

# **REALTA' E FALSE CREDENZE**

## **La compatibilità ambientale in edilizia**

**Ing. Marco Piana**

## 1 – Introduzione

## 2 – Il rispetto dell'ambiente

- a) Cosa si può fare... e come
- b) Compatibilità ambientale

## 3 – Confrontare i materiali

- a) Valutazione del ciclo di vita
- b) Riciclo
- c) Comportamento al fuoco

## 4 – Norme, direttive, marchi

- a) Norma europea CEN per la definizione delle caratteristiche ambientali degli edifici
- b) Linee guida per la definizione dei costi nelle costruzioni
- c) Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia
- d) Regolamento PASSIVHAUS
- e) Regolamento “MINERGIE”
- f) Regolamento Edilizia Comune di Carugate (MI)

## 5 – Esempi di risoluzione del “Costruire ECO”

- a) La Casa Wolf
- b) La Casa da Tre Litri
- c) Le tendenze e gli sviluppi innovativi

## 6 – La risposta per costruire ECO

- a) Caratteristiche di ecologicità
- b) Schema guida per analizzare i prodotti dal punto di vista ecologico
- c) Il comportamento delle materie plastiche

## 1 – INTRODUZIONE

In questi ultimi anni le discussioni effettuate in merito all'innovazione hanno investito i campi più diversi della scienza e della tecnologia. Nuovi materiali e nuovi processi hanno fatto risaltare l'importanza e la ricaduta che possano causare le attività elaborate dall'uomo. Di qualsiasi argomento si tratti rimane inalterato l'obiettivo finale: la salvaguardia dell'ambiente. E' inutile ed improduttivo riportare frasi semplicistiche e gratuite come "chi inquina paga" oppure "tutte le attività umane alterano l'ambiente". E' invece produttivo verificare come e quanto ciò che viene prodotto dalle attività industriali e dall'uomo influenzino la nostra vita ed il nostro ambiente, dando per assodato che ritornare all'età del calesse per il trasporto di cose o persone sia praticamente ormai impossibile e non accettabile dalla società evoluta e tecnologica. I passi da compiere possono essere proposti e sintetizzati con i seguenti argomenti:

1. Quali sono i parametri che influenzeranno l'ambiente?
2. Quali attività modificano tali parametri?
3. Come classificare l'influenza delle attività sull'ambiente?
4. Come modificare l'influenza delle attività sull'ambiente?
5. Quanto l'uomo è disposto a pagare per mantenere una situazione "accettabile"?

Sono argomenti a cui ovviamente non è possibile rispondere in modo completo ed esauriente. La problematica deve necessariamente avere alcuni limiti. I nostri possono essere i seguenti:

Settore considerato: ambiente di attività dell'uomo

Analisi indirizzata all'ambiente interno ed all'esterno dell'edificio

Gli operatori del processo produttivo: utente, progettista, costruttore, committente.

Comparazione di processi produttivi tradizionali ed innovativi.

Le discussioni effettuate e le problematiche affrontate a favore dell'ambiente sono oggi veramente notevoli. Basti pensare alle spinte positive in edilizia create dai nuovi approcci sulla così detta "Bioarchitettura" o "Bioedilizia". La scelta consapevole da parte dell'utente o del progettista permette di definire capitolati sicuramente più rispettosi dell'ambiente. Un esempio è sufficiente per comprendere quanto le nuove tendenze siano considerate: le facciate continue tanto in voga negli anni passati stanno subendo una metamorfosi profonda: da elemento trasparente di tamponamento con innumerevoli problemi di costi gestionali e di climatizzazione a sistemi che interagiscono con il clima e con la natura per migliorare le prestazioni dell'intero edificio. L'approccio di un "Nuovo Ambiente" permette all'utente, al progettista, al costruttore di venire a conoscenza di alcune tendenze costruttive e innovazioni più interessanti garantendo un costante rispetto del nostro ambiente di vita. Costruire con il solo laterizio o con il solo legno non sempre significa essere rispettosi di ciò che ci circonda.

Purtroppo l'utopia non si addice alla nostra società e quando le fantasie, siano esse le più corrette, si scontrano con la realtà si deve operare un adeguamento ed un compromesso. Si deve ovvero scegliere la migliore soluzione che permetta di ottenere il risultato ottimale nella situazione in cui si sta operando. Per tradurre in realtà i soliti discorsi di false parole proviamo a rispondere in modo concreto alla semplice domanda: qual è la soluzione ottimale per un edificio che possa garantire all'utente un buon livello di vita, che presenti costi moderati e che abbia un basso impatto ambientale?

La risposta sarà diversa in funzione della località di ubicazione dell'edificio. Ovvero se quest'ultimo venisse realizzato in Europa dovremmo scegliere materiali e tecniche differenti al caso di un edificio da costruire in centro Africa. Pensando alla nostra Società ed alle esigenze dei relativi utenti possiamo avere alcune risposte interessanti analizzando ciò che è stato compiuto negli anni trascorsi da molteplici costruttori e progettisti. Due aspetti devono essere evidenziati:

- Le costruzioni simbolo
- Gli edifici per la vita quotidiana

Analizziamo la prima categoria proposta, chiedendo ad un progettista di fama mondiale quale è stato il peso sulla scelta di materiali e tecnologie per il “Rispetto dell’Ambiente”. La risposta è scontata: tante belle parole ma pochi i fatti reali, l’importanza di una immagine diversa ed innovativa prevarica quasi sempre ogni considerazione sull’ambiente (vi sono naturalmente anche esempi illuminati), gli edifici simbolo devono sottostare alla legge del bello assoluto e dell’originale ad oltranza e quindi tutto viene perdonato. Ma per la casa della vita di tutti i giorni?

Analizzando in profondità la situazione si scopre una realtà sconosciuta ma molto interessante. Progettisti, costruttori ed utenti sono generalmente accomunati dalla “legge della tradizione costruttiva”: utilizzo della soluzione più sicura, più sperimentata. Questa posizione porta ancora oggi ad assurdi costruttivi inimmaginabili magari creando patologie di degrado molto gravi. In altre situazioni invece progettista, costruttore o utente possono giungere alla scelta di prodotti e di processi migliori ed innovativi. In questi casi, del resto oggi sempre più frequenti, si assiste alla rinascita della casa dovuta alla consapevolezza di volere qualcosa di preciso e di puntare ad obiettivi specifici. Un esempio macroscopico che però conduce a conclusioni non sempre positive sono certamente i serramenti. Per normativa devono essere sempre più a tenuta per le infiltrazioni di aria eliminando la ventilazione degli ambienti. Questo porta inevitabilmente a marcare tutti gli errori di progettazione della struttura e degli impianti realizzati nell’edificio e quindi non è solo necessario sostituire le finestre, ma il progettista deve intervenire con altri elementi per riportare le situazioni in condizioni ottimali di funzionamento.

