



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Agraria
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali

Laurea
in Tutela e Riassetto del Territorio

*LE PERFORMANCES ENERGETICHE ED
AMBIENTALI DEI MATERIALI DA
COSTRUZIONE PER L'EDILIZIA IN AMBITO
RURALE*

Relatore:

Prof. Stefano Guercini

Correlatore:

Dott. Alessandro Bordin

Laureando:
Giacomo Callegari
Matricola 484950

ANNO ACCADEMICO 2007-2008



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Agraria
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali

Laurea
in Tutela e Riassetto del Territorio

THE ENERGETIC AND ENVIRONMENTAL
PERFORMANCES OF THE BUILDING
MATERIALS FOR BUILDING IN RURAL FIELD

Relatore:

Prof. Stefano Guercini

Correlatore:

Dott. Alessandro Bordin

Laureando:
Giacomo Callegari
Matricola 484950

ANNO ACCADEMICO 2007-2008

INDICE

- 1. Riassunto**
- 2. Introduzione**
- 3. Materiali e metodi**
- 4. Impatto ambientale di processi e prodotti**
 - 4.1 Rapporto impresa-ambiente
 - 4.2 Cenni sul bilancio ambientale
 - 4.3 Cenni sulla legislazione ambientale
 - 4.4 *Performances* di processi e prodotti
 - 4.5 Valutazione ambientale di un prodotto
- 5. La LCA come strumento per la valutazione ambientale di prodotto**
 - 5.1 LCA
 - 5.2 Normativa
 - 5.3 Dove si applica
 - 5.4 Perchè si applica
- 6. Strumenti di riconoscimento delle *performances* ambientali di prodotto e certificazione ambientali**
 - 6.1 Marchi ambientali
 - 6.2 Sistemi di etichettatura ambientale e Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)
 - 6.3 Altri marchi
- 7. LCA e edilizia rurale**
 - 7.1 Valutazione delle *performances* ambientali di laterizi, ceramica (piastrelle), calcestruzzo, legno
 - 7.2 EPD per i laterizi
 - 7.3 Risparmio energetico
- 8. Conclusioni**
- 9. Bibliografia**

1. Riassunto

L'inquinamento ambientale è un problema ormai sentito dalle popolazioni di tutti i paesi industrializzati nei quali la presa di coscienza delle problematiche legate all'ambiente interessa ormai tutti i ceti della società. La crescente attenzione dei diversi *stakeholder* verso le problematiche ambientali legate alle attività produttive, ha portato le aziende ad adottare degli strumenti di comunicazione, gestione e valutazione prettamente ambientali. Tra questi va menzionato il bilancio ambientale, finalizzato ad individuare e analizzare periodicamente l'impatto ambientale e le aree critiche da rendere oggetto di interventi di miglioramento. La valutazione della prestazione ambientale (EPE), in conformità alla norma internazionale ISO 14031, come strumento di gestione concepito per determinare se la prestazione ambientale di un'organizzazione rispetta i criteri stabiliti e l'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*, LCA), che fa parte di quella nuova strumentazione, messa a punto negli ultimi anni, per rendere eco-sostenibili le nostre attività, sviluppando soprattutto interventi di natura preventiva.

L'Analisi del ciclo di vita è fondamentalmente uno strumento che quantifica i fattori di ingresso (materie prime ed energia) e di uscita (rifiuti ed emissioni inquinanti) di un prodotto/servizio, valutando i conseguenti impatti ambientali; più precisamente si tratta di un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime fino allo smaltimento dei prodotti ("dalla Culla alla Tomba"). Strutturata in quattro fasi principali - Definizione degli scopi e degli obiettivi, Analisi di Inventario, Analisi degli impatti, Interpretazione e Miglioramento. Essa trova applicazione come metodologia di analisi per la valutazione dell'eco-efficienza produttiva di un prodotto/servizio e per l'identificazione delle strategie necessarie alle imprese per divenire ambientalmente efficienti in termini di riduzione del consumo di risorse e di energia al fine di minimizzare gli effetti sull'ambiente secondo gli attuali *standards* mondiali.

Esistono poi degli strumenti di riconoscimento e di certificazione ambientale che premiano coloro che producono nel rispetto di questi *standards* e delle problematiche ambientali. Suddivisi in tre categorie - Tipo1-Tipo2-Tipo3 - questi sistemi di etichettatura ambientale si differenziano a seconda dei requisiti richiesti. L'Ecolabel è il marchio europeo di certificazione ambientale più famoso. Esso rientra nei sistemi di Tipo1 e il suo ottenimento fornisce un attestato di eccellenza per quei prodotti/servizi che hanno un ridotto impatto ambientale. Altri marchi di Tipo1 sono il *Nordic Swan* scandinavo e il *Blauer Angel* tedesco. Mentre tra i sistemi di Tipo3, la Dichiarazione Ambientale di Prodotto, permette di comunicare informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi.

Anche se risulta essere tra i settori dove l'utilizzo della LCA trova ancora difficoltà nell'affermarsi, quello delle costruzioni, nel nostro caso riferite ad un ambito rurale, rappresenta uno dei settori di applicazione potenzialmente più interessanti. Un aspetto rilevante dell'applicazione di questa metodologia è pertanto quello di consentire il confronto, già in fase di progetto preliminare, tra diverse soluzioni, mettendo in evidenza le caratteristiche ambientali positive e negative di ognuna di queste.

I laterizi, la ceramica (piastrelle), il calcestruzzo e il legno, sono tra i materiali da costruzione più utilizzati anche in ambito rurale. Il loro utilizzo presenta vantaggi e svantaggi in termini di impatto ambientale. La loro valutazione avviene sulla base di numerosi criteri tra cui l'origine, i metodi di lavorazione, gli additivi usati nella lavorazione, l'efficienza energetica, la durata e la possibilità di riciclo. Analogamente la valutazione delle loro prestazioni cambia in relazione alla località climatica, alle specificità del sito, all'orientamento, alle modalità d'uso, al sistema di impianti adottato ecc.

Non esiste una chiara gerarchia di materiali in termini di impatto ambientale sebbene alcuni possano essere valutati migliori di altri.

1. Summary

The environmental pollution is a problem felt by the populations of all the industrialized countries and there is a new awareness of the problems tied to the environment present by now in all the ranks of the society. The growing attention of the various stakeholders towards the environmental problems tied to the productive activities, has carried the companies to adopt some purely environmental instruments of communication, management and assessment. Between these the environmental budget, finalized to identify and analyze the environmental impact periodically and the critical areas to make object of interventions of improvement. The Environmental Performance Evaluation (EPE), in compliance with international norm ISO 14031, as management instrument conceived to determine if the environmental performance of an organization respects the established criteria and the analysis of the life-cycle (Life Cycle Assessment, LCA), that is part of that new instrumentation, settled up in the last few years, in order to render echo-sustainable our activities, developing, above all, intervention of preventive nature.

The Analysis of the life-cycle is essentially an instrument that quantifies incoming factors (raw materials and energy) and outgoing factors (wastes and polluting emissions) of a product/service, estimating the consequent environmental impacts, more exactly it is an objective method of evaluation and quantification of energetic and environmental loads and of the potential impacts associated to a product/process/activity during the entire life-cycle, from the acquisition of the raw materials till the disposal of the products to the end of life ("from cradle to grave"). Structured in four main phases - Definition of the scopes and the objectives, Analysis of Inventory, Analysis of the impacts, Interpretation and Improvement - it finds application as methodology of analysis for the evaluation of the productive eco-efficiency and demonstrates its great utility as instrument accepted by the international scientific community and recognized suitable for the identification of the strategies necessary to the enterprises in order to become environmentally efficient in terms of reduction of the consumption of resources and energy and of minimization of the effects on the environment according to the present world standards.

Then, some instruments of recognition and environmental certification exist, that reward those who produce in the respect of these standards and of the environmental problems. Subdivided in three categories - Type1-Type2-Type3 - these systems of environmental labelling, differ according to the demanded requirements. The Ecolabel is the most famous European brand of environmental certification, it is included in the systems of Type1 and the obtaining of the seal constitutes, therefore, an excellence attestation that is released only to those products/services that have a reduced environmental impact. Other marks of Type1 are the Scandinavian "Nordic Swan" and the German "Blauer Angel".

While between the systems of Type3, the Environmental Product Declaration, allows to communicate objective information, comparable and credible regarding the environmental performance of products and services. Even if it comes out to be between the fields where the use of LCA still finds difficulty in asserting itself, that one of the constructions, in our case reported to a purely rural field, remains between the potentially more interesting application fields. An important aspect of the application of this methodology is therefore the one which enables the comparison, already in phase of preliminary plan, between various solutions, putting into evidence the positive and negative environmental characteristics of each one of these. The tiles, ceramics (floor tiles), concrete and wood, are the main building material used in rural field. The use of each of them has some advantages and disadvantages in terms of environmental impact.

The evaluation takes place on the base of numerous criteria between which the origin, the methods of working, additives used in the working, the energetic efficiency, the duration and the possibility of recycling and the performances change in relation to the climatic locality, to the specificities of the site, the orientation, the modalities of use, the system of installation adopted etc. A clear hierarchy of materials in terms of environmental impact does not exist although some can be estimated better than others.

2. Introduzione

Uno dei problemi più gravi che la società si trova a dover fronteggiare è quello di trovare un giusto equilibrio tra la salvaguardia dell'ambiente e i vantaggi che derivano dall'utilizzo e dallo sfruttamento della tecnologia, che su di esso genera continui impatti. Negli ultimi duecento anni il nostro pianeta ha subito modificazioni molto rilevanti ad opera dell'uomo. Verso la fine degli anni Ottanta del secolo scorso, per la prima volta nella storia dell'umanità, la richiesta di risorse naturali ha superato le capacità di rigenerazione della Terra, determinando uno squilibrio che impedisce alla biosfera di rigenerare le proprie risorse allo stesso ritmo con il quale esse vengono consumate. Tale "percentuale di consumo" va aumentando sempre più.

La produzione di energia necessaria a soddisfare esigenze in aumento, i processi di urbanizzazione che interessano quote di popolazione sempre maggiori, lo sviluppo dell'agricoltura indispensabile a soddisfare le crescenti esigenze alimentari, uno standard di vita sempre più elevato e molti altri fattori collegati alla crescita demografica e allo sviluppo tecnologico, concorrono ad originare importanti e gravi problemi ambientali ed energetici del nostro pianeta. Questi sono alcuni esempi di cause di impatto ambientale, che si manifesta in varie forme ed in diverse scale.

In questo scenario, è facilmente comprensibile come una politica di risparmio energetico sia indispensabile ed urgente al fine di ridurre il danno arrecato all'ambiente dall'attività umana.

Il settore edilizio incide in maniera pesante sui consumi di energia e, quindi, sul danno ambientale che ne deriva. E' chiaro dunque come una riduzione dei consumi energetici in questo settore sia un punto importante su cui intervenire. Risulta a tale proposito fondamentale mettere in atto sistemi progettuali che tengano conto dell'energia utilizzata durante la vita dell'edificio, e che ottimizzino i sistemi costruttivi al fine di ottenere il maggior risparmio energetico, in altre parole, una progettazione che sia ecosostenibile.

Gli elementi caratteristici di una progettazione ecosostenibile devono oltretutto essere estesi ad una valutazione di ecosostenibilità nel tempo, poiché, oltre al momento di realizzazione ed uso, gli organismi edilizi producono i loro effetti prima, nel reperimento e lavorazione delle materie prime necessarie alla produzione degli elementi tecnologici, e dopo, nelle fasi di demolizione, smaltimento ed eventuale riciclaggio di materiali e componenti.

Lo scopo del presente studio è quello di analizzare alcuni dei principali materiali utilizzati nell'edilizia rurale, valutandone il comportamento sia dal punto di vista ambientale che energetico.

La metodologia scelta a questo scopo è quella dell'Analisi del Ciclo di Vita, o LCA (*Life Cycle Assessment*). La caratteristica principale di questo metodo è infatti quella di individuare l'impatto, ambientale ed energetico, di un prodotto, considerando tutte le fasi che esso attraversa, da quando viene prodotto a quando viene utilizzato ed infine smaltito. Da esso in questo modo si riesce ad avere un bilancio completo ed oggettivo dell'impatto generato. L'applicazione del metodo LCA risulta oltretutto utile per confrontare diversi materiali, permetterà di quantificare i vantaggi e gli svantaggi, a livello ambientale ed energetico, derivanti dall'utilizzo di un materiale piuttosto che di un altro all'interno di un sistema edilizio.

3. Materiali e metodi

Lo studio è stato impostato in tre parti.

Una prima parte, generale e teorica, in cui si affronta il rapporto impresa-ambiente , il bilancio ambientale e la legislazione vigente.

La seconda, che descrive in dettaglio il bilancio ambientale denominato *Life Cycle Assessment* (LCA) a partire da quelle esperienze internazionali che hanno permesso la stesura di una normativa tecnica per la sua implementazione.

In questo ambito si è affrontato anche, il tema dei marchi e dei sistemi di etichettatura e dichiarazione ambientale utilizzabili nei materiali da costruzione.

Nella terza parte infine, sono state messe a confronto le prestazioni ambientali ed energetiche di una serie di materiali utilizzabili in ambito rurale.

4. Impatto ambientale di processi e prodotti

Vi è ormai una chiara consapevolezza del problema socio-ambientale connesso al degrado ambientale e della necessità di non danneggiare in modo irreversibile il mondo che ci circonda. In questi ultimi anni si è cominciato ad adottare una serie di comportamenti tesi a garantire la crescita di una “domanda verde”, con lo scopo di sovvertire le principali regole del marketing.

4.1 Rapporto impresa-ambiente

Spinte da una legislazione sempre più vincolante e da una maggiore sensibilità sociale verso il danno ambientale causato da processi produttivi e prodotti inquinanti, in questi ultimi anni le imprese hanno dedicato una crescente attenzione alla tutela ambientale.

Al fine di gestire nei modi più appropriati e con un atteggiamento propositivo e non passivo la nuova variabile strategica “ambiente”, il mondo imprenditoriale si sta dotando di nuovi strumenti finalizzati all’analisi quantitativa e qualitativa dell’impatto ambientale della propria attività.

Protagonisti di tale scenario sono l’impresa, l’ambiente, il consumatore e la pubblica amministrazione.

Le relazioni tra impresa e ambiente possono essere di tipo fisico o di tipo economico; le prime sono quelle che provocano cambiamenti qualitativi e quantitativi al patrimonio naturale; le seconde consistono nelle conseguenze, dirette e indirette, sull’economia dell’impresa provocate dal degrado ambientale.

L’impresa, nello svolgimento della propria attività istituzionale, apporta diverse modifiche quantitative e qualitative all’ambiente riconducibili a due momenti precisi del processo di produzione:

- In un primo momento, quando l’impresa decide di avviare il processo produttivo, si procura le risorse fisiche necessarie estraendo materie prime dal loro sito naturale oppure acquistando le stesse da altre imprese. In questa fase il capitale naturale subisce un deprezzamento di tipo fisico;
- In un secondo momento, quando nel corso del processo produttivo, l’impresa scarica diversi prodotti inquinanti nell’ambiente, provocandone il degrado e originando un deprezzamento qualitativo del capitale naturale.

Ma l’impatto ambientale addebitabile al “sistema impresa” non si esaurisce nell’atto della produzione, dato che il prodotto finito, immesso nel mercato e utilizzato può essere causa di ulteriori danni all’ambiente collegati al suo consumo.

Infatti, non solo la tipologia del processo produttivo, ma anche le caratteristiche tecnologiche del bene e la sua composizione fisica contribuiscono a determinare l’impatto complessivo sull’ambiente che quel bene avrà nel suo ciclo di vita, da quando l’impresa si procura le materie prime necessarie produrlo a quando l’utilizzatore finale lo consuma o lo dismette (figura 4.1).

In quest’ottica l’impresa deve farsi carico dei problemi di inquinamento connessi, non solo alla fase di produzione, ma anche a quella di consumo del bene prodotto, attraverso il continuo miglioramento delle sue caratteristiche tecniche e merceologiche.

Ed è proprio quando il bene prodotto viene immesso sul mercato che il degrado ambientale da esso provocato, quantificabile in termini economici e di benessere, viene avvertito, oltre che dalla stessa impresa, anche dai consumatori.

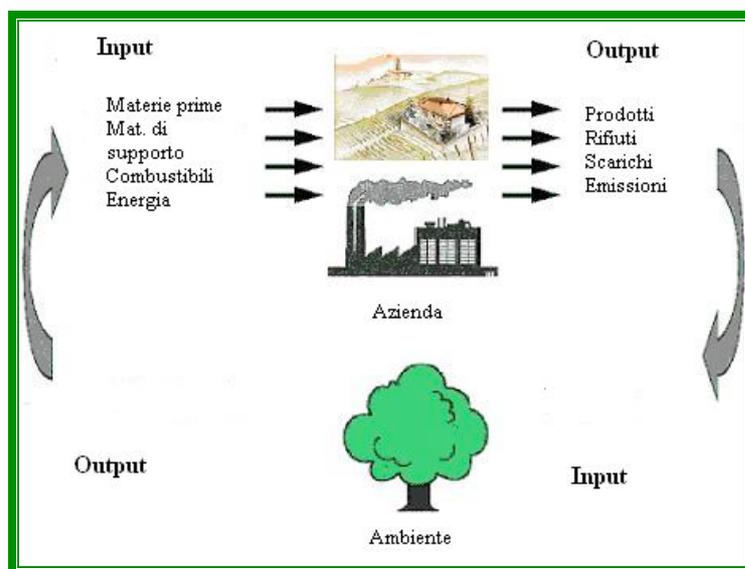


Figura 4.1 Le relazioni tra il sistema impresa ed il sistema ambiente (Guercini S., Bordin A., 2005).

Le reazioni dei consumatori sono chiaramente proporzionali alla sensibilità, al degrado ambientale e all'intensità con cui si manifesta il danno. Entrambe queste variabili sono cresciute negli ultimi anni. La prima per effetto di una maggiore informazione e cultura, diffusa dai numerosi movimenti ambientalisti e unioni dei consumatori, che ha portato alla consapevolezza di dover mantenere standard qualitativi ambientali minimi per non compromettere lo sviluppo futuro; la seconda causata da un prolungato sfruttamento del patrimonio naturale in assenza di vincoli, che ha accresciuto la gravità dei problemi ambientali.

Questo maggior interesse dell'opinione pubblica verso le problematiche ambientali si riflette principalmente in due comportamenti: da un lato si assiste all'aumento della domanda di prodotti a basso impatto ambientale, le cui caratteristiche di compatibilità ambientale raggiungono i migliori standard e siano provate; dall'altra crescono le pressioni presso la Pubblica Amministrazione per l'approvazione di norme maggiormente restrittive e l'utilizzo di strumenti economici a tutela dell'ambiente, come le tasse ambientali ed i permessi d'inquinamento, oppure attraverso strumenti di mercato veri e propri quali l'etichetta ecologica e l'audit ambientale d'impresa.

Intervengono quindi cambiamenti, sia in termini di legislazione che di preferenze del consumatore, che si ripercuotono sul profitto dell'impresa.

Da un lato, infatti, se l'impresa perde quote di mercato producendo beni a bassa compatibilità ambientale può vedere diminuire i propri ricavi.

