

A CURA DI MARIAANTONIA BARUCCO E DARIO TRABUCCO

LA VALUTAZIONE ENERGETICA GLOBALE DEI SISTEMI COSTRUTTIVI: UNO STRUMENTO DI MISURA DELLA SOSTENIBILITÀ EDILIZIA

Maria Antonia Barucco

CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SOSTENIBILITÀ ENERGETICA DEL SETTORE EDILIZIO

La valutazione energetica globale di un edificio consiste nell'analisi del suo sistema costruttivo in tutte le componenti e le relazioni, prendendo in considerazione le risorse che lo alimentano, i processi di trasformazione che avvengono nel suo intero ciclo di vita¹ e gli *output*: di qui l'opportunità di individuare strumenti che possano monitorare i vari aspetti dei sistemi costruttivi e che siano in grado di fornire informazioni sintetiche dei fenomeni più complessi e dai significati più ampi. La misura della sostenibilità e, nello specifico, dell'efficienza energetica globale degli edifici suggerisce la transizione da un approccio puramente riduzionistico ad uno prevalentemente olistico, vale a dire il passaggio da una visione focalizzata su di un particolare ad una che allarga i suoi orizzonti, abbracciando tutta la complessità del sistema, includendo così "voci" come la perdita della biodiversità, la valutazione del capitale naturale e il bilancio dei gas climalteranti, che sono parte integrante del sistema.

La costruzione, la gestione, la manutenzione e il riuso degli edifici impegna circa il 45% del consumo nazionale di energia². Inoltre, mentre il totale nazionale di energia mostra tassi d'aumento dell'ordine dell'1% annuo, il comparto costruzioni, soprattutto a causa della progressiva crescita del fabbisogno di energia elettrica, aumenta i propri consumi, e le relative emissioni, attorno al 2% annuo. Tutto ciò per consentirci di avere un riparo confortevole e funzionale, anche se a fronte di un forte impatto ambientale con ripercussioni ad ampio spettro: dall'esaurimento delle risorse energetiche fossili del pianeta, all'effetto serra, dall'inquinamento dell'aria a causa della combustione, all'inquinamento chimico del suolo e delle acque a causa dei processi industriali relativi alla produzione di beni destinati al settore domestico e terziario. Il riscaldamento è ancora il maggiore consumo energetico del settore civile e per il 61% è attribuibile all'edilizia residenziale³: ognuna delle circa 19 milioni di unità abitative dotate di impianto fisso di riscaldamento consuma in media una tonnellata di petrolio all'anno⁴ per questa funzione. Il raffrescamento estivo, per la ridotta diffusione degli impianti di condizionamento in Italia, non ha ancora una forte incidenza sui consumi totali annui del settore civile nel nostro Paese ma va considerato che vengono installati 7 mila nuovi impianti ogni anno ed è facile prevedere che a breve anche i consumi per la climatizzazione estiva avranno una forte consistenza (F.NI.CO., Enea, 2004).

LA RICERCA DELL'EFFICIENZA ENERGETICA DEL COSTRUITO: SCENARI DI LUNGO PERIODO

Durante il convegno *Sustainable Building 2000* tenutosi a Maastricht, si definì con il termine "edificio sostenibile" la somma di materiali, componenti e sistemi che, se non soddisfacessero i criteri di sostenibilità nelle varie fasi del processo edilizio, causerebbero l'aumento del livello di inquinamento. È bene sottolineare che tale analisi deve riguardare tutte le fasi di progettazione, produzione dei materiali da costruzione, effettiva costruzione e tutte le operazioni che si svolgono fuori e dentro l'edificio: la manutenzione, il riuso e infine la demolizione. In sintesi, le misure per il risparmio energetico possono essere identificate come:

- scelta del terreno in rapporto alle condizioni climatiche locali;
- progettazione secondo criteri bioclimatici³;
- sufficiente isolamento termico dell'edificio;
- impiego di tecnologie ad alta efficienza (caldaie a condensazione, pompe di calore e apparecchiature a basso consumo energetico);
- impiego di tecnologie che usano energie rinnovabili (sole, vento, acqua e biomassa).