Tutti i materiali ed i sistemi costruttivi hanno una storia, una vita. L’uomo interferisce sempre durante le fasi di trasformazione consumando energia e interferendo con l’ambiente. Fortunatamente oggi esiste un metodo che permette di confrontare prodotti e componenti in modo paritario permettendo al progettista o all’utente una scelta consapevole: l’analisi del ciclo di vita (LCA). Attualmente è l’unico metodo che giunge all’attribuzione di un indice che può essere confrontato fra i differenti casi analizzando l’intero ciclo di vita dell’elemento sottoposto ad esame analizzando tutte le fasi dalla materia prima al riciclo finale. Come tutte le metodologie non sono sempre facili da applicare e molte volte risulta quasi impossibile tenere conto di alcuni aspetti o ricadute ambientali come ad esempio l’incidenza dell’utilizzo di prodotti naturali (es. legno) piuttosto che l’inquinamento causato dal trasporto degli stessi dalla località di produzione a quella di utilizzo. Alcuni dati oggi sono disponibili e permettono sicuramente di iniziare una discussione sui processi di scelta per costruire correttamente. Esistono altri metodi che permettono di confrontare e di operare le scelte per costruire. Certamente il più diffuso è rappresentato dalla comparazione delle caratteristiche tecniche e delle prestazioni. Per queste situazioni vengono in aiuto le norme nazionali ed europee e le leggi emanate con precise finalità. Gli aspetti più interessanti ed impositivi sono legati alle prestazioni termiche ed acustiche. Entrambe sono sottoposte a leggi e decreti emanati: dai ministeri dell’industria, lavori pubblici ed ambiente. Le interazioni con l’ambiente di vita all’interno dell’edificio e con l’ambiente esterno sono ragionevolmente intuibili. Maggior isolamento termico significa comfort più elevato e minor inquinamento, maggior isolamento acustico significa minore disturbo all’interno dei locali.

Un altro aspetto fondamentale è rappresentato dalla durata del manufatto. Con il termine durata si raggruppano una serie di eventi che interagiscono fra loro:

- Costi del manufatto
- Sostituzione dello stesso

- Opere di manutenzione
- Tempistiche di intervento programmato

Scegliere materiali di lunga durata sembra sia ovvio e doveroso per il rispetto dell'utente, ma come fare per quantificare questo parametro?

Alcune norme vengono in aiuto del progettista anche se nella maggioranza dei casi è una lunga opera di ricerca di dati e di caratteristiche che possano comprovare quanto dura un elemento.

Ancora più complesso è la programmazione dei costi degli interventi di manutenzione per mantenere i livelli prestazionali richiesti. E' sufficiente pensare alla differenza fra elementi in acciaio inox ed elementi in ferro trattati con cicli di verniciatura per capire come possano incidere i costi iniziali ed i costi dei successivi interventi. Ultima considerazione, da non sottovalutare, è l'inquinamento degli ambienti causati dal ripristino e trattamento dei componenti. Le considerazioni riportate in precedenza devono oggi essere oggetto di vera e costante ricerca da parte del progettista che vuole rendersi cosciente del progetto costruttivo nella sua completezza giungendo molte volte a strade senza uscita in quanto la documentazione è inesistente. Alcuni comparti industriali, forse perché più innovativi e dinamici, hanno realizzato intere documentazioni sull'argomento "ambiente". Per concludere l'argomento deve essere introdotto l'aspetto finale: cosa avviene del prodotto a fine vita?

La demolizione, il riciclo, il riutilizzo, il rinnovamento sono tutti termini che oggi vengono usati correttamente ma vengono visti da un'unica prospettiva mediante le regole di intervento proposte da piani di intervento specifici. La progettazione intelligente per un futuro riutilizzo o futura demolizione invece viene affrontata in questo periodo da commissioni ad hoc organizzate a livello europeo. E' quindi pensabile che in un prossimo futuro i progettisti possano pensare a come costruire ma anche a come smantellare correttamente un prodotto. Questo permette di prevedere che la componentistica, la prefabbricazione avrà nuovo impulso sostenuto dalle nuove direttive e normative che verranno emesse.

## 2 – IL RISPETTO DELL'AMBIENTE

### a) Cosa si può fare... e come

L'Agenda 21 (Guida allo sviluppo socialmente, economicamente ed ecologicamente sostenibile), ratificata nel 1992 al vertice di Rio su Ambiente e Sviluppo, invitava le singole Nazioni e le Comunità ad attuare politiche e programmi per raggiungere un *equilibrio sostenibile* tra consumo, situazione demografica e reali potenzialità del pianeta.

Con il termine *sviluppo sostenibile* si indica:



- 
- ▶ RICONOSCIMENTO DEL LIMITE RAPPRESENTATO DALLE RISORSE NATURALI E DALLA LORO CAPACITÀ RIPRODUTTIVA
  - ▶ UTILIZZAZIONE DELLA PORZIONE RINNOVABILE DELLE RISORSE CON UN RITMO CHE CONSENTA LORO DI RIPRODURSI
  - ▶ UTILIZZAZIONE DELLA PORZIONE NON RINNOVABILE DELLE RISORSE TENENDO CONTO DELLA LORO ESAURIBILITÀ
- 

A seguito della risoluzione del vertice di Rio, la Comunità Europea ha emanato il 5° Programma a favore dell'Ambiente e per uno Sviluppo Sostenibile (1993), che si basa su quattro punti fondamentali:

- A. migliorare la gestione delle risorse, al fine di ridurre il prelievo e la dispersione
- B. sviluppare una normativa tecnica comunitaria per i processi produttivi e per i prodotti, basata sul miglioramento continuo delle loro prestazioni ambientali
- C. aumentare l'informazione per rendere le scelte dei consumatori uno strumento più efficace di orientamento del mercato
- D. accrescere la fiducia del pubblico nei confronti delle attività produttive trasparenti sul piano ambientale, del sistema dei controlli volontari della qualità dei prodotti.

Si tratta di un'impostazione nuova, non più basata solo sulla fissazione di norme restrittive e vincolanti per determinate attività o prodotti (incentrate sul controllo dell'inquinamento e dei danni ambientali emergenti), ma volta a generare un nuovo modello eco-responsabile di gestione delle attività.

