

Monica Lavagna^a, Alessandra Bessi^b, Andrea Meneghelli^c, Paola Moschini^d,

^a Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

^b Manens-Tifs S.p.A., Italia

^c Lombardini22, Italia

^d Macro Design Studio, Italia

monica.lavagna@polimi.it

verona@manens-tifs.it

a.meneghelli@l22.it

paola.moschini@macrodesignstudio.it

Abstract. Il saggio restituisce un quadro di come il tema ambientale venga declinato nel progetto esecutivo nell'attuale prassi italiana e internazionale, con particolare attenzione all'influenza sulla scelta di soluzioni costruttive e materiche, basandosi, oltre che sulla letteratura scientifica, sull'esperienza diretta di alcuni studi di progettazione italiani fortemente orientati all'integrazione degli aspetti ambientali nel progetto. Si basa inoltre su esperienze raccolte in tavoli di lavoro composti da stakeholders di settore¹.

Vengono in particolare messi in evidenza criticità e ostacoli, possibilità di miglioramento e vantaggi conseguiti da una progettazione esecutiva capace di integrare gli aspetti ambientali, delineando le attuali (e possibili future) competenze professionali e gli strumenti.

Parole chiave: Progettazione integrata; Building Information Modeling (BIM); Life Cycle Assessment (LCA); Green Building Rating Systems; Criteri Ambientali Minimi (CAM) nel Green Public Procurement (GPP).

Rilevanza della dimensione ambientale e meccanismi d'incentivo

L'attenzione sempre crescente per la dimensione ambientale è sollecitata dalla volontà di conseguire la certificazione

ambientale di edificio (es. LEED) oppure di soddisfare i Criteri Ambientali Minimi (CAM) nell'ambito del Green Public Procurement (GPP).

Da alcuni anni la domanda di edifici con certificazioni di sostenibilità rilasciate da ente terzo, quali LEED, BREEAM, WELL e Living Building Challenge, sta orientando il mercato delle costruzioni (Fig. 1), per lo più il settore terziario. In quest'ambito infatti i committenti richiedono ai progettisti la realizzazione di un edificio certificato LEED-Gold, come un requisito base al fine di avere un bene che si affitti o si vende meglio, con un aumento del valore fino all'11% (Rebuild, 2018), e in minor tempo, poiché garanzia di riduzione dei costi di gestione (fino al 14%) e di

migliore qualità di vita dei suoi occupanti (McGraw-Hill Construction, 2008).

I criteri ambientali di LEED hanno costituito un traino per il settore, imponendo ai produttori un forte rinnovamento nella direzione della sostenibilità per poter rimanere competitivi e ai progettisti un forte aggiornamento di competenze (con lo sviluppo anche di nuove figure professionali).

In Italia, a questo percorso volontario e legato a meccanismi di mercato, si è recentemente affiancato un percorso cogente: il DM 11 ottobre 2017 ha reso i CAM obbligatori per tutti gli appalti pubblici². Anche questa azione ha attivato il mercato a un rinnovamento nella direzione ambientale, peraltro con indirizzi in linea con quelli dei protocolli, essendo i criteri molto simili, ma con la differenza di non essere su base volontaria. Mentre i meccanismi di mercato e la competitività costituiscono un motore che spinge all'innovazione, i requisiti cogenti tendono a essere percepiti da professionisti, imprese e in generale dagli stakeholder della filiera dell'edilizia pubblica italiana come una imposizione da soddisfare. Non vi è un aumento di valore del bene sul mercato, in quanto bene pubblico; inoltre non vi è un riconoscimento dello sforzo fatto dal professionista o dall'impresa per progettare e costruire secondo i criteri di sostenibilità.

Il fatto che i due strumenti (protocolli e CAM) agiscano in due mercati diversi (privato e pubblico), porta nel primo caso a proiettarsi in avanti alzando l'asticella e nel secondo caso a limitarsi a superare l'asticella senza fare nulla di più. Nel primo caso la filiera cresce e nuove professioni entrano nel mercato attraverso

The environmental dimension of detailed design. Experiences and future perspectives

Abstract. The essay gives an overview about the way the environmental theme is declined in detailed design in the current Italian and international practice, with particular attention to the influence on the choice of constructive and material solutions, based on a literature review, as well as on the direct experience of some Italian design studios strongly oriented to the integration of environmental aspects into the project. It is also based on experiences gathered in working group composed by sector stakeholders¹.

In particular, criticalities and obstacles, possibilities for improvement and advantages achieved by a detailed design capable of integrating environmental aspects are highlighted, outlining the current (and possible future) professional skills and tools.

Keywords: Integrated design; Building Information Modeling (BIM); Life Cycle

Assessment (LCA); Green Building Rating Systems; Minimum Environmental Criteria (CAM) in Green Public Procurement (GPP).

The relevance of the environmental dimension and incentive mechanisms

The ever-increasing attention to environmental dimension is prompted by the desire to achieve the environmental certification of the building (e.g. LEED) or to satisfy the Minimum Environmental Criteria (CAM) in the Green Public Procurement (GPP).

For some years now the demand for buildings with sustainability certifications issued by third parties, such as LEED, BREEAM, WELL and Living Building Challenge, is steering the construction market (Fig. 1), mostly the tertiary sector. In this context, in

fact, clients require designers to build a LEED-Gold certified building, as a basic requirement in order to have a property that is rented or sold better, with an increase in the value up to 11% (Rebuild, 2018), and in less time, as a guarantee of reduction of operating costs (up to 14%) and better quality of life for its occupants (McGraw-Hill Construction, 2008).

The environmental criteria of LEED have been a driving force for the sector, imposing on manufacturers a strong renewal in the direction of sustainability in order to remain competitive and on designers a strong updating of skills (with the development also of new professional figures).

In Italy, this voluntary path linked to market mechanisms has recently been accompanied by a binding path: the Ministerial Decree of 11 October 2017 has made the CAM mandatory for all

i green jobs, il mercato diventa florido e i livelli di sostenibilità premiano l'investitore; nel secondo invece l'imposizione limita l'innovazione e si tende sempre al 'ribasso' delle prestazioni e alla ricerca di risposte da poter replicare da progetto a progetto, rispondendo ai criteri meccanicamente. Per esempio la figura del professionista accreditato, esperto ambientale, è richiesta (non obbligatoriamente) sia nei protocolli sia nei CAM, dove sono previsti punti premiali³, però chi vuole ottenere la certificazione ambientale integra effettivamente il consulente per orientare le scelte, invece nel caso dei CAM viene spesso semplicemente incaricato per ottenere i punti premiali, senza un effettivo coinvolgimento nel progetto.