Dall'altro, e con molta più facilità, l'impresa può registrare un aumento dei costi se, ad esempio, deve adeguare gli impianti a norme ambientali più vincolanti o se deve pagare imposte per la produzione e lo smaltimento di alcuni inquinanti.

Con sempre maggiore frequenza, inoltre, la situazione descritta in precedenza può spingere l'impresa ad adottare un atteggiamento di tipo attivo, tendente ad anticipare i cambiamenti del quadro normativo ed economico attraverso l'introduzione di nuove tecnologie e prodotti dal minor impatto che rispondono ai migliori standard ambientali.

Ma sia che agisca volontariamente o risponda a nuovi vincoli imposti dall'esterno, l'azienda riduce comunque il proprio impatto ambientale attraverso modifiche del processo produttivo o delle caratteristiche del prodotto; per raggiungere questo obiettivo essa sostiene una serie di costi definiti come "spese ambientali".

4.2 Cenni sul bilancio ambientale

La crescente attenzione dei diversi *stakeholder* verso le problematiche ambientali legate alle attività produttive ha portato le aziende ad adottare degli strumenti di comunicazione di tipo prettamente ambientale.

Tra questi il bilancio ambientale si occupa di una parte specifica dell'attività aziendale, analizzandola con dei parametri specifici sulla base di linee guida definite da diverse organizzazioni internazionali quali ad esempio:

- *Council of European Chemical Industry* (CEFIC);
- *Public Environmental Reporting Initiative* (PERI);
- Fondazione ENI Enrico Mattei (FEEM).

Per avere una corretta descrizione quantitativa del rapporto impresa-ambiente non ci si può fermare ai soli dati monetari contenuti nei conti finanziari, ma si deve ampliare la gamma di informazioni rilevate includendo quelle di tipo fisico, relative da un lato alle materie prime e seconde e all'energia utilizzate nel processo produttivo, dall'altro alle emissioni di inquinanti. Per questo motivo sono stati sviluppati schemi di tipo *input-output* per l'impresa nel suo complesso o per il singolo processo produttivo.

Questi schemi riconoscono dal lato degli *input* le risorse naturali, le materie prime e seconde e l'energia utilizzate; dal lato degli *output*, accanto ai prodotti da vendere sul mercato, i rifiuti, le emissioni nell'aria, gli scarichi idrici e i rumori.

Il **bilancio ambientale** o ecobilancio, è un documento informativo nel quale sono descritte le principali relazioni tra l'impresa e l'ambiente, attraverso l'opportuna rappresentazione dei dati quantitativi e qualitativi relativi all'impatto ambientale delle attività produttive e dello sforzo economico e finanziario sostenuto dall'impresa per la protezione dell'ambiente. Esso è il fulcro fondamentale di tutto il sistema informativo ambientale dell'azienda, in quanto raccoglie ed organizza sulla base di precise assunzioni metodologiche i dati di base fondamentali per ogni elaborazione successiva.

Il bilancio ambientale d'impresa è uno strumento finalizzato a:

- individuare e analizzare periodicamente l'impatto ambientale e le aree critiche da rendere oggetto di interventi di miglioramento;
- pianificare azioni correttive e allocare risorse finanziarie e umane per l'incremento della performance ambientale;
- comunicare all'interno e all'esterno dell'impresa le prestazioni ambientali.

Il bilancio ambientale si compone di tre quadri contabili distinti:

1. conti fisici delle materie prime e dei consumi intermedi (*input* processo produttivo);
2. conti fisici delle emissioni, reflui e rifiuti (*output* processo produttivo);
3. conti monetari delle spese ambientali .

Il primo quadro, il conto delle risorse, evidenzia i flussi fisici dei beni utilizzati dall'impresa come *input* nei processi produttivi.

Il secondo quadro, il conto delle emissioni, rileva in termini qualitativi e quantitativi la produzione di rifiuti, le emissioni in atmosfera, gli scarichi idrici ed infine la produzione di rumore .

La redazione di un bilancio ambientale si ottiene attraverso la costruzione di prospetti quantitativi destinati a riassumere gli input e output (fisici e monetari) del rapporto impresa ambiente, per valutare la sostenibilità dell'impresa.

La struttura del bilancio ambientale si compone dei seguenti schemi contabili:

- i rifiuti prodotti;
- le risorse impiegate;
- le emissioni in atmosfera;
- l'inquinamento dei corpi idrici superficiali e sotterranei;
- l'inquinamento del suolo e del sottosuolo;
- il rumore;

Esistono due tipologie di bilancio ambientale d'impresa:

- bilancio ambientale di processo;
- bilancio ambientale di prodotto;

La differenza tra un bilancio ambientale di processo e di prodotto è molto sottile. Con alcuni esempi è possibile chiarire più facilmente la differenza.

Consideriamo un'impresa multiprodotto. Se implementiamo il bilancio ambientale focalizzando l'attenzione sull'intera azienda comprendendo tutti i prodotti aziendali, otteniamo un bilancio di processo. Se consideriamo, sempre dal punto di vista degli aspetti ambientali, anche uno solo dei prodotti ottenuti ponendo l'attenzione solamente a ciò che avviene all'interno dell'azienda stessa, continuiamo a prendere in considerazione anche in questo caso il processo piuttosto che il prodotto.

Per superare quest'ottica è necessario travalicare i confini dell'azienda e guardare, con riferimento ad uno specifico prodotto, non solo cosa avviene all'interno dell'impresa ma anche a monte ed a valle, cioè come dicono gli anglosassoni “*from cradle to grave*”, dalla “culla alla tomba”. Si deve considerare un sistema di prodotto che contempla più unità di processo, dalla progettazione alla produzione, all'uso ed alla dismissione. In altre parole, si può intendere la LCA, come un insieme di ecobilanci collegati tra di loro.

Essa consente alle varie aziende di analizzare le caratteristiche delle proprie attività operative nell'ottica del loro adeguamento alle norme di legge e agli standard di riferimento mondiali, sia vigenti, sia proposti in futuro.

Una serie di analisi LCA redatte in modo continuo consente di conoscere con precisione l'entità del proprio impatto ambientale e la sua evoluzione nel tempo, e pertanto di fissare in modo completo le procedure operative dell'azienda in campo ambientale, nonché tutta una serie di parametri di riferimento utili alla migliore gestione della stessa.

Per quanto riguarda il riconoscimento dell'importanza ambientale dei prodotti e dei servizi, un passo in avanti è stato fatto con l'IPP (*Integrated Product Policy*). La Politica Integrata di Prodotto si basa sull'approccio di ciclo di vita (*Life Cycle Thinking*, LCT, figura 4.2) e trova nella LCA il suo principale strumento analitico.

Può essere definita come un approccio sistemico alle politiche ambientali rivolto al miglioramento continuo della prestazione ambientale dei prodotti nel contesto dell'intero ciclo di vita. Le IPP non sono quindi delle nuove politiche ambientali, ma piuttosto un modo di operare, volto ad analizzare e raccordare fra loro politiche esistenti e azioni operate attraverso gli strumenti d'intervento abitualmente utilizzati: marchi ecologici, incentivi, sgravi fiscali, procedure d'acquisto sostenibili. L'obiettivo è di valutare l'efficacia tenendo conto di tutto il ciclo di vita del prodotto.

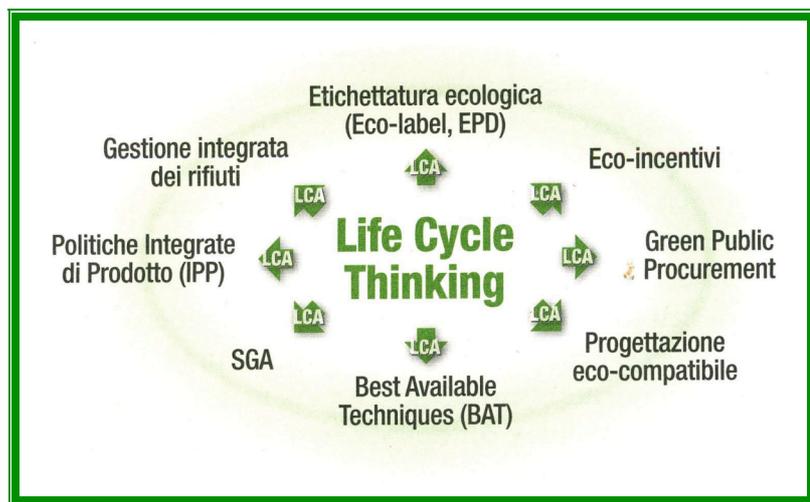


Figura 4.2 Il LCT come filo conduttore nell'approccio IPP (Baldo, 2005).

Per ridurre l'impatto ambientale di determinati prodotti, nei Paesi dell'Unione Europea negli ultimi anni è cresciuta l'attenzione verso le etichette e le dichiarazioni di prodotto; l'obiettivo di ogni marchio o etichetta ecologica è quello di incoraggiare la domanda per la fornitura di prodotti che causano minore impatto ambientale lungo il loro ciclo di vita, attraverso la comunicazione di accurate e verificabili informazioni sugli aspetti ambientali diretti e indiretti di beni e servizi.

Il marchio di qualità ecologica per eccellenza, è l'Ecolabel, introdotto dalla Comunità Europea; il suo obiettivo è da un lato quello di incoraggiare le aziende a seguire processi produttivi ambientalmente sostenibili e, dall'altro, di offrire ai consumatori la possibilità di fare scelte consapevoli nei loro acquisti.

I prodotti contrassegnati dal marchio Ecolabel sono infatti beni che hanno superato rigidi criteri di selezione, individuati per premiare l'eccellenza ambientale e prestazionale dei prodotti e approvati dalla Commissione Europea.

4.3 Legislazione ambientale (cenni)

La legislazione ambientale nel nostro ordinamento giuridico, trova riferimenti in tutte le fonti del diritto, a partire dalla stessa Costituzione.

Altri provvedimenti sono stati emanati attraverso Leggi nazionali, alcuni dei quali recepiscono norme europee.

Si cita a titolo esemplificativo, il Decreto Legislativo 152/99 in materia di tutela delle acque, che recepisce la Direttiva CEE 676/91 (Nitrati).

Spesso, nel recepire le norme europee, il Parlamento italiano è in ritardo rispetto ai *partners* europei, come si deduce dalle date di emanazione dei provvedimenti.

Esiste, inoltre, una legislazione ambientale emanata a livello regionale. Dalla seconda metà degli anni '70, infatti, sulla base dell'articolo 117 della Costituzione si è assistito ad una proliferazione di leggi regionali in campo ambientale.

Se vogliamo sistematizzare l'evoluzione del diritto ambientale in Italia, possiamo evidenziare alcune fasi caratteristiche (tabella 4.1).

La prima, riferibile al periodo fino agli anni '90 è caratterizzata da provvedimenti frammentari, disomogenei e differenti nel tempo.

I più importanti sono stati la Legge 615/66 sull'inquinamento, seguita a dieci anni di distanza dalla Legge 316/76 (Merli) sulla tutela delle acque. Nel 1982 è stato emanato un provvedimento sui rifiuti, il DPR 915/82 ed infine nel 1988 un altro decreto questa volta più organico ed articolato, DPR 203/88, sulle emissioni in atmosfera.

Una seconda, caratterizzata dall'emanazione di numerosi decreti legislativi riguarda la seconda metà degli anni '90. Risalgono a questo periodo il Decreto legislativo 22/97 (Ronchi) sui rifiuti, il Decreto legislativo 152/99 in materia di inquinamento idrico e tutela delle acque, il Decreto legislativo 372/99 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento.

Tutti questi provvedimenti sono stati modificati nel corso degli anni e subito importanti abrogazioni. Tutto ciò ha creato un disordine legislativo, che si è ripercosso negativamente sull'applicazione di questi provvedimenti a livello aziendale (aspetti gestionali ed autorizzazioni)¹.

Normativa relativa alla tutela dell'ambiente		
Argomento trattato	Legislazione europea	Legislazione italiana
Inquinamento acustico	-	L. 447/85
Inquinamento atmosferico	-	L. 615/66, 289/82, 65/94
	Dir. CEE 779/80, 884/84, 203/85	DPR 203/88
	-	L. 179/97
	Dir. UE 62/96	Decr. Legisl. 351/99
Inquinamento luminoso	-	Disegno L. 3814/99
Elettrosmog	-	Legge 36/01
Gestione dei rifiuti	Dir. CEE 156/91 Dir. UE 62/94	Decr. Legisl. 22/97, 389/97
	-	L. 426/98
Inquinamento idrico e tutela delle acque	Dir. CEE 440/75, 464/76, 659/78, 271/91, 676/91, ecc.	Decr. Legisl. 258/00
Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento	Dir. UE 61/96	Decr. Legisl. 372/99
Grandi rischi industriali	Dir. UE 82/96	Decr. Legisl. 334/99
Energia	-	L. 9/91, 10/91

Normativa relativa alle grandi opere		
Argomento trattato	Legislazione europea	Legislazione italiana
Valutazione d'impatto ambientale	Dir. CEE 337/85 Dir. UE 11/97	Provvedimenti diversi

Tabella 4.1 Evoluzione del diritto ambientale in Italia e in Europa.

Una terza fase quella del riordino è cominciata nella seconda metà degli anni '00. Con il decreto legislativo 152/06, infatti, il legislatore ha tentato di realizzare un testo unico ambientale, che nel complesso dimostra più ombre che luci. Esso consta, dopo gli aspetti generali di più parti:

- nella parte seconda², le procedure per la Valutazione Ambientale Strategica (VAS), per la Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) e per l'Autorizzazione Ambientale integrata (IPPC);
- nella parte terza, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche;
- nella parte quarta, la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti contaminati;
- nella parte quinta, la tutela dell'aria e la riduzione delle emissioni in atmosfera;
- nella parte sesta, la tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente.

¹ A questo periodo risalgono anche la legge sull'inquinamento acustico (Legge 447/85), la Legge 36/01 sull'inquinamento elettromagnetico.

² Interamente abrogata e modificata dal Decreto legislativo 4/08.

4.4 Performances di processi e prodotti

Fra gli strumenti volontari che permettono di valutare in modo sistematico le prestazioni ambientali di un processo o prodotto caratterizzabile attraverso indicatori ricordiamo la norma ISO 14031.

La **valutazione della prestazione ambientale (EPE = *Environmental Performance Evaluation*)**, in conformità a detta norma internazionale, è un processo interno e uno strumento di gestione concepito per fornire in continuità alla direzione informazioni affidabili e veritiere, per determinare se la prestazione ambientale di un'organizzazione rispetta i criteri stabiliti dalla direzione dell'organizzazione stessa.

Un'organizzazione dotata di un sistema di gestione ambientale, dovrebbe valutare la sua prestazione ambientale confrontandola con la politica ambientale, gli obiettivi, i traguardi e con gli altri criteri di prestazione ambientale. Nel caso che l'organizzazione non abbia un sistema di gestione ambientale, l'EPE può aiutarla a:

- identificare i suoi aspetti ambientali;
- determinare quali aspetti si dovranno considerare significativi;
- stabilire dei criteri per la prestazione ambientale;
- valutare la propria prestazione ambientale in rapporto a tali criteri.

Questa norma supporta i requisiti della ISO 14001 e la linea guida ISO 14004, ma può essere utilizzata anche indipendentemente. L'EPE e gli audit ambientali aiutano la direzione di un'organizzazione a valutare il livello della propria prestazione ambientale e, se è il caso, a identificare le aree di miglioramento.

L'EPE è un processo continuo di raccolta e valutazione di dati ed informazioni, al fine di consentire una valutazione continua della prestazione così come il suo andamento nel tempo. Invece gli audit ambientali sono condotti periodicamente per verificare la conformità ai requisiti definiti. La valutazione del ciclo di vita (LCA = *Life Cycle Assessment*) e i riesami ambientali sono esempi di altri strumenti che la direzione può utilizzare al fine di ottenere altre informazioni per l'EPE.

Mentre l'EPE è indirizzata alla descrizione della prestazione ambientale di un'organizzazione, la LCA è una tecnica di valutazione degli aspetti ambientali e degli impatti potenziali collegati ai sistemi di prodotti e di servizi.

L'EPE segue un modello di gestione del tipo "Pianificare-Fare-Controllare-Agire" (*Plan-Do-Check-Act*) in analogia ai sistemi di gestione ambientale. Le fasi di questo processo continuo sono le seguenti:

➤ **Pianificare**

1. pianificazione dell'EPE;
2. scelta degli indicatori per l'EPE (il processo di scelta degli indicatori può includere sia la scelta di indicatori esistenti, sia lo sviluppo di nuovi indicatori).

➤ **Fare**

Utilizzo di dati e di informazioni comprendenti:

1. raccolta di dati relativi agli indicatori prescelti;
2. analisi e conversione dei dati in informazioni che descrivono la prestazione ambientale dell'organizzazione;

3. valutazione delle informazioni che descrivono la prestazione ambientale dell'organizzazione in confronto con i criteri di prestazione ambientale dell'organizzazione;
4. rapporto e comunicazione di informazioni che descrivono la prestazione ambientale dell'organizzazione.

➤ **Controllare e Agire**

Riesame e miglioramento dell'EPE. La figura 4.3 fornisce un profilo di EPE con riferimento ai numeri e ai titoli dei punti della norma internazionale.

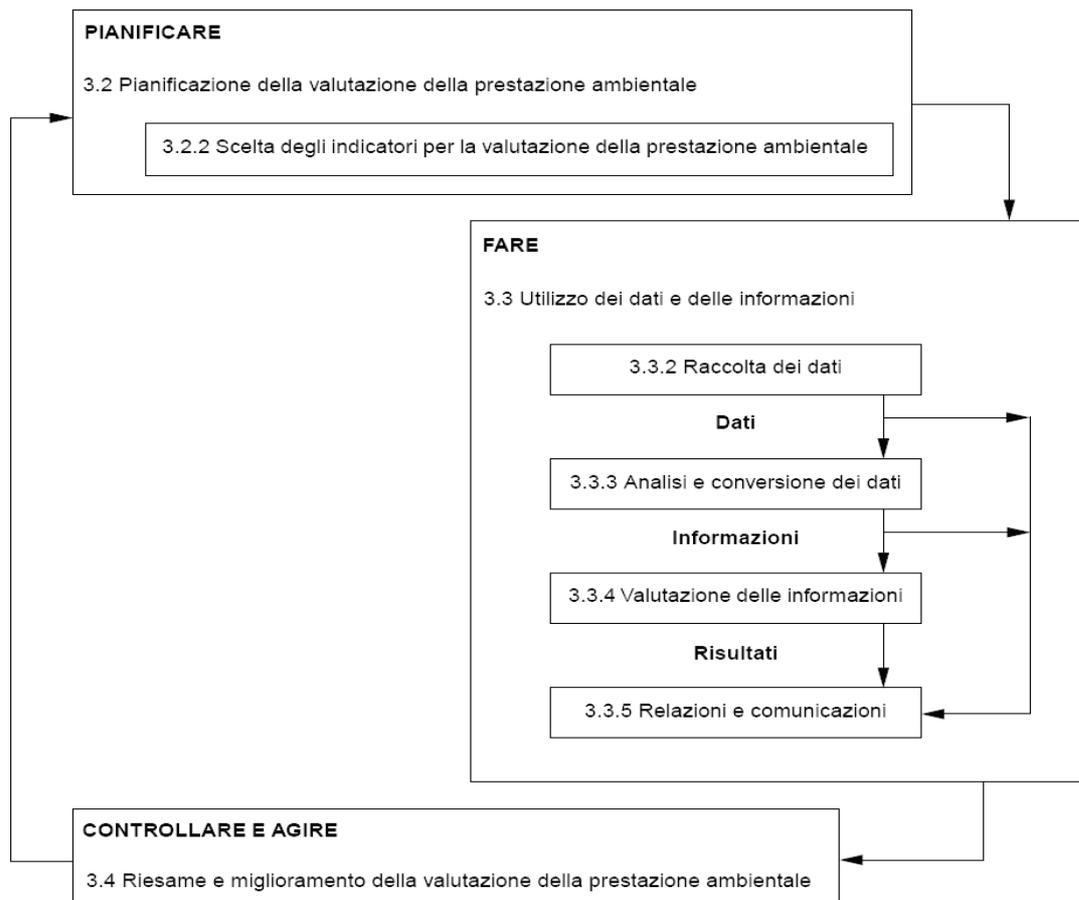


Figura 4.3 Le principali fasi dell'EPE (secondo la norma ISO 14031).

