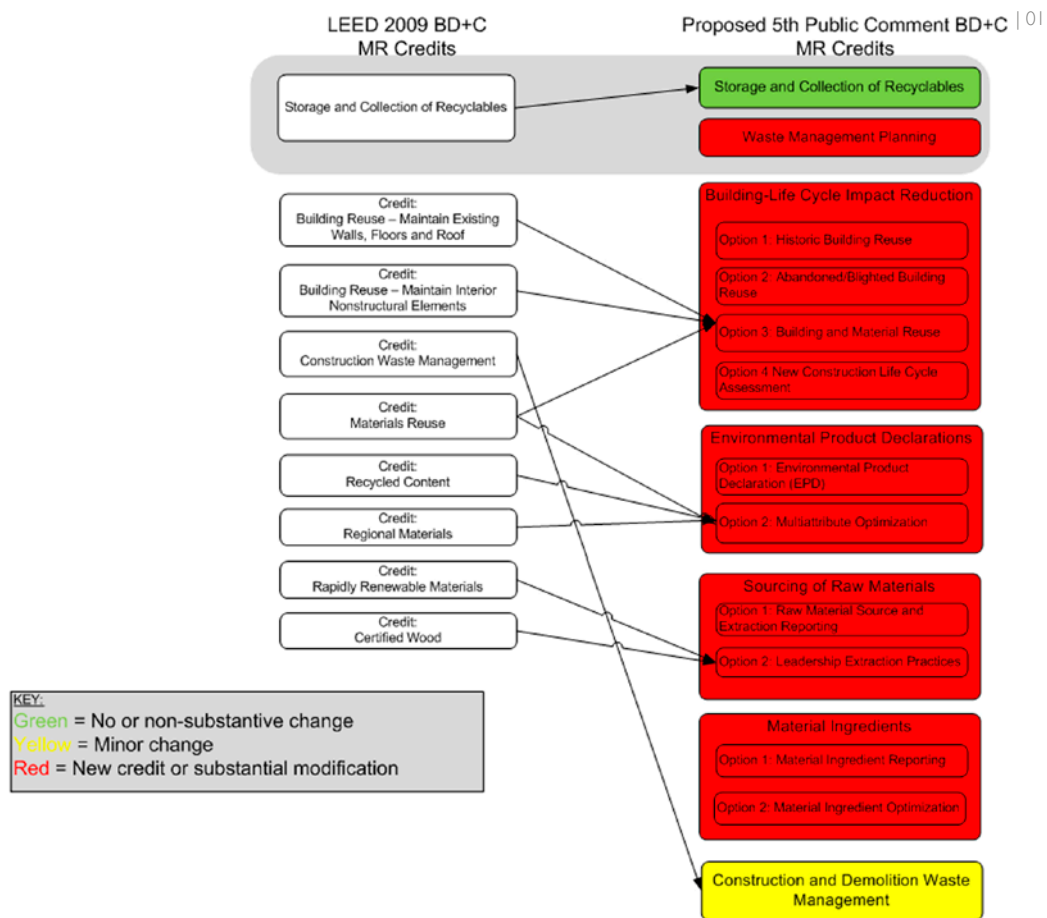
Sono richieste infine certificazioni stringenti su produttori, materie prime e composizione chimica dei materiali. Le certificazioni sono valutate in base al loro grado di attendibilità, premiando quelle rilasciate da enti terzi accreditati. L'USGBC⁵ mette a disposizione il BPDO calculator (Building Product Disclosure and Optimization) un foglio di calcolo per quantificare la sostenibilità dei materiali. I parametri valutati relativi ai prodotti sono 3: costo, attendibilità delle certificazioni e distanza di estrazione, lavorazione e vendita. Le certificazioni riguardano esclusivamente i seguenti aspetti: EPD, Provenienza delle materie prime, Ingredienti dei materiali. Il BPDO non è modificabile, è uno strumento utile per il calcolo dei crediti ma presenta dei limiti per valutare la scelta dei materiali nel corso del progetto. Esso infatti non permette di effettuare una verifica nelle fasi progettuali iniziali e fornisce indicazioni esclusivamente relative al raggiungimento del massimo punteggio LEED, non considerando l'ulteriore potenziale sostenibilità raggiungibile dai materiali. Per superare questi limiti è stato sviluppato lo strumento qui presentato.

Obiettivi

L'obiettivo principale è quello di ottimizzare il progetto per raggiungere il punteggio LEED desiderato, visualizzando e ottenendo indicazioni volte ad una maggiore sostenibilità dei materiali. Nello specifico viene affrontato il problema della selezione dei materiali con l'intento di avere un rapido riscontro in termini di punteggio ottenuto e sostenibilità dei materiali, confrontando prodotti alternativi.

Il caso di studio

Si presenta una sperimentazione di tale processo decisionale applicato a un caso di studio con l'obiettivo di ottenere la certificazione LEED v4 (BD+C). Il caso di studio è il Ghella Meeting Center (Fig. 2), un piccolo edificio a servizio della sede della Ghella s.p.a. progettato per ospitare uno spazio multiuso di 120 mq e altri ambienti di servizio. L'edificio è progettato con soluzioni costruttive a secco e si incastona nello spazio libero tra i due edifici esistenti. La costruzione è in corso e la conclusione è prevista entro il 2018.