Nello stesso tempo occorre sottolineare che la capacità di penetrazione dei temi ambientali legata alla sola premialità in ambito privato rischia di non fare la differenza nei numeri che muove. Invece la pervasività di ciò che è cogente, che viene applicato in maniera diffusa, porta l'intero mercato a muoversi. "Attrezzarsi" per poter partecipare alle gare di appalto pubbliche costituisce oggi un ulteriore stimolo per gli operatori, che guardano ai CAM con molta attenzione.

Inoltre, grazie ai CAM, il settore pubblico sta facendo uno sforzo epocale per raggiungere un obiettivo ambizioso, nonostante la carenza di competenze specifiche del personale. Purtroppo le Pubbliche Amministrazioni hanno difficoltà ad applicare i criteri ambientali nella redazione dei bandi e non sono in grado di valutare l'applicazione dei criteri nei progetti, a differenza delle certificazioni come LEED, che si basano su una verifica di parte terza indipendente accreditata. Però imporre un'attenzione a questi temi in ambito pubblico potrà nel tempo portare grandi benefici, sia nella formazione del personale delle Pubbliche Am-

public tenders². Also this action has activated the market to a renewal in the environmental direction, moreover with addresses in line with those of the protocols, being the criteria very similar, but with the difference of not being on a voluntary basis. While market mechanisms and competitiveness constitute a driving force for innovation, the mandatory requirements tend to be perceived by professionals, companies and in general by the stakeholders of the Italian public building supply chain as an imposition to be met. There is no increase in the value of the asset on the market, as a public good; moreover, there is no recognition of the effort made by the professional or the company to design and build according to sustainability criteria.

The fact that the two instruments (protocols and CAM) act in two different markets (private and public), leads in

the first case to the project raising the bar and in the second case to the project being limited to achieve the minimum standard without doing nothing more. In the first case the supply chain grows and new professions enter the market through green jobs, the market becomes flourishing and the levels of sustainability reward the investor; in the second, contrariwise, impositions limit innovation and the objective is the "discount" of performance and the search for answers that can be replicated from project to project, responding to the criteria mechanically. For example, the figure of an accredited professional, as environmental expert, is required (not mandatorily) both in the protocols and in the CAM, where reward points are provided³, but those who want to obtain environmental certification actually integrate the consultant to guide the choices, instead

in the case of CAM it is often simply commissioned to obtain the reward points, without an actual involvement in the project.

At the same time, it must be emphasized that the ability, in the private sphere, to penetrate environmental issues linked only to rewarding, risks not making the difference in the numbers that it moves. Instead, the pervasiveness of what is mandatory, which is applied in a widespread manner, leads the entire market to move. "Equipping themselves" to take part in public tenders is now a further incentive for operators, who look at CAM very carefully.

Moreover, thanks to CAM, the public sector is making an epochal effort to reach an ambitious goal, despite the lack of specific skills of the staff. Unfortunately, Public Administrations have difficulty in applying the environ-

mental criteria in the drafting of tenders and in evaluating the application of the criteria to the projects, unlike the certifications such as LEED, which are based on an independent accredited third party verification. However, imposing attention on these issues in the public sphere may in time bring great benefits, both in the training of public administration personnel and in raising awareness among users of the buildings themselves.

The environmental criteria and the increase in the number of performance parameters to be evaluated

During the definition of the materials/products and the construction solutions in the detailed phase of the project, the traditional performance parameters (thermal, acoustic, fire resistance, etc.) can be discriminating for the choice of material, in order to com-

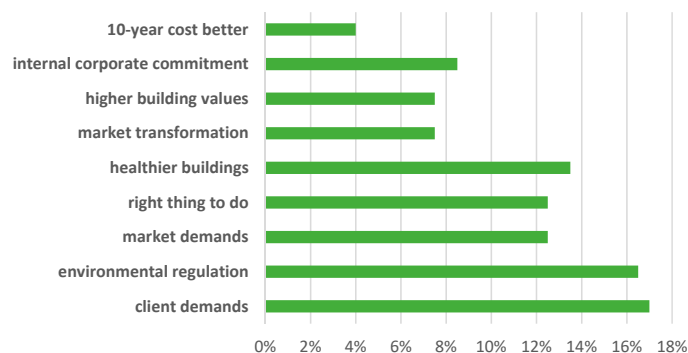
ministrations, sia nella sensibilizzazione degli utenti degli edifici stessi.

I criteri ambientali e l'incremento del numero di parametri prestazionali da valutare

Durante la definizione dei materiali/prodotti e delle soluzioni costruttive nella fase esecutiva del progetto, i tradizionali parametri prestazionali (termici,

acustici, di resistenza al fuoco, ecc.) possono essere discriminanti per la scelta di un materiale, al fine di rispettare i requisiti imposti dalla legislazione vigente. I criteri ambientali contenuti nei protocolli e nei CAM vengono applicati da operatori attenti agli orientamenti attuali e che fanno del tema ambientale un elemento di competitività e differenziazione sul mercato.

Solo di recente, si sta affermando nell'ambito della progettazione una maggiore conoscenza delle certificazioni ambientali di prodotto, come le EPD (Environmental Product Declaration) e le HPD (Health Product Declaration), creando una domanda di informazioni ambientali che attiva gli ulteriori operatori della filiera edilizia, ossia i produttori, che sono molto attenti alle informazioni richieste sia dai protocolli sia dai CAM, per non perdere competitività. Per esempio il semplice inserimento delle EPD sia in LEED v.4 sia nei CAM ha immediatamente attivato



in Italia i produttori a dotarsi di tale certificazione, che è sempre più diffusa.

Tuttavia la crescita delle informazioni comporta un maggiore impegno richiesto ai progettisti nella fase di decisione. L'ampliersi dei parametri in gioco al momento della scelta materica e costruttiva rende complessa la fase di scelta e pone la necessità di individuare strumenti di supporto alla decisione finale. In particolare emerge la necessità di valutazioni multicriteria (Fig. 2), sia tra prestazioni tecniche differenti, ma anche tra criteri ambientali differenti.