Essa descrive due categorie generali di indicatori per l'EPE:

- **indicatori di prestazione ambientale (EPI);**
- **indicatori di condizione ambientale (ECI).**

Vi sono due tipi di EPI:

1. **indicatori di prestazione della direzione (MPI)**, sono un tipo di EPI che forniscono informazioni sugli sforzi esercitati dalla direzione per influire sulla prestazione ambientale delle operazioni dell'organizzazione;
2. **indicatori di prestazione operativa (OPI)**, sono un tipo di EPI che forniscono informazioni sulla prestazione ambientale delle operazioni dell'organizzazione.

Gli ECI forniscono informazioni sulla condizione locale, regionale, nazionale o mondiale dell'ambiente. La condizione dell'ambiente può cambiare nel tempo o per effetto di eventi specifici. Poiché gli ECI non sono misure dell'impatto sull'ambiente, le variazioni degli ECI possono fornire utili indicazioni sulle relazioni fra la condizione dell'ambiente e le attività, prodotti e servizi di un'organizzazione.

Queste informazioni possono aiutare l'organizzazione a comprendere meglio l'impatto, reale o potenziale, dei propri aspetti ambientali e quindi facilitare la pianificazione e l'attuazione dell'EPE.

E' essenziale l'impegno della direzione nell'attuazione dell'EPE. L'EPE dovrebbe essere appropriato alla dimensione, alla localizzazione, al tipo dell'organizzazione, alle sue necessità e priorità. Le informazioni provenienti dall'EPE possono aiutare l'organizzazione a:

1. determinare ogni azione necessaria per conseguire i propri criteri di prestazione ambientale;
2. identificare aspetti ambientali significativi;
3. identificare opportunità per migliorare la gestione dei suoi aspetti ambientali (per esempio prevenire l'inquinamento);
4. identificare gli andamenti della sua prestazione ambientale;
5. accrescere l'efficienza e l'efficacia dell'organizzazione;
6. identificare le opportunità strategiche.

4.5 Valutazione ambientale di un prodotto

Prodotti e processi di produzione ambientalmente compatibili sono elementi vitali per la competitività delle aziende nel prossimo futuro. E' importante che la progettazione dei prodotti sia orientata, con un'attenzione sempre maggiore, ai problemi ecologici che il prodotto stesso può incontrare lungo tutto il suo ciclo di vita. L'analisi del ciclo di vita permette il confronto e la valutazione di diverse alternative di progetto, sia dal punto di vista ecologico, sia da quello economico. Per realizzare questi paragoni tra le diverse alternative possibili, è importante definire **l'unità funzionale**, che è ciò che sostituisce l'unità di misura fisica. Negli anni passati, le imprese erano principalmente interessate alla realizzazione dei prodotti richiesti dal mercato e che rispondevano quindi ai requisiti imposti dalla legislazione vigente. Negli ultimi anni, invece, gli aspetti ecologici sono diventati sempre più importanti, sino ad affiancare quelli economici e tecnologici: per avere successo sul mercato, nella progettazione di un prodotto non deve essere tralasciato né l'aspetto tecnologico, né quello economico, né tantomeno quello ambientale.

Per la valutazione ambientale dei prodotti viene utilizzata l'**analisi del ciclo di vita** (*Life Cycle Assessment, LCA*), che fa parte di quella nuova strumentazione, messa a punto negli ultimi anni, per rendere eco-sostenibili le nostre attività, sviluppando soprattutto interventi di natura preventiva. Si esamina di seguito il ciclo di vita di un prodotto "dalla culla alla tomba" e questo principalmente per due motivi:

- Apportando miglioramenti su una singola fase si trasferisce semplicemente l'inquinamento altrove. In tal modo, i benefici che si ottengono con il miglioramento implementato vengono bilanciati in maniera negativa dai problemi causati nelle altre fasi;
- Prima della diffusione della metodologia LCA, i progettisti hanno cercato di rendere più efficienti i singoli processi produttivi senza mai considerare l'intero ciclo di vita del prodotto. Con la metodologia LCA è possibile ottenere miglioramenti in termini di efficienza anche solo con risistemazioni delle parti componenti il ciclo stesso.

5. Strumenti di valutazione ambientale di prodotto

Negli ultimi anni è venuta crescendo la necessità intervenire sui cicli di produzione con l'obiettivo della identificazione delle migliori scelte, a livello tecnologico e gestionale, che permettano di diminuire sensibilmente i consumi di materie prime e di energia, nonché gli impatti sull'ambiente associati all'intero ciclo di vita di un prodotto. Questa nuova impostazione di studio dei sistemi produttivi è volta alla trasformazione del tradizionale sistema industriale, seguendo le linee direttrici dello sviluppo sostenibile. Tale necessità, espressa ai vari livelli di pianificazione e di indirizzo, ha portato allo sviluppo di nuovi strumenti, che permettono di effettuare valutazioni sui potenziali impatti ambientali, direttamente attribuiti al prodotto come la LCA descritta in questo capitolo.

5.1 LCA (Life Cycle Assessment)

La consapevolezza dell'importanza degli aspetti ambientali, su scala sia globale che locale, ha determinato la necessità di elaborare strumenti per monitorare, controllare e verificare la compatibilità ambientale di prodotti e processi attraverso l'adozione di politiche coordinate a livello internazionale. Le politiche ambientali del prossimo futuro, anziché indirizzarsi su aspetti settoriali, dovranno considerare in modo integrato tutto il ciclo di vita dei sistemi produttivi, ricercando la partecipazione e il consenso di tutte le parti interessate, quali l'industria, le istituzioni e i cittadini. Tale obiettivo è raggiungibile attraverso la responsabilizzazione di tutte le figure professionali coinvolte e la diffusione delle informazioni ambientali dei prodotti e delle loro fasi di produzione, in modo trasparente e facilmente confrontabile. In tale ambito, il riferimento più avanzato è l'approccio di ciclo di vita *Life-Cycle Thinking* (LCT), che supporta strumenti quali l'**analisi del ciclo di vita (LCA)**.

I primi studi basati sull'Analisi del ciclo di vita risalgono agli anni '60 e sono centrati essenzialmente sulla valutazione ambientale di prodotti, allo scopo di riuscire a quantificare le emissioni e i consumi di risorse. L'analisi del ciclo di vita è fondamentalmente uno strumento che quantifica fattori di ingresso (materie prime ed energia) e di uscita (rifiuti ed emissioni inquinanti) di un prodotto/servizio, valutando i conseguenti impatti ambientali, più precisamente si tratta di un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime fino allo smaltimento dei prodotti a fine vita ("dalla culla alla tomba"). L'affermarsi della metodologia LCA dipende principalmente da tre fattori:

1. la presenza di un'opinione pubblica che richiede informazioni ambientali e di consumatori che scelgono le merci e i servizi che vengono loro offerti in base a criteri di qualità ambientale;
2. la nuova attenzione alle politiche di prodotto, come fattore importante delle politiche ambientali;
3. la crescente consapevolezza che i problemi ambientali non possono più essere affrontati per singoli comparti (aria, acqua, suolo), ma richiedono una valutazione ed un intervento globale.

Le diverse metodologie sviluppate a livello internazionale per eseguire LCA, sono state standardizzate dalla *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, (SETAC) nel 1993 e dalla *International Standard Organization* (ISO). La ISO inoltre, ha definito ed emanato una norma che offre riferimenti per la corretta esecuzione dell'analisi del ciclo di vita,

5.2 Normativa

Entrando in merito alla normativa di riferimento, per quanto riguarda la metodologia LCA, si ricordano due norme.

La **UNI EN ISO 14040: 2006** “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – **Principi e quadro di riferimento**” fornisce in un quadro generale le pratiche, le applicazioni e le limitazioni dell’LCA.

La **UNI EN ISO 14044:2006** “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – **Requisiti e linee guida**” permette l’interpretazione dello studio, fornendo delle linee guida per la fase di valutazione dell’impatto dell’LCA, la fase di interpretazione dei risultati, la valutazione relativa alla natura e alla qualità dei dati raccolti. Entrambe sostituiscono le precedenti edizioni.

Questa metodologia segue dei **principi fondamentali** che dovrebbero essere usati come guida per decisioni relative alla sua pianificazione e conduzione. Essi sono:

1) Prospettiva di ciclo di vita

L’LCA considera l’intero ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione e il trattamento delle materie prime, alla fabbricazione, al trasporto, alla distribuzione, l’uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale. Attraverso tale veduta d'insieme sistematica e prospettiva, un eventuale carico ambientale e potenziale può essere identificato ed evitato. L’LCA si concentra sugli aspetti ed impatti ambientali di un sistema di prodotto. Lo studio degli aspetti ed impatti economici e sociali non rappresenta l’obiettivo del LCA; essi possono essere combinati con lo studio LCA per accertamenti più estesi.

2) Metodo relativo e l'unità funzionale

L’LCA è un metodo relativo, strutturato intorno ad un'unità funzionale che definisce cosa si sta studiando. Tutte le analisi successive sono relative all’unità funzionale, come lo sono tutti gli input e output nel LCI e conseguentemente il profilo di LCIA.

3) Metodo iterativo

L’LCA è una tecnica iterativa. Le diverse fasi di un LCA usano i risultati delle altre fasi. Il metodo iterativo in seno e tra le fasi contribuisce al comprensività ed alla consistenza dello studio e dei risultati segnalati.

4) Trasparenza

A causa delle complessità inerenti l’ LCA, la trasparenza è un importante il principio guida nel esecuzione dell’LCA per assicurare un'interpretazione corretta dei risultati.

5) Comprensività

L’LCA considera tutti gli aspetti o funzioni dell'ambiente naturale, della salute umana e delle risorse. Considerando tutti gli aspetti e funzioni all'interno di uno studio in una prospettiva trasversale, le alternanze potenziali possono essere identificate e valutate.

6) La priorità del metodo scientifico

Le decisioni all'interno di un LCA sono basate preferibilmente sulla scienza naturale. Se questo non è possibile, possono essere usati altri metodi scientifici (per esempio dalle scienze sociali ed economiche) o possono riferirsi a convenzioni internazionali. Se non esiste una base scientifica né una giustificazione basata su altri metodi scientifici o convenzioni internazionali, le decisioni possono essere prese basandosi sulle scelte di valore.

Di seguito si analizzano i contenuti di queste norme sulla base degli elementi riportati.

- 1) La definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA;
- 2) La fase di inventario del ciclo di vita (LCI);
- 3) La fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA);
- 4) La fase di interpretazione del ciclo di vita;
- 5) La rendicontazione e la revisione critica dell'LCA;
- 6) Le limitazioni dell'LCA;
- 7) Le correlazioni tra le fasi dell'LCA;
- 8) Le condizioni per l'utilizzo delle scelte dei valori e degli elementi facoltativi.

DEFINIZIONE DEGLI SCOPI E DEGLI OBIETTIVI - La fase preliminare di definizione degli obiettivi e del campo di applicazione, fornisce la pianificazione iniziale per effettuare uno studio LCA; essa specifica chiaramente:

- **I propositi:** spiegano perché viene avviato l'LCA e a quali decisioni, azioni o attività contribuirà o interesserà lo studio;
- **Le motivazioni:** spiega perché una LCA può permettere di raggiungere i propositi;
- **Le finalità:** gli obiettivi più importanti, i valori e i principi dei finanziatori dello studio;
- **I destinatari:** coloro ai quali principalmente è rivolto lo studio, eventualmente altri destinatari e che uso dovrebbero fare dello studio.
- **L'unità funzionale,** definita come una unità di sistemi più complessi cui collegare i flussi (di materiali, di energia, ecc.) in entrata ed in uscita dal sistema oggetto di studio. Il riferimento è necessario al fine di consentire una comparabilità dei risultati della LCA, in prospettiva di una valutazione di sistemi differenti sotto il profilo delle *performances* ambientali. La scelta dell'unità funzionale nella LCA viene effettuata secondo l'obiettivo da raggiungere.
- **I confini del sistema.** La LCA non riesce a considerare tutte le relazioni che il sistema prodotto ha con l'ambiente direttamente o indirettamente, perché i processi industriali sono così ramificati e interconnessi a livello globale che una completa considerazione di tutte queste interdipendenze diventa proibitiva. In particolare bisogna definire i confini del sistema prodotto, dove per sistema prodotto si intende sia il prodotto finale, le materie prime che lo costituiscono, l'energia necessaria e i processi produttivi, sia i prodotti intermedi con i loro consumi e processi. La loro definizione determina le unità di processo che devono essere incluse nella LCA.

L'ANALISI DI INVENTARIO DEL CICLO DI VITA - L'analisi di inventario coinvolge le procedure della raccolta di dati e di calcolo per misurare gli input e le uscite relativi di un sistema di prodotto. Il processo di condotta dell'analisi di inventario è iterativo. E' quindi il momento più importante di una LCA, nel quale si procede alla costruzione di un modello analogico della realtà in grado di rappresentare nella maniera più fedele possibile tutti gli scambi tra le singole operazioni appartenenti alla catena produttiva effettiva.

- L'accertamento dell'affidabilità dei dati raccolti durante l'inventario costituisce un'importante fase preparatoria. Per prima cosa è importante costruire un **diagramma di**

flusso, opportunamente dettagliato, delle operazioni che concorrono a formare il sistema considerato. Nel diagramma di flusso si rappresentano le componenti di un sistema che è composto da sequenze di processi collegati da flussi di materiali. Lo schema più rappresentativo, valido per la maggior parte dei sistemi, ha come scopo l'individuazione dei maggiori processi e interventi ambientali.

- Una volta che si è schematizzato il processo si passa alla fase di **raccolta dei dati**. Questi saranno di due tipi: quelli relativi ai flussi d'ingresso (*input*) e quelli corrispondenti alle uscite (*output*). I primi si riferiscono a materiali, trasporti ed energia, gli altri ai prodotti e ai gas rilasciati in aria, acqua e suolo. Lo scopo sarà quello di strutturare un vero e proprio bilancio ambientale per la redazione del quale dovrà essere controllata la qualità dei dati. I dati raccolti possono essere distinti in tre categorie: dati primari (provenienti da certificati di analisi ufficiali, MUD, analisi di laboratorio); dati secondari (ricavati dalla letteratura; esempio: riviste, libri); dati terziari (provenienti da stime e valori medi).
- La maggior parte dei processi industriali ha più di un prodotto e ricicla i prodotti intermedi o di scarto come fossero materie prime. I flussi di materia ed energia devono essere allocati ai differenti prodotti secondo procedure chiaramente definite.
- Per **allocazione** si intende la ripartizione nel sistema di prodotto allo studio dei flussi in entrata e in uscita di unità di processo. Lo studio di LCA deve identificare processi condivisi e trattarli con procedure specifiche. La somma dei flussi allocati in ingresso e in uscita da un'unità di processo deve essere uguale ai flussi in ingresso e in uscita non allocati dell'unità di processo.

LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DEL CICLO DI VITA - Tale valutazione è un processo tecnico-quantitativo e/o qualitativo per valutare gli effetti degli impatti ambientali delle sostanze identificate nell'inventario.

Per impatto ambientale s'intende l'intervento di una sostanza sull'ambiente e/o sull'uomo. Le fasi principali di questo modulo sono: **Classificazione, Caratterizzazione, Normalizzazione e Pesatura**.

CLASSIFICAZIONE - La prima operazione da effettuare nella fase di LCIA è la scelta degli effetti ambientali (o categorie d'impatto) sui quali sarà basata l'analisi. Per la definizione di queste categorie occorre rispettare tre principi:

- **Completezza**: comprendere tutte le categorie, a breve e a lungo termine, su cui il sistema potrebbe influire;
- **Indipendenza**: evitare intersezioni tra le categorie, che comporterebbero conteggi multipli;
- **Praticità**: la lista formulata non dovrà spingersi ad un dettaglio elevato, contemplando un numero eccessivo di categorie.

Per costruire le categorie d'impatto si utilizzano le seguenti categorie di danno: ecologia, effetti sulla popolazione e sull'ecosistema; salute, effetti sulla salute e sicurezza dell'uomo; risorse, esaurimento di fonti energetiche e materiali; riflessi sociali e degrado dell'habitat. Su questa base si scelgono gli specifici effetti caratterizzanti le varie categorie d'impatto quali estrazione di risorse abiotiche, estrazione di risorse biotiche, uso del territorio, effetto serra, impoverimento dello ozono stratosferico, ecotossicità, tossicità

umana, smog fotochimico, acidificazione, eutrofizzazione. Dal punto di vista operativo, la classificazione consiste nell'organizzare i dati dell'inventario (LCI). Tutte le sostanze consumate ed emesse durante le operazioni esaminate, vengono distribuite opportunamente nelle varie categorie d'impatto, e quindi caratterizzate. La classificazione si riferisce quindi all'assegnazione dei risultati della fase di LCI agli effetti ambientali prescelti.

CARATTERIZZAZIONE - Ha il compito di quantificare gli impatti ambientali della tabella d'inventario all'interno delle categorie d'impatto ambientale. Quest'operazione è effettuata per mezzo di una classificazione di fattori di peso. Tali fattori rappresentano il contributo che ogni operazione fornisce alle categorie d'impatto e sono basati su alcuni criteri, i quali hanno lo scopo di definire una soglia limite per ogni tema ambientale.

NORMALIZZAZIONE E PESATURA - Si procede poi a normalizzare i risultati ottenuti con l'operazione di classificazione, ossia elaborarli in modo tale da ottenere degli indici sintetici con cui valutare complessivamente il sistema in esame. Quindi l'operazione permette ai risultati delle categorie di impatto di essere confrontati con un valore di riferimento. Ciò significa che la categoria di impatto è divisa a seconda del riferimento. Alcuni metodi permettono la pesatura tra diverse categorie d'impatto. Ciò significa che i risultati delle categorie d'impatto sono moltiplicati per dei fattori di peso, relativi alle categorie di danno, e sono fra loro addizionati per ottenere un valore globale.