Ad oggi, grazie a queste indicazioni e grazie all'impegno rivolto nei confronti della sperimentazione e alla diffusione di un *know how* adeguato, si possono realizzare edifici passivi che, rispetto ad una costruzione tradizionale, consentono una riduzione dei costi aggiuntivi al minimo e in alcuni casi a zero ma "cosa è arrivato nell'edilizia 'quotidiana' dall'intenso dibattito mondiale sulla sostenibilità e della necessità largamente condivisa di ridurre l'impatto ambientale della produzione edilizia? Quasi niente. Cosa ci si può ragionevolmente attendere per il prossimo futuro? Molto meno di quanto sarebbe necessario. Qualche edificio 'esemplare' – e proprio perciò eccezionale – che utilizza materiali a basso impatto, riduce i consumi energetici, installa captatori solari. Sullo sfondo di una produzione di massa che non sa offrire la qualità ambientale come prestazione vincente." (Antonini, 2002). D'altra parte, la recente trasformazione del quadro normativo in campo energetico mostra alcuni importanti passi avanti nell'introduzione di pratiche e tecnologie volte all'efficienza energetica in architettura. In primo luogo la Direttiva 2002/91/CE, che valuta la prestazione energetica considerando la totalità dei consumi dell'edificio: riscaldamento invernale, condizionamento estivo, produzione di acqua calda sanitaria ed illuminazione. La Direttiva Europea sottolinea, inoltre, che in alcuni Paesi dovrebbe essere data priorità al rispetto dei consumi energetici per il raffrescamento anziché per il riscaldamento, anche valutando le possibilità offerte da tecniche per il raffrescamento passivo. L'Italia fa risalire la prima regolamentazione dei consumi energetici alla Legge 373 del 1976, poi sostituita dalla Legge 10/91 che all'epoca fu apprezzata come normativa molto avanzata e fu seguita da una serie di Decreti applicativi, l'ultimo dei quali risalente al luglio 2005, nello stesso periodo in cui era in corso di approvazione il Decreto

Legislativo di recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE. Il D.Lgs 192/2005 impone il rispetto di standard di prestazione energetica non solo nel campo delle nuove costruzioni, ma anche degli edifici esistenti nel caso in cui vengano effettuati interventi di ristrutturazione, manutenzione straordinaria o ampliamento (con alcune eccezioni per edifici, ad esempio, ricadenti nella disciplina dei beni culturali e del paesaggio ecc.); vengono poi date prescrizioni in merito alla classificazione dei requisiti che la costruzione deve rispettare e vengono definiti gli estremi per una certificazione energetica. Tale D.Lgs, tuttavia, non corrisponde appieno alle indicazioni date dalla Direttiva Europea, seppure esso rivesta un'importante funzione d'indirizzo definendo principi che meritano una riflessione utile per successivi miglioramenti del quadro normativo italiano sui consumi energetici in edilizia.

Queste considerazioni, se inserite all'interno di scenari futuribili in merito allo sfruttamento delle risorse energetiche, mostrano possibili evoluzioni delle pratiche costruttive.