Strumenti principali per l'attuazione della suddetta politica sono:

- ✓ **Regolamento UE 880/92 (Ecolabel)**
- ✓ **Regolamento UE 1836/93 (EcoManagement and Auditing Scheme – EMAS)**

Il primo riguarda la qualificazione delle caratteristiche ambientali dei prodotti, il secondo quelle dei siti produttivi.

Inoltre, sempre a seguito ed in armonia con la risoluzione di Rio, nel 1993, la International Organization for Standardization (ISO – Federazione mondiale degli organi di unificazione non governativa, in cui l'Italia è rappresentata dall'UNI) ha iniziato l'elaborazione delle:

- ✓ **Norme Ambientali ISO 14000**

intese come linee guida generali e condivise a livello mondiale per un comportamento eco-responsabile.

Queste norme vengono recepite dal Comitato Europeo di Normazione (CEN – Federazione europea degli organi di unificazione non governativa, in cui l'Italia è rappresentata dall'UNI), come normativa comunitaria.

Anch'esse si possono dividere in due gruppi, relativi alla qualificazione di prodotto ed alla qualificazione dei siti.

Questa differenziazione non è una sottigliezza per intenditori ma è fondamentale, come vedremo meglio in seguito. Non è detto infatti che un prodotto ottenuto con un processo a basso impatto ambientale non determini nel suo ciclo di vita impatti più elevati di altri, così come non è detto che un sito produttivo o un'attività, per quanto di impatto non elevato, non siano migliorabili.

## **b) Compatibilità ambientale**

Il binomio materie plastiche ed ambiente sembra interpretare il dualismo di una sola realtà analizzata da due punti di visione diametralmente opposti:

- Materie plastiche: prodotte dal petrolio trasformato da una industria chimica. Permettono di realizzare prodotti con forti valenze innovative e tecnologiche
- Ambiente: quali attività può permettersi l'uomo per non danneggiarlo e per non comprometterlo?

Certamente "Giano – Bifronte" può impersonificare una sola realtà con due espressioni diverse:

- o il mondo attuale non può fare a meno delle materie plastiche

- derivano sì dal petrolio, fonte non rinnovabile, ma ne permettono anche un risparmio notevole
- i processi produttivi possono anche inquinare l'ambiente circostante ma sicuramente questo viene monitorato e oggi certamente più controllato rispetto ad altri considerati tradizionalmente "ecologici"
- possono essere recuperate, riciclate, riutilizzate, mentre molti prodotti alternativi non lo consentono.

Quindi come ci si deve comportare nella scelta, nella progettazione e nell'utilizzo di materiali e prodotti?

Prima di rispondere alla domanda e prima di asserire che ad ogni azione dell'uomo ne segue un impatto sull'ambiente è meglio ricordare alcuni fatti.

1. Energia o Ambiente? Tutta l'attività umana necessita di una fonte di energia. Ogni utilizzo di fonte primaria di energia crea un impatto ambientale più o meno importante.

La questione è molto antica:

## PROMETEO

*Quando vennero creati gli animali, ad ognuno di loro fu fatto un dono (all'orso la pelliccia, al ragno la tela, ecc.). L'uomo invece fu buttato nella mischia del mondo così come era venuto. Solo Prometeo ne ebbe compassione. Rubò il segreto del fuoco e lo rivelò all'uomo. Regalo piuttosto difficile da maneggiare, ma sempre meglio di nulla. Gli altri dei presero questo dono malissimo. Prometeo fu così condannato per sacrilegio a vivere incatenato ad una rupe con un'aquila che gli avrebbe costantemente divorato il fegato.*

## PROSERPINA

*Demetra, la Terra, ebbe una figlia, Proserpina che essendo così bella fece invaghire Plutone, Signore delle Tenebre, che la pretese in sposa. Una notte Plutone rapì Proserpina per paura di perderla. Demetra divenne furente, scatenò nubifragi e terremoti. Demetra e Plutone decisero di fronteggiarsi con uno scontro finale: il mondo sarebbe morto prima ancora di cominciare. Allora fu stabilito che Proserpina sarebbe rimasta a turno sei mesi con la madre e sei mesi con lo sposo. Fu così che il mondo ebbe l'estate e l'inverno, ovvero le stagioni degli agricoltori e dei fabbri.*



Diamo ragione all'audacia di Prometeo che dissacra il fuoco e che attenta alla stabilità dell'Universo?

Oppure cosa sarebbe stato dell'uomo senza fuoco?

Sarebbe rimasto senza pane, senza riscaldamento, senza luce, ma in caso contrario avrebbe creato incendi disastrosi e guerre mondiali.

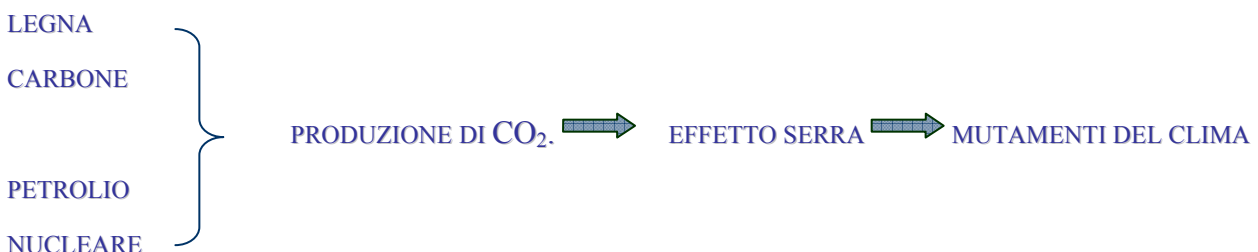
Ed ancora:

Vincerà Demetra o Plutone? Ovvero, la terra o la fabbrica? Ovvero la natura o la tecnologia?