L'INTERPRETAZIONE DEL CICLO DI VITA – E' la fase nella quale sono valutate e selezionate le opzioni per ridurre gli impatti e i carichi ambientali dell'unità funzionale in studio. Essa consente, ove possibile, un miglioramento dell'impatto ambientale in temi quali ad es. minor richiesta d'energia, minori emissioni, minor uso di risorse, ecc. In questo modulo bisogna unire ai risultati tecnico-ambientali forniti dalla LCA tutte le altre informazioni riguardanti il prodotto in studio; informazioni di carattere economico-finanziario e politico-sociale sul prodotto e informazioni sulla ricettività-soddisfazione dei consumatori e sul consenso dell'opinione pubblica, al fine di trovare un prodotto eco-compatibile. È importante sottolineare che l'LCA, come tutte le metodologie basate sul confronto, non propone una soluzione assoluta, ma identifica un insieme d'alternative tra le quali poi chi dovrà decidere sceglierà a suo giudizio la migliore. Gli obiettivi di questa fase sono i seguenti:

- Traduzione ed interpretazione dei risultati;
- Verifica dell'ottenimento degli obiettivi dello studio (iterazione), della qualità dei dati e dei limiti del sistema (analisi di sensitività);
- Paragonare le possibili opzioni.

I risultati vanno interpretati e rappresentati in modo da avere una percezione dei risultati che sia facilmente fruibile, cercando anche di rappresentare scenari diversi da quello considerato (tipiche sono le rappresentazioni mediante grafici a barre ed a torta). **L'analisi di sensibilità** dovrà verificare l'accuratezza dei dati e la loro influenza sul risultato finale, mentre un parere da persone esperte è consigliabile per evitare conclusioni poco attendibili. Per rappresentare la variabilità dei dati, si può inizialmente pensare di fare un confronto tra i risultati ottenuti e quelli relativi alla situazione migliore ed a quella peggiore; un'analisi più complessa richiederebbe lo studio dell'intervallo di variabilità dei dati in ingresso.

LE LIMITAZIONI DELL’LCA - Esistono alcune difficoltà nell’applicazione, ossia:

- **Allocazione complessa:** risulta complesso allocare a ogni singolo prodotto gli impatti ambientali del sistema di produzione, a meno che il sistema stesso non sia facilmente scomponibile in modo da rispettare le unità di prodotto. Con uno studio orientato ai processi l’allocazione non è più necessaria;
- **Dispersione geografica:** durante tutto il ciclo di vita, il prodotto è causa di impatti ambientali in diverse regioni geografiche (si pensi per esempio all’estrazione di materiale in una regione, alla produzione in un’altra, alla distribuzione che ha impatto lungo tutto il tragitto che separa il magazzino dall’utilizzatore del prodotto stesso, ecc.). Questi impatti “distribuiti” sono difficilmente valutabili a causa della disomogeneità che le diverse operazioni possono avere nelle diverse regioni. Studiando il sistema produttivo invece, questi problemi non dovrebbero esserci perché l’impatto ambientale è localizzato in una sola regione;
- **LCA oltre l’ambiente:** studiando i sistemi produttivi, si possono più facilmente considerare nell’analisi fattori economici (mettendoli in relazione con le normali attività gestionali dell’impresa) e sociali (che sono direttamente connessi con le varie fasi del ciclo di vita del sistema produttivo).
- Focalizzare l’attenzione sui processi e non sui prodotti può essere una cosa positiva; quello che non si può fare è applicare una metodologia LCA ai processi e questo principalmente per tre motivi:
- In una LCA di prodotto, per rendere omogeneo il confronto tra le diverse alternative, si individua un’unità funzionale per ogni categoria di prodotto. Non è invece semplice individuare un criterio di confronto tra i cicli di vita di sistemi diversi, perché non sempre appare chiaro quando un confronto di questo tipo è utile;
- In una LCA di prodotto non ci sono difficoltà nell’analisi di soluzioni che mettano in discussione la necessità stessa del confronto tra alternative. Nel caso in cui si vogliano invece valutare i cicli di vita di sistemi di produzione differenti, non si possono considerare quelle soluzioni che mettono in discussione la necessità di realizzare uno o più prodotti specifici e questo perché il sistema di produzione è progettato una volta definita la pianificazione di prodotto;
- La LCA è facilmente applicabile a un prodotto, perché questo è scomponibile, senza grossi problemi, nelle sue diverse componenti, che possono essere così seguite fin dalla produzione primaria. La fase inventariale in una LCA di processo non sarebbe altrettanto semplice a causa delle difficoltà che si avrebbero nell’individuare degli elementi di base da seguire in maniera approfondita.

5.3 Dove si applica

Il campo potenziale di applicazione della LCA è molto ampio, andando dalla gestione della singola azienda a quella dei sistemi socioeconomici nazionali: interessa dunque tanto il piccolo imprenditore quanto gli organi pubblici di controllo e programmazione.

Da quanto si è detto può già essere chiara l’utilità in campo macroeconomico dal momento che si tratta di uno strumento particolarmente adatto a perseguire politiche di sviluppo sostenibile (un ottimo esempio è quello della progettazione ed attuazione di un

efficace programma di riciclo), ma è interessante chiedersi prima quali siano i motivi che portano alla sua applicazione nel settore produttivo privato.

Da un punto di vista generale, in campo industriale questo strumento consente all'azienda di analizzare le caratteristiche delle proprie attività operative nell'ottica del loro adeguamento alle norme di legge e agli standard di riferimento mondiali, sia vigenti sia proposti per il futuro.

Una serie di analisi LCA redatte in modo continuo permette di conoscere con precisione l'entità del proprio impatto ambientale e la sua evoluzione nel tempo, e pertanto di fissare in modo completo le procedure operative dell'azienda in campo ambientale, nonché tutta una serie di parametri di riferimento utili alla migliore gestione della stessa.

Per quanto riguarda poi l'adesione a sistemi di etichettatura ecologica, di asserzioni o dichiarazioni ambientali (*environmental claim*), pratiche che stanno oggi ottenendo largo consenso e rapida diffusione, si deve di nuovo per forza passare attraverso un'analisi LCA che, a seconda della tipologia, viene svolta dall'organo che gestisce il sistema (come, ad esempio, la Commissione Europea nel caso dell'Ecolabel Europeo) o dai produttori che ne fanno richiesta (come nel caso delle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto).

Da un punto di vista imprenditoriale, l'aver investito nella redazione e nell'aggiornamento di inventari di cicli vita delle proprie attività produttive può quindi trovare molteplici applicazioni e benefici, che vanno dalla dimostrazione di stare adempiendo a norme e protocolli sempre più severi ad azioni di comunicazione volontarie come appunto la Dichiarazione Ambientale di Prodotto. L'LCA rappresenta quindi un **supporto fondamentale allo sviluppo di schemi di Etichettatura Ambientale**: nella definizione dei criteri ambientali di riferimento per un dato gruppo di prodotti (etichette ecologiche di tipo I: Ecolabel), o come principale strumento atto ad ottenere una Dichiarazione Ambientale di Prodotto: DAP (etichetta ecologica di tipo III). Potenzialmente quindi le sue applicazioni sono innumerevoli:

- Sviluppo e miglioramento di prodotti/processi;
- *Marketing* ambientale;
- Pianificazione strategica;
- Attuazione di politiche di *Green Public Procurement* (GPP).

La LCA è uno strumento per sviluppare una gestione efficace dell'ambiente. Nata come sistema di supporto alle decisioni in ambito industriale, adesso l'analisi del ciclo di vita riveste un notevole interesse anche per la pubblica amministrazione.

1) Usi potenziali da parte delle imprese

Da parte di un'impresa l'LCA può essere utilizzata nei seguenti ambiti:

- **Marketing**: possibilità di utilizzare i risultati della LCA per pubblicizzare un prodotto come "ecologico", aumentandone quindi il valore aggiunto e l'appetibilità da parte dei consumatori. La LCA può essere impiegata anche per presentarsi alle Pubbliche Amministrazioni come un'impresa attenta alle problematiche ambientali. Oppure ancora, la LCA può essere un primo passo per l'ottenimento dell'Ecolabel del prodotto;
- **Produzione**: la LCA permette di individuare quelle fasi del processo produttivo che risultano poco efficaci da un punto di vista ambientale (attività che hanno emissioni troppo inquinanti o che sprecano troppa energia e materie prime). Nello stesso tempo è possibile analizzare processi produttivi alternativi da confrontare con quello in uso, per scoprire quale ha migliori *performances* ambientali;

- **Ricerca e sviluppo:** con l’LCA è possibile studiare e confrontare tipi diversi di prodotti che svolgono la stessa funzione per scegliere quello con migliore efficienza ambientale;
- **Strategie:** è un utilizzo molto sofisticato della LCA che diventa, così, un sistema di supporto alle decisioni per le scelte strategiche di un’impresa. Permette, per esempio, di valutare i costi finanziari legati alla prospettiva d’introduzione di legislazioni che estendono l’ambito di responsabilità delle esternalità ambientali al produttore.

2) Usi potenziali da parte delle Amministrazioni Pubbliche

In quanto analisi di sistema, che prende in considerazione le iterazioni fra sistemi socio-economico ed ambientale, la LCA può consentire l’inserimento della dimensione energetico-ambientale nel quadro della valutazione della sostenibilità delle politiche di sviluppo economico del territorio. In particolare, può essere usata come supporto:

- nella gestione ottimale dei servizi pubblici (per esempio nella gestione dei rifiuti e del sistema dei trasporti);
- nella definizione delle politiche di prodotto (per esempio regolamenti da seguire nella produzione e nello smaltimento di un prodotto);
- nelle decisioni per l’istituzione di tasse o incentivi (l’LCA permette di individuare i prodotti ecologici da incentivare e quelli più impattanti da tassare);
- nella valutazione e nella promozione dell’innovazione tecnologica ambientale (le amministrazioni pubbliche possono individuare le nuove tecnologie più “pulite” per poi favorirne la diffusione).

5.4 Perché si applica

Le ragioni per cui si applica una procedura del tipo LCA sono molteplici:

- la LCA, focalizzandosi sul prodotto, copre un’area che non può essere coperta dall’analisi del rischio (*risk assessment*), dalla valutazione d’impatto ambientale (*environmental impact assessment*) o da altri strumenti che valutano in modo olistico processi e prodotti. I prodotti sono elementi estremamente importanti di una società industriale: tutte le attività economiche dipendono dall’uso e dal consumo di beni e servizi, i prodotti sono gli assi attorno ai quali ruota l’attività industriale e la formulazione di politiche di prodotto coinvolge molte persone nel tentativo di rendere le attività economiche più sostenibili;
- la LCA “integra” tutte le problematiche ambientali che sorgono durante l’intero ciclo di vita di un prodotto o di una funzione, focalizzandosi, a seconda, sull’uno o sull’altra. Questo approccio integrativo evita di sostituire un insieme di problemi ambientali con altri differenti problemi in altri momenti del ciclo di vita e permette di individuare l’effetto netto delle decisioni, fornendo così le basi per una pianificazione di lungo periodo. Per evitare questo problema la tendenza è quella di avvalersi di tecniche produttive più pulite, ottimizzando le opportunità di riciclaggio, scegliendo i materiali attentamente e limitando i quantitativi di materiale usati; la LCA è utile nel prevenire lo spostamento di un problema da una fase all’altra, da un luogo ad un altro o da un tipo di problema ad un altro;

- la LCA si fonda su dati scientifici ed è uno strumento “quantitativo” progettato per fornire le informazioni più oggettive possibili a supporto del processo decisionale; le ragioni dell’importanza del poter disporre di uno strumento oggettivo sono anche che l’intuizione spesso non è abbastanza e che tale strumento può creare un ponte tra le parti, migliorare l’efficienza, fornire risposte riproducibili ed aumentare la credibilità.

Con la stessa logica, le più importanti associazioni di categoria, sia a livello nazionale, sia internazionale, stanno applicando la LCA come valido strumento di comunicazione dei risultati ambientali di settore, assolvendo così a molteplici scopi: promuovere un comparto produttivo anche per le azioni di rispetto verso l’ambiente; rendere disponibili informazioni quantitative, preziose anche per coloro che, dovendo affrontare studi di carattere ambientale, necessitano di riferimenti riconosciuti e affidabili; stimolare la cultura ambientale tra i propri associati, ecc. Impiegata quindi, come metodologia di analisi per la valutazione dell’eco-efficienza produttiva, dimostra la sua grande utilità in quanto strumento accettato dalla comunità scientifica internazionale e riconosciuto idoneo per l’identificazione delle strategie necessarie alle imprese per divenire ambientalmente efficienti in termini di riduzione del consumo di risorse e di energia e di minimizzazione degli effetti sull’ambiente secondo gli attuali *standards* mondiali.

6. Strumenti di riconoscimento delle *performances* ambientali di prodotto e certificazione ambientali

Nei Paesi dell'Unione Europea negli ultimi anni è cresciuta l'attenzione verso le etichette e le dichiarazioni di prodotto, di natura sia obbligatoria sia volontaria. Tali etichettature possono avere lo scopo primario di veicolare un'informazione dal produttore al consumatore o anche dal produttore all'intermediario professionista. L'informazione, quando di natura obbligatoria, riguarda nella maggioranza dei casi aspetti relativi alla salute e alla sicurezza che vanno in qualche modo a interagire con l'ambiente. Il contenuto delle informazioni richieste o le imposizioni su determinate tecniche di produzione si sono estesi dalle caratteristiche di sicurezza agli aspetti ambientali, in considerazione della crescente consapevolezza della rilevanza ambientale dei prodotti industriali. Si è dunque successivamente assistito alla nascita di meccanismi volontari mirati all'incentivazione e al coinvolgimento degli attori economici e sociali nelle dinamiche di miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti.

6.1 Marchi ambientali

In molti Paesi del mondo sono presenti numerosissimi marchi ambientali (figura 6.1).

Quelli **nazionali** sono stati i primi a comparire sul mercato, per iniziativa sia di enti pubblici che di associazioni di privati. Fra essi vanno ricordati l'**Angelo Blu** tedesco ed il **Cigno Bianco** dei Paesi scandinavi, assai conosciuti, ma anche il *Green Seal* statunitense, l'*Environmental Choice* canadese, l'*Ecomark* indiano e coreano, il *Green Label* thailandese, il *Certificado do Ro tulo Eco logico* ABNT - *Qualidade Ambiental* brasiliano, ecc. L'elenco presentato consente di evidenziare che si tratta di iniziative non solo di Paesi sviluppati, ma anche di alcune Nazioni in via di sviluppo od emergenti.

I marchi **internazionali**, invece, vengono promossi da più organizzazioni pubbliche e/o private operanti a livello sovranazionale, anziché da una sola come per i marchi nazionali, aventi sede in Paesi diversi. L'attribuzione avviene sulla base di regole comuni e condivise, stabilite dai partner aderenti all'iniziativa. L'**Ecolabel** comunitario è uno di essi.

NORDIC SWAN (Cigno bianco) - Si tratta dell'etichetta scandinava di qualità ecologica. Anche in tal caso, come per l'Ecolabel, vi è un Organismo Competente che elabora, a livello centrale, una serie di criteri di eccellenza ambientale basati sull'analisi del ciclo di vita dei prodotti.

In particolare, rispetto all'Ecolabel, il *Nordic Swan* pone un accento maggiore sul contenuto di sostanze pericolose nei prodotti e sul loro impatto ambientale complessivo. Ad esempio caratteristiche comuni dei criteri per l'ottenimento del *Nordic Swan* (per qualsiasi gruppo di prodotto) sono l'attenzione per l'intero ciclo di vita del prodotto (considerando sia gli impatti sull'ambiente, che quelli sulla salute umana), l'assicurazione di caratteristiche qualitative e di *performances* almeno pari a quelle di altri prodotti già presenti sul mercato ed il costante innalzamento del livello di selettività dei criteri.

BLAUER ANGEL (Angelo blu) - Il *Blauer Angel* tedesco è il primo esempio, dal punto di vista cronologico, di marchio ambientale, essendo stato istituito nel 1978. Anche in tal caso i criteri da soddisfare per poter usufruire dell'etichettatura sono stati elaborati sulla

base di analisi del ciclo di vita dei prodotti, prestando particolare attenzione agli aspetti di protezione ambientale, agli aspetti prestazionali e a quelli di sicurezza. Ad esempio i criteri possono riguardare il contenuto minimo (percentuale) di materiale riciclato o il divieto di utilizzare sostanze pericolose nella produzione del bene per cui si richiede la certificazione.

ECOLABEL EUROPEO – Una margherita è il simbolo dell'Ecolabel europeo che contraddistingue prodotti e servizi a minor impatto ambientale.

Per i produttori l'Ecolabel europeo può essere una opportunità per poter dimostrare il loro impegno e la loro attenzione alle problematiche ambientali in un mercato sempre più sensibile a queste tematiche.

Per i consumatori è la via migliore per identificare e scegliere prodotti che rispettano l'ambiente. L'Ecolabel è il marchio europeo di certificazione ambientale per i prodotti e i servizi nato nel 1992 con l'adozione del Regolamento europeo n. 880/92 e aggiornato con il nuovo Regolamento n. 1980 del 17 luglio 2000. La forza dell'Ecolabel europeo sta nella sua **dimensione europea**: esso trova applicazione nei 15 Stati membri dell'Unione europea ed anche in Norvegia, Islanda e Liechtenstein.

E' uno strumento ad **adesione volontaria** che viene concesso a quei prodotti e servizi che rispettano criteri ecologici e prestazionali stabiliti a livello europeo; i produttori non sono tenuti a richiedere l'Ecolabel: sta a loro decidere se presentare richiesta o meno, sempreché i loro prodotti soddisfino i criteri. Qualora scelgano di richiedere l'etichetta, i fabbricanti dei prodotti che espongono l'Ecolabel beneficeranno di un vantaggio concorrenziale e potranno avvalersi dell'etichetta per comunicare ai clienti che i loro prodotti sono più ecologici. L'ottenimento del marchio costituisce, pertanto, un attestato di eccellenza che viene rilasciato solo a quei prodotti/servizi che hanno un ridotto impatto ambientale.

I criteri sono periodicamente sottoposti a revisione e resi più restrittivi, in modo da favorire il miglioramento continuo della qualità ambientale dei prodotti e servizi.

I criteri ambientali si applicano a tutti i beni di consumo (eccetto alimenti, bevande, e medicinali) e ai servizi. I criteri sono definiti a livello europeo per gruppi di prodotto/servizio, usando l'approccio "dalla culla alla tomba" (LCA - valutazione del ciclo di vita) che rileva gli impatti dei prodotti sull'ambiente durante tutte le fasi del loro ciclo di vita, iniziando dall'estrazione delle materie prime, dove vengono considerati aspetti volti a qualificare e selezionare i fornitori, passando attraverso i processi di lavorazione, dove sono gli impatti dell'azienda produttrice ad essere controllati, alla distribuzione (incluso l'imballaggio) ed utilizzo, fino allo smaltimento del prodotto a fine vita.

Gli aspetti che sono analizzati, in particolare, sono il consumo di energia, l'inquinamento delle acque e dell'aria, la produzione di rifiuti, il risparmio di risorse naturali, la sicurezza ambientale e la protezione dei suoli.