Il primo scenario ipotizza che le tecnologie e le fonti per l'approvvigionamento energetico di domani siano le stesse oggi dominanti. Il petrolio sarà sfruttato anche in forme solide e sarà scovato ovunque, negli abissi marini e sotto i ghiacci; il gas naturale verrà estratto da ogni giacimento, per quanto remoto, e si imparerà a produrlo anche quando si trova legato in forma solida negli idrati di gas di cui sono ricchissimi il fondo degli oceani e le terre sotto il permafrost. Allo stesso modo si sfrutteranno sempre meglio il carbone, l'energia nucleare ed altre fonti rinnovabili. Tutto questo richiederà continui sforzi di innovazione, enormi investimenti e grandi conoscenze tecnico-scientifiche ma, in fondo, il percorso sarà sotto il segno della continuità ed evolverà per innovazioni "endogene" al sistema o "esogene" ma dovute al trasferimento delle tecnologie da un settore all'altro. Il secondo scenario ipotizza la possibilità di qualche brusca discontinuità nel campo dell'energia: anche solo effettuando rapide ricerche in internet è possibile portare alla luce decine di rivendicazioni di ipotesi fisicamente assurde e spesso lusingate dall'ideale del moto perpetuo. Queste teorie, per quanto azzardate, restano tuttavia possibili linee di ricerca da cui potrebbe emergere qualche promettente discontinuità nel *continuum* dello sviluppo tecnologico (Casati, 2006). Alcune di queste ipotesi sono tecnologie già da tempo in fase di studio o in fase di sperimentazione e, nell'effettiva concretizzazione di questo secondo scenario, la pratica edilizia troverà limiti ambientali nella sola contestualizzazione della propria matericità, dovendo considerare come spesa solamente tutto ciò che compete il consumo dei materiali dovuto allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili quali la pietra e i metalli: vale a dire che le spese da sostenersi per la climatizzazione saranno coperte da nuove tecnologie che, a fronte di costi bassissimi o nulli, offriranno il massimo comfort e non impatteranno negativamente sull'ambiente. In questo caso la tecnologia dell'architettura e tutta l'industria dei materiali e dei

componenti per l'edilizia potrà fare tranquillamente a meno di preoccuparsi delle trasmittanze dei materiali, dell'isolamento termico, e di sistemi, ad esempio, per consentire la ventilazione naturale.

È però più prevedibile che, almeno per molti anni in futuro, la storia dell'approvvigionamento energetico evolva secondo il primo scenario e che, conseguentemente, vi sarà un aumento del costo dell'energia, oggi disponibile a prezzi ancora molto bassi. In questo contesto gli edifici "esemplari", di cui sopra, entreranno a far parte della pratica edilizia "quotidiana" in modo proporzionale all'aumento del costo dei carburanti, sino a costituire la stragrande maggioranza del patrimonio edilizio esistente. In questo caso, oltre ad un'evoluzione delle tecnologie per la produzione dell'energia, si ha un'evoluzione delle forme del suo utilizzo che divengono sempre più efficienti e convenienti: tutto ciò porterà ad una forte riduzione delle spese di mantenimento in esercizio degli edifici, sino ad arrivare alla progettazione di edifici da considerarsi non solo "macchine ad abitare" ma anche "macchine a generare energia".

L'attenzione in merito ai consumi energetici si sposterà dunque, anche secondo questo scenario, dai consumi legati alla gestione a quelli dovuti alla costruzione, ristrutturazione e alla demolizione degli edifici.

Tali costi oggi sono valutabili solo con larga approssimazione ma è possibile fare la seguente considerazione di carattere generale: per realizzare una media unità abitativa, come un appartamento di 90/100 m², si utilizzano circa 100 tonnellate di materiali, in grande maggioranza prodotti mediante processi chimici, di cottura o metallurgici, del costo energetico medio di circa 500/700 kcal/kg^e. Aggiungendo anche i modesti consumi energetici del cantiere si arriva ad un consumo totale di circa 5/6 tonnellate equivalenti di petrolio (F.NI.CO., Enea, 2004). La diffusione delle costruzioni ad alta efficienza energetica, anche solo a scopi sperimentali, serve oggi da stimolo per lo sviluppo di nuovi prodotti e tecnologie e per la razionalizzazione dei processi di produzione; alla diffusione di tali innovazioni dovrebbe conseguire, almeno teoricamente, una riduzione dei costi delle stesse. Grazie all'innescarsi di tale processo, il mercato degli edifici ad alta efficienza energetica si sarà ampliato e, in questo scenario, il patrimonio immobiliare esistente dovrà divenire energeticamente più efficiente e vi sarà, di conseguenza, un aumento di mercato anche per l'industria che fornisce prodotti, componenti e servizi necessari per la progettazione e la realizzazione per tutti questi interventi.