Infatti spesso l'esito di una comparazione ambientale tra materiali alternativi non porta a individuare con facilità la soluzione a più basso impatto ambientale, poiché il profilo ambientale migliore cambia a seconda dell'indicatore di impatto ambientale (Fig. 3). Per esempio, il prodotto A può essere migliore del prodotto B su alcuni indicatori o criteri ambientali (es. Global Warming Potential e materie prime rinnovabili) e il prodotto B può risultare migliore del prodotto A rispetto ad altri indicatori o criteri ambientali (es. Acidificazione e contenuto di riciclato).

Ad oggi non esistono metodologie o strumenti decisionali condivisi e diffusi su larga scala, ma la decisione dipende dalla sensibilità dei progettisti e/o costruttori. Perciò il ruolo dello specialista

di sostenibilità ambientale è un ruolo chiave, come lo sarà sempre di più quello dello specialista LCA.

Tra tutte le prestazioni, negli ultimi tempi sta crescendo l'interesse nei confronti della durabilità (reference service life) dei prodotti, quale elemento importante da considerare e che può cambiare profondamente l'esito di valutazioni comparative (soprattutto ambientali) tra alternative tecniche. In genere nelle EPD si dichiara la durata di 50 anni, a causa della assenza di normative specifiche per la definizione della durata dei prodotti (persino nella marcatura CE). Anche la durata dell'edificio varia da studio a studio per l'assenza di un'assunzione stabilita in maniera armonizzata (le norme internazionali sul service life planning, elaborate dall'ISO/TC 59 SC14, riguardano procedure teoriche di previsione della durata, mentre occorrono valori di riferimento condivisi).

La quantità di variabili da gestire è dunque elevata e l'inserimento di criteri ambientali richiede un'attenzione fin dalle fasi di concept. In fase preliminare viene però applicata semplicemente una pre-verifica della potenziale applicabilità e soddisfacimento dei criteri ambientali, mentre è solo nella fase esecutiva che si ha una verifica effettiva dei criteri. La fase esecutiva (legata anche alla definizione di requisiti per la gara d'appalto) è centrale rispetto a: ottimizzazione delle quantità di materiale utilizzato in

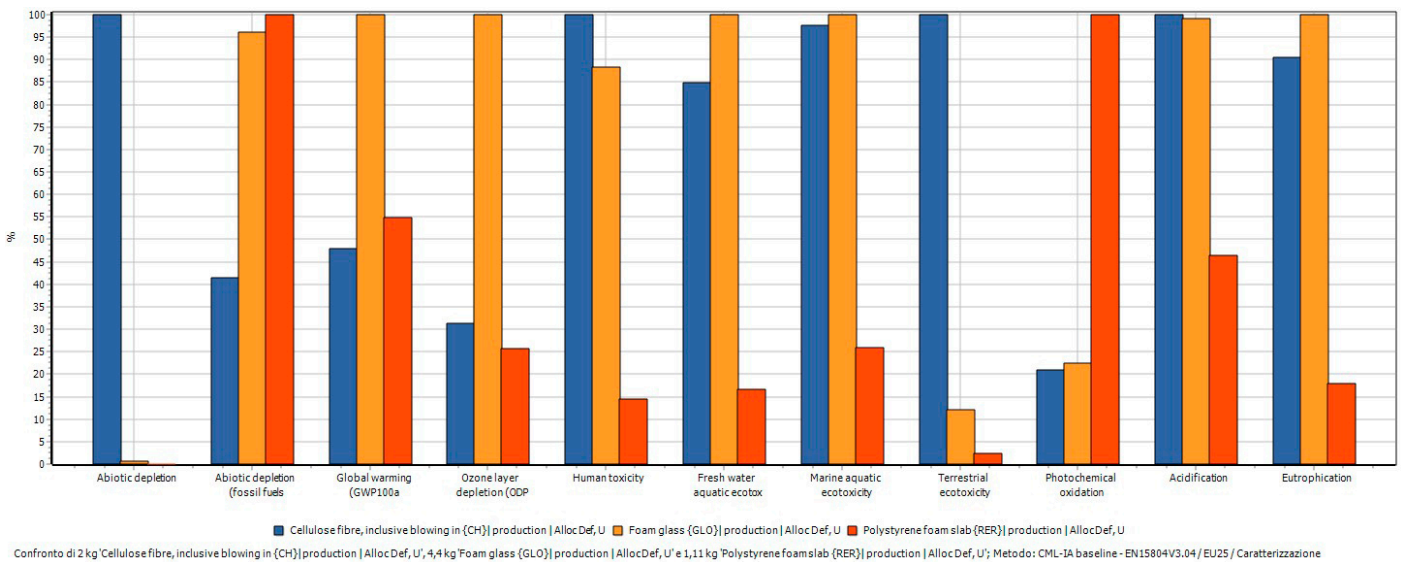
02 |

	THERMAL CONDUCTIVITY	SPECIFIC HEAT CAPACITY	DENSITY	VAPOUR PERMEABILITY	EMBODED ENERGY	EMBODED ENERGY
External Wall insulation system*	W/mK	kg.K	kg/m3	Y/N	MJ/UF	MJ/kg
Option 1. EPS	0,036	1300	23	N	71,77	88,60
Option 2. Cellulose	0,035	2020	30	Y	0,99	0,94
Option 3. Wood Wool	0,038	2100	50	Y	20,52	10,80
Option 4. Glass Mineral Wool	0,035	1030	30	Y	29,40	28,00
Option 5. Aerogel	0,014	1000	150	N	111,30	53,00

Option 1. EPS	0,1154	0,1745	0,0796	0,0500	0,1400
Option 2. Cellulose	0,1346	0,2711	0,1062	0,3000	0,3101
Option 3. Wood Wool	0,0769	0,2819	0,1770	0,3000	0,2632
Option 4. Glass Mineral Wool	0,1346	0,1383	0,1062	0,3000	0,2418
Option 5. Aerogel	0,5385	0,1342	0,5310	0,0500	0,0449

MULTICRITERIA ANALYSIS						OVERALL PERFORMANCE
Design priority - Case a	0,30	0,20	0,10	0,25	0,15	
Option 1. EPS	0,0346	0,0349	0,0080	0,0125	0,0210	0,11
Option 2. Cellulose	0,0404	0,0542	0,0106	0,0750	0,0465	0,23
Option 3. Wood Wool	0,0231	0,0564	0,0177	0,0750	0,0395	0,21
Option 4. Glass Mineral Wool	0,0404	0,0277	0,0106	0,0750	0,0363	0,19
Option 5. Aerogel	0,1615	0,0268	0,0531	0,0125	0,0067	0,26