Tra gli elementi che hanno un maggior impatto negativo sull'ambiente vengono individuati i più rilevanti, e per ciascuno di essi sono stabiliti precisi limiti che non possono essere superati. E' escluso l'uso di sostanze che possono essere dannose per la salute umana.

L'Ecolabel è uno strumento **trasparente e ottenuto mediante consultazioni**; la trasparenza e la natura spiccatamente partecipativa del sistema sono state fortemente potenziate grazie al significativo apporto dell'industria, del commercio, delle organizzazioni ambientaliste, sindacali e dei consumatori, nonché delle altre parti interessate per la definizione dei criteri ecologici da parte del Comitato dell'Unione europea per il marchio di qualità ecologica.

E' **approvato ufficialmente**; i criteri relativi ad ogni gruppo di prodotti devono essere approvati a maggioranza qualificata dagli Stati membri e dalla Commissione europea prima di essere ufficialmente pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee.

E' uno strumento **facoltativo**; un produttore, un importatore o un negoziante che sappia che esistono i criteri per il rilascio dell'Ecolabel europeo, per i suoi prodotti può richiedere

l'Ecolabel per dimostrare ai suoi acquirenti che è realmente interessato all'ambiente e che i suoi prodotti sono più "verdi".

E' **concesso da un organismo indipendente**; la richiesta è esaminata da una terza parte indipendente, l'Organismo nazionale competente, il quale garantisce che i prodotti etichettati rispettino standard ambientali di alto livello.

Inoltre è **munito di logo distintivo**; tutti i prodotti che hanno ottenuto l'Ecolabel espongono lo stesso logo, qualunque sia la loro provenienza e qualsiasi sia la loro natura. Il logo comprende informazioni riguardanti le principali caratteristiche ecologiche del prodotto.

L'Ecolabel costituisce un vantaggio competitivo legato all'aumento di visibilità sul mercato e all'allargamento del target clienti. Il marchio, infatti, dà la possibilità di avvalersi di un elemento distintivo, sinonimo di qualità ambientale e prestazionale, che può evidenziare il prodotto/servizio su tutto il mercato europeo e attirare il consumatore attento alla salvaguardia ambientale.

Al consumatore l'Ecolabel europeo garantisce che il prodotto:

- ha un minor impatto ambientale rispetto agli altri prodotti presenti sul mercato;
- è stato sottoposto a severissimi test per assicurarne le qualità ambientali e prestazionali;

Scegliendo prodotti Ecolabel, quindi, il consumatore contribuisce a migliorare l'ambiente, riceve un'informazione trasparente e credibile, acquista prodotti che non hanno componenti dannosi alla salute e verificati da un Organismo indipendente. Al produttore e al distributore l'Ecolabel europeo:

- consente di richiedere per i propri prodotti un marchio valido in tutti i Paesi europei;
- accresce la visibilità sul mercato nazionale ed europeo;
- dà una pubblicità aggiuntiva attraverso le campagne di promozione dell'UE e degli Stati membri, i siti web dedicati, etc.

Ulteriori benefici, infine, possono derivare dal crescente sviluppo del **mercato verde** e dalle iniziative che sono allo studio dell'UE e degli Stati membri per aumentarne la diffusione (IPP, Libro Verde, *Green Public Procurement*, etc.).

Stato	Marchio	Simbolo	Sito Web
Germania	Angelo Blu		http://www.blauer-engel.de
Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia e Svezia	Cigno Bianco		http://www.svanen.nu http://www.sfs.fi http://www.ecolabel.no
Unione Europea	Ecolabel comunitario		http://europa.eu.int/ecolabel
USA	Green Seal		http://www.greenseal.org
Canada	Environmental Choice		http://www.terrachoice.ca
India	Ecomark		http://www.cpcb.delhi.nic.in
Corea	Ecomark		http://www.kela.or.kr
Thailandia	Green Label		http://www.tei.or.th
Brasile	Rótulo Ecológico ABNT - Qualidade Ambiental		http://www.abnt.org.br

Figura 6.1 Esempi di marchi ecologici nazionali ed internazionali.

6.2 Sistemi di etichettatura ambientale e Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD)

Nell'ambito degli strumenti volontari di politica ambientale volti all'etichettatura dei prodotti, attualmente si distinguono, secondo la classificazione ISO, tre categorie di sistemi di etichettatura e di dichiarazione ambientale.

TIPO 1 Sono basate su criteri di eccellenza singoli o multipli sviluppati da una parte terza. Tali criteri fissano dei valori soglia, da rispettare per ottenere il rilascio del marchio. Detti criteri sono pubblici e vengono fissati per ogni «gruppo di prodotti», prendendo in considerazione l'intero ciclo di vita, senza però basarsi su un rigoroso processo di *life cycle assessment* (LCA). La necessità di considerare l'intero ciclo di vita permette di evitare di trasferire, all'interno della filiera, gli impatti da un operatore all'altro. Le fasi del ciclo di vita da includere dovrebbero comprendere l'estrazione di risorse, la progettazione, la fabbricazione, la distribuzione, l'uso e lo smaltimento finale. L'Organismo Competente per l'assegnazione del marchio può essere sia un ente pubblico, sia un'organizzazione privata. Esempi di etichettature di Tipo I sono l'Ecolabel Europeo, il Cigno Bianco scandinavo e l'Angelo Blu tedesco;

TIPO 2 I marchi di Tipo II, o autodichiarazioni del produttore, sono ampiamente utilizzati al fine di comunicare ai consumatori caratteristiche ambientali dei prodotti/servizi ritenute rilevanti. Pur essendo regolate dalle norme ISO 14021, per le asserzioni di Tipo II non esistono dei criteri da soddisfare in seguito ai quali viene conseguito un marchio certificato; l'asserzione è autodichiarata dal produttore, seguendo le linee guida enunciate dalle norme ISO. Queste stabiliscono dei requisiti di accuratezza, veridicità e non ingannevolezza delle dichiarazioni.

TIPO 3 La norma ISO di riferimento per tale tipologia di marchi è la 14025, che ne determina lo schema di riferimento. Analogamente a quanto accade per i sistemi di certificazione di Tipo I, alcuni paesi hanno poi predisposto schemi specifici per la certificazione e registrazione delle etichettature ecologiche di Tipo III, chiamate Dichiarazioni Ambientali di Prodotto. Uno degli schemi più attivi a livello internazionale è quello che lo *Swedish Environmental Management Council* (SEMC) ha implementato a partire dal 1998 e che è conosciuto sinteticamente come Sistema EPD (*Environmental Product Declarations*, appunto). Il Sistema EPD si basa, come rappresentato in figura 6.2, sui seguenti documenti di riferimento:

1. I Requisiti Specifici di Prodotto (*Product Specific Requirements*, PSR), che costituiscono la “scheda tecnica” dei prodotti. Nella PSR vengono definite le ipotesi utili a rendere confrontabili le dichiarazioni relative a prodotti funzionalmente equivalenti;
2. I risultati di uno studio LCA;
3. La vera e propria Dichiarazione Ambientale.

Tra gli strumenti volontari di gestione, la Dichiarazione Ambientale di Prodotto si configura come uno strumento innovativo, capace di valutare tutte le caratteristiche e gli impatti ambientali di un prodotto/servizio e di comunicarli in modo credibile all'esterno.

La **Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)** è un documento che permette di comunicare informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi. Tali informazioni hanno carattere esclusivamente informativo; la dichiarazione non contiene criteri di valutazione, preferibilità o livelli minimi che la prestazione ambientale debba rispettare. Le prestazioni ambientali dei prodotti/servizi riportate nella EPD devono basarsi sull'analisi del ciclo di vita mediante utilizzo del *Life Cycle Assessment (LCA)* in accordo con le norme ISO 14040:2006 e 14044:2006, fondamento metodologico da cui scaturisce l'oggettività delle informazioni fornite. Essa è sviluppata in applicazione della norma UNI ISO 14025:2006 (Etichetta Ecologica di Tipo III, figura 6.2) e:



Figura 6.2 Il marchio EPD.

- è applicabile a tutti i prodotti o servizi, indipendentemente dal loro uso o posizionamento nella catena produttiva;
- consente confronti tra prodotti o servizi funzionalmente equivalenti;
- viene verificata e convalidata da un organismo indipendente che garantisce la credibilità e veridicità delle informazioni contenute nello studio LCA e nella dichiarazione.

La EPD è uno strumento di comunicazione pensato per essere usato principalmente dall'industria e dalle pubbliche amministrazioni come fonte di informazioni oggettive e comparabili sulla qualità ambientale di prodotti e servizi.

Il sistema di dichiarazione ambientale va incontro alle esigenze manifestate dalle aziende di comunicare al mercato, in tempo reale, i miglioramenti ambientali dei propri prodotti e servizi, fornendo simultaneamente le necessarie garanzie di credibilità e scientificità.

La natura prettamente informativa della EPD consente al destinatario dell'informazione di fare valutazioni correlate al contesto economico, geografico e sociale nel quale opera e con le politiche ambientali e di sviluppo che persegue.

La struttura del sistema EPD, basata interamente su norme internazionali ISO, permette inoltre l'esportabilità e la riconoscibilità delle dichiarazioni al di là del contesto nazionale. Per quanto riguarda la documentazione di riferimento, il sistema si basa sui seguenti documenti:

- Le Regole per Categoria di Prodotto (*Product Category Rules, PCR*), che costituiscono la "scheda tecnica" dei prodotti (o del gruppo di prodotti). In questo documento, vengono definiti in maniera condivisa, trasparente e bilanciata, i criteri di appartenenza di un prodotto a un determinato gruppo e per questo vengono fissati i parametri utili a rendere confrontabili le EPD dei sistemi funzionalmente equivalenti compresi nel gruppo. Nella PCR vengono pertanto definiti i parametri tecnici e funzionali del gruppo, il campo di applicazione dello studio LCA e gli aspetti ambientali rilevanti per quel gruppo;

- I risultati di uno studio LCA condotto sulla base delle indicazioni presenti nei PCR, nelle linee guida del sistema e nelle norme ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006;
- La vera e propria dichiarazione ambientale (EPD), che dovrà essere convalidata da una terza parte accreditata e che in pratica consiste in un documento idoneo a comunicare nella maniera più efficace e trasparente possibile i risultati dello studio LCA.

Ponendosi nell'ottica dell'utilizzatore dell'informazione la EPD costituisce un utile strumento per l'attuazione di politiche di acquisto sostenibile, *green procurement*, che pongono la variabile ambientale come criterio preferenziale di scelta. Inoltre presenta altri molteplici vantaggi che possono essere così sintetizzati:

- informazione e trasparenza verso i consumatori, gli utilizzatori professionali;
- maggiore competitività del prodotto sul mercato;
- miglioramento dell'immagine di marca;
- sinergia con gli strumenti di gestione ambientale; ottimizzazione risorse/costi;
- diminuzione degli impatti ambientali;
- acquisizione di dati utili alla definizione delle strategie aziendali;
- individuazione delle opportunità di miglioramento legate all'utilizzo di processi /prodotti alternativi.

6.3 Altri marchi

Vi è poi una serie di altri marchi ambientali non riconducibile alla classificazione proposta (figura 6.3), che si è imposta all'attenzione del mercato. E' da sottolineare che non in tutti i casi l'attribuzione del marchio è subordinata allo svolgimento di analisi LCA o al rispetto di criteri elaborati in accordo ad analisi di questo tipo. Tra i marchi di questo tipo maggiormente conosciuti vi sono:

- l'*ENERGY STAR* gestito dall'EPA statunitense, che premia i prodotti elettrici/elettronici che soddisfano criteri di risparmio energetico in fase di utilizzo (www.energystar.gov);
- l'*OEKO-TEX* sui tessili (www.oeko-tex.com), che impone classi di rispetto di limiti, come, ad esempio, sul contenuto di sostanze ritenute pericolose. In generale però tali limiti non sempre fanno riferimento a considerazioni sull'intero ciclo-vita;
- il *FOREST STEWARDSHIP COUNCIL* (FSC, www.fsc.org), che propone una gestione ambientalmente, socialmente ed economicamente appropriata delle risorse forestali;
- il marchio IMPATTOZERO di *LifeGate* (www.impattozero.it), introdotto per calcolare le emissioni di anidride carbonica di persone, attività, prodotti, aziende, compensandole in maniera appropriata e contribuendo a riqualificare e tutelare foreste in crescita. Il sistema di compensazione è basato su calcoli di tipo LCA volti alla determinazione del GWP (*Global Warming Potential*, o effetto serra potenziale).



Figura 6.3 Altri marchi ecologici.

Infine un'ulteriore tabella esemplificativa mostra i marchi ecologici assegnati ai principali materiali da costruzione.

Materiali	Marchio ecologico
Laterizi	EPD, Ecolabel (prossimamente)
Ceramica (piastrelle)	Ecolabel
Legno	FSC, PEFC, <i>Nordic Swan</i> (per pannelli)
Calcestruzzo	<i>Nordic Swan</i> (per pannelli)
Acciaio	-

Tabella 6.1 Materiali e relativi marchi ecologici.

7. LCA e edilizia rurale

Anche se risulta essere tra i settori dove l'utilizzo della LCA trova ancora difficoltà nell'affermarsi, quello delle costruzioni, nel nostro caso riferite ad un ambito prettamente rurale, rimane tra i campi di applicazione potenzialmente più interessanti.

E proprio in questo settore è stato testato e verificato il potenziale dell'utilizzo della metodologia con l'obiettivo di definire le conseguenze ambientali legate alla scelta dei materiali, delle tecniche costruttive e delle modalità di esercizio fino alla previsione delle modalità di demolizione ed eventuale destinazione dei materiali a fine vita.

L'obiettivo è pertanto quello di indirizzare le scelte di progetto mediante una valutazione integrale delle prestazioni dei materiali, delle tecniche costruttive e delle tipologie degli impianti di servizio che consentano i più bassi consumi possibili di risorse e la minore generazione di emissioni e rifiuti.

Un aspetto rilevante dell'applicazione di questa metodica è oltretutto quello di consentire il confronto, già in fase di progetto preliminare, tra diverse soluzioni, mettendo in evidenza le caratteristiche ambientali positive e negative di ognuna di queste.

Nel seguente paragrafo sono trattati alcuni dei principali materiali impiegati nell'edilizia rurale (laterizi, ceramica, calcestruzzo, legno); risulta escluso l'acciaio, poiché non sono stati trovati riferimenti adeguati a riguardo.

7.1 Valutazione delle *performances* ambientali di laterizi, ceramica (piastrelle), calcestruzzo, legno

Per quanto riguarda il rilascio del marchio Ecolabel a piastrelle, la decisione della Commissione, del 25 marzo 2002, **stabilisce i criteri ecologici per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica alle coperture dure per pavimenti (2002/272/CE)**.

Per ottenere l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica ai sensi del regolamento (CE) n. 1980/2000, le coperture dure per pavimenti devono rientrare nel gruppo di prodotti "coperture dure per pavimenti" e devono soddisfare i criteri ecologici. I criteri sono intesi in particolare a promuovere:

- la riduzione degli impatti sugli habitat e sulle rispettive risorse;
- la riduzione del consumo di energia;
- la riduzione delle sostanze tossiche o inquinanti rilasciate nell'ambiente;
- la riduzione dell'uso di sostanze pericolose;
- informazioni che consentano al consumatore di usare il prodotto in maniera efficiente, riducendo al minimo l'impatto ambientale complessivo.

I livelli fissati nei diversi criteri sono tali da promuovere l'etichettatura di coperture dure per pavimenti prodotte con impatto ambientale limitato. Per ciascun criterio sono previsti requisiti specifici di valutazione e di verifica.

Il rilascio del marchio è subordinato al rispetto di criteri ecologici e prestazionali, quali:

1. Estrazione delle materie prime:
 - 1.1. Gestione dell'estrazione (solo per prodotti naturali);
 - 1.2. Gestione dell'estrazione (solo per prodotti lavorati);

2. Scelta delle materie prime (per tutti i prodotti per pavimenti);
3. Operazioni di finitura (soltanto per i prodotti naturali);
4. Processo di produzione (soltanto per i prodotti lavorati):
 - 4.1. Consumo energetico;
 - 4.2. Consumo di acqua;
 - 4.3. Emissioni nell'aria;
 - 4.4. Emissioni nell'acqua;
5. Gestione dei rifiuti:
 - 5.1. Recupero dei rifiuti (soltanto per i prodotti lavorati);
6. Fase d'uso;
7. Idoneità all'uso;
8. Informazioni per i consumatori;
9. Informazioni riportate sul marchio di qualità ecologica.

LATERIZI - Uno dei materiali che è stato largamente studiato dal punto di vista degli impatti ambientali lungo il suo ciclo di vita è il laterizio nelle sue molteplici tipologie, che trovano largo impiego nell'edilizia anche rurale.

Fase di produzione - La principale materia prima utilizzata è l'argilla, costituita da una miscela naturale di minerali a base di silice, allumina e acqua. Le fasi di produzione - approvvigionamento delle materie prime, produzione e trasporto si suddividono più precisamente in:

- escavazione, trasporto e stoccaggio argilla;
- prelaborazione, formatura, essiccazione e cottura;
- imballaggio e trasporto.

A ognuna delle fasi del ciclo produttivo può essere associata un'interazione con l'ambiente circostante, materie prime ed energia in termini di consumi di risorse naturali, di emissioni in atmosfera, di scarichi idrici, di rifiuti, di emissioni sonore.

Grazie alla diffusa pratica di recupero delle acque di lavorazione, la produzione di laterizi registra bassi consumi di acqua, mentre il consumo di energia è stato notevolmente ridotto negli ultimi anni, ed è stato accompagnato da un maggiore ricorso all'uso di gas naturale, con conseguente riduzione delle emissioni di CO₂.

I principali rifiuti sono costituiti dagli sfridi di laterizio, che vengono comunque reimpiegati nello stesso ciclo produttivo o in altri usi (altri prodotti ceramici, terra per campi da tennis, inerti in getti di calcestruzzo ecc.).

Fase di messa in opera - La messa in opera di murature con metodo tradizionale a umido comporta un cospicuo uso di acqua necessaria per la preparazione delle malte, degli intonaci, per la bagnatura del laterizio e per la messa in opera attraverso l'impiego di malte. Il procedimento produce una minima quantità di sfridi e scarti principalmente derivanti dal taglio a misura degli elementi. Nell'analisi LCA di questa fase si deve tener conto dei

parametri ambientali dovuti alla produzione di malte ed eventuali altri materiali, quali isolanti e rivestimenti.

Fase d'uso - Gli impatti generati da un edificio in fase d'uso sono circa dieci volte³ superiori a quelli generati in fase di produzione e costruzione, per cui gli aspetti prestazionali e gli impatti ambientali in fase d'uso e la durabilità del prodotto risultano elementi prioritari da considerare. In questa fase i temi di riflessione sono:

- durabilità;
- risparmio energetico;
- igiene e salubrità.

Fase di dismissione - Un'adeguata riconversione o lo smaltimento controllato dei rifiuti provenienti dalle demolizioni o dalle sostituzioni consentono di ridurre l'impatto ambientale dei prodotti da costruzione. Le tecniche di demolizione si dividono in: tradizionale (meccanica e manuale) a reazione chimica, per principi fisici, selettiva o pianificata. Dalla dismissione di un edificio con struttura in laterizio si ricavano:

- mattoni e blocchi da riutilizzare;
- materiale di riempimento e di stabilizzazione per le infrastrutture;
- aggregati per calcestruzzo e malte in sito e preconfezionati;
- terra per campi da tennis.