02 |



- support informed choices through the evaluation of the materials embodied carbon and the operational CO₂ emissions;
- support the building designs that achieve exceptional or innovative performance by incorporating new products.

The LEED V4 MR chapter introduces some of the biggest changes from the previous version. The previous version credits have been replaced by a more holistic approach based on LCA (Fig. 1). This section encourages the use of sustainable materials and the on-site waste reduction. A new prerequisite requires a waste management project (CWM), highlighting the waste recycling rates. Moreover, a new LCA-related credit aims to reduce the building's environmental impact, encouraging the historical buildings reuse and the abandoned buildings renovation.

Finally, products, raw materials and materials chemical composition stringent certifications are required. The certifications are evaluated based on their reliability, rewarding those accredited by third parties.

The USGBC⁵ provides the BPDO calculator (Building Product Disclosure and Optimization), a spreadsheet to calculate the materials sustainability. The parameters evaluated are 3: material cost, certification reliability and material distance of extraction, production and sale. The certifications only concern the following aspects: Environmental Product Declaration (EPD), Sourcing of Raw Materials, Materials Ingredients.

The BPDO is not modifiable; it is a useful tool that enables the credits calculation, but it has limits in the materials evaluation choice during the design process. Indeed, it does not allow

materials sustainability assessment at the early design stages and it provides only indications related to the highest LEED credits achievable, not considering the highest achievable materials sustainability. To overcome these limits, the presented tool was developed.

Objectives

The overall goal is the sustainability design optimization, achieving the desired MR LEED score and gathering information related to further material sustainability possibilities. In this research, the material selection process aims to achieve a rapid feedback in terms of credits and materials sustainability by comparing products alternatives.

The case study

This decision-making process is applied to a case study with the objective

to obtain the LEED v4 (BD+C) certification to validate the methodology.

The case study is the Ghella Meeting Centre Headquarters in Rome (Fig. 2), a multifunctional space of 120 sqm with additional service areas. The building is designed with prefabricated constructive solutions and it is located between two existing buildings. Construction is underway and it is expected to be completed by 2018.

In the case study, the critical aspects of the materials choices were characterized by the products certificates availability. These criticalities were faced developing the project with the BIM model (Fig. 3), allowing data computation and traceability. The BIM adoption enabled to evaluate different design alternatives, selecting the most performative and maintaining the recognizability of the materials data.

Nel caso di studio sono state evidenziate le criticità nella scelta dei materiali, notevolmente influenzate dalla disponibilità di certificati. Esse sono state risolte affrontando il progetto con processi BIM (Fig. 3), garantendo la computabilità e tracciabilità dei dati. Ciò ha consentito di valutare diverse possibilità di progetto scegliendo la più performante, senza perdere precisione nella riconoscibilità dello specifico materiale.

Metodologia

Per raggiungere il maggior punteggio possibile nel capitolo MR sono state messe a confronto le scelte progettuali con specifico riferimento ai materiali impiegati. È stato creato uno strumento, il MSOT, che consiste in una matrice comparativa in Excel sulla base del BPDO. Il MSOT è in grado di mettere a confronto più soluzioni, estraendo i dati dal modello BIM.

L'obiettivo del MSOT è quello di fornire, oltre al punteggio, un'indicazione sul valore residuo di ottimizzazione ottenibile modificando i valori d'input, visualizzando così il margine di miglioramento della sostenibilità dei materiali oltre il raggiungimento del massimo punteggio LEED. Ciò consente di orientare le scelte in funzione del peso che i singoli prodotti hanno nel calcolo complessivo.

Il MSOT presenta 2 sezioni per inserire i dati, 2 per elaborarli, e 1 per l'output (Fig. 4):

- "Bill of Quantities": sono inseriti i dati estratti dal modello progettato in BIM quali il nome, la quantità dei materiali, il codice, la descrizione, la corrispondente voce del Master Format TOC (ARCOM, 2014), il costo unitario, il costo complessivo dell'opera e la percentuale del costo di ogni materiale sul totale;

Methodology

To obtain the highest possible score from the MR section, different design choices were compared and the adopted materials were analysed. A tool was created, the MSOT, a comparative Excel matrix based on the BPDO calculator. It enables solutions comparison, extracting data from the BIM model.

The MSOT objective is to provide, in addition to the score, the indication of the residual implementation value achievable by changing the input certifications. It shows the possible further improvements beyond the highest LEED score. This procedure allows making informed choices based on the weight that the single product has on the overall calculation.

The MSOT is composed of 2 input data sections, 2 processing areas, and 1 output section (Fig. 4). They are structured as follows:

- "Bill of Quantities": data extracted from the BIM model is inserted, such as name and materials quantities, code, description, Master Format TOC corresponding item (ARCOM, 2014), unit and total cost and the relative percentages on the overall cost;
- "Materials Cost Rating": the material costs are sorted from the highest to the lowest percentage cost value, allowing the identification of the potentially more impacting materials;
- "Material Certifications": the material certifications extracted from the BIM model are inserted;
- "Certifications Calculation": the certifications inserted in the previous section are weighed according to the LEED v.4 protocol methodology;
- "Credits Score and Potential Improvement": the certifications opti-

- "Materials Cost Rating": i dati sono filtrati e ordinati in base all'incidenza percentuale sul costo totale. Ciò consente una rapida visualizzazione dei materiali potenzialmente più incidenti;
- "Material Certifications": sono inseriti i dati riguardanti le certificazioni dei materiali estratte dal modello BIM;
- "Certifications Calculation": i dati inseriti nella precedente sezione sono pesati secondo la metodologia indicata dal protocollo LEED v.4;
- "Credits Score and Potential Improvement": viene visualizzato il potenziale di ottimizzazione delle certificazioni e quanti crediti sono stati raggiunti.