Il destino dell'uomo è quello di camminare su un esile cresta fra due precipizi che cambiano scenario al variare delle epoche della storia che evolvono con il variare della fonte di energia utilizzata:

- I** rivoluzione: la legna per creare il fuoco
- II** rivoluzione: l'idraulica per produrre la farina per il pane
- III** rivoluzione: il carbone. Nel 1300 vi fu una tale carestia di legna da ardere che l'uomo fu costretto ad utilizzare una fonte alternativa: il carbone. Il carbone portò alla creazione del vapore ed alle macchine operatrici.
- IV** rivoluzione: il petrolio. Il carbone ed il vapore avevano un rendimento bassissimo. I motori Otto-Diesel a derivati del petrolio crearono l'automobile. La crisi del '79 impose la ricerca di energie alternative.
- V** rivoluzione: grandi centrali elettriche a gas, distribuzione dell'energia: luce – automazione
- VI** rivoluzione: il nucleare. Fu utilizzato la prima volta per una bomba il 6 agosto 1945. Certamente ci ha risparmiato la terza guerra mondiale, come asseriva Bruno Pontecorvo nel 1950 “la grande paura tiene lontana la guerra”
- VII** rivoluzione: L'idrogeno. La ricerca di una fonte “pulita” porterà forse ad utilizzare l'idrogeno come fonte primaria di energia. Il ciclo è un “ciclo chiuso”:
  - ➡ dall'H<sub>2</sub>O per elettrolisi si forma H + O
  - ➡ bruciando H si ottiene calore + H<sub>2</sub>O - Possono essere utilizzate pile a combustibile (facendo reagire H + O + catalizzatore si ottiene energia elettrica + H<sub>2</sub>O) – Per la prima volta nella storia si potrà utilizzare una fonte di energia che non emette CO<sub>2</sub>.

Il più importante impatto sull'ambiente:



Limitare l'energia significa limitare i consumi e le comodità oggi acquisite e quindi è meglio parlare di **compatibilità economica** piuttosto che di compatibilità ambientale di un materiale.

Quanto sopra riportato non è certamente una novità per l'esistenza dell'uomo:

**“PRIMUM EST ESSE, DEINDE BENE ESSE” Esistere viene prima dello star bene**

(ARISTOTELE)

Un buon confronto del livello di benessere della civiltà può essere fatto utilizzando un parametro: consumo energetico annuo pro capite in chilogrammi equivalenti di petrolio:

10.000 anni fa	100 K Tep
5.000 anni fa	350 ”
XIV secolo d.c.	850 “
XX secolo d.c.	2000 “

(1 tep  $\equiv$  11600 KWh)

I dati importanti quindi possono essere riassunti in poche tabelle nelle quali sono riportati i consumi di energia per produzione, trasformazione e riutilizzo dei più importanti materiali utilizzati nell'attività umana.

All'inizio del paragrafo ci siamo posti una domanda: come scegliere un materiale?

Una risposta razionale e ambientalmente sostenibile è certamente l'analisi ed il confronto del bilancio energetico in prima battuta e dell'intero ciclo di vita in seconda battuta.

Unica nota da evidenziare è relativa al bilancio energetico che deve essere realizzato a parità di utilizzo finale ovvero di applicazione.

Una tabella non esaustiva ma certamente esemplificativa del consumo energetico di alcuni materiali può essere riportata rimandando gli approfondimenti alla letteratura specifica di settore:

<b>MATERIALE</b>	<b>KG DI PETROLIO EQUIVALENTE NECESSARI PER PRODURRE 1 dm<sup>3</sup> DI PRODOTTO</b>
<b>ALLUMINIO</b>	<b>15</b>
<b>RAME</b>	<b>11</b>
<b>ACCIAIO</b>	<b>4.5</b>
<b>VETRO</b>	<b>3</b>
<b>PVC</b>	<b>2.5</b>
<b>POLISTIROLO</b>	<b>2.8</b>
<b>POLIETILENE</b>	<b>2.6</b>
<b>POLIPROPILENE</b>	<b>2.8</b>

### 3 – CONFRONTARE I MATERIALI

I materiali utilizzati nel settore dell'edilizia sono moltissimi, sfruttano materie prime di natura diversa, vengono realizzati con processi diversificati e vengono utilizzati con modalità imprecisate. Questo quadro fa sì che la situazione legata all'edilizia porti enorme confusione quando viene approcciato il tema della compatibilità ambientale.

Metodi magici sulla scelta dei prodotti o dei sistemi più "eco – compatibili" purtroppo, per il momento, non sono a nostra conoscenza ed a nostro uso.

Esistono sistemi che tentano di analizzare nel modo più completo e scientifico possibile le fasi della vita di un prodotto, creando così un "metodo" che permette di realizzare il confronto anche se non in modo esaustivo. Il confronto può essere basato sulla quantità di materie prime utilizzate piuttosto che sull'energia consumata piuttosto che sull'emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Sono tutti indici che vengono raggiunti e calcolati mediante metodi che lasciano all'operatore un elevato grado di flessibilità e che quindi provoca un confronto apparentemente corretto. La vera correttezza risulta dalla comparazione dei metodi di definizione e di calcolo degli indici piuttosto che dal confronto del dato finale.

Vengono quindi proposti differenti sistemi per comparare i materiali:

- A) LCA, analisi del ciclo di vita
- B) Riciclo
- C) Comportamento al fuoco

Sulla base di quanto esposto vengono riportati due esempi reali di confronto fra prodotti e sistemi.

#### a) Valutazione del ciclo di vita

Per stabilire l'impatto ambientale di un prodotto (o servizio, o qualunque attività), è necessario ricorrere a metodi complessi di analisi che esaminino tutti gli effetti da esso causati.

Questa analisi viene definita Analisi del Ciclo di Vita (Life Cycle Analysis - LCA) ed è un sistema di contabilità che tende a determinare il costo ambientale delle attività umane.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) ha impostato le linee guida per redigere una LCA, recepite nella norma ISO 14040, definisce LCA come:



## **QUADRO NORMATIVO LCA**

Riportiamo il quadro normativo attuale, disponibile presso UNI, riguardo alla valutazione del ciclo di vita di un prodotto:

### **UNI EN ISO 14040**

Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di Vita – Principi e quadro di riferimento

### **UNI EN ISO 14041**

Gestione Ambientale – Valutazione del ciclo di vita – definizione dell’obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell’inventario

### **ISO 14042**

Gestione Ambientale –valutazione del ciclo di vita – valutazione dell’impatto del ciclo di vita

### **ISO 14043**

Gestione Ambientale –valutazione del ciclo di vita –interpretazione del ciclo di vita

### **ISO TR 14049**

Gestione Ambientale valutazione del ciclo di vita – Esempi di applicazione della ISO 14041 nella definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio e dell’analisi dell’inventario