Uno studio di ANDIL - Assolaterizi ha permesso di evidenziare l'impatto ambientale, lungo l'intero ciclo di vita del laterizio. Esso considera un valore medio che tiene conto di tutte le tipologie esistenti. I dati sono riportati in tabella 7.1.

Per produrre 1 tonnellata di laterizi			
Materiali	Argilla	kg	1.185,11
	Acqua	lt.	144,32
	Sabbia	Kg	151,82
	Additivi	Kg	4,83
	Rifiuti recuperati	Kg	31,68
	Rifiuti/Residui	Kg	-9,89
	Olio idraulico/lubrificante	lt.	0,04
	Reggette	Kg	0,16
	Termoretraibile	Kg	0,54
	Pallets	Kg	5,80
Energia	Gasolio	lt.	1,90
	Olio combustibile	Kg	0,79
	Metano	m ³	49,55
	Energia termica	Mcal	401,31
	Energia elettrica	kWh	37,28

Tabella 7.1 Materie prime ed energia impiegate per produrre 1 tonnellata di laterizi (Gülnaz Atila, 2006).

³ Ciò considerandolo'intera vita dell'edificio, a materiale installato.

Dati più dettagliati sull'impatto ambientale della produzione di laterizio sono desumibili da una Dichiarazione Ambientale di Prodotto⁴ ai sensi della norma ISO 14025 relativa a "coppo in cotto", i cui criteri ecologici da soddisfare per ottenere il riconoscimento sono riportati dai PSR per il gruppo di Prodotti da costruzione in laterizio Mattoni, pavimenti e tegole PSR 2004:9. I dati ambientali relativi al ciclo di vita sono riportati nelle tabelle 7.2, 7.3 e 7.4.

Uso di risorse	U.M.	Tot.	Fase Produzione		Fase d'Uso
			Produzione coppo	Estrazione materie prime	Distribuzione
Non Rinnovabili					
Senza contenuto energetico	Kg/t	1.190	9,81	1.180	0,396
Argilla	Kg/t	1.070	0,114	1.070	0,0133
Sabbia	Kg/t	113	7,87	105	0,242
Con contenuto energetico	MJ/t	4.980	4.510	158	315
Rinnovabili					
Senza contenuto energetico	Kg/t	2.134	839	1.162	135
di cui acqua per la produzione del coppo	Kg/t	48,6	48,6	-	-
Con contenuto energetico	MJ/t	105,6	101,8	2,98	0,9
+ acqua per la produzione energetica	Kg/t	4,33E+05	4,12E+05	1,68E+04	5,07E+03
Consumo elettricità	MJ/t	307,6	306	1,6	0,0

Tabella 7.2 Consumo di risorse per produrre 1 tonnellata di laterizio.

Categoria di impatto	U.M.	Tot.	Fase Produzione		Fase d'Uso
			Produzione coppo	Estrazione materie prime	Distribuzione
Acidifying compounds	kmolH	0,0374	0,0306	0,0023	0,0044
Eutrophicating	Kg O ₂ /t	4,13	2,48	0,56	1,09
Greenhouse gases	Kg CO ₂ /t	515,2	477	11,9	26,3
Ozone depleting	Kg CFC11/t	5,00E-05	4,60E-05	2,00E-06	2,00E-06
Photochemical ozone creation	Kg C ₂ H ₄ /t	6,51E-03	5,51E-03	3,40E-04	6,60E-04

Tabella 7.3 Impatti associati alle emissioni inquinanti, riferiti ad 1 tonnellata di laterizio.

Rifiuti	U.M.	Tot.	Fase Produzione	Fase d'Uso
Rifiuti pericolosi (a discarica speciale)	Kg/t	1,09E-03	1,09E-03	0,0
Rifiuti non pericolosi	Kg/t	14,029	14,016	0,013

Tabella 7.4 Rifiuti prodotti riferiti ad 1 tonnellata di laterizio.

CERAMICA (PIASTRELLE) - Le piastrelle di ceramica possono essere considerate un materiale a basso impatto ambientale, in confronto con altri materiali per il rivestimento di pavimenti e pareti. Per questa valutazione occorre considerare tutti gli impatti ambientali - in termini di inquinamenti emessi e risorse consumate - nell'arco dell'intero "ciclo di vita" delle piastrelle: dalla cava e dall'estrazione delle materie prime (la "culla") alla demolizione delle piastrellature ed al ritorno dei detriti all'ambiente (la "tomba").

⁴ Il documento EPD, di cui si riportano i dati delle tabelle 7.2, 7.3 e 7.4, riferibile al numero di certificazione S-P-00121, è disponibile sul sito www.environdec.com.

Le piastrelle di ceramica sono ottenute da materie prime molto diffuse sulla crosta terrestre: non sono materiali strategici, né materiali destinati, di fatto, all'esaurimento. I requisiti di qualità sono diversificati a seconda del tipo di prodotto e di tecnologia di fabbricazione, ma in ogni caso non sono tali da richiedere o giustificare particolarmente onerose, ed ambientalmente rilevanti, operazioni di separazione, arricchimento, ecc. L'impatto ambientale della cava e delle attività connesse è riconducibile, da un lato, alla modifica del paesaggio (di cui, nella legislazione della maggior parte dei paesi, è comunque previsto un recupero, al termine delle attività); dall'altro, ai consumi di risorse (ad esempio, energia, acqua), all'emissione di polveri ed alla produzione di rifiuti. I piani estrattivi sono redatti, in tutti i paesi, in modo da controllare per quanto possibile gli effetti ambientali delle cave.

Quanto alla fase di produzione, essa rappresenta il segmento più importante del ciclo di vita dal punto di vista dell'impatto ambientale. In generale si può dimostrare che oggi uno stabilimento di fabbricazione di piastrelle di ceramica riutilizza, direttamente o indirettamente, tutte le acque reflue e tutti i rifiuti/residui di fabbricazione (gli scarti) e di depurazione, risparmiando acqua e materie prime. In questo modo, tanto l'immissione di sostanze inquinanti nell'ambiente, quanto il prelievo di materiali dall'ambiente e lo sfruttamento delle riserve d'acqua e delle materie prime sono stati ridotti al minimo.

Oggi, per produrre un metro quadrato di piastrelle di ceramica, viene consumata una quantità di energia (termica ed elettrica) pari a meno della metà dei consumi specifici di vent'anni fa. Poi vi sono le emissioni gassose, in relazione alle quali va ricordata e sottolineata la posizione di leadership dell'industria italiana.

Le piastrelle di ceramica italiane vengono oggi fabbricate applicando tecniche avanzate di depurazione per cui le emissioni di inquinanti gassosi sono ridotte di oltre il 90%, rispetto alle aziende degli altri paesi, le quali non impiegano queste tecnologie. Ecco perché è vero che le piastrelle ceramiche italiane sono più rispettose dell'ambiente delle piastrelle fabbricate altrove. Proseguiamo ora nel ciclo di vita.

Per quanto riguarda la fase di installazione, abbiamo che i materiali utilizzati per la posa ed il riempimento delle fughe (malte, adesivi, ecc.) sono, nella generalità, materiali di scarsa rilevanza dal punto di vista tossicologico e di impatto ambientale (con limitatissime eccezioni, come gli adesivi epossidici, utilizzati però solo in situazioni speciali).

Quanto alla sicurezza ed all'impatto ambientale in esercizio, le piastrelle di ceramica sono su un livello di eccellenza rispetto alla maggior parte dei prodotti concorrenti: non vi sono rischi sanitari ed ambientali associati all'installazione ed all'impiego delle piastrelle ceramiche; anzi, per le loro caratteristiche intrinseche, le piastrelle ceramiche si segnalano per le ottime caratteristiche di sicurezza e di igiene. Veniamo infine alla chiusura del ciclo di vita: la demolizione delle piastrellature al termine della loro vita utile.

I relativi detriti sono rottami di materiali ceramici, dunque materiali "inerti": possono essere collocati nell'ambiente senza rischi particolari, ed anche trovare impiego nella preparazione di sottofondi, ecc. Come è noto, lo stesso non si può dire dei detriti di altri materiali di finitura, che non possono essere in alcun modo recuperati ed il cui smaltimento può comportare operazioni aventi un non trascurabile impatto ambientale, come l'incenerimento.

CALCESTRUZZO - "Il calcestruzzo è il materiale preferito dall'industria delle costruzioni, ed è considerato uno degli elementi che sono alla base del progresso mondiale". Tutte le maggiori infrastrutture sono state spesso progettate e costruite in calcestruzzo: autostrade, acquedotti, centrali elettriche, aeroporti, abitazioni, scuole ecc. Il calcestruzzo mostra anche un buon potenziale per qualità sostenibili, come lunga durata con minima manutenzione, miglioramento dei livelli di vita (salute, sicurezza, svago e mobilità), alta possibilità di riciclo sia allo stato fresco che indurito, uso di materiali del luogo (il che riduce

i trasporti) con betoniere e pompe che rappresentano efficaci mezzi di consegna e di messa in opera per costi e qualità. Da un punto di vista strettamente tecnico la sua rilevante caratteristica è la capacità di aderire all'acciaio, di proteggerlo e di seguirne le deformazioni termiche, avendo lo stesso coefficiente di dilatazione termica, formando così il calcestruzzo armato. Sulla base di questa caratteristica negli ultimi cento cinquanta anni, si sono sviluppate una nuova scienza e una nuova tecnologia, al punto che le nostre scuole di ingegneria sono ora sostanzialmente concepite intorno a questo materiale. Il calcestruzzo sta quindi dando un forte contributo allo sviluppo mondiale e può sostenere ancora il suo progresso in termini di sostenibilità.

Calcestruzzo e sostenibilità

Se confrontata con altri materiali da costruzione, quali acciaio, polimeri o vetro, la produzione di calcestruzzo richiede meno energia e minore quantità di materie prime, anche se in ogni caso esso è un prodotto ad alto uso di energia e di risorse naturali.

Un metro cubo di calcestruzzo è costituito all'incirca di 300 Kg di cemento, 1.900 Kg di aggregati, 180 kg di acqua e 1-3 kg di additivi.

La produzione di ogni tonnellata di cemento Portland richiede circa 1,5 tonnellate di materie prime, da 1.110 a 2.100 kWh di energia, e rilascia nell'ambiente da 1,0 a 1,2 tonnellate di CO₂.

L'energia elettrica richiesta per produrre un metro cubo di calcestruzzo includendo la produzione di aggregati, la pesatura e la miscelazione delle materie prime del calcestruzzo è di circa 1,64 kWh.

La percezione non favorevole che il calcestruzzo suscita in relazione alla sostenibilità (cioè all'uso di risorse naturali e di energia) dipende pertanto dal consumo di energia e dalla produzione di anidride carbonica del legante.

Oltre a ciò vanno considerati il consumo di risorse naturali quali aggregati, acqua, sia per il calcestruzzo che per il legante.

A questo occorre aggiungere che il calcestruzzo può deteriorarsi in un tempo più breve di quello programmato per maggiore aggressività ambientale (dovuta anche all'effetto serra dell'anidride carbonica emessa), per una non adeguata attenzione alla durabilità in fase di progettazione e per il cambiamento della composizione chimica del cemento.

I maggiori elementi che influiscono negativamente sulla percezione d'impatto ambientale del calcestruzzo sono:

PER QUANTO RIGUARDA LA SOSTENIBILITA'

- alta richiesta di energia;
- elevato consumo di materie prime;
- notevole emissione di anidride carbonica.

PER QUANTO RIGUARDA LA DURABILITA'

- fessurazioni dovute a ritiro o tensioni termiche o di trazione;
- inefficace protezione delle armature;
- deterioramento causato dall'attacco di agenti aggressivi come cloruri e solfati.

PER QUANTO RIGUARDA LA STABILITA'

- azione combinata del carico esterno e del deterioramento del calcestruzzo;
- limitata utilizzabilità.

Approccio globale alla sostenibilità

Per realizzare un calcestruzzo durevole e sostenibile occorre avere un approccio globale al processo costruttivo, non focalizzandosi solo su un singolo aspetto come i materiali, il progetto strutturale oppure la fase di costruzione.

Le tre maggiori cause di fattori negativi che influenzano la sostenibilità:

- 1) la pratica costruttiva corrente, che fa dipendere la valutazione economica di una costruzione dalla velocità di realizzazione, piuttosto che dal risparmio che si realizza nel suo intero ciclo di vita mediante la conservazione dell'energia e il corretto uso dei materiali;
- 2) gli attuali regolamenti che scoraggiano l'utilizzo di materiali riciclati;
- 3) l'assenza di un approccio globale nel campo della progettazione, della ricerca e dell'intero processo costruttivo.

Nell'industria delle costruzioni, la sostenibilità dovrebbe coinvolgere, fra l'altro, la progettazione per un funzionale e durabile servizio di vita delle strutture, l'uso di materiali di scarto, la riduzione dei rifiuti e il loro riciclo e infine la costruzione che deve causare il minimo danno all'ambiente.

Fra le attività industriali per le quali si prevede una forte crescita futura occupa un posto d'onore quella del cemento.

Lo sviluppo economico di nazioni fino a pochi anni fa molto povere sta infatti facendo lievitare la domanda di materiali edilizi, prima fra tutti quella di calcestruzzo, diventato dal secondo dopoguerra il materiale principe della costruzione.

Dal punto di vista ambientale, i punti critici nell'attività di confezionamento del calcestruzzo dipendono, in via diretta, dall'utilizzo di risorse naturali non rinnovabili e dalle emissioni di polveri aerodisperse (tabella 7.5) provenienti dai punti di carico, dalle bilance e dai silos di stoccaggio e dalla movimentazione e stoccaggio delle materie prime; in via indiretta dagli impatti ambientali derivati dal processo di produzione del cemento.

Altri aspetti coinvolti derivano dal consumo di energia elettrica indispensabile per il funzionamento degli impianti, dalle emissioni sonore e dalla gestione delle risorse idriche.

Il cemento, principale ingrediente per la sua fabbricazione, viene ricavato con un processo di produzione molto dispendioso in termini energetici ed altamente inquinante.

Si parte dalla decarbonatazione del calcare, l'eliminazione cioè del carbonio contenuto nel composto per estrarre calcio. La reazione avviene a temperature elevatissime, intorno ai 1500 °C; è necessaria quindi una combustione che comporta elevate emissioni di anidride carbonica.

Sostanza	Compartimento	Unità di misura	Quantità	%	mPt
Acqua	Consumo di materia prima	l	2,6	24%	1,7
Petrolio	Consumo di materia prima	g	1,1	18,3%	1,3
Gas naturale	Consumo di materia prima	l	7,2	10,5%	0,7
Carbone	Consumo di materia prima	g	12	7%	0,5
Ossidi di azoto	Emissioni in aria	mg	229	8,7%	0,6
Anidride carbonica	Emissioni in aria	g	104	0,8%	0,6
Ossidi di zolfo	Emissioni in aria	mg	262	5,5%	0,4
Polveri	Emissioni in aria	mg	103	4,1%	0,3
Nichel	Emissioni in acqua	µg	97,1	1,1%	7,9E-2

Tabella 7.5 Contributo delle sostanze consumate ed emesse durante l'attività di produzione del calcestruzzo (De Santoli, 2006).

Esiste poi un impatto a valle del suo utilizzo, quando cioè i materiali edilizi ed il cemento armato, al momento della demolizione, diventano rifiuti da smaltire in qualche modo.

Nonostante le nuove tecnologie abbiano messo a punto delle miscele di cemento che permettono di risparmiare qualche tonnellata di emissione, il ciclo produttivo del cemento rimane uno dei meno eco-compatibili, e le possibilità di ridurre l'impatto sono minime. Gli industriali del settore stanno comunque cercando soluzioni, soprattutto in termini di aumento dell'efficienza energetica e fissazione di soglie limite di emissione.

LEGNO - E' insieme all'argilla il materiale base per la costruzione bioecologica. E' infatti in assoluto in edilizia la materia prima più rinnovabile oggi disponibile, anche se, soprattutto in Italia, il suo uso si è fortemente ridotto negli ultimi decenni a seguito di interventi di impoverimento del patrimonio forestale nazionale che hanno anticipato quelli, tanto condannati, in corso nel terzo mondo.

Il legno ha caratteristiche fisico tecniche che ne fanno un materiale perfettamente idoneo a creare luoghi di abitazione vitali ed equilibrati; **il legno possiede ottima resistenza meccanica**, forte potere termocoibente, grande igroscopicità e quindi capacità di regolare l'umidità relativa degli ambienti, elevata temperatura superficiale.

Non è un caso che il legno, anche se spesso usato in modo poco corretto, rappresenti il principale materiale da costruzione nei paesi più avanzati del mondo come gli Stati Uniti, il Canada, il Giappone e tutto il centro e nord Europa.

Per tornare ad essere un materiale primario anche in Italia, sarebbe ovviamente necessaria una seria politica di forestazione produttiva in un territorio come il nostro per altro fisicamente ideale per questo orientamento produttivo. Ciò non toglie che, soprattutto nel nord Italia, vista la relativa vicinanza a paesi produttori ed esportatori di legname come l'Austria, il legno possa tornare ad essere usato in maniera sostanziale e non solo in maniera formale e nostalgica. Sono in questo caso necessari chiarimenti essenziali sul suo approvvigionamento e sul suo uso.

Il legno, da usare in un'ottica di rispetto dei criteri della sostenibilità ambientale deve essere preferibilmente di produzione locale, scelto favorendo le specie a rapido accrescimento come il pino, l'abete, il pioppo, l'ontano, la robinia, ecc. proveniente da taglio selettivo e quindi da una forestazione produttiva o da attività di riciclaggio. Vanno quindi evitati i legnami esotici, che in genere provengono da deforestazione, ma che nella migliore delle ipotesi hanno richiesto per il trasporto per mare sprechi energetici inaccettabili e trattamenti con antiparassitari fortemente tossici in fase di lavorazione e di uso. Per l'incidenza dei trasporti e per il rischio dei trattamenti antiparassitari sono pertanto poco consigliabili in genere i legnami di produzione extraeuropea.

Le migliori prestazioni di questo materiale si ottengono rispettando i tempi di taglio (luna piena), la stagionatura secondo criteri naturali e il controllo della sua umidità, che per evitare le deformazioni e lo sviluppo di funghi deve essere inferiore ai 15/18%.

Va ovviamente molto esplicitamente chiarito che il legno perde le sue principali caratteristiche e può addirittura trasformarsi in un materiale pericoloso per l'ambiente e per la salute umana se viene trattato con prodotti derivati dalla sintesi petrolchimica come impregnanti per l'uso all'esterno, collanti e vernici protettive ricchi di formaldeide, solventi e alti prodotti di provata tossicità. Questi prodotti, oltre a determinare un pericolo in fase di produzione e di applicazione per gli addetti, tendono a rilasciare composti volatili nei primi mesi dopo la posa ma soprattutto modificano le prestazioni proprie del legno come nel caso delle vernici poliuretatiche per i pavimenti che inevitabilmente annullano le doti di igroscopicità del legno stesso. Se necessario, i trattamenti per la protezione e la cura del legno possono essere realizzati con prodotti di derivazione vegetale o animale come l'olio di lino, le resine di conifera, le essenze di agrumi, la cera d'api e molti altri.