LA VALUTAZIONE ENERGETICA GLOBALE DEI SISTEMI COSTRUTTIVI

Per la valutazione dei consumi energetici è perciò essenziale uno studio dell'efficienza del sistema che si prende in considerazione, vale a dire che è importante impostare una valutazione a partire da ragionamenti in merito alla convenienza del sistema

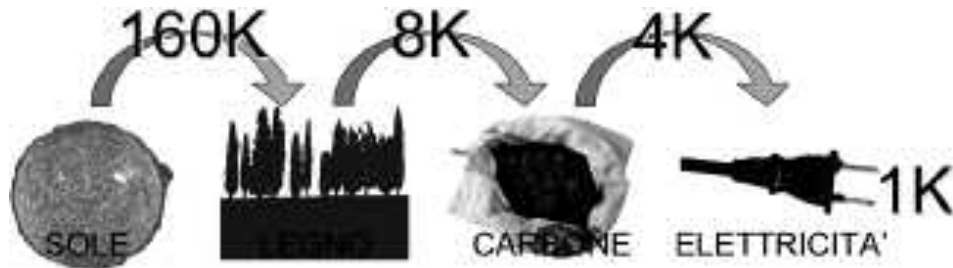


Figura 1. La trasformazione dell'energia. La figura mostra come servano 160 unità di energia solare per generare un'unità di energia elettrica. Non è influente l'unità di misura con la quale si descrive il processo; si sottolinea, invece, il rapporto che c'è tra le grandezze e, mano a mano che ci si sposta verso destra, come l'embodied energy e la qualità dell'energia aumentino.

in oggetto. In questo è preminente il ruolo delle industrie di produzione di materiali e componenti per l'edilizia; è infatti al settore industriale che, storicamente, si devono i primi tentativi di assiomatizzazione dell'analisi energetica dei processi. Questa strategia si è sviluppata attraverso il trasferimento dal campo economico dell'analisi input/output attraverso il calcolo dei costi e dei ricavi in termini energetici di differenti tipi di sistemi produttivi, economici, ecologici ecc.. Fra i vari indicatori che sono stati così ottenuti, uno dei più completi e flessibili è quello detto EROI (*Energy Return On Investment*) che considera tutti gli input diretti e indiretti di energia coinvolti in un processo e l'output totale (C. J. Cleveland):

$$EROI_t = \frac{\sum_k E_{k,t}^o}{\sum_k E_{k,t}^i}$$

dove E^o e E^i sono rispettivamente l'output e l'input di energia del tipo k-esimo al tempo t. L'energia, nel caso più semplice, viene considerata secondo l'equivalente termico, si possono però anche usare delle somme pesate sia per gli input che per gli output, secondo la qualità dell'energia in gioco, assegnando pesi più alti alle energie di livello più elevato, come ad esempio l'elettricità.

Una delle difficoltà che questi studi devono affrontare nella stima dell'efficienza di un'attività antropica è data dalla necessità di considerare dati di impatto ambientale molto diversi gli uni dagli altri, come possono essere i grammi di prodotti tossici, le tonnellate di terreno sbancato e i prelievi di risorse non rinnovabili. L'equivalenza che consente di sommare tutte queste voci di carico ambientale è comunemente fornita dalla funzione termodinamica dell'eMergia cioè "la quantità di energia di un solo tipo che direttamente o indirettamente è stata dissipata per generare un dato prodotto o un dato servizio" (Odum, 1996). L'eMergia si misura in "solar energy joule" (sej) in quanto il sole rappresenta la fonte da cui derivano tutte le altre forme di energia, l'eMergia dunque è la quantità di energia solare che è necessaria per ottenere un prodotto o un flusso di energia in un dato processo.