### **Guide e supporti**

#### **UNI ISO 14050**

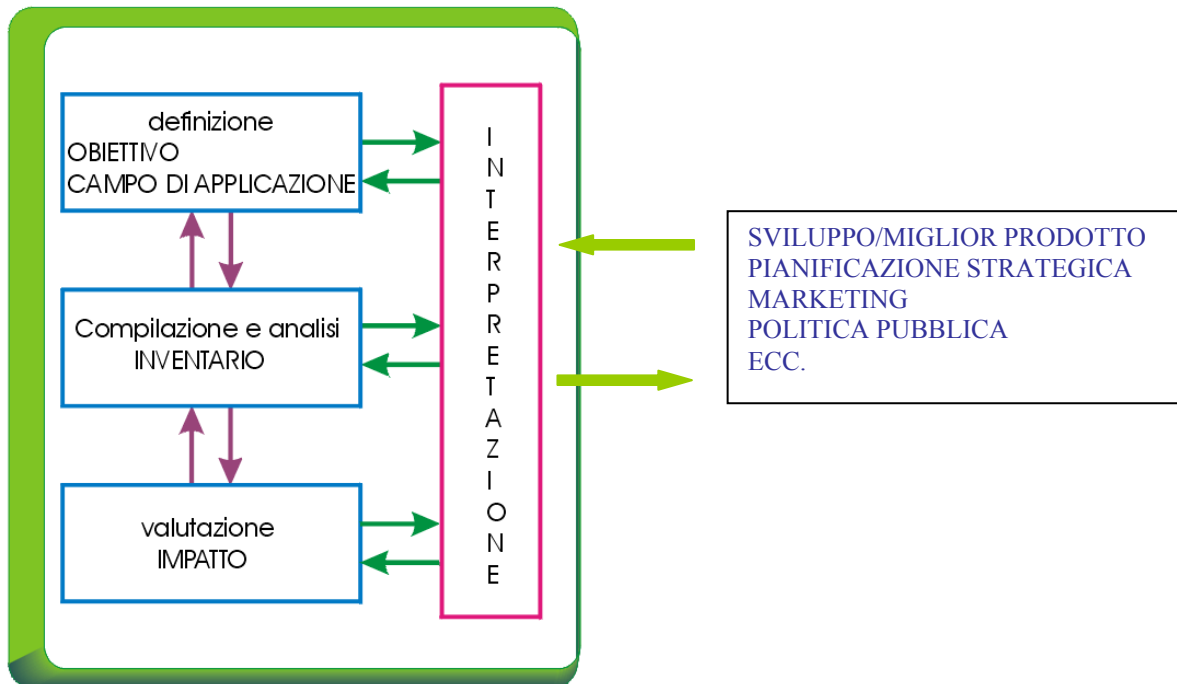
Gestione ambientale - Vocabolario

#### **ISO 14060**

Guida per l’inclusione degli aspetti ambientali negli standard di prodotto

## STRUTTURA DI UNA LCA

La ISO 14040 definisce le fasi costituenti una LCA:



La ISO 14040 definisce le fasi costituenti una LCA:

### DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE DELLO STUDIO

Una LCA può essere condotta per conseguire differenti Obiettivi:

- Identificare i punti deboli di un prodotto nei diversi stadi del suo ciclo di vita e quindi le opportunità di miglioramento (di processo produttivo, prestazioni funzionali, fine vita, etc.)
- Confrontare le prestazioni ambientali di prodotti diversi
- Progettare nuovi prodotti
- Richiedere l'Ecolabel

L'estensione dello studio da eseguire, e quindi la quantità di risorse da investire, variano in base agli obiettivi. Questi perciò devono essere stabiliti con chiarezza in termini di motivazione dello studio e di prevista applicazione dei risultati. In fase preliminare è necessario compiere analisi conoscitive (scoping) per individuare i punti chiave del ciclo, cioè le aree più critiche dal punto di vista ambientale ed energetico.

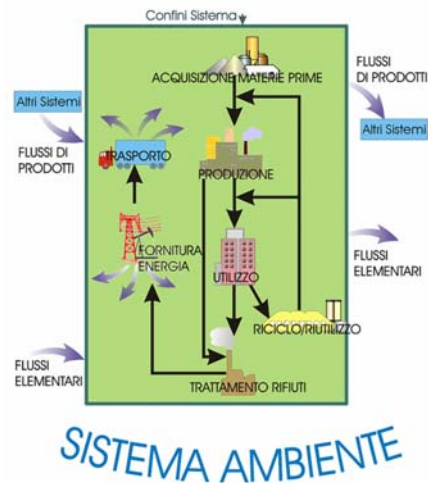
Il **Campo di Applicazione** deve essere definito in termini di:

- Sistema Prodotto e suoi confini, che racchiudono tutte le unità di processo da considerare
- Funzioni del Sistema Prodotto (o Sistemi, nel caso di studi di confronto)

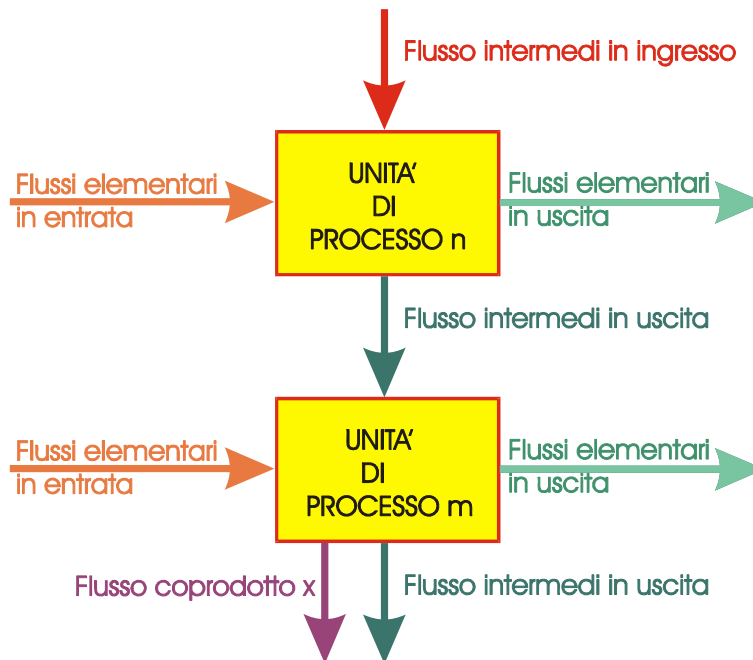
- Unità Funzionale, cioè l'entità unitaria riferita alla prestazione che viene assunta come riferimento, rispetto a cui vengono normalizzati i dati
- Requisiti di qualità dei dati (tempo, luogo, origine, precisione, affidabilità, etc.)