I semilavorati (i compensati, listellari, multistrati ecc.) richiedono sempre l'uso di collanti più o meno dipendenti dall'industria petrolchimica ed in particolare dalla formaldeide, prodotto di riconosciuta pericolosità onnipresente nei lavori di protezione ed incollaggio del legno.

L'uso di questi prodotti non è normato in Italia, ma esiste una classificazione tedesca che consente di riconoscere, con la sigla "E1", quei semilavorati in cui il contenuto di formaldeide è stato ridotto ai minimi termini.

Le strutture di legno sono la scelta più logica per un'edilizia sostenibile. Strutture, tamponamenti e finiture a base di legno consentono infatti di ottenere un riscontro ottimale per tutti gli indicatori relativi agli obiettivi degli schemi di certificazione della sostenibilità di un edificio.

Una certificazione di questo tipo, già oggi, è richiesta nella maggior parte degli edifici acquistati da Enti pubblici in USA, Canada, Gran Bretagna e Germania. Ed anche in Italia, ci si sta muovendo nella direzione di incentivare la bioedilizia e gli edifici a basso consumo energetico. I prodotti a base di legno, per le loro doti di versatilità e per l'affidabilità che sono in grado di garantire offrono notevoli opportunità nell'ambito della progettazione e realizzazione di edifici che rispettano i criteri dell'edilizia sostenibile e della bioedilizia.

Costruire in legno significa aumentare il valore aggiunto di un edificio, in una prospettiva di mercato immobiliare che, a medio-lungo termine sicuramente premierà questa scelta.

Già oggi, in Gran Bretagna, le maggiori banche concedono ai proprietari di nuovi immobili con strutture di legno mutui più vantaggiosi rispetto a quelli per immobili in altre tipologie. Ciò significa che il rischio che essi calcolano è uguale o inferiore, e che ci sono buone aspettative di crescita della domanda e del valore nel tempo di immobili con strutture di legno.

In USA e Canada, addirittura sono i materiali alternativi al legno a dover conquistare quote del mercato immobiliare dimostrando le loro virtù.

In Germania, Austria, Svizzera si sta affermando la tendenza a costruire strutture pubbliche e residenziali secondo i principi della sostenibilità e della bioedilizia, non solo per la nota inclinazione ecologista di questi Paesi, ma anche in considerazione del fatto che sono ormai dimostrati i vantaggi in termini di minori costi di esercizio (risparmio energetico e minore manutenzione). Addirittura, il Comune di Stoccarda realizza ormai scuole ed uffici solo con strutture di legno, per il ridotto costo di manutenzione riscontrato.

Il processo costruttivo modulare, con vario grado di prefabbricazione, tende a modificare l'idea corrente sulle caratteristiche e impiego del legno in edilizia in favore di una sua concezione più evoluta, che lo vede come prodotto edilizio innovativo, in grado di fornire livelli di prestazione elevati.

Ma anche in Italia è in atto un cambiamento culturale nel modo con cui il progettista si pone di fronte al materiale legno. Esso non è più considerato solo "bello", quindi utilizzabile solo quando la motivazione estetica risulti dominante, ma comincia ad essere considerato semplicemente un "materiale".

Le implicazioni di un tale cambiamento sono evidenti, aprendo nuovi spazi di utilizzo del materiale, testimonianza di una ritrovata maturità nell'approccio progettuale ai differenti materiali da costruzione.

In una prospettiva temporale medio-lunga l'edilizia sostenibile comincia ad essere conveniente anche dal punto di vista economico e finanziario.

L'edilizia, per il suo enorme peso produttivo, è inevitabilmente uno dei settori industriali a più alto impatto ambientale per gli effetti del consumo di territorio, risorse materiali ed energia e per le emissioni in acqua ed atmosfera. Spesso privi di strumenti di riferimento, i committenti ed i progettisti che scelgono l'approccio "bioedile" sono portati a effettuare scelte basate quasi esclusivamente sulla propria sensibilità, ostacolati da un

sistema normativo prescrittivo che, pur influenzando considerevolmente ogni aspetto della progettazione e costruzione degli edifici, ha tradizionalmente ignorato gli impatti sull'ambiente prodotti dall'estrazione delle materie prime, dal trasporto, dalle fasi di produzione, uso e dismissione dei componenti edilizi.

L'interazione con la sfera economica è in questa fase ovviamente più stretta che nelle precedenti; sarà infatti la valutazione dell'investimento a far emergere il miglior compromesso realizzabile.

Oltre ad avere un impatto ambientale particolarmente favorevole rispetto ai materiali concorrenti, se considerato nell'intero ciclo di vita (tabella 7.6 e 7.7), il legno è una materia prima rinnovabile. Ciò assicura che, se correttamente gestita, la risorsa potrà essere sempre disponibile, rendendo quindi le strutture di legno le migliori oggi disponibili in un'ottica di sviluppo sostenibile. In estrema sintesi e con riferimento all'impiego del legno nel settore dell'edilizia, si può dire che:

- in Europa, la quasi totalità del legname per impieghi strutturali proviene da boschi dei Paesi industrializzati (Europa, Nordamerica, Siberia);
- in queste aree i boschi stanno aumentando sia come superficie che come massa legnosa per ettaro, per effetto di una corretta politica ambientale, di una consolidata gestione selvicolturale e della diffusione delle piantagioni;
- i prodotti provenienti dalle foreste tropicali sono essenzialmente utilizzati per scopi decorativi (finiture, arredamento);
- le foreste tropicali stanno diminuendo, soprattutto a causa degli incendi, dell'agricoltura intensiva e di altre forme di sfruttamento diverse dall'industria del legno;
- la certificazione di origine del legname si è oramai affermata come strumento di gestione e di comunicazione, anche in provenienza dalle zone tropicali;
- le foreste produttive sono quasi tutte in corso di certificazione e in alcuni Paesi (USA, Canada, Austria, Scandinavia) oltre il 30% della superficie è già certificato, con previsione di raggiungere il 70-80% entro il 2010 dal momento che le maggiori associazioni di produttori di legname richiedono ai loro associati la certificazione come requisito obbligatorio.

Strutture in			
Impatto relativo (legno = 1)	Legno	Acciaio	Calcestruzzo
Impiego di energia	1	2.4	1.7
Emissione di gas "effetto serra"	1	1.45	1.81
Inquinamento atmosferico	1	1.42	1.67
Inquinamento da rifiuti solidi	1	1.36	1.96
Consumo di risorse	1	1.16	1.97

Tabella 7.6 Risultati di un LCA svolta per comparare l'impatto di tre alternative per la costruzione di un edificio (www.edilio.it).

Strutture in			
Impatto	Legno	Acciaio	Calcestruzzo
Energia consumata (GJ)	255	389	562
Potenziale di emissione gas "effetto serra" (equivalenti di CO ₂)	62.183	76.453	93.573
Inquinamento atmosferico (volume critico)	3.236	5.628	6.971
Inquinamento da rifiuti solidi	407.787	1.413.784	876.189
Consumo di risorse (kg)	121.804	138.501	234.996
Rifiuti solidi (kg)	10.746	8.897	14.056

Tabella 7.7 Risultati di un LCA svolta per comparare l’impatto di tre alternative per la costruzione di un edificio (www.edilio.it).

Il grande vantaggio dell’attività di **certificazione di origine dei prodotti a base di legno** è che sta concretizzando la possibilità di comunicare al grande pubblico, che non ha la possibilità di approfondire la conoscenza della filiera foresta-legno, quegli elementi essenziali che, purtroppo in grandissima sintesi, rendono esplicita la corretta gestione delle risorse.

L’Italia importa i prodotti a base di legno per impieghi strutturali essenzialmente da Austria, Scandinavia e Nordamerica. Si tratta delle 3 aree più all’avanguardia nella corretta gestione delle foreste e nel processo di certificazione di origine dei materiali. In termini di gestione del patrimonio boschivo, questi Paesi hanno dimostrato nell’arco di tutto il XX secolo di saper coniugare economia ed ecologia in una sintesi equilibrata e sostenibile.

La certificazione di origine dei prodotti a base di legno è quindi una realtà in corso di rapida implementazione. Pur se la certificazione non è ancora affidata a criteri completamente oggettivi e condivisi da tutti gli interessati, come dovrebbe essere una norma tecnica, essa rappresenta un forte elemento di trasparenza che i materiali a base di legno possono offrire agli utenti. Anche in questo, le strutture di legno rappresentano la scelta più “naturale”, per un’edilizia sana e sostenibile.

7.2 EPD per i laterizi

La EPD è uno strumento di comunicazione pensato per essere usato principalmente dall’industria e dalle pubbliche amministrazioni come fonte di informazioni oggettive e comparabili sulla qualità ambientale di prodotti e servizi. Per quanto riguarda la documentazione di riferimento, il sistema si basa sui alcuni documenti, quali, i Requisiti Specifici di Prodotto (*Product Specific Requirements*, PSR), i risultati di uno studio LCA e la vera e propria Dichiarazione Ambientale di Prodotto. Le regole e le condizioni per la preparazione di una dichiarazione ambientale di prodotto per gli elementi da costruzione – laterizi – sono da considerarsi, quando non diversamente specificato, come obbligatorie.

Generalità

La presente PSR è stata sviluppata con l’obiettivo di:

- definire i requisiti minimi per l'**identificazione** tecnica e funzionale del gruppo di prodotti al quale la presente PSR si riferisce;
- definire criteri di applicazione specifici della metodologia LCA al gruppo di prodotti, affinché sia rispettato il fondamentale requisito della confrontabilità delle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) effettuate su più prodotti all'interno della stessa categoria;
- indicare gli aspetti ambientali specifici in aggiunta a quelli definiti nelle "Requisiti per la Dichiarazione Ambientale di Prodotto, MSR 1999:2";

Gruppo di prodotto

Il gruppo di prodotto comprende gli elementi da costruzione in laterizio. Blocchi e mattoni in laterizio sono intesi come elementi portanti e non portanti per muratura e strutture orizzontali, aventi varie forme e dimensioni e rispondenti agli standard previsti dalle norme tecniche nazionali, internazionali o armonizzate (Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106). Si tratta di mattoni pieni e semipieni, mattoni e blocchi forati, mattoni e blocchi alleggeriti e non, elementi per solai. Il gruppo di prodotto comprende inoltre gli elementi discontinui per coperture e pavimentazione, aventi varie forme e dimensioni e rispondenti agli standard previsti dalle norme tecniche nazionali, internazionali o armonizzate (Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106).

Unità funzionale

Per la fase di produzione, la regola basilare è di dichiarare l'unità fisica secondo le specifiche tecniche. L'unità funzionale è di 1.000 kg di laterizio, pronti per la vendita. L'unità funzionale cui è riferito il singolo valore deve essere sempre indicata.

Per la fase d'uso, può essere adottato un riferimento tecnico; nel qual caso è importante considerare sia le prestazioni tecniche, che la durabilità del prodotto. Lo scenario adottato dovrà rispecchiare situazioni usuali.

Confini del sistema

Il ciclo di vita dei laterizi considera sia la fase di produzione che la fase d'uso. Il ciclo di vita dei laterizi non considera gli aspetti legati alla fase di demolizione degli edifici.

Sebbene la quantità, in volume, dei laterizi tra i materiali derivanti dalla demolizione degli edifici può essere considerevole, non è possibile determinarne un valore percentuale unico per effetto delle diverse tecniche e tecnologie di costruzione.

Inoltre, le varie tecniche costruttive, per effetto del contatto con altri materiali, quali polistirene, colle, malte, ecc., potrebbero rendere non praticabile il riutilizzo di un materiale completamente riciclabile, come il laterizio.

La dichiarazione di riciclabilità della singola unità in laterizio può riguardare la dismissione ed il riutilizzo dei materiali e prodotti, quali:

- informazioni sulle procedure per il recupero di parti selezionate o dell'intero prodotto, ad esempio come possono essere separati materiali composti;
- informazioni sui metodi per il riutilizzo del prodotto (o parti di esso) e per la corretta collocazione del rifiuto di fine vita.

Indicazioni temporali

I dati di inventario devono riportare valori medi annuali e devono essere rappresentativi della produzione. Il periodo temporale di riferimento per la valutazione del ciclo di vita (LCA) deve essere riportato nella Dichiarazione Ambientale e non deve includere periodi di sospensione della produzione per manutenzioni o stagionalità. Il periodo di validità dei risultati della valutazione del ciclo di vita deve essere indicato.

Esclusioni dal ciclo di vita

L'impatto ambientale derivante dalla produzione dei beni di immobilizzazione così come la costruzione dei capannoni industriali non deve essere considerato.

Il consumo degli imballaggi utilizzati per la fase di approvvigionamento non è considerato. Possono essere esclusi i consumi di imballaggio nelle fasi precedenti, mentre devono essere considerati i consumi di imballaggi per il confezionamento del prodotto (fase d'uso).

Inclusioni nel ciclo di vita

Il materiale recuperato è rappresentato come flusso in uscita dal sistema che lo ha generato ed in entrata nel sistema che lo utilizza. Viceversa l'uso dei materiali e dei combustibili di

recupero deve essere considerato nella Dichiarazione Ambientale.

Rapporti con altri sistemi produttivi

I rapporti con altri sistemi produttivi descrivono i flussi in ingresso di materiali e componenti provenienti da altri sistemi produttivi e di uscita verso altri sistemi. Per la fase di produzione l'impiego di materiali riciclati e la produzione di materiali da riciclare, il recupero dell'energia termica, trattamento e smaltimento dei rifiuti devono essere dichiarati senza che ad essi siano associato un impatto ambientale.

Rapporti con l'ambiente esterno

Rifiuti, prodotti intermedi e perdite di energia generati durante la fase di produzione dei laterizi sono espressi come flussi in uscita. La gestione dei rifiuti: il riciclo degli scarti di produzione nello stesso processo operato dal gestore dell'impianto non deve essere considerato nella Dichiarazione Ambientale. Per contro vanno considerati i rifiuti derivanti da precedenti operazioni che non sono stati dichiarati come flussi in uscita.

Rapporti con il territorio

L'impatto ambientale potenziale derivante dalle emissioni di processo nelle diverse fasi del ciclo di vita non deve includere aspetti locali, legati alle tipicità del territorio.

Criteri di esclusione

Le attività ed i processi che si stima possano contribuire per meno dell'1% dell'impatto ambientale totale, per ogni categoria d'impatto, possono essere esclusi dall'inventario dei dati. Parti e materiali non inclusi nel LCA devono essere documentati.

Procedure di allocazione

I seguenti criteri di allocazione devono essere applicati per le Dichiarazioni Ambientali certificate del laterizio. In accordo al MSR 1999:2 è preferibile raccogliere indicazioni di processo che evitino l'allocazione. La fase di produzione deve essere suddivisa in unità sufficientemente piccole da identificare almeno una fase di produzione, quali ad es. l'estrazione, la prelaborazione, la formatura, l'essiccazione, la cottura, il confezionamento, ecc. Nessuna allocazione potrà basarsi su regole economiche. La scelta delle procedure di allocazione utilizzate nelle varie fasi deve essere esplicitata. Per ogni tipologia di prodotto rientrante nel gruppo di prodotto (mattoni, blocchi, tegole, ecc.) occorre predisporre Dichiarazioni Ambientali specifiche. Qualora più tipologie di prodotto fossero prodotte nello stesso sito, i dati della specifica attività produttiva dovranno essere allocati pro quota secondo la seguente formula:

$$\text{(Produzione totale della tipologia di prodotto / produzione totale del sito)} * 100 = \text{Percentuale di allocazione}$$

Eccezioni alla regola devono essere giustificate e dettagliate. La Dichiarazione Ambientale dovrà riportare, in aggiunta, i dati ottenuti secondo le citate regole.

Informazioni sulla fase d'uso

La Dichiarazione Ambientale di Prodotto dovrà includere la valutazione dell'impatto ambientale associato alla distribuzione (trasporto al cliente).

Tale dato viene espresso in termini di trasporto di distanza media percorsa dall'unità funzionale, 1.000 kg.

La distanza media è da calcolare nel seguente modo:

Distanza coperta totale / Numero di viaggi = Distanza media

La Dichiarazione Ambientale dovrà fornire informazioni circa la riciclabilità dei prodotti negli appositi impianti di riciclaggio dei materiali da costruzione, secondo le regole ed i regolamenti in vigore nei luoghi di produzione.

La Dichiarazione Ambientale dovrà riportare una descrizione quantitativa delle caratteristiche ambientali significative (ad es. consumo energetico ed emissioni durante la fase d'uso, la produzione di rifiuti). L'eventuale omissione di tali indicazioni deve essere espressa nella Dichiarazione Ambientale di Prodotto.

La classificazione e l'etichettatura dei laterizi sono funzionali alla destinazione d'uso.

Unità di misura

Le unità di misura si riferiscono al Sistema internazionale (SI); possono essere utilizzati multipli e sottomultipli. Per la potenza e l'energia elettrica sono da preferire, rispettivamente, kW e kWh. I dati sono espressi per unità funzionale.

Composizione del prodotto

La EPD dovrà riportare i seguenti materiali e sostanze contenuti nel prodotto:

- tutti i materiali e le sostanze che sono regolamentati da specifiche normative o sono richieste dall'utilizzatore;
- tutti i materiali e le sostanze che risultano pericolosi per l'uomo e per l'ambiente, essendo sensibilizzanti, cancerogeni, mutageni, o tossici per la riproduzione se presenti in concentrazioni tali essere soggette all'etichettatura secondo le Direttive sulle Sostanze e sui Preparati Pericolosi.

L'elenco può essere espresso in termini di concentrazione o di contenuto per unità funzionale. I metodi di campionamento ed analisi devono essere chiaramente indicati.

Parametri da dichiarare nella EPD

Per ogni fase del ciclo di vita devono essere dichiarati i seguenti dati, espressi per unità funzionale:

Uso di risorse rinnovabili:

- senza contenuto energetico
- con contenuto energetico

Uso di risorse non-rinnovabili:

- senza contenuto energetico
- con contenuto energetico

Consumo di energia elettrica

Categorie delle emissioni:

- gas ad effetto serra (GWP) kg CO₂ equiv. (100 anni)
- acidificazione (AP) kmol H⁺
- riduzione dell'ozono stratosferico (ODP) kg CFC-11 equiv. (20 anni)
- formazione di ossidanti fotochimici (POCP) kg etanoequiv.

- eutrofizzazione (NP) kg O₂

Le suddette categorie sono conformi all'allegato A del MSR 1999:2.

Rifiuti:

- rifiuti pericolosi, kg
- rifiuti non pericolosi, kg

Metodi di calcolo e qualità dei dati

Relativamente ai dati primari riguardanti le emissioni in aria, in acqua e sul suolo, deve essere espressamente riportata l'indicazione dei metodi di campionamento e di analisi.

Informazioni che non sono disponibili in azienda possono essere ricavate da banche dati e modelli ufficiali.