Design priority - Case b	0,10	0,10	0,25	0,25	0,30	
Option 1. EPS	0,0115	0,0174	0,0199	0,0125	0,0420	0,10
Option 2. Cellulose	0,0135	0,0271	0,0265	0,0750	0,0930	0,24
Option 3. Wood Wool	0,0077	0,0282	0,0442	0,0750	0,0789	0,23
Option 4. Glass Mineral Wool	0,0135	0,0138	0,0265	0,0750	0,0725	0,20
Option 5. Aerogel	0,0538	0,0134	0,1327	0,0125	0,0135	0,23



relazione agli obiettivi prestazionali; scelta di materiali dotati di certificazione ambientale (es. EPD), a minor impatto e riciclati; scelta del fornitore e del luogo di approvvigionamento (materiali locali); scelta di soluzioni costruttive prefabbricate e reversibili. Spesso addirittura la verifica viene demandata alla fase realizzativa di cantiere, ossia al costruttore. Infatti gli effettivi fornitori (e dunque le caratteristiche dei prodotti effettivi) vengono definiti dal costruttore. Il progetto esecutivo definisce le specifiche tecniche (verificate in base alla effettiva reperibilità di prodotti con quelle caratteristiche), ma senza vincolare a un prodotto commerciale. Chiaramente se la prospettiva futura è quella di orientarsi verso un'informazione di maggior dettaglio e l'applicazione sempre più estesa del BIM, proprio per la possibilità di associare le informazioni prestazionali del prodotto all'oggetto,

nei progetti BIM esecutivi sarà possibile associare gli oggetti a prodotti effettivi. La verifica di criteri ambientali, come il contenuto di riciclato o le emissioni di VOC o la reperibilità locale, non consente più di usare categorie materiche, ma impone di selezionare prodotti specifici dotati delle caratteristiche volute.

Competenze, integrazioni multidisciplinari e gestione della complessità delle informazioni

La fase del progetto esecutivo richiede oggi il controllo e la gestione di una crescente quantità e complessità di flussi informativi e l'interazione di un numero crescente di specialismi e competenze, tra cui quelle ambientali, richiedendo un cambiamento nelle modalità di gestione degli studi di progettazione (Dalla Valle *et al.*, 2016). In questo qua-

ply with the requirements imposed by current legislation. Environmental criteria contained in the protocols and in the CAM are applied by operators attentive to current trends and who make the environmental issue an element of competitiveness and differentiation on the market. Only recently, a greater knowledge of environmental product certifications, such as EPD (Environmental Product Declaration) and HPD (Health Product Declaration), is emerging in the design field, creating a demand for environmental information that activates the other operators of the construction supply chain, i.e. manufacturers, which are very attentive to the information required by both the protocols and the CAMs, in order not to lose competitiveness. For example, the simple insertion of EPDs both in LEED v.4 and in CAM has immediately activat-

ed in Italy the manufacturers to adopt this certification, which is increasingly widespread. However, the growth of information entails a greater commitment required of designers in the decision phase. The widening of the parameters in play at the time of the selection of material and constructive solutions makes the choice phase complex and raises the need to identify support tools for the final decision. In particular, the need for multi-criteria evaluations (Fig. 2) emerges, both among different technical performances, but also among different environmental criteria. In fact, the outcome of an environmental comparison between alternative materials often does not lead to easy identification of the solution with the lowest environmental impact, since the best environmental profile changes according to the envi-

ronmental impact indicator (Fig. 3). For example, product A can be better than product B on some indicators or environmental criteria (e.g. Global Warming Potential and renewable raw materials) and product B can be better than product A compared to other indicators or environmental criteria (e.g. acidification and recycled content). To date, there are no shared and widely used methodologies or decision-making tools on a large scale, but the decision depends on the sensitivity of the designers and/or builders. Therefore, the role of the environmental sustainability specialist is a key role, as will be the role of the LCA specialist. Among all performance criteria, interest in the durability (reference service life) of products is growing in recent times, as an important element to consider and that can profoundly change the outcome of comparative assess-

ments (especially environmental) among technical alternatives. Generally, in the EPDs the duration of 50 years is declared, due to the absence of specific regulations for the definition of the durability of the products (even in CE marking). Also the duration of the building vary from study to study due to the absence of a harmonized assumption (international standards on service life planning, developed by ISO/TC 59 SC14, concern theoretical procedures for predicting duration, while shared reference values are needed). The quantity of variables to be managed is therefore high and the inclusion of environmental criteria requires attention from the concept phases. In the preliminary phase, however, simply a pre-verification of the potential applicability and satisfaction of the environmental criteria is applied, while

dro emergono nuovi profili professionali, tra cui lo specialista dei materiali, il consulente ambientale e il BIM manager/coordinatore.

Nei casi di interventi di ridotta complessità, la dimensione ambientale viene in genere verificata dai consulenti energetici, vista l'incidenza spesso elevata dei temi energia e acqua, che si correlano a scelte impiantistiche. Anche se la scelta dei materiali è di sempre maggior rilievo e richiede competenze specifiche. Nei casi in cui il progetto è più complesso, la sostenibilità è affidata a un professionista esperto (LEED AP, BREEAM AP, WELL AP), che può essere un consulente esterno oppure integrato nella struttura di progettazione, se di grandi dimensioni.