## Sistema Prodotto

La norma ISO 14041 definisce il “Sistema Prodotto” come:  
insieme elementare di unità di processo, connesse tra loro per quanto riguarda materia ed energia, che perseguono una o più funzioni definite (per prodotto si intende anche servizio):



Il sistema prodotto è suddiviso in “Unità di Processo”, ciascuna delle quali include tutte le attività relative ad un’operazione o ad un gruppo di operazioni:



## Funzioni e Unità Funzionale

Un Sistema Prodotto può avere più di una Funzione (prestazione caratteristica).

Quella di riferimento sarà scelta in base agli obiettivi.

Scopo principale dell’Unità Funzionale è fornire un punto di riferimento per l’omogeneizzazione dei flussi.

La comparazione tra sistemi dovrà essere fatta in base alle stesse funzioni, misurate in base alla stessa unità funzionale nella forma di flussi di riferimento equivalenti.

(Es. nel caso di due funzioni “asciugamento mani” si possono paragonare asciugamani di carta e asciugatori elettrici; l’unità funzionale saranno le “mani asciugate”. Nel primo caso il flusso di riferimento seguirà il peso della carta consumata, nel secondo probabilmente l’energia consumata).

La norma ISO TR 14049 dà una serie di esempi sulla definizione delle funzioni, dei flussi di riferimento e delle unità di processo.

Ne riportiamo uno, riguardante una pittura per pareti:

FUNZIONI	PROTEZIONE DECORAZIONE
Funzione rilevante (in relazione all'obiettivo dello studio)	Protezione
Unità funzionale	20 m <sup>2</sup> - opacità 98% - durata 5 anni
Prestazioni del prodotto	8,7 m <sup>2</sup> /litro
Flusso di riferimento	2,3 litri di prodotto

I dati di inventario del ciclo di vita del prodotto in questione saranno quindi normalizzati in rapporto a 2,3 litri.

## Inventario

La **raccolta dei dati** presuppone la conoscenza completa e dettagliata di tutte le unità di processo. I dati devono essere descritti (se rilevati direttamente, se calcolati, e come, se di letteratura, etc.). Devono anche essere definiti i procedimenti di calcolo (ad esempio, per l'energia elettrica, la composizione delle fonti, le efficienze di produzione, trasmissione e distribuzione). Ecco perché luogo e tempo sono parametri determinanti per la significatività dei dati. Attraverso bilanci di massa ed energia e comparazione dei fattori di emissione, i dati debbono poi essere **validati**, cioè verificati e corretti. I dati vengono poi **correlati** alle Unità di Processo, stabilendo l'opportuna unità di misura e, nel caso, un criterio di ripartizione (allocazione), come nella contabilità industriale. La norma ISO TR 14049 dà esempi di costruzione dell'inventario, di allocazione e trattamento delle opzioni di riuso e riciclaggio.

I dati vengono quindi **normalizzati** rispetto all'Unità Funzionale ed infine **aggregati** in categorie omogenee:

- Energia
- M. prime
- Prodotti
- Emissioni in aria
- Rifiuti solidi
- Ecc.

## VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEL CICLO DI VITA (LCA)

E' la terza fase della LCA, la più delicata, ed ha lo scopo di stabilire la portata degli impatti rilevati dai risultati dell'inventario.

Il quadro metodologico per questo è ancora in corso di sviluppo, la norma ISO 14042 ne indica le linee guida, i fattori chiave e le limitazioni.

Vediamo innanzitutto alcune definizioni:

- **Categoria di Impatto:** classe che rappresenta il tipo di problematica ambientale (environmental issue of concern) a cui l'impatto può essere assegnato.

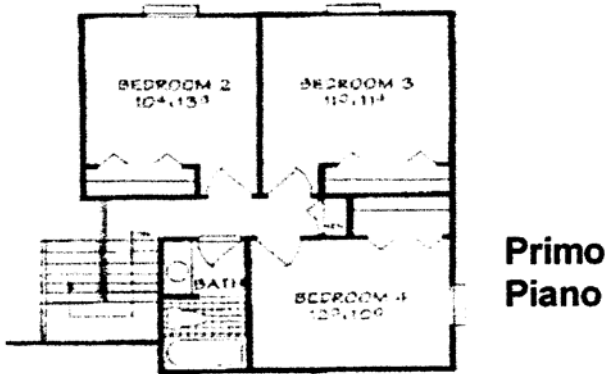
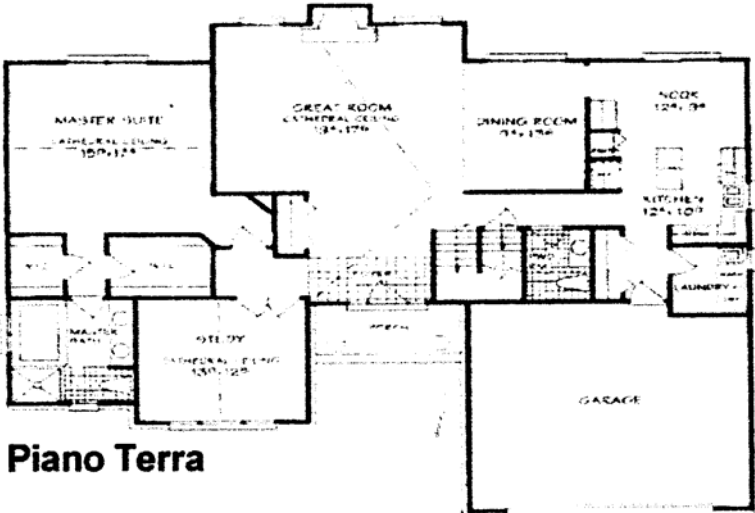


- **End Point di Categoria:** attributo o aspetto dell'ambiente, della salute o delle risorse che identifica un tipo di problematica ambientale
- **Indicatore di Categoria:** rappresentazione quantificabile di una categoria di impatto.
- **Meccanismo Ambientale:** Sistema di processi fisici, chimici e biologici che lega un impatto, risultante dall'inventario, all'indicatore di categoria ed all'end point di categoria
- **Fattore di caratterizzazione:** fattore di calcolo ricavato da un modello di caratterizzazione, usato per convertire i risultati dell'inventario del ciclo di vita ad una unità di misura comune per ciascun indicatore di categoria.

Ad esempio, considerando il risultato di inventario “emissione di un gas a effetto serra” avremo:

– Categoria di Impatto	Modificazioni Climatiche
– Endpoint	Barriera corallina, foreste, raccolti
– Indicatore di Categoria	Infrared radiative forcing (W/m <sup>2</sup> )
– Fattore di caratterizzazione	Potenziale di riscaldamento globale (KgCO <sub>2</sub> equiv.)
– Modello di caratterizzazione	modello IPCC (Panel intergovernamentale modificazioni climatiche)
– Risultato indicatore	Kg CO <sub>2</sub> equiv.