I parametri secondo i quali sono pesati i materiali vengono inseriti nel MSOT "Material Certifications" (Fig. 5). Essi sono estraibili dal modello BIM le cui famiglie degli elementi costruttivi sono state parametrizzate in modo tale da poter inserire i dati relativi alle certificazioni di ogni materiale. Questa sezione riporta l'elenco dei materiali della sezione "Materials Cost Rating" inseriti nella sezione "Bill of Quantities". Per ognuno dei 3 criteri vi sono 2 opzioni, ciascuna di esse consente di raggiungere uno dei 2 crediti corrispondenti. Queste possono essere combinate per raggiungere un massimo di 2 crediti e sono strutturate nel seguente modo:

- opzione 1: è verificato se il materiale ha la certificazione EPD, il report di estrazione dei materiali e il report degli ingredienti dei materiali; le prime due sono pesate in base all'attendibilità dell'ente certificatore;
- opzione 2: è verificato se il materiale è certificato tramite un programma di un ente terzo per le EPD, sono inserite le percentuali di materiali certificati con criteri di estrazione

mization potential and the achieved credits are shown.

The parameters based through which the materials are weighed, are inserted in the MSOT "Material Certifications" section (Fig. 5). They are extracted from the BIM model. In the latter, the component families are parametrized to enable the data materials certifications entering. The "Material Certifications" section shows the materials listed in the "Materials Cost Rating" section and inserted in the "Bill of Quantities" area. For each of the 3 criteria, there are 2 options, each of which allows the achievement of one of the 2 related credits. The 2 options can be combined to a maximum of 2 credits. They are structured as follows:

- Options 1: the EPD certification, material extraction reports and material ingredients report certifications are verified; the first two are

weighed according to the reliability of the certifying institution.

- Options 2: the EPDs third-party certifications programme is verified. The percentages of materials certified with responsible extraction criteria and the presence of a process that optimizes the materials or their production chain are calculated based on the certifications reliability. The distance from the source of extraction, processing and sale parameter is only applied in option 2.

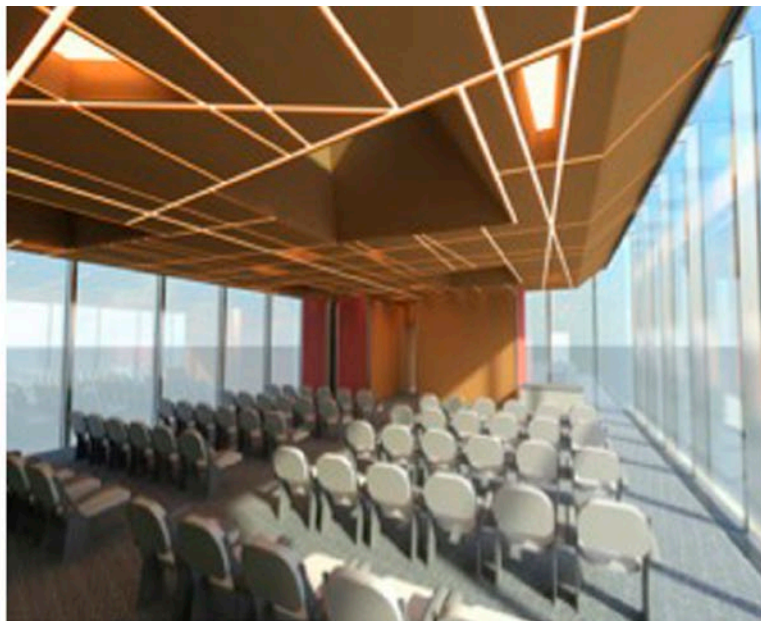
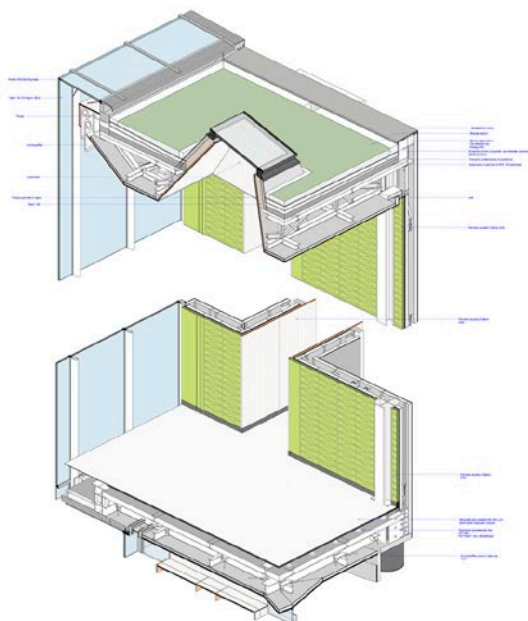
In Options 1, the MSOT checks whether the threshold of the 20 weighed products from 5 different manufacturers has been reached and, if successful, it highlights the credit achievement.

In Options 2, the MSOT verifies the sustainability criteria achievement as the percentage of the material cost. In case of a positive outcome, the achievement of the corresponding credits is highlighted.