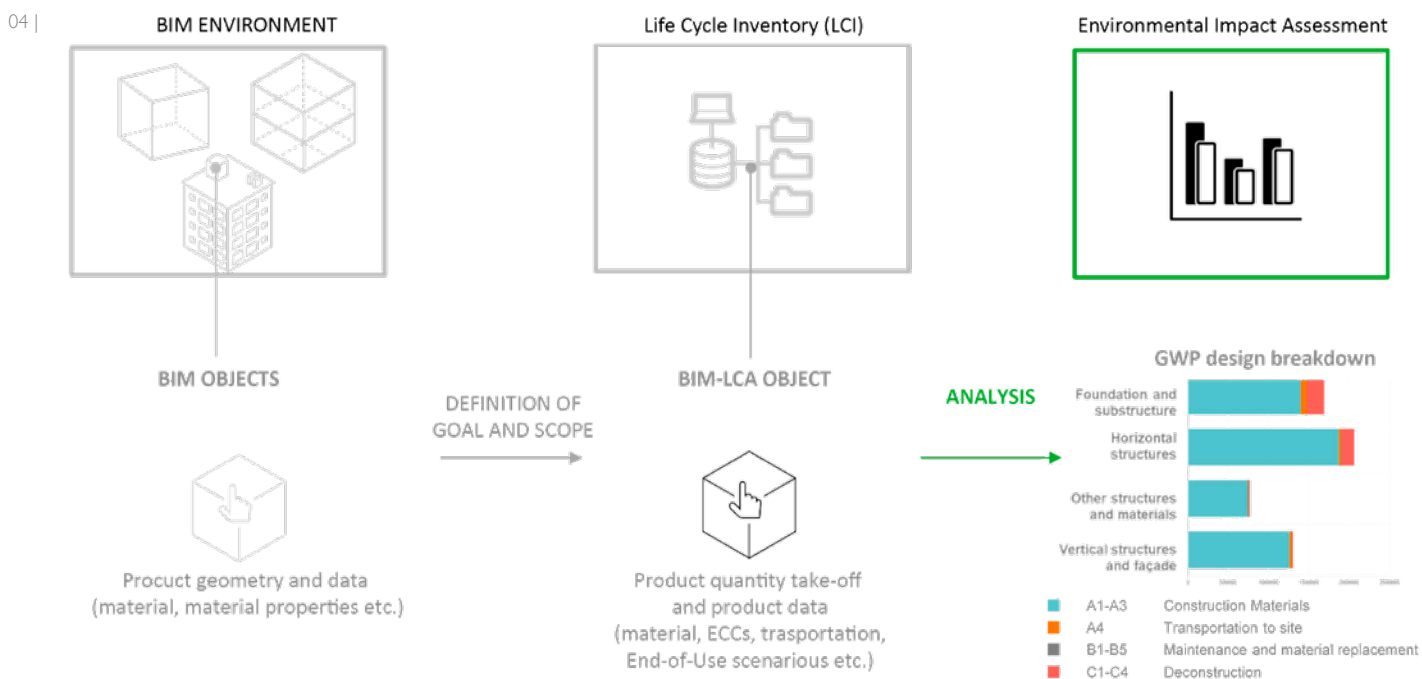
L'interazione di così tante figure e informazioni richiede l'introduzione di strumenti di gestione del progetto e delle informazioni. Il BIM costituisce uno strumento molto importante per il controllo della dimensione ambientale del progetto, grazie alla potenzialità di associare agli elementi costruttivi e ai materiali informazioni ambientali in genere gestite da differenti operatori (Fig. 4).

L'iniziale difficoltà di interfacciarsi con un ambiente BIM, le difficoltà intrinseche di interoperabilità tra le diverse case software, la discordanza nella definizione del contenuto informativo e la perdita di informazione tra i diversi attori coinvolti sono tra le principali limitazioni a questo processo ideale. Ma la necessità di un metodo efficiente per gestire la crescente complessità durante il ciclo di vita spinge alla ricerca di un processo capace di organizzare e gestire il flusso di informazioni.

L'adozione del "green BIM", anche a supporto della certificazione ambientale, si è fortemente estesa negli ultimi anni (Wong and Zhou, 2015). Il BIM contribuisce a ottimizzare, in fase preliminare, l'orientamento e forma dell'edificio, il rapporto tra pareti e finestre, gli apporti solari e, in fase esecutiva, l'illuminazione naturale, la gestione dell'acqua, le prestazioni energetiche e le scelte impiantistiche, la sostenibilità dei materiali (Krygiel and Nies, 2008). Questi ultimi aspetti richiedono l'utilizzo di software che rendono fondamentale mappare i parametri e i dati da condividere per garantire un'interoperabilità senza perdita di informazioni, così come è fondamentale la scelta degli strumenti più adeguati per garantire risultati affidabili.

La verifica dei criteri ambientali e la rispondenza del progetto a determinati requisiti dei diversi protocolli di sostenibilità può avvenire tramite un processo collaborativo, in cui si possono sviluppare degli specifici flussi di lavoro per garantire che i criteri ambientali trovino una rispondenza nelle caratteristiche prestazionali del progetto esecutivo.

Un ambiente BIM è costituito da diversi modelli gestiti separatamente dai diversi specialisti (come database collegati): dunque esistono vari modelli in relazione alle diverse discipline coinvolte, e i modelli sono linkati tra loro in modo da costruire un unico ambiente di condivisione di tutte le informazioni. Le modifiche avvengono in contemporanea, ma ognuno è proprietario solo del modello della propria disciplina. Questa modalità di lavoro consente di rendere immediatamente visibili le interferenze e di



gestire le informazioni. È un approccio di natura bidirezionale: da una parte è fondamentale avere il controllo di quanto e come le disposizioni progettuali influenzino gli aspetti inerenti la sostenibilità; dall'altra è opportuno avere la possibilità di effettuare modifiche condivise e coordinate delle scelte progettuali.

Per le analisi ambientali diventa fondamentale definire quali siano le proprietà necessarie e come poterle reperire per includerle nel modello BIM. Da qui emerge l'importanza del BIM manager/coordinator.

Il BIM manager gestisce le modalità di organizzazione del BIM per tutto l'ufficio (standard di gestione del processo), mentre il BIM coordinator gestisce le modalità di organizzazione del BIM in relazione al singolo progetto (compresi i flussi informativi relativi alle strategie ambientali, in coordinamento con il professionista ambientale accreditato o in autonomia qualora ne abbia le competenze). Infatti non esiste un'unica modalità di gestione del BIM, ma ogni studio organizza il proprio standard di qualità e le proprie linee guida. Il come il BIM viene usato e il come si evolva il suo uso nel tempo, varia da studio a studio, e fa in qualche modo parte del know-how del singolo studio. Ci sono dunque studi che stanno investendo nella costruzione di modalità di gestione delle informazioni per facilitare la risposta ai criteri ambientali e che di progetto in progetto aumentano la propria conoscenza e la capacità di gestire le scelte, in relazione alle specificità di ogni progetto.

Gli strumenti di verifica della dimensione ambientale

Il continuo proliferare di strumenti diversi e focalizzati su indicatori e aspetti diversi, sia alla scala dell'edificio sia alla scala del prodotto edilizio, rischia di disorientare il progettista.

it is only in the detailed phase that the criteria are verified. The detailed phase (also linked to the definition of the requirements for the tender) is central to: i) optimization of the quantity of material used in relation to the performance objectives; ii) choice of materials with environmental certification (e.g. EPD), lower impact and recycled content; iii) choice of supplier and place of supply (local materials); iv) choice of prefabricated and reversible construction solutions.

Often even the verification is delegated to the construction phase on site, ie to the builder. In fact, the actual suppliers (and therefore the characteristics of the actual products) are defined by the builder. The detailed design defines the technical specifications (verified based on the actual availability of products with those characteristics), but without binding to a commercial product.