# IL CICLO DI VITA DI UN EDIFICIO



Oggetto dello studio è una casa monofamiliare di circa 227 mq abitabili più garage e scantinato, costruita ad Ann Arbor, Michigan.

Le dimensioni sono prossime alla media per case residenziali statunitensi di attuale costruzione. Lo studio è stato focalizzato su due indicatori:

- **Consumo di energia primaria**
- **Potenziale di riscaldamento globale (GWP)**

che sono ritenuti i più importanti tra quelli connessi alla tipologia costruttiva e all'edilizia in generale. Elettricità e gas costituiscono il 90% dei consumi energetici del residenziale americano e annualmente negli Stati Uniti il 24% del gas naturale ed il 35% dell'energia elettrica è consumata nel settore residenziale, che è responsabile del 19% del totale di emissioni di CO<sub>2</sub> negli USA.

**OBIETTIVO** dello studio è la riduzione dell'impatto relativo ai due indicatori, in termini economicamente accettabili, utilizzando tecnologie disponibili nella zona.

Va sottolineato che lo studio si limita a scelte progettuali, non tenendo conto di possibili razionalizzazioni nei processi di produzione di materiali e componenti.

Le **FASI DEL CICLO DI VITA** analizzate sono state:

<b><u>Pre-uso</u></b>	Produzione e trasporto dei materiali e componenti
	Costruzione dell'edificio
<b><u>Uso</u></b>	Tutte le attività relative a 50 anni di utilizzo (tutta l'energia consumata per il condizionamento, l'illuminazione, l'utilizzo degli elettrodomestici e quella per produrre i materiali di manutenzione)
<b><u>Fine vita</u></b>	Demolizione e trasporto dei residui allo smaltimento o riciclaggio (fasi non incluse nello studio)

La casa in oggetto rappresenta l'**UNITA' FUNZIONALE** di riferimento, le cui prestazioni sono:

Area calpestabile	227,6 mq
Volume abitabile interno 1	763,4 mc
Scantinato	155,6 mq
Garage	45 mq
Occupanti	4 persone
Vita utile	50 anni
Stile architettonico	tradizionale
Riscaldamento	18 – 21°C
Caldaia riscaldamento	a gas
Raffrescamento	24 – 26°C
Impianto di raffrescamento	elettrico
Boiler	a gas
Illuminazione naturale e qualità aria	adeguate
Illuminazione artificiale	adeguata
Elettrodomestici	tipici per gli USA

**I CONFINI DEL SISTEMA** racchiudono:

- Estrazione delle materie prime e produzione semilavorati per costruzione e manutenzione
- Produzione dei componenti
- Trasporti di materie prime, semilavorati e componenti
- Costruzione, inclusi scavi
- Uso e manutenzione
- Demolizione
- Trasporto materiale di demolizione

Sono altresì indicati i rendimenti assunti per le diverse produzioni e lavorazioni e i fattori trascurati nello studio (es. allacciamenti, mobilio, etc.).

Si è quindi proceduto alla compilazione dell'**INVENTARIO**, determinando i quantitativi dei diversi materiali elementari costituenti l'edificio.

Per i componenti compositi, es. pitture, tappeti, elettrodomestici, si sono suddivisi i materiali elementari.

I dati di inventario sono poi stati catalogati in otto sistemi:

1. Pareti
2. Tetto/soffitti
3. Pavimenti
4. Porte/finestre
5. Fondazioni
6. Impianto e dispositivi elettrici
7. Impianto sanitario
8. Armadietti e scaffali fissi

La raccolta dei dati è stata effettuata sulla base del progetto costruttivo, di verifiche sul campo e di indagine sulla produzione dei componenti complessi.

Si è poi elaborato un piano di manutenzione e di migliorie, valutando i fabbisogni di materiali ed energia degli interventi previsti.

Il consumo annuale di energia è stato determinato utilizzando un modello matematico elaborato dal Passive Solar Industries Council per le case unifamiliari, adottando i valori dei parametri necessari (es. conduttanza delle pareti perimetrali, caratteristiche dei serramenti, consumi di elettricità, requisiti di ventilazione, caratteristiche climatiche della zona, guadagni di calore interni) specifici dell'edificio studiato.

La **VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI** è stata effettuata con l'aiuto di data base e modelli (pubblicazioni qualificate e citate).

L'analisi ha portato a questi risultati:

---

**Consumo di energia primaria: 15.455 GJ**

di cui:

<b>Pre -uso</b>	942	6.1%
<b>Uso</b>	14.482	93.7 %
<b>Fine vita</b>	31	0.2 %

---

**GWP 1.013 ton Eq. di CO<sub>2</sub>**

di cui:

<b>Pre -uso</b>	79.5	7.8%
<b>Uso</b>	931.5	92 %
<b>Fine vita</b>	2	0.2 %

Chiaramente, per ridurre l'impatto dell'abitazione, si deve lavorare sulla fase di uso.

E' stato quindi modellato un progetto di uguali dimensioni, layout e prestazioni funzionali, adottando soluzioni costruttive ipotizzate come più ambientalmente efficienti. Per i materiali isolanti si è naturalmente puntato al miglior abbinamento tra energia incorporata, trasmittanza e durata.