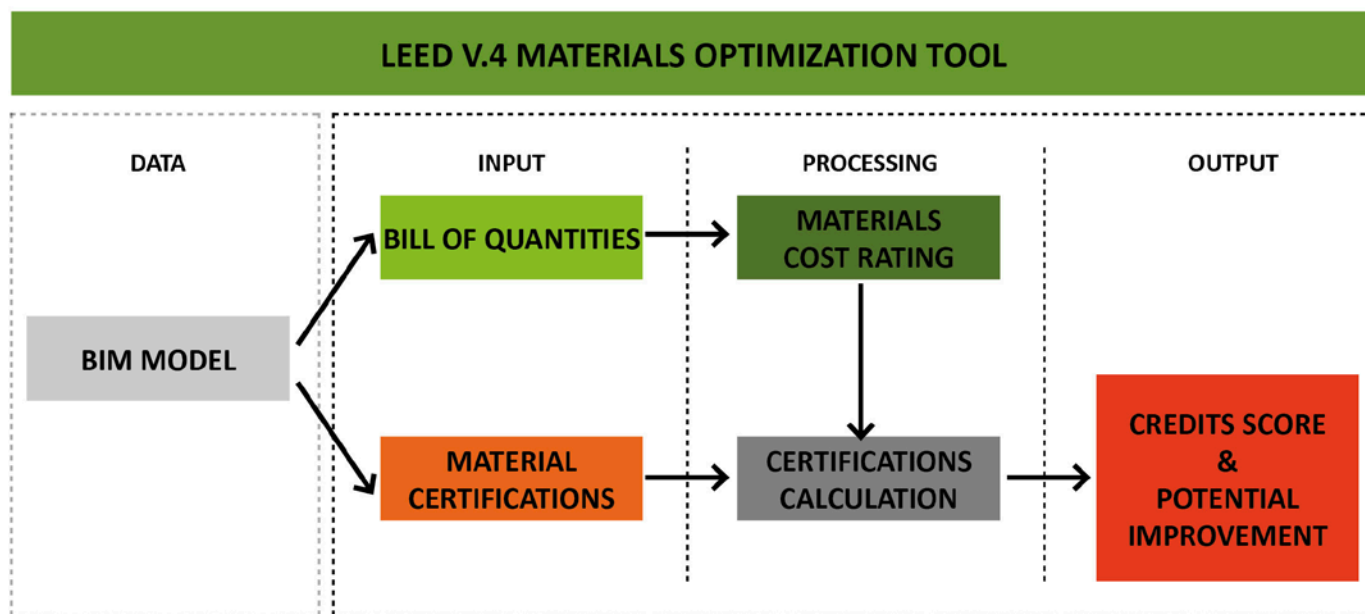
responsabili ed è verificata la presenza di un processo di ottimizzazione dei materiali o della loro catena produttiva in base al peso della certificazione stessa. Il parametro di distanza dalla fonte di estrazione, lavorazione e vendita viene applicato esclusivamente nelle opzioni 2. Nelle opzioni 1, il MSOT verifica il raggiungimento della soglia di 20 prodotti pesati, provenienti da 5 produttori diversi; in

caso di esito positivo evidenzia il raggiungimento del credito. Nelle opzioni 2 il MSOT verifica il raggiungimento del criterio di sostenibilità come percentuale del costo del materiale; in caso di esito positivo è evidenziato il raggiungimento dei crediti corrispondenti. Le opzioni 1 e 2 vengono combinate e si ottengono i crediti totali per ogni criterio, visualizzati nella sezione "Credits Score and Potential Improvement".

03 |



04 |



Il grafico a radar (Fig. 6) mostra il livello di sostenibilità dei materiali secondo i tre criteri: lo 0 corrisponde all'assenza di certificazioni, 10 al massimo delle certificazioni pesate che il progetto può potenzialmente ottenere.

Nel caso studio sono stati valutati i crediti ottenibili con i materiali inizialmente previsti dal progetto. Dal grafico a radar e dai valori relativi ai 3 criteri, è possibile notare che le certificazioni necessarie per ottenere i crediti relativi alle opzioni 1, basate sul numero di prodotti, sono ridotte, mentre vi è un ampio margine di miglioramento per il raggiungimento delle opzioni 2, basate sul valore pesato dei materiali all'interno del progetto. Per tale motivo è stato scelto di sostituire i materiali con maggior impatto sul costo e più facilmente reperibili ad una distanza inferiore a 160 km.

I materiali ottimizzati sono 3 riguardanti il cartongesso dei controsoffitti e delle pareti per il criterio Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD), 1 riguardante gli infissi in alluminio per la Provenienza delle materie prime, e 3 riguardanti le porte, la carpenteria interna di finitura e le pareti in calcestruzzo armato riguardante gli Ingredienti. A seguito di tale modifica è possibile notare che i valori relativi alle opzioni 2 sono aumentati notevolmente e vi è una parziale miglioria dei valori relativi alle opzioni 1. Nella Figura 6 è possibile osservare che nonostante i crediti siano stati raggiunti, vi è un ampio margine di miglioramento nella sostenibilità dei materiali.

Un ulteriore miglioramento in termini di rapidità di feedback si ottiene utilizzando un modello BIM del progetto. Uno degli aspetti caratterizzanti la tecnologia BIM è la possibilità di associare a un determinato elemento del progetto delle proprietà scelte dall'utente che possono poi essere estratte dal modello.