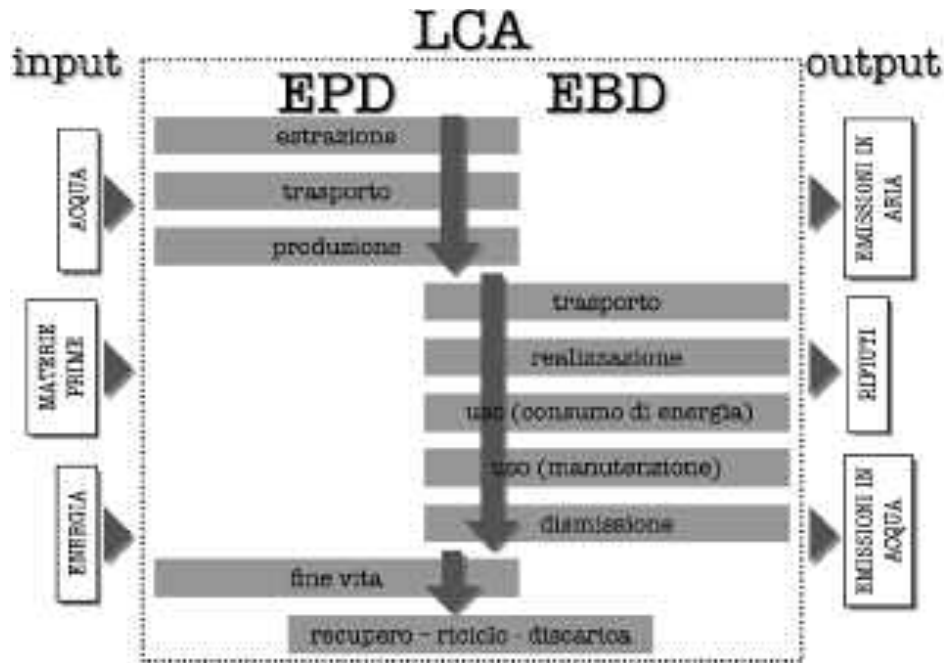


Figura 2. L'LCA di un edificio e l'individuazione dell'epd dei materiali e dei componenti di cui è costituito. Dall'immagine si può leggere quali fasi del ciclo di vita di un edificio coinvolgono l'Environmental Product Declaration e quali siano, in via sommaria, gli input e gli output del sistema nel suo complesso. Tutti gli input e gli output del processo possono essere quantificati tramite un'analisi eMergetica.

L'eMergia ha valore in diretta corrispondenza a quanto è stato investito per ottenere un prodotto e questo approccio si collega all'analisi costi/benefici di cui sopra attraverso i principi della termodinamica, applicati alle filiere produttive di materiali e componenti:

- Il primo principio della termodinamica permette di effettuare un bilancio delle quantità di energia coinvolte nel processo con la logica che un'eventuale riduzione delle quantità in gioco comporta una riduzione dei consumi.
- Il secondo principio, invece, quantifica le reali efficienze termodinamiche delle trasformazioni; prevede, pertanto, degli interventi migliorativi per prevenire le perdite energetiche ed ottenere, quindi, la stessa quantità di prodotto con un minore consumo energetico.

La Qualità edilizia è da intendersi come la corrispondenza delle prestazioni fornite dall'organismo edilizio abitativo e dalle sue unità ambientali alle esigenze dell'utenza (Manfron, 1995), tale Qualità è verificabile attraverso la relazione:

$$Q = P / R \geq 1$$

che quantifica il livello di qualità Q nei riguardi della prestazione⁷ P in rapporto con il requisito⁸ R : in questo modo, trasformate le varie esigenze in requisiti misurabili, le si

può andare a comparare con il comportamento in servizio dell'edificio. La qualità edilizia viene effettivamente constatata qualora le prestazioni siano almeno pari al requisito posto (Manfron, 1995). In termini eMERgetici, di conseguenza, la qualità di un materiale o di un prodotto per l'edilizia è tanto maggiore quanto è minore la quantità di eMergia coinvolta nel processo che considera l'energia e le materie prime necessarie alla sua produzione e distribuzione, ma anche le risorse necessarie alla sua manutenzione e al suo recupero, riuso o dismissione in discarica, cioè durante tutto il suo ciclo di vita (*Extended Life Cycle*)⁹.