Clearly, if the future perspective is to move towards more detailed information and increasingly extensive BIM application, due to the possibility of associating the product's performance information with the object, in the detailed design of BIM-based projects it will be possible to associate the objects to actual products. The verification of environmental criteria, such as the recycled content or VOC emissions or local availability, no longer allows the use of material categories but requires the selection of specific products with the desired characteristics.

Skills, multidisciplinary integrations and information complexity management

The phase of the detailed design today requires the control and management of an increasing quantity and complexity of information flows and the

La definizione di procedure armonizzate, condivise, uniformi di valutazione della sostenibilità ambientale è dunque di primaria importanza.

In questa direzione, viene visto con particolare attenzione e interesse il lavoro svolto a livello europeo con Level(s), che promuove ancora una volta il metodo LCA come strumento di valutazione oggettivo, attendibile e completo, anche se ci sono ancora molti aspetti metodologici che vanno definiti per rendere omogenee e confrontabili le valutazioni.

Nonostante progettisti e consulenti ne rilevino sempre più la necessità, risulta ancora rara l'applicazione della valutazione LCA nelle prime fasi dell'attività progettuale, poiché essa richiede informazioni dettagliate sulle scelte costruttive e materiche. Solo in fase esecutiva è possibile evitare semplificazioni, sia dal punto di vista della quantità e qualità delle informazioni considerate (definizione delle quantità di materiali, del tipo di materiali, dei consumi di energia) e sia dal punto di vista della qualità dei dati ambientali (dati primari da EPD).

Il rischio della semplificazione risiede anche nella scelta degli strumenti: si sta assistendo allo sviluppo di numerosi plug-in per software BIM dichiarati come strumenti utili e veloci per sviluppare analisi LCA di interi edifici (Fig. 5), ma è di particolare importanza la selezione di software affidabili e trasparenti (soprattutto nei dati ambientali contenuti), per evitare risultati fuorvianti dello studio LCA (Bueno and Fabricio, 2018).

Una delle maggiori difficoltà riscontrate dai progettisti è proprio la disponibilità di banche dati relative ai temi ambientali (non solo LCA, ma anche capaci di illustrare i vari parametri ambientali come contenuto di riciclato, VOC, contenuto di piombo, ecc.). Spesso i progettisti dedicano molto tempo e impegno a

interaction of a growing number of specialisms and competencies, including the environmental ones, requiring a change in the methods of managing the design companies (Dalla Valle *et al.*, 2016). In this framework, new professional profiles emerge, including the materials specialist, the environmental consultant and the BIM manager/coordinator.

In cases of interventions of reduced complexity, the environmental dimension is generally verified by energy consultants, given the often high incidence of energy and water, which are related to building system choices. Although the choice of materials is increasingly important and requires specific skills. In cases where the project is more complex, the sustainability is entrusted to an experienced professional (LEED AP, BREEAM AP, WELL AP), which can be an external consultant or

integrated into the design structure, if large.

The interaction of so many figures and information requires the introduction of project and information management tools. BIM is a very important tool for the control of the environmental dimension of the project, thanks to the ability to associate the construction elements and materials with environmental information generally managed by different operators (Fig. 4). The initial difficulty of interfacing with a BIM environment, the intrinsic difficulties of interoperability among the different software houses, the discrepancy in the definition of information content and the loss of information between the various actors involved are among the main limitations to this ideal process. However, the need for an efficient method to manage the increasing complexity during the life

LCA tool		
Austria	ECOSOFT	IBO
Finland	BeCost	VTT
	KCL-ECO	VTT
France	EQUER	Ecole des Mines de Paris
	COCON	Ecole des Mines de Paris
	PAPOOSE	Tribu Architects
	TEAM	Ecobilan
Germany	GABI Build-it	IKP University of Stuttgart, PE International
	GEMIS	Oeko-Institute
	LEGEP	LEGEP Software GmbH, WEKA
	OpenLCA	GreenDelta TC GmbH
	SBS	Fraunhofer IBP, PE International
	Umberto	Ifu Hamburg GmbH
Netherlands	SimaPro	Pre Consultants
	Eco-Quantum	IVAM
	GreenCalc+	Dutch Green Building Council
Sweden	EcoEffect	KTH, University of Gavle
Switzerland	Eco-Bat	University of Applied Science
	REGIS	Sinum
United Kingdom	CCaLC Tool	University of Manchester
	Envest 2	BRE
Canada	Impact Estimator	ATHENA Sustainable Material Institute
	EcoCalculator	ATHENA Sustainable Material Institute
United States	BEES	NIST
Japan	NIRE-LCA	National Institute for Resource and Environment

BIM-LCA tools		
Finland	One Click LCA	Bionova
France	COCON	Eosphère
	ELODIE	CSTB
Germany	eTool LCA	International Team Effort
United Kingdom		
Brazil		
Australia		
United Kingdom	IMPACT	BRE, IES-VE
Spain	Arquimedes	CYPE
Switzerland	Lesosai	Ecolepolytechnique Lausanne
United States	Green Building Studio	Autodesk
	Tally	Kieran Timberlake Innovations Autodesk and PE International
Turkey	GBAT	Istanbul Technical University
Australia	LCA Design	National Research Center on

reperire i dati (e a importarli in BIM).

Al momento i progettisti usano il BIM per il calcolo delle quantità di materiali e un file di excel per moltiplicare le quantità di materiali per i dati ambientali da banca dati (tale operazione può essere fatta “manualmente” o avvalendosi di applicazioni software), ma con difficoltà di reperimento di dati ambientali (e di scelta della banca dati in termini di affidabilità e credibilità).

Occorre definire le “regole” per identificare una banca dati affidabile. Per esempio al momento attuale le uniche banche dati ritenute affidabili sono Ecoinvent (non specifica però per il settore delle costruzioni), Ökobaudat (correlata però alle EPD tedesche) e INIES (correlata però alle EPD francesi). Per venire incontro

cycle leads to the search for a process capable of organizing and managing the flow of information.

The adoption of “green BIM”, also in support of environmental certification, has greatly expanded in recent years (Wong and Zhou, 2015). BIM helps to optimize the orientation and shape of the building, the relationship between walls and windows, the solar inputs and, in the detailed design phase, natural lighting, water management, energy performance and service choices, material sustainability (Krygiel and Nies, 2008). These latter aspects require the use of software, which make it fundamental to map the parameters and data to be shared to guarantee interoperability without loss of information, as well as the selection of the most appropriate tools to guarantee reliable results.