Nel nostro caso l'incidenza di un prodotto per il raggiungimento di un credito è calcolata in base al costo unitario moltiplicato per la quantità. Il processo prevede quindi l'inserimento in fase di modellazione del costo unitario dei prodotti all'interno delle proprietà della "famiglia" BIM (Fig. 7). Le quantità vengono poi estratte direttamente dal file progetto e si ottiene un abaco (Excel) con l'elenco dei materiali. Tale elenco può essere ordinato nel MSOT in funzione dell'incidenza per il raggiungimento dei crediti LEED.

Risultati

Il MSOT contiene l'elenco di tutti i materiali che partecipano al calcolo del punteggio complessivo e riporta la loro incidenza basata sul costo. Esso raccoglie i dati dal modello BIM (Revit Autodesk Inc., 2018) e li elabora fornendo il punteggio LEED relativo ai materiali per ciascuna delle ipotesi considerate; viene inoltre visualizzato il margine di miglioramento della sostenibilità dei materiali.

Ciò consente di orientare la scelta verso la soluzione più performante e con il massimo punteggio. Dal grafico (Fig. 6) è possibile notare che la possibilità di miglioramento delle opzioni 2 è maggiore di quelle delle opzioni 1, nonostante il margine per ottenere il numero massimo di crediti non rispecchi quest'ampiezza. Ciò è dovuto a 2 fattori:

1. Nelle opzioni 1, in questo caso, il minimo numero dei prodotti necessari per raggiungere il massimo dei punti (ovvero 20) è vicino al numero dei prodotti presenti nel progetto (32);
2. Nelle opzioni 2 la soglia della percentuale di materiali con EPD è il 50% mentre la percentuale dei prodotti la cui provenienza delle materie prime o i cui ingredienti dei sono certi-

MENU MATERIAL CERTIFICATIONS | 05

ID NUMBER	MATERIAL	EXTRACTION, MANUFACTURE AND PURCHASE DISTANCE (km)	STRUCTURE OR ENCLOSURE MATERIAL	ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS		SOURCING OF RAW MATERIALS						MATERIAL INGREDIENTS	
				OP.1/2-EPD		OP.1- RAW MATERIAL SOURCE AND EXTRACTION REPORTING	OP.2- EXTENDED PRODUCER RESPONSIBILITY	OP.2- BIO-BASED MATERIALS	OP.2- WOOD PRODUCTS	OP.2- MATERIALS REUSE	OP.2- RECYCLED CONTENT	OP.1- MATERIALS INGREDIENT REPORTING	OP.2- MATERIALS INGREDIENT OPTIMIZATION OR PRODUCT MANUFACTURER SUPPLY CHAIN
				OP 1. Type	OP. 2 Third Party Certification Program	Type	Percent Extended Producer Responsibility (%)	Percent Meeting Sustainable Agriculture Standard (%)	Percent FSC certified (%)	Percent Reused (%)	Percent Pre and Post-Consumer (%)	Type	Type
ID01	ALUMINUM WINDOWS	100	Yes	Industry Wide	Yes	No certification	5,00%	0,00%	0,00%	10,00%	40,00%	Cradle to Cradle	GreenScreen v1.2 List Assessment
ID04	STRUCTURAL STEEL FRAMING	500	Yes	Product Specific Type III	No	Manufacturer declared	1,00%	0,00%	0,00%	1,00%	4,00%	Cradle to Cradle	No certification
ID05	STRUCTURAL STEEL FRAMING	850	Yes	Product Specific Type III	No	Manufacturer declared	1,00%	0,00%	0,00%	2,00%	5,00%	Cradle to Cradle	No certification
ID06	ALUMINUM FRAMES + INTERIOR FINISH CARPENTRY	100	No	No certification	No	Third Party Verified	3,00%	0,00%	0,00%	5,00%	30,00%	Health Product Declaration	No certification
ID12	CAST-IN-PLACE CONCRETE + STRUCTURAL STEEL FRAMING	450	Yes	Product Specific Type III	No	Manufacturer declared	2,00%	0,00%	0,00%	2,00%	15,00%	No certification	No certification

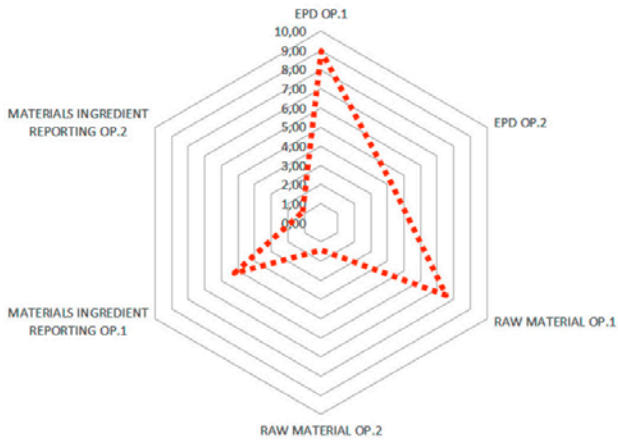
06 |

MATERIALI BASE

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION	
OPTION 1 - ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION	
Weighted number of products with EPD (min. 20)	18
OPTION 2 - MULTI-ATTRIBUTE OPTIMIZATION	
Sustainable criteria value as a percentage of material cost (min 50%)	32,48%
CREDITS	0