L'ampiezza di alcuni parametri è spesso influenzata dal grado di incertezza della misura; ciò è particolarmente vero per le emissioni in aria ed acqua. Ad esempio, un'azienda dotata di un dettagliato programma di monitoraggio delle emissioni in aria può in realtà risultare peggiore di una azienda che si affida alla stima delle emissioni.

La scelta delle fonti di dati e dei modelli deve essere giustificata e dettagliata.

Qualità dei dati per la fase di produzione

Dati primari, rilevati in campo, devono essere utilizzati per la fase di produzione. Tutti i valori devono riferirsi a risultati complessivi che tengano conto di tutte le fasi antecedenti, fino all'estrazione delle materie prime.

Evidentemente, alcune operazioni non sono controllabili dal produttore. Ad esempio, un contributo significativo alla produzione di rifiuti minerali è dovuto all'industria di estrazione del carbone che alimenta varie centrali elettriche in Paesi diversi. Ne consegue che l'uso di energia elettrica, acquistata da terzi, assegna alla produzione di qualsiasi prodotto una quota di tali rifiuti.

Per l'approvvigionamento delle materie prime sono da valutare le distanze ed il numero di trasporti dal fornitore al produttore.

Il consumo di combustibili, la richiesta energetica, la produzione di rifiuti, le emissioni in aria e in acqua devono comprendere l'impatto complessivo, fin dall'estrazione delle materie prime. Pertanto le attività esplicitate nella fase di produzione sottintendono la valutazione degli impatti complessivi riferiti all'intera sequenza di operazioni considerate nella singola attività.

È importante evidenziare che i dati in ingresso ed in uscita al sistema rappresentano il carico totale che è stato associato al prodotto. Le materie in ingresso non sono necessariamente incorporate nel prodotto finale, ma si riferiscono all'intero sistema produttivo.

Qualità dei dati per la fase d'uso

L'impatto associato alla fornitura del prodotto al cliente deve essere valutato attraverso la distanza media che il prodotto percorre con differenti mezzi di trasporto.

Utilizzo dei dati generici

In assenza di dati primari, possono essere utilizzati dati generici (secondari) relativamente alla produzione dei combustibili e dell'elettricità, alla produzione dei materiali e semiprodotti impiegati ed al trasporto. I valori di alcuni parametri assumono carattere specifico del Paese in cui opera l'impianto.

Norme tecniche di riferimento

Possono essere riportate indicazioni sulle norme nazionali, internazionali ed armonizzate (Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106) che definiscono le caratteristiche tecniche del prodotto.

Altre informazioni ambientali

La Dichiarazione Ambientale può riportare informazioni relative alla tecnologia utilizzata, al sito produttivo, al combustibile utilizzato e relativa fornitura (variazioni annuali, percentuali) ed altri fattori quali l'impatto visivo e sonoro. Informazioni aggiuntive possono essere riportate per soddisfare particolari esigenze o richieste del cliente (ad es. precauzioni e rischi associati), possono riguardare la movimentazione del prodotto, la manutenzione dello stesso e gli accorgimenti per limitare l'impatto associato all'uso del prodotto.

La EPD può contenere informazioni sulla salute e sul confort attribuibili all'uso del prodotto, quali ad es. l'incidenza sulla qualità dell'aria all'interno degli edifici, le caratteristiche fonoassorbenti, ecc.

7.3 Risparmio energetico

Il tema della sostenibilità ambientale, con l'ormai tradizionale ritardo tipico del settore, è entrato in maniera forte e integrale nell'ambiente edilizio, veicolato da due motivi fondamentali: da un lato il fatto che il settore edilizio risulta essere il principale artefice di impatti sull'ambiente e dall'altro il fatto che l'uomo abita gli edifici e in questi pretende di trovare un luogo confortevole e salubre.

La sostenibilità nel settore edilizio investe infatti due scale: la scala dei rapporti tra l'edificio e l'ambiente e la scala dei rapporti tra l'edificio e i suoi abitanti.

Da un lato edificare genera impatti sull'ambiente, non solo all'atto della costruzione, ma anche lungo tutto il processo, dall'approvvigionamento delle materie prime, produzione e trasporto fino alla dismissione dell'edificio e smaltimento delle macerie da demolizione.

Dall'altro l'uso dell'edificio genera impatti per poter garantire condizioni di comfort e benessere interno, interagendo dunque con le esigenze degli abitanti e garantendo loro un ambiente vivibile e adeguato alle attività che negli edifici si svolgono.

Come già ribadito in altre parti di questo lavoro, il settore delle costruzioni è uno dei principali protagonisti della questione ambientale, a causa dello sfruttamento di risorse materiali non rinnovabili, dell'uso del territorio, del consumo energetico relativo a tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto edilizio e della produzione di rifiuti da demolizione.

Di fronte all'aumento dei consumi e alla scarsità di risorse la ricerca tenta di trovare nuove risposte impegnandosi sul versante dell'ottimizzazione del rendimento energetico e dell'individuazione di fonti energetiche alternative. Questa ricerca si concilia pienamente con gli obiettivi di uno sviluppo sostenibile poiché tende a diminuire il consumo di risorse a parità di benessere conseguito e a ridurre gli impatti ambientali grazie all'utilizzo di nuove fonti energetiche pulite.

Ma esiste un altro versante spesso trascurato, e invece centrale per la sostenibilità: la ricerca di soluzioni che garantiscano risparmi energetici.

La bioedilizia è un'ottima strategia per affrontare alla base il problema del risparmio energetico negli edifici. Con questa disciplina tecnica, particolare attenzione viene posta all'isolamento termico dell'edificio progettato.

Il risparmio dell'energia è, infatti, il primo scopo della bioedilizia. A questo si aggiungono altri importanti obiettivi come la riduzione delle emissioni ambientali, la protezione degli ambienti domestici e dei luoghi di lavoro dalle onde elettromagnetiche e l'utilizzo in edilizia di materiali non tossici e biodegradabili e/o riciclati.

Tutte le fonti energetiche sono produttrici di inquinamento, anche se ogni tipo di fonte energetica è diversamente inquinante. Questo giustifica gli interventi volti al risparmio energetico attribuendo un sicuro vantaggio in termini anche ambientali.

Ma questo non è sempre vero; dato che esiste un limite per ciascuna strategia di efficienza energetica oltre il quale risulta vantaggioso spostare l'attenzione verso altri fattori.

Dal momento che uno degli obiettivi fondamentali del risparmio energetico è la riduzione degli impatti ambientali (soprattutto in termini di produzione di CO₂), diventa di estremo interesse cercare di capire qual è il rapporto tra aumento di impatti ambientali in fase di produzione (per l'aumento del materiale impiegato per incrementare le prestazioni in fase d'uso, soprattutto nel caso dell'isolamento termico) e diminuzione degli impatti in fase d'uso (grazie al risparmio energetico garantito dall'iperisolamento).

Gli obiettivi di risparmio energetico stanno infatti introducendo in Italia modelli di costruzione e soluzioni tecniche appartenenti al nord Europa, dove la cultura del progetto già da diversi anni è orientata all'efficienza e dove è diffusa una coscienza etica ambientale.

Se l'obiettivo del risparmio energetico è un obiettivo di sostenibilità ambientale, è importante sottoporre la costruzione e l'uso dell'edificio a un'analisi del ciclo di vita, in modo da verificare gli impatti ambientali complessivi generati dall'intero processo edilizio.

I due elementi a maggiore impatto sull'ambiente sono infatti da un lato l'energia impiegata per la climatizzazione degli edifici e dall'altro i materiali impiegati nella costruzione dell'edificio.

L'obiettivo del risparmio energetico ha, come prima risposta progettuale, l'ottimizzazione degli elementi che compongono la costruzione. La ricerca è volta dunque all'individuazione di modelli funzionali, materiali e componenti, capaci di fornire prestazioni elevate dal punto di vista dell'isolamento termico allo scopo di evitare dispersioni e dunque consumi.

Ma il risparmio energetico, che è volto alla salvaguardia dell'ambiente, è un obiettivo che va calibrato con l'esigenza di realizzare un ambiente interno agli edifici che garantisca il benessere termoigrometrico.

Ne deriva che non è sufficiente porsi l'obiettivo di isolare o iperisolare, allo scopo di ridurre i consumi e l'inquinamento dell'ambiente, ma occorre anche trovare soluzioni progettuali, modelli funzionali e tipologie di involucro edilizio che creino spazi abitabili e confortevoli. Spesso sperimentazioni troppo tese a soddisfare il primo obiettivo, quello del risparmio energetico, hanno trascurato o addirittura dimenticato di verificare il secondo, ossia quello del benessere.

La bioedilizia dedica anche grande attenzione all'ambiente, con l'uso di sostanze naturali, facilmente degradabili o riciclabili, il progetto di sistemi e impianti ad alta efficienza, basso consumo, minimo effetto inquinante. Essa offre una vastissima gamma di materiali, vernici, rivestimenti, tessuti che sono già proficuamente utilizzati nei progetti edili più avanzati e che possono aiutare a rendere gli edifici più sani e confortevoli.

Il costo di queste tecniche è paragonabile a quello dei sistemi tradizionali, ma i benefici ottenuti sono sicuramente maggiori; infatti, oltre a offrire un consistente vantaggio per la salute nostra e dell'ambiente, investire in bioedilizia si traduce in un risparmio concreto.

Solo per fare un esempio, un buon isolamento termico e un impianto progettato con la giusta attenzione ai consumi consentono, in breve tempo, di ammortizzare il costo iniziale con il risparmio di energia ottenuto.

Gli edifici inghiottono più del 40% dell'energia usata nell'Unione Europea e sono i principali responsabili dell'inquinamento legato alla CO₂. Costruire meglio significa risparmiare energia, ridurre le emissioni di CO₂ (oltre che di altre sostanze inquinanti) e risparmiare soldi.

8. Conclusioni

Col presente lavoro, si è voluto focalizzare l'attenzione su quello che è il problema di una scelta corretta e consapevole dei materiali utilizzati nell'edilizia rurale, l'individuazione

del tipo di materiali, tipo d'impatto sull'ambiente e agli strumenti utilizzabili per la loro valutazione.

I materiali da costruzione esplicano un impatto sull'ambiente in tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto: durante la raccolta o l'estrazione, la lavorazione, il trasporto e la trasformazione finale in prodotto.

La scelta del materiale può anche determinare la durata del prodotto e l'eventuale possibilità di riciclo.

Non esiste una chiara gerarchia di materiali in termini di impatto ambientale, sebbene alcuni possano essere ritenuti migliori di altri.

La valutazione avviene sulla base di numerosi criteri tra cui l'origine (per esempio, il legname può essere ottenuto da piantagioni o foreste naturali), i metodi di lavorazione, gli additivi usati nella lavorazione, l'efficienza energetica, la durata e la possibilità di riciclo e le prestazioni cambiano in relazione alla località climatica, alle specificità del sito, all'orientamento, alle modalità d'uso, al sistema di impianti adottato ecc.

Questi materiali andranno a comporre l'edificio, ed è quindi a livello di edificio che può essere correttamente analizzato il ciclo di vita sia dell'edificio che dei componenti che lo costituiscono.

Progettare componenti e prodotti tenendo conto del ciclo di vita degli edifici significa preoccuparsi degli effetti che la produzione edilizia, la costruzione, la gestione e la dismissione di un fabbricato hanno sull'ambiente.

L'attenzione progettuale non va riposta solo su una delle fasi del ciclo di vita dell'edificio, ma è necessaria una valutazione complessiva dei costi e degli impatti ambientali di tutte le fasi. Infatti non ha senso, per esempio, adottare un materiale "naturale" (come il legno), valutandone il minor impatto in termini di produzione edilizia, senza tenere conto della durata dell'edificio e dunque degli impatti in fase di gestione o di dismissione.

Gli impatti della produzione e costruzione dell'edificio vanno relazionati alla capacità di durare nel tempo, che non è legata solo alla durabilità dei materiali, ma anche alla loro fruibilità, e dunque alla manutenibilità, adeguabilità e reversibilità.

Le valutazioni degli impatti ambientali lungo il ciclo di vita e l'approccio *life cycle* hanno delle ripercussioni importanti sul progetto; in tal senso il progetto diventa, in pratica, la sede di decisioni che influiscono non solo sulla costruzione, ma anche sulla gestione, manutenzione e addirittura dismissione dell'edificio, imponendo al progettista una visione a lungo termine del proprio operato e responsabilizzando il progetto rispetto all'intero ciclo di vita dell'edificio.

Come regola generale i progettisti devono essere animati da quattro obiettivi nella selezione dei materiali:

- ◆ Scegliere preferibilmente materiali presenti in grande quantità, non tossici e non soggetti a vincoli normativi. Se sono necessari materiali tossici nel processo di fabbricazione, è preferibile una soluzione di autoproduzione o produzione in loco piuttosto che reperirli in altra località dalla quale dovranno essere trasportati;
- ◆ Scegliere per quanto possibile, materiali naturali anziché materiali sintetici;
- ◆ Minimizzare l'utilizzo di materiali nei prodotti, processi e servizi;
- ◆ Cercare di ottenere la maggior parte dei materiali necessari attraverso i flussi di riciclo anziché tramite estrazione di materie prime.

Per quanto riguarda i materiali analizzati in questo studio, il legno ricopre sicuramente un ruolo di protagonista, in quanto si tratta, come visto precedentemente, di un materiale

naturale, considerato, non soltanto bello, ma, grazie alle sue caratteristiche fisico tecniche e meccaniche, anche perfettamente idoneo all'impiego in edilizia. Ideale per il rispetto dei criteri di sostenibilità ambientale è uno dei materiali più rinnovabili oggi disponibile. I suoi vantaggi in termini di risparmio energetico e minori costi di manutenzione sono ormai dimostrati anche dal fatto che viene utilizzato come principale materiale da costruzione nei paesi tecnologicamente più avanzati del mondo.

Il legno, pur presentando impatti ambientali importanti, potrà pertanto diventare, a mio parere, in un futuro immediato, e con un'attenta strategia di progettazione e di utilizzo, il principale materiale su cui puntare per un edilizia sostenibile e di risparmio energetico.

Oltre al legno, un ruolo di primaria importanza nel settore dell'edilizia sostenibile, è ricoperto dal laterizio, anch'esso ottimo materiale da costruzione, molto funzionale, di un certo pregio estetico e rispettoso dell'ambiente.

Pur essendo costituito da un materiale naturale quale l'argilla, anche il laterizio, lungo il suo ciclo di vita, è caratterizzato da fasi che producono un certo impatto ambientale, anche se minimo. E' però da sottolineare il fatto che, negli ultimi anni, sono stati fatti passi da gigante nel settore di produzione dei laterizi per limitare gli impatti sull'ambiente. Il tutto dimostrato anche dall'interesse della Commissione Europea, la quale, predisponendo dei criteri ecologici da rispettare per la produzione dei laterizi, ha stimolato l'interesse delle numerose aziende produttrici verso una produzione più eco-sostenibile in cambio dell'ottenimento di un marchio di qualità ecologica.

Anche le piastrelle in ceramica meritano una nota di riguardo; usate quasi esclusivamente per il rivestimento di pavimenti e pareti, rappresentano l'alternativa al legno e ai laterizi. Riconosciute con marchio Ecolabel, che ne attesta il basso impatto ambientale per tutto il ciclo di vita del prodotto, non solo hanno un valore superiore, ma garantiscono anche la sicurezza delle persone e dell'ambiente. Basti pensare ai rigorosi collaudi ambientali che devono superare per ricevere il marchio comunitario.

Infine, per quanto riguarda il calcestruzzo, pur essendo uno dei materiali più utilizzati nel settore delle costruzioni, è tra i più impattanti nei confronti dell'ambiente. Nonostante le buone potenzialità quali, la lunga durabilità, la minima manutenzione, l'alta possibilità di riciclo e la riduzione dei trasporti, il calcestruzzo risulta essere, rispetto ai materiali citati precedentemente, un prodotto ad alto uso di energia e di risorse naturali con elevate emissioni di CO₂.

In conclusione, l'edilizia sostenibile richiede un cambiamento di mentalità e l'adozione di uno stile di vita orientato alla salvaguardia delle risorse. Lo sviluppo di linee guida unitamente all'individuazione di soluzioni conformi, contribuirà alla diffusione dell'edilizia sostenibile, senza richiedere cambiamenti radicali, ma attraverso una maggiore attenzione verso i problemi ambientali.

9. Bibliografia

- Baldo G., Marino M., Rossi S.; 2005; *Analisi del ciclo di vita LCA*; Edizioni Ambiente; Milano.
- Bartolomeo M., Malaman R., Pavan M., Sammarco G.; 1995; *Il bilancio ambientale d'impresa*; Il Sole 24 Ore - Pirola; Milano.
- Bordin A., Sibilio S., Tomiato L.; 2002; *La Life Cycle Assessment e l'etichettatura ambientale*; Ambiente 9: 821-831; Ipsoa; Milano.
- Bordin A.; 2004; *Ecolabel: un'introduzione*; Ambiente 12: 1117-1120; Ipsoa; Milano.
- Bordin A.; 2004; *La domanda dei prodotti a marchio Ecolabel*; Ambiente 12: 1158-1165; Ipsoa Milano.
- D'Anna G.; 2005; *Secondo rapporto ambientale dell'industria italiana dei laterizi* 96: 375-385; Roma.
- De Santoli L.; 2006; *Analisi del ciclo di vita del sistema edificio-impianto*; Palombi Editore; Roma.
- Graedel T.E., Allenby B.R.; 1995; *Industrial ecology*; Englewood Cliffs, N.J.; Prentice Hall.
- Guercini S., Bordin A. 2005; *La Life Cycle Assessment (LCA)*; Agribusiness Paesaggio & Ambiente 1: 1-8; Forum srl, Ed. Univers. Udinese; Udine.
- Gülnaz Atila *et al.*; 2006; *Sostenibilità ambientale del laterizio*; Alveolater notizie 26: 10-11; Bologna.
- Lewis H., Gertsakis J.; 2001; *Progettare per l'ambiente – guida alla progettazione eco-efficiente dei prodotti*; Ranieri Editore; Milano.
- Muratori A.; 2004; *Ecolabel: quando l'ambiente può essere "opportunità"*; Ambiente 12: 1113-1115; Ipsoa; Milano.
- Pettenella D., Secco L., Zanuttini R.; 2000; *La certificazione della gestione aziendale e dei prodotti nel sistema foresta – legno*; Regione Veneto; Dipartimento Foresta ed economia montana; Mestre Venezia.
- Valente M.; 2005; *Un prodotto sostenibile; Per un cemento armato durevole e di qualità-Guida alla scelta corretta dei suoi componenti*: 5-8; Roma.
- Vitolo S. 2005. *Applicazione LCA per la valutazione di processi nell'industria conciaria*. Tesi di laurea, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi, Pisa.

Siti web:

Dellanoce C.; 2007; Legno/energia: matrimonio eccellente. <http://www.rinnovabili.it>.

Efficienza energetica degli edifici. <http://www.rockwool.it>

Il rispetto dell'ambiente - Un materiale ecologico nell'arco dell'intero ciclo di vita.
<http://www.italiatiles.com>

Suraci F.; 2007; L'analisi ambientale del ciclo di vita o Life Cycle Analysis (LCA).
<http://www.lavoripubblici.info>