The verification of the environmental

criteria and the correspondence of the project to specific requirements of the different sustainability protocols can take place through a collaborative process, in which specific workflows can be developed to ensure that the environmental criteria find a correspondence in the performance characteristics of the detailed design.

A BIM environment is made up of different models managed separately by different specialists (as linked databases): therefore, various models exist in relation to the different disciplines involved, and the models are linked together in order to build a single environment for sharing all the information. Changes occur simultaneously, but each is the sole owner of the model of his discipline. This working mode allows to make interference immediately visible and to manage information. It is a two-way approach: on one

all’essenza di reperibilità di dati LCA, i program operators, così come alcune associazioni di categoria a livello europeo, stanno lavorando alla digitalizzazione delle EPD per consentire l’applicazione nella progettazione BIM⁴.

Tale situazione fa sì che i progettisti che elaborano una valutazione LCA di edificio tendono oggi a concentrare la loro attenzione sugli aspetti ambientali della sola fase di produzione dei prodotti scelti, dunque sulle fasi A1-A3 (from cradle to gate). La ridotta esperienza in merito alla valutazione LCA completa e la carenza di dati LCA relativi alle altre fasi del ciclo di vita (es. impatti dei consumi di energia nella fase d’uso, dei consumi di acqua, ecc.) scoraggia gli operatori a estendere la valutazione LCA all’intero

hand, it is essential to have control over how much and how the design provisions influence sustainability aspects; on the other hand, it is advisable to have the possibility of making shared and coordinated changes to the design choices.

For environmental analysis, it becomes essential to define what properties are needed and how to find them to include them in the BIM model. Hence the importance of the BIM manager/coordinator is apparent.

The BIM manager manages the organization of the BIM for the whole office (process management standard), while the BIM coordinator manages the organization of the BIM in relation to the individual project (including the information flows relating to the environmental strategies, in coordination with the accredited environmental professional or independently if

he has the skills). In fact, there is no single BIM management method, but each studio organizes its own quality standard and guidelines. The way BIM is used and how its use evolves over time varies from study to study, and somehow forms part of the know-how of the individual studio. There are therefore studios that are investing in the construction of information management methods to facilitate the response to environmental criteria and that from project to project increases their knowledge and ability to manage choices, in relation to the specifics of each project.

The tools for verifying the environmental dimension

The continuous proliferation of different tools focused on different indicators and aspects, both on the scale of the building and on the scale of the

ciclo di vita, con inevitabili semplificazioni nell'applicazione della metodologia.

Infine, occorre poter leggere i risultati ottenuti: la definizione di benchmark LCA sia alla scala delle soluzioni costruttive sia alla scala dell'edificio è un ulteriore tema chiave, poiché occorre avere dati di riferimento e di confronto per poter dire se il risultato LCA ottenuto dalla valutazione di un materiale, un prodotto, una soluzione costruttiva, un edificio, è molto impattante o poco impattante. La definizione di benchmark LCA potrebbe in futuro essere integrata nei CAM (Ganassali *et al.*, 2018) e nei GBRS, dando origine a un nuovo riferimento utile per i progettisti verso l'obiettivo della sostenibilità degli edifici.

Conclusioni

La fase di progettazione esecutiva risulta la fase centrale per l'effettiva attuazione delle scelte ambientali, che influiscono sugli aspetti materici e sulla catena di fornitura e approvvigionamento dei prodotti edilizi e impiantistici.

La sempre maggiore pervasività dei temi ambientali nella fase esecutiva del progetto, trainata sia dalle certificazioni ambientali volontarie sia dai criteri ambientali cogenti nel GPP, impone agli operatori una maturazione di competenze specifiche che può attuarsi solo attraverso percorsi di formazione, capaci di innalzare le conoscenze in tutta la filiera: committenti (in particolar modo pubblici), progettisti, filiera della produzione, costruttori, ecc. Chiaramente le competenze necessarie a governare la complessità dei temi ambientali richiede la presenza, soprattutto in fase esecutiva, di figure professionali esperte e specializzate: anche per queste figure risultano essenziali percorsi formativi specialistici, con accreditamento delle competenze ottenute. Questi

building product, risks disorienting the designer. Hence, the definition of harmonized, shared, uniform procedures for assessing environmental sustainability is of primary importance. In this direction, the work carried out at European level with Level(s) is seen with particular attention and interest. It once again promotes the LCA method as an objective, reliable and complete assessment tool, even if there are still many methodological aspects that must be defined to make the evaluations homogeneous and comparable. Although designers and consultants are increasingly aware of the need, the application of the LCA assessment in the early stages of the project activity is still rare, since it requires detailed information on the construction and material choices. Only in the detailed phase it is possible to avoid simplifications, both from the point of view of the quantity

and quality of the information considered (definition of the quantity of materials, the type of materials, energy consumption) and from the point of view of the quality of environmental data (primary data from EPD). The risk of simplification also lies in the choice of tools: we are observing the development of numerous plug-ins for BIM software declared as useful and fast tools for developing LCA of entire buildings (Fig. 5), but the selection of reliable and transparent software (especially in the environmental data contained) is of particular importance, to avoid misleading results of the LCA study (Bueno and Fabricio, 2018). One of the greatest difficulties encountered by designers is the availability of databases related to environmental issues (not only LCA but also able to illustrate the various environmental parameters such as recycled content,

percorsi aprono all'introduzione di nuovi profili professionali. Si rende inoltre necessario un ripensamento nelle modalità di gestione delle competenze e delle informazioni all'interno delle strutture di progettazione, introducendo nuovi profili e modificando le modalità di interazione, per un più efficace controllo della dimensione ambientale.

NOTE

¹ In particolare, gli autori fanno parte del Green Building Council Italia e partecipano al Gruppo di Lavoro "Life Cycle Assessment", costituito da differenti stakeholders di settore. Tra gli esiti dei lavori, è stato elaborato un position paper in cui sono state evidenziate le criticità di applicazione e sono state proposte azioni migliorative per l'applicazione del LCA, in parte riportate in questo articolo.

² L'Italia è l'unico paese europeo ad aver introdotto l'obbligatorietà dei CAM per tutti gli appalti pubblici e un articolato elenco di criteri. Purtroppo però non è ancora piena l'adesione delle Pubbliche Amministrazioni, a causa della difficoltà di introdurre i criteri nei bandi e di verificare la rispondenza dei progetti in gara, per le scarse competenze presenti nel settore pubblico, come evidenziato in <https://comunivirtuosi.org/wp-content/uploads/2019/02/REPORT.pdf>.