SOURCING SOURCE AND EXTRACTION REPORTING	
OPTION 1 - RAW MATERIAL SOURCE AND EXTRACTING REPORT	
Weighted number of products with raw material source and extraction reports (min. 20)	19
OPTION 2 - LEADERSHIP EXTRACTION PRACTICES	
Sustainable criteria value as a percentage of material cost (min 25%)	23,69%
CREDITS	0

MATERIALS INGREDIENTS	
OPTION 1 - MATERIAL INGREDIENT REPORTING	
Weighted number of products meeting material ingredients reporting requirements (min. 20)	17
OPTION 2 - LEADERSHIP EXTRACTION PRACTICES	
Sustainable criteria value as a percentage of material cost (min 25%)	18,99%
CREDITS	0

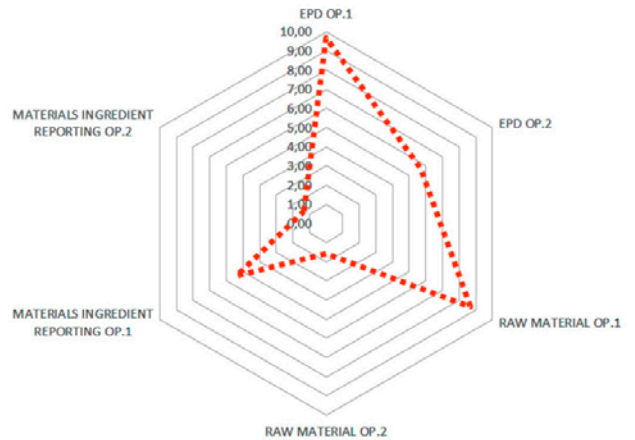


MATERIALI IMPLEMENTATI

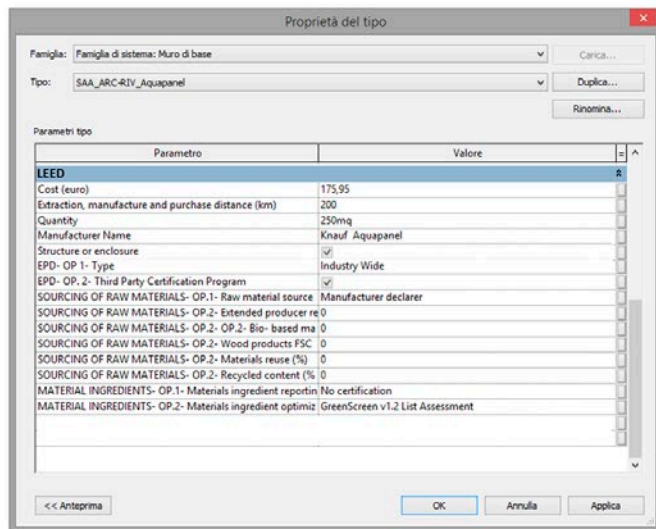
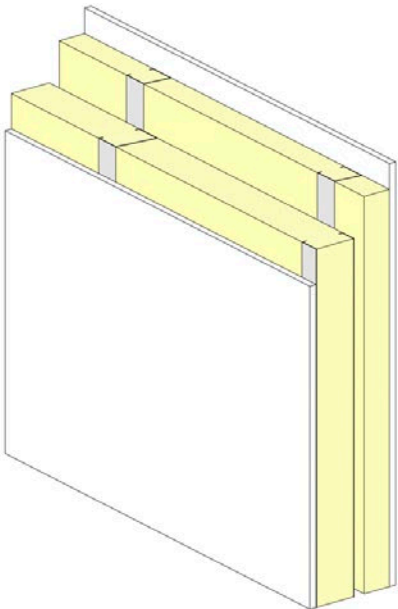
ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION	
OPTION 1 - ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION	
Weighted number of products with EPD (min. 20)	20
OPTION 2 - MULTI-ATTRIBUTE OPTIMIZATION	
Sustainable criteria value as a percentage of material cost (min 50%)	71,35%
CREDITS	2

SOURCING SOURCE AND EXTRACTION REPORTING	
OPTION 1 - RAW MATERIAL SOURCE AND EXTRACTING REPORT	
Weighted number of products with raw material source and extraction reports (min. 20)	20
OPTION 2 - LEADERSHIP EXTRACTION PRACTICES	
Sustainable criteria value as a percentage of material cost (min 25%)	26,19%
CREDITS	2

MATERIALS INGREDIENTS	
OPTION 1 - MATERIAL INGREDIENT REPORTING	
Weighted number of products meeting material ingredients reporting requirements (min. 20)	20
OPTION 2 - LEADERSHIP EXTRACTION PRACTICES	
Sustainable criteria value as a percentage of material cost (min 25%)	25,78%
CREDITS	2



07 |



ficati è solo il 25% del totale, consentendo un ampio margine di ottimizzazione.

Le opzioni 1 non quantificano la sostenibilità relativa del progetto dato che si basano su un numero assoluto di certificazioni per tutti i progetti, senza tenere in considerazione la scala o la complessità dell'edificio, mentre le opzioni 2 invece sono direttamente correlate alla scala di progetto in quanto vengono quantificate tramite percentuali. Ciò dimostra che il protocollo LEED è flessibile nel raggiungimento dei crediti relativi alle opzioni 2, consentendo di adottare strategie diverse senza pregiudicare il livello raggiunto. Il risultato di questa procedura sta portando il caso di studio presentato verso il massimo punteggio del protocollo LEED v4: il livello Platinum.