Le politiche ambientali europee di *extended and shared producer responsibility*¹⁰ sono, appunto, volte alla riduzione dell'impatto ambientale di prodotti e servizi attraverso la responsabilizzazione dei produttori che devono aver coscienza dei costi ambientali del ciclo di vita dei beni che immettono sul mercato. Le politiche "*End of Life Vehicles*" (ELV)¹¹ e "*Waste of Electronic Equipments*" (WEE)¹² sono i primi esempi di responsabilizzazione dei produttori in merito alle ultime fasi dell'*Extended Life Cycle*; essi sono infatti chiamati a contribuire ai costi di fine vita dei loro prodotti. La Comunità Europea promuove la responsabilizzazione di tutti gli attori coinvolti nel processo tra i quali è da includere anche l'amministrazione pubblica che, attraverso le scelte di carattere pratico e non solo attraverso le regolamentazioni, può motivare i produttori a migliorare i processi produttivi, in quanto copre tra il 10 e il 30% degli acquisti dal mercato delle produzioni industriali¹³.

È inoltre importante che anche i produttori stessi comunichino ai consumatori le informazioni ambientali riguardanti i prodotti, e per poter certificare l'attendibilità di tali dichiarazioni l'Organizzazione Internazionale per le Standardizzazioni ha sviluppato le norme ISO 14020 e ISO 14025¹⁴. Queste definiscono le Etichettature di tipo I, dette Eco Label, come gli strumenti attraverso i quali il produttore può facilmente far riconoscere al consumatore le caratteristiche per le quali si contraddistingue tutta o solo parte della sua produzione; le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto di tipo III, dette EPD¹⁵, sono a loro volta atte a divulgare le performance ambientali dei prodotti, senza dover necessariamente ricorrere ad un confronto con delle soglie che costituiscono limiti di accettabilità dei valori ottenuti dalla certificazione. Nella tabella che segue sono indicate le particolarità di tali certificazioni di prodotto: tra queste è possibile un confronto attraverso l'individuazione di alcune questioni significative e, almeno in parte, acquisibili come le principali esigenze alle quali oggi il mercato chiede di dare una risposta adeguata, concreta ed esauriente.

CONCLUSIONI

Le prestazioni che gli edifici oggi possono garantire ai fini del risparmio energetico e della generazione di energia, assieme all'evoluzione di un quadro normativo sempre

	Tipo I	Tipo II
Norma di riferimento	ISO 14024 <i>European eco-label regulation</i> , del 17 luglio 2000 ¹⁶	ISO 14025
Integrazione dell'LCA nell'EPD	Opzionale. L'approccio <i>Life Cycle</i> è raccomandato ed utilizzato in alcuni tipi di etichettatura	Analisi LCA obbligatoria
Integrazione con informazioni non derivate da un'analisi LCA	Opzionale	Opzionale. La valutazione EDP secondo il regolamento francese richiede obbligatoriamente alcune di queste informazioni
Modalità di comunicazione	Prodotti selezionati (per esempio, il 25% della famiglia di prodotti) sono certificati con l'Eco Label	Tutti i prodotti possono essere accompagnati da una dichiarazione di EPD, anche se non rientrano in particolari classi di merito nelle valutazioni di sostenibilità
Confronto tra prodotti	È uno strumento comparativo: tutti i prodotti di una data famiglia sono confrontati gli uni con gli altri	È una dichiarazione. Non sono richiesti confronti o comparazioni durante la fase di certificazione
Natura dei prodotti che possono essere certificati	Il Label è adatto a prodotti che sono il risultato di filiere produttive simili, cosicché i criteri ambientali metro di giudizio possano essere adatti all'intera famiglia di prodotti	Tutti i prodotti possono avere una certificazione EDP, anche se non hanno sul mercato un metro di paragone, cioè una famiglia di prodotti con cui essere comparati
Target dei destinatari	L'etichettatura di tipo 1 è comprensibile a tutti i consumatori in quanto non è necessario essere a conoscenza dei criteri LCA per riconoscere un prodotto che garantisce di aver cura dell'ambiente	La certificazione di tipo 3 è rivolta ai tecnici competenti in quanto bisogna aver conoscenze in merito all'LCA per poter comprendere al meglio i valori che risultano da un'analisi EDP. I consumatori possono trarre vantaggio da un'analisi di questo tipo qualora gli si fornisca una lista di valutazioni EDP (comparazione di prodotti)