³ Tra i criteri premianti dei CAM si richiede che il progetto venga redatto da un professionista (o una struttura che lo integri), esperto di aspetti energetici e ambientali degli edifici, certificato da un organismo di valutazione della conformità secondo la norma internazionale ISO/IEC 17024 o equivalente, che applica uno dei protocolli di sostenibilità degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale (BREEAM, LEED, WELL, Casaclima, ITACA).

⁴ Ecoplatform (gruppo di lavoro InData) sta lavorando alla creazione di un database aperto di EPD e a una soluzione BIM compatibile e intercambiabile.

VOC, lead content, etc.). Designers often spend a lot of time and effort finding the data (and importing them into BIM).

At the moment designers use BIM to calculate the quantity of materials and an excel file to multiply the quantities of materials by environmental data from a database (this operation can be done "manually" or using software applications), but with difficulty in finding environmental data (and in choosing the database in terms of validity and reliability).

The "rules" must be defined to identify a reliable database. For example, at the present time, the only databases considered reliable are Ecoinvent (not specific, however, for the construction sector), Ökobaudat (related, however, to the German EPDs) and INIES (related, however, to the French EPDs). To meet the need for availability of

LCA data, the program operators, as well as some trade associations at European level, are working on the digitalisation of the EPD to allow the application in BIM design⁴.

This situation means that designers who develop a building's LCA today tend to focus their attention on the environmental aspects only of the production phase of the selected products, therefore on phases A1-A3 (from cradle to gate). The reduced experience with regards to the complete LCA and the lack of LCA data relating to the other phases of the life cycle (e.g. impacts of operating energy consumption, water consumption, etc.) discourages operators from extending the LCA to the entire life cycle, with inevitable simplifications in the application of the methodology.

Finally, it is necessary to be able to read the results obtained: the definition of

REFERENCES

- Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C. and Bohne, R.A. (2017), "An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings", *Sustainability*, Vol. 9(7), p. 1226.
- Bueno, C. and Fabricio, M.M. (2018), "Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in", *Automation in Construction*, n. 90, pp. 188-200.
- Dalla Valle, A., Lavagna, M. and Campioli, A. (2016), "Change management and new expertise in AEC firms: improvement in environmental competence", *41st IAHS World Congress, Sustainability and Innovation for the Future*, Albufeira, Algarve, Portugal.
- Dodge Data Analytics (2018), *World Green Building Trends 2018: Europe*, available at: <https://www.worldgbc.org/news-media/world-green-building-trends-2018-smartmarket-report>.
- Kilinc, N., Basak, G. and Yitmen, I. (2015), "The changing role of the client in driving innovation for design-build projects: stakeholders perspective", *Procedia Economics and Finance*, n. 21, pp. 279-287.
- Ganassali, S., Lavagna, M., Campioli, A. and Saporetti, S. (2018), "Green Public Procurement and Construction Sector: EPD and LCA Based Benchmarks of the Whole-Building", in Benetto, E., Gericke, K. and Guiton, M. (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*, Springer, pp. 503-513.
- Mc-Graw Hill Construction, *Construction Outlook 2008*, McGraw-Hill Construction, 2008.
- Rebuild, CBRE, GBCI Europe, *Green Building: valori e tendenze*, available at: <http://www.rebuilditalia.it/it/MS/green-building-valori-e-tendenze>.
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C. and Garcia-Martinez, A. (2017), "Critical review of bim-based LCA method to buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 136, pp. 110-120.
- UNEP, Antink, R., Garrigan, C., Bonetti, M. and Westaway, R. (2014), "Greening the Building Supply Chain", available at: http://www.unep.org/sbci/pdfs/greening_the_supply_chain_report.pdf.
- Wong, J.K.W. and Zhou, J. (2015), "Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review", *Automation in Construction*, Vol. 57, pp. 156-165.

LCA benchmarks both at the scale of the construction solutions and at the scale of the building is a further key theme, since it is necessary to have reference and comparison data to be able to tell whether the LCA result obtained from the evaluation of a material, a product, a constructive solution, a building, is very impactful or with little impact. The definition of LCA benchmarks could be integrated into CAMs (Ganassali *et al.*, 2018) and in the GBRS in the future, giving rise to a new useful reference for designers towards the objective of building sustainability.

Conclusions

The detailed design phase is the central phase for the effective implementation of environmental choices, which influence the material aspects and the supply chain of building and service products. The ever-increasing pervasiveness of

environmental issues in the detailed phase of the project, driven both by voluntary environmental certifications and by the mandatory environmental criteria in the GPP, requires operators to develop specific skills that can only be implemented through training courses, capable of raising knowledge in the whole chain: clients (especially public), designers, production chain, builders, etc. Clearly, the skills necessary to govern the complexity of environmental issues require the presence, especially in the detailed phase, of expert and specialized professional figures: also for these figures specialized training courses are essential, with the accreditation of the skills obtained. These paths open up the introduction of new professional profiles.

It is also necessary to rethink the skills and information management methods within the design structures, introducing

new profiles and modifying the interaction methods, for more effective control of the environmental dimension.

NOTES

¹ In particular, the authors are part of the Green Building Council Italy and participate in the "Life Cycle Assessment" Working Group, made up of different stakeholders in the sector. Among the results of the work, a position paper was drawn up in which the critical issues of the application were highlighted and improvements were proposed for the application of the LCA, in part reported in this article.

² Italy is the only European country which has introduced mandatory CAM for all public procurement and a detailed list of criteria. Unfortunately, however, the adhesion of Public Administrations is not yet full, due to the difficulty of introducing the criteria in the calls for

tenders and to verify the correspondence of the projects in the competition, due to the scarce competences present in the public sector, as highlighted in <https://comunivirtuosi.org/wp-content/uploads/2019/02/Report.pdf>.

³ Among the reward criteria of the CAM, it is required that the project be drawn up by a professional (or a structure that integrates it), an expert in energy and environmental aspects of buildings, certified by a conformity assessment body in accordance with the international ISO standard/IEC 17024 or equivalent, which applies one of the sustainability protocols of buildings (rating systems) of national or international level (BREEAM, Casaclima, ITACA, LEED, WELL).

⁴ Ecoplatform (InData working group) is working on the creation of an open EPD database and a compatible and interchangeable BIM solution.