Conclusioni

Un aspetto del processo di certificazione LEED è che le valutazioni avvengono "ex post". Ciò determina scelte progettuali tardive, con ricadute in termini di rilavorazione, allungamento dei tempi e incertezza del risultato. Il MSOT, unito all'uso del modello BIM dell'edificio, consente l'estrazione automatica della lista dei materiali più influenti ai fini del raggiungimento dei crediti. Valutando, in termini di percentuale, il contributo di ogni materiale rispetto al massimo raggiungibile, è possibile ottenere indicazioni durante lo sviluppo del progetto. Il LEED diventa così uno strumento d'indirizzo delle scelte progettuali anche per quanto riguarda la scelta dei materiali. L'implementazione sul caso di studio ha consentito inoltre di valutare:

- le differenze con la versione LEED precedente e le tendenze per i produttori;
- le strategie per ottenere il massimo punteggio LEED;
- le modalità d'interazione con il modello BIM.

Options 1 and 2 are combined and the total credits for each criterion are shown in the "Credits Score and Potential Improvement" output section.

The radar graph (Fig. 6) shows the materials sustainability according to the 3 criteria: 0 corresponds to the absence of certifications, 10 is the maximum certification score that the project can potentially obtain.

In the case study, the credits obtained with the design selected materials were initially evaluated. The radar graph and the values for the 3 criteria show that the certifications needed to obtain the highest credits score for Options 1, based on the number of products, are reduced, while there is a large room for improvement to achieve Options 2, based on the weighted value of the materials within the project.

For this reason, it has been decided to optimize the solution replacing the

materials that have the greatest impact on costs and that are available at less than 160 km.

The optimized materials are 3 for the false ceilings and walls plasterboard for the EPD criterion, 1 for aluminium frames for the sourcing of raw materials, and 3 materials for the doors, internal finishing carpentry and reinforced concrete walls for the Materials Ingredients. After this optimization, the Options 2 values increased significantly and there was a partial improvement of the Options 1 values.

Fig.6 shows that, even though credits have been achieved, there is a considerable material sustainability margin of improvement.

A further improvement in terms of feedback rapidity is achieved by using the BIM model. In fact, one of the aspects that characterize the BIM technology is the possibility to associate

Il limite più grande riscontrato nella sezione MR del protocollo LEED è che la burocratizzazione del sistema esclude i materiali non certificati e i produttori che non hanno le risorse per attestare la sostenibilità dei materiali adottati. Ulteriori sviluppi sono consigliabili nella proposta di una metodologia che includa questi prodotti e nella sua validazione tramite ulteriori casi studio.

SCHEDA PROGETTO GHELLA MEETING CENTER

Committente: Ghella spa

Località: Roma, via Borsieri 2

Anno: 2017 - in corso

Progetto Architettonico: Spaini Architetti Associati

Progetto Strutture: Pierrequadro

Progetto Impianti: Sequas

LEED consultant: Sinergi & Arch.Mabel Aguerre

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il committente i progettisti e i consulenti per aver concesso l'autorizzazione alla pubblicazione dei dati.

NOTE

¹ LEED for New Construction, for Existing Buildings, for Commercial Interiors, for Core and Shell, for Homes, for Neighborhood Development, for Schools, for Retail (USGBC, 2018).

² LEED Reference Guide for Building Design and Construction, p. 477.

³ in Italia il dato 2015 è 24,5% (ISPRA, 2017).

⁴ Tra i materiali provenienti da demolizioni la percentuale di riuso varia da un minimo del 60% per le plastiche fino al 85% per i materiali ferrosi e 87% per il vetro (ISPRA, 2017).

⁵ US Green Building Center è l'organizzazione che gestisce le certificazioni LEED.

data with a specific project element. In this research and in the LEED protocol, the product is weighted based on the material cost multiplied by the material quantity. Therefore, the process establishes the product cost insertion in the component BIM family (Fig. 7). The quantities are extracted directly from the BIM file and an abacus with the list of materials is obtained. This list is ordered in the MSOT according to the incidence on the cost and consequently on the LEED credits achievement.

Results

The MSOT contains a list of all the materials evaluated in the calculation of the overall score and shows their incidence based on cost. It collects data from the BIM model (Revit Autodesk Inc., 2018) and processes it by providing the LEED material score feedback for each of the considered alternatives.

It shows also the material sustainability potential improvement.