Confronto tra le etichettature di tipo I, dette Eco Label, e le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto di tipo III secondo le norme ISO della serie 14000.

più attento alla limitazione dei consumi, consentono di riflettere in merito alla procedura della valutazione energetica globale dei sistemi costruttivi. Ipotizzando che in futuro il patrimonio edilizio nel suo complesso sarà energeticamente efficiente, sino a non rientrare più tra le voci di consumo delle energie da fonti non rinnovabili, è dunque opportuno prestare attenzione a tre principali questioni in merito al ciclo di vita del sistema tecnologico edilizio:

- la realizzazione di una raccolta completa ed organica di tutti i dati relativi alla fabbricazione di un prodotto, tenendo sotto controllo le emissioni, i consumi delle risorse e degli effetti connessi;

- l'individuazione dei "punti deboli" del processo produttivo, per poter diminuire l'impatto ambientale del prodotto e di conseguenza i costi di produzione;
- la valutazione e il maggior controllo della "prestazione ambientale" di un prodotto e/o di un processo, anche attraverso il confronto con prodotti/processi analoghi.

Sono queste le fasi fondamentali per progettare e realizzare un prodotto edilizio energeticamente efficiente durante tutto il suo arco di vita, e dunque dal ridotto impatto sull'ambiente. Questa serie di attenzioni può, inoltre, migliorare l'immagine del prodotto o dell'Azienda nei confronti di un pubblico sempre più attento alle tematiche del risparmio energetico: in questo i progettisti hanno un ruolo determinante in quanto è nelle fasi di ideazione e di progettazione che possono essere effettuate scelte in merito ai materiali da utilizzare, all'uso e alla manutenzione del bene e alle caratteristiche della successiva demolizione e del possibile conseguente riuso dei materiali. Diffondere questa cultura fino a farla diventare pratica condivisa e comune è una delle più grandi sfide che il settore delle costruzioni ha oggi di fronte e trova concretezza nella possibilità di fare dell'impresa un attore strategico per la competitività nazionale attraverso la modificazione dell'approccio al progetto. L'attenzione, dunque, non va rivolta esclusivamente alla riduzione dei consumi energetici durante la vita utile degli edifici, ma anche a definire nuovi livelli di qualità e nuovi livelli di produttività dell'industria edilizia, che è il settore strategico nel quale impostare linee guida che interpretino il risparmio energetico come rivalutazione del ruolo delle risorse umane e dei rapporti con i portatori di interesse, coinvolgendo operatori politici, amministrativi ed economici.

Note

¹ "LCA è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale" ISO 14040.

² Il Libro Bianco (F.NI.CO., Enea, 2004) dimostra che i consumi dell'edilizia civile sono pari al 45% dei circa 190 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) di energia del fabbisogno nazionale.

³ ibidem.

⁴ ibidem.

⁵ I criteri di progettazione "bioclimatica" non necessariamente producono edifici visibilmente originali rispetto agli stili costruttivi dell'edilizia tradizionale e non costituiscono una nuova tendenza formale. Tali criteri rappresentano, invece, il ritorno ad una comprensione più completa dell'architettura capace di pensare oggetti reali e immersi in un contesto che viene analizzato in tutte le sue componenti fisiche, fra le quali i rapporti dell'edificio con il clima.

⁶ Vedi nota 2.

⁷ Prestazione è il "comportamento reale dell'organismo edilizio e/o delle sue parti nelle effettive condizioni d'uso e di sollecitazione" (UNI 10838:1999).

⁸ Requisito è la "traduzione di una esigenza in fattori atti a individuare le condizioni di soddisfacimento da parte di un organismo edilizio o di sue parti spaziali o tecniche, in determinate condizioni d'uso e/o di sollecitazione" (UNI 10838:1999).

⁹ L'LCA (vedi nota 1) comunemente non prende in considerazione gli aspetti sociali ed economici dell'impatto e si concentra soprattutto sullo studio del prodotto, solo raramente dei servizi: l'ELC ha come obiettivo la valutazione secondo questa visione più completa.

¹⁰ Con *Extended Producer Responsibility* si intende la responsabilizzazione del produttore lungo il ciclo di vita del prodotto, mentre con *Shared Producer Responsibility* si intende la condivisione delle responsabilità tra tutti gli attori lungo il ciclo di vita. La disposizione di vincoli che indirizzano la produzione e la progettazione verso l'ottenimento di risultati ambientali è volta a modificare sia l'organizzazione della produzione che del costruire: tutto ciò al fine di delineare uno scenario in cui la precisazione dei requisiti ambientali diventi la chiave per la realizzazione e la gestione degli edifici. <http://ec.europa.eu/> (maggio 2007).

¹¹ Il trattamento dei veicoli a fine vita (il cosiddetto ELV) è quanto prescrive la direttiva 2000/53/CE. Con stringenti limiti di riciclo, riuso e recupero energetico non solo per i veicoli del futuro ma anche per quelli già circolanti, viene regolamentato il fine vita degli autoveicoli, introducendo la necessità di intervenire anche sulle parti più a monte del processo, cioè progettazione e produzione.

¹² La rottamazione dei rifiuti elettronici con precisi oneri a carico dei produttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche (il cosiddetto WEE) è quanto prescrive la direttiva 2002/96/CE. I produttori contribuiranno ai costi della raccolta, del recupero e del riciclaggio dei rifiuti elettronici e elettrici generati dai loro prodotti in modo proporzionale alla loro quota di mercato per ciascun tipo di apparecchiatura.

¹³ dati tratti da *International Conference Sustainable Building*, Tokyo.

¹⁴ Con la ISO 14021 vengono, inoltre, normate le autodichiarazioni ambientali, secondo le quali il fabbricante si limita a mettere in evidenza le caratteristiche del prodotto che ritiene più interessanti. Per le dichiarazioni di Tipo II, infatti, non è prevista la certificazione di un organismo indipendente né una soglia minima di accettabilità.

¹⁵ L'EPD si può considerare l'analisi LCA delle singole componenti edilizie. L'EPD è un documento contenente informazioni ambientali quantificate riguardanti il ciclo di vita dello specifico prodotto edilizio, è volto alla definizione dei requisiti di eco-compatibilità.

¹⁶ <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28020.htm> (maggio 2007)

Bibliografia

AA.VV. *International Conference Sustainable Building, Maastricht, The Netherlands 2000*, Aeneas Technical Publishers, Chiel Boonstra, Ronald Rovers and Susanne Pauwels Editors 2000.

AA.VV. *International Conference Sustainable Building, Tokyo, Japan 2005* (cd).

Eni Tecnologie (a cura di), *Topoint periodico di energia, tecnologia e ambiente*, anno VII n.2 - giugno 2006 - *Hopeful monsters* (di D. Casati).

F.IN.CO ed Enea (a cura di), *Libro Bianco "Energia - Ambiente - Edificio". Dati, criticità e strategie per l'efficienza energetica del sistema edificio*, Il Sole 24 Ore Pirola, 2004.

ISO 14024 *Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures*, dall'url <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage> (maggio 2007)

ISO 14025 *Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures*, dall'url <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage> (maggio 2007)

ISO 14040 *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, dall'url <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage> (maggio 2007)

Manfron V., *Qualità ed affidabilità in edilizia - Ricerche di Tecnologia dell'architettura*, Milano, FrancoAngeli, 1995, rist. 2003.

Odum H.T., *Environmental Accounting, Energy and environmental decision making*, John Wiley & Sons, 1996.

Sinopoli N., Tatano V., *Sulle tracce dell'innovazione: tra tecniche e architettura*, Serie di Architettura, FrancoAngeli Milano 2002. - Cap. 4.5: *La sostenibilità* (di E. Antonini).