This allows directing the choices towards the highest performing and the highest scoring solution. Fig. 6 shows that the possibility of improving Options 2 is greater than Options 1, despite the margin to obtain the maximum number of credits does not reflect this amplitude. This is due to 2 factors:

1. in Options 1, in the case study, the lowest number of products needed to achieve the maximum number of credits (20) is close to the total amount of the project products (32);
2. in Options 2, the threshold of the materials that have EPD is 50% while the threshold of the sourcing of raw materials or materials ingredients is only 25%, allowing a high margin of materials sustainability improvement. The Option 1 does not quantify the sustainability of the project since it is

REFERENCES

- Alfredo, D. and Calquin, L. (2013), Automated Building Data Exchange between BIM and BPS Supporting Building Environmental Assessment Methods (BEAM), *Universidad de las Americas, Santiago, Chile Abstract What is the current state of the art ? What are the deficiencies?*, pp. 1329-1333.
- ARCOM (2014), *Master Format v. 2012*.
- Attia, S. (2011), *State of the art of existing early design simulation tools for net zero energy buildings: a comparison of ten tools*, pp. 1-45.
- Azhar, S., Carlton, W.A., Olsen, D. and Ahmad, I. (2011), Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis, *Automation in Construction*, No. 20, Vol. 2, pp. 217-224.
- Castro-Lacouture, D., Sefair, J.A., Flórez, L. and Medaglia, A.L. (2009), Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia, *Building and Environment*, No. 44, Vol. 6, pp. 1162-1170.
- Commission, E., From, C., Commission, T.H.E., The, T.O., Council, T.H.E., Economic, T. H.E.E., European Commission (2011), *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions*, Brussels, B.
- Crawford, R.H. and Czerniakowski, I. (2015), An early-stage design decision-support tool for selecting building assemblies to minimise a building's life cycle, *Living and Learning: Research for a Better Built Environment: 49th International Conference of the Architectural Science Association 2015*, pp. 457-466.
- Ellen MacArthur Foundation (2017), *Cities in the Circular Economy: An Initial Exploration, European Commission Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste, Final Report*.
- Ferreira, J., Pinheiro, M.D. and De Brito, J. (2014), Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis, *Energy and Buildings*, No. 69, pp. 451-463.
- ISPRA (2017), *ISPRA Rapporto Rifiuti Speciali*.
- Jalaei, F. and Jrade, A. (2014), Integrating Building Information Modeling (BIM) and energy analysis tools with green building certification system to conceptually design sustainable buildings, No. 19, pp. 494-519.
- Maltese, S., Moretti, N., Re Cecconi, F., Ciribini, A.L.C. and Kamara J.M. (2017), Un approccio semplificato per la valutazione di sostenibilità dell'ambiente costruito attraverso il BIM, *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, No. 13.
- Oduyemi, O. and Okoroh, M. (2016), Building performance modelling for sustainable building design, *International Journal of Sustainable Built Environment*, No. 5, Vol. 2, pp. 461-469.
- Revit Autodesk Inc. (2018), "Revit Family | BIM Software | Autodesk. Retrieved May 2, 2017", available at: <http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>.
- Sustainability - US EPA. (2018), "Retrieved May 2, 2017", from available at: <https://www.epa.gov/sustainability>.
- UNDP (2015), *Sustainable Development Goals*, 24.
- USGBC (2010), *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*.
- USGBC (2013), *LEED v4- Reference Guide for Building Design And Construction* (U.S. Green Building Council, Ed.), *U.S. Green Building Council*.
- USGBC (2018), "U.S. Green Building Council: LEED", available at: <https://new.usgbc.org>.
- Zanni, M.A., Soetanto, R. and Ruikar, K. (2014), Defining the sustainable building design process: methods for BIM execution planning in the UK, *International Journal of Energy Sector Management*, No. 8, Vol. 4, pp. 562-587.
- an absolute number for all the projects regardless of the size or the complexity while the option 2 is directed related to the project size since it is a percentage. Moreover, the LEED protocol is more flexible in reaching the credits related to Options 2, allowing the adoption of different strategies without compromise the reached level. This methodology is bringing the case study to the LEED v4 protocol's highest score: the Platinum level.
- Conclusions**
One aspect of the LEED certification process is that evaluations are carried out "ex-post". This a posteriori process results in late design choices, step-backwards, delays and results uncertainty. The MSOT, combined with the BIM model, allows identifying the most influential materials automatically, extracting them from the BIM model to reach the desired credits. Evaluating how much, in terms of percentage, each material contributes to the credit achievement compared to the maximum achievable, it is possible to have valuable indications during the design process. In this way, LEED becomes a tool that guides the design choices also regarding with the materials. The implementation of the case study also enabled the evaluation of:
- the differences with the previous LEED version and the producer's trends;
 - strategies to obtain the maximum LEED score;
 - how to interact with the BIM model.
- A considerable limit found in the MR LEED section is that the system bureaucratization excludes the non-certified materials and the manufacturers without resources to demonstrate the materials sustainability. Further developments are suggested related to a methodology that includes these situations and the validation of the tool through the test of it on additional case studies.
- PROJECT SHEET GHELLA MEETING CENTRE**
Clients: Ghella S.p.A.
Location: Rome, via Borsieri 2
Year: 2017 - on going
Architectural Project: Spaini Architetti Associati
Planning Project: Pierrequadro
Plant Project: Sequas
LEED consultant: Sinergi & Arch.Mal-bel Aguerre
- ACKNOWLEDGEMENTS**
The authors thank the client, the designers and the consultants for having granted permission to publish the data.

NOTES

¹ LEED for New Construction, for Existing Buildings, for Commercial Interiors, for Core and Shell, for Homes, for Neighborhood Development, for Schools, for Retail (USGBC, 2018).

² LEED Reference Guide for Building Design and Construction, p. 477.

³ In Italy in 2015 è 24,5% (ISPRA, 2017).

⁴ Among demolition materials, the reuse rate varies from a minimum of 60% for plastics to 85% for ferrous materials and 87% for glass (ISPRA, 2017).

⁵ The US Green Building Centre is the organization that manages LEED certifications.