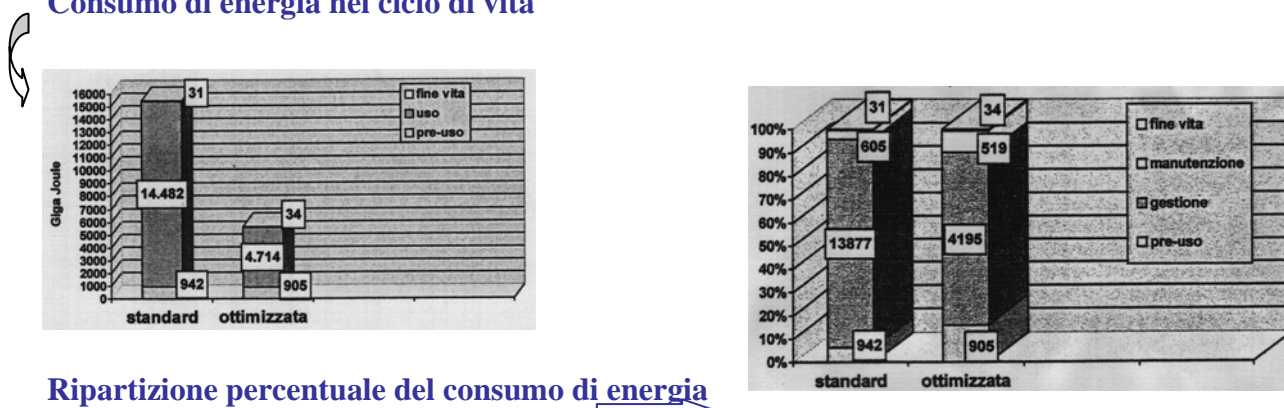
- Si è aumentato lo spessore della parete perimetrale cambiando anche il tipo di coibente
- Si è raddoppiato il potere coibente del solaio
- Si è adottata una vetratura isolante di migliori prestazioni
- Sono state ridotte le infiltrazioni totali al 13% del valore originario
- Sono stati inseriti elettrodomestici ad alta efficienza (circa il 40% di consumo in meno rispetto al progetto originale) e lampade fluorescenti compatte
- Si è inserito un recuperatore di calore dall'acqua calda di scarico
- Cucina e asciugatore biancheria sono stati convertiti da elettrici a gas naturale (solo il 30% dell'energia liberata dalla combustione di un combustibile è recuperato come energia elettrica all'utenza)
- Il rendimento della caldaia è stato portato dall'80% al 95%
- Si è sostituito il tritarifiuti elettrico con una cella di compostaggio
- Si è previsto un ombreggiamento ottimale delle finestre per ridurre il consumo per il raffrescamento
- Si è modificato l'orientamento per massimizzare gli apporti energetici invernali

Ripetuta la LCA sul progetto ambientalmente ottimizzato, si sono ottenuti i seguenti risultati:

	<b>Casa Standard</b>	<b>Casa Ottimizzata</b>	<b>Δ %</b>
<b>Massa totale materiali</b>	305.9 ton	325.6 ton	+ 6.4
<b>Consumo di energia</b>	15.455 GJ 2.525 barili	5.653 GJ 927 barili	- 63
<b>GWP</b>	1.013 ton CO <sub>2</sub> eq.	374 ton CO <sub>2</sub> eq.	- 63

Nel grafico seguente è rappresentato il consumo di energia nel ciclo di vita delle due case, ripartito tra le diverse fasi del ciclo:

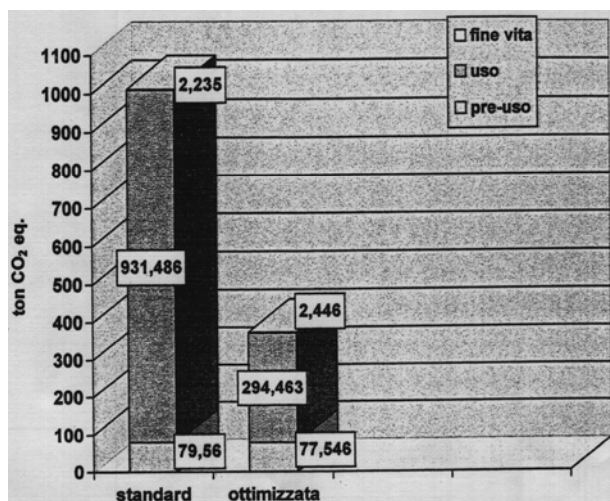
### Consumo di energia nel ciclo di vita



### Ripartizione percentuale del consumo di energia

Nonostante la casa ottimizzata usi gas invece di energia elettrica per la cucina e l'asciuga biancheria, le migliorate prestazioni termiche dell'involucro, l'efficienza della caldaia e il recupero delle acque calde di scarico fanno sì che il consumo di gas naturale venga ridotto al 21% di quello della casa standard. Anche il consumo di energia elettrica è ridotto al 58% di quello della casa standard. Nel grafico seguente è riportato il raffronto fra gli impatti di potenziale di riscaldamento globale delle due case, suddiviso nelle diverse fasi del ciclo di vita:

## Potenziale di Riscaldamento Globale



Questo è stato realizzato con un sovraccosto di 22.801 USD contro il costo di 240.000 Usd della casa standard (+ 9,5 %). È stato poi effettuato un calcolo di costo totale, attualizzato al 4%, (che rappresenta la cifra che, se messa a risparmio nell'anno di riferimento all'interesse del 4% sarebbe sufficiente a coprire tutti i costi dell'iniziativa) del ciclo di vita delle due case in diversi scenari di andamento dei costi dell'energia. Anche nella stima dei costi di ripristino e manutenzione si è tenuto conto dei differenziali di costo tra i componenti nei due progetti.

*Casa standard*                      423.500 – 454.300 USD                      *val.medio*  
438.900

*Casa ottimizzata*                      433.100 – 443.200 USD                      *val.medio*  
438.150

Cioè, nei limiti di precisione delle stime, praticamente uguali.

Lo studio dimostra quindi che è possibile ridurre a circa un terzo il fabbisogno di energia ed il GWP di una casa a parità di costo totale. È da sottolineare che la coppia di valori superiori, che evidenzia un vantaggio anche economico per la casa ottimizzata, è relativa ad uno scenario europeo.

## b) Il riciclo

E' possibile sostenere realmente il peso dell'affermazione: ogni materiale può essere riciclato? La risposta è sì!

Ma con quali costi?

Tutto ciò che circonda l'attività dell'uomo può essere recuperata, demolita, selezionata e recuperata per essere inserita in un successivo processo produttivo.

In modo semplice ma realistico i materiali plastici possono essere recuperati, molti vengono oggi riciclati con successo e soddisfazione, altri invece devono trovare ancora le vie di uscita più consone alla loro natura.

Lo schema di base di tutti i circuiti di riciclaggio si articola in tre stadi :

- 1. Recupero sul territorio**
- 2. Adeguamento fisico**
- 3. Riutilizzo**

La realizzazione di ciascuno dei suddetti stadi è condizionata, oltre che dalla disponibilità di tecnologie, anche da una serie di fattori legati alle caratteristiche specifiche del tipo di scarto, in termini sia di materiale che di manufatto, ed a situazioni ambientali, generalmente differenti nelle diverse località.

In Figura 1 si è cercato di rappresentare le principali influenze cui è soggetto un generico circuito di riciclaggio e le loro interconnessioni.

Da questa complessità deriva che ciascuno dei tre stadi di articolazione del circuito non può essere impostato singolarmente, a prescindere dagli altri due.

Le modalità di raccolta sono legate infatti alle caratteristiche fisiche e di produzione degli scarti, ma anche al loro destino programmato, così come le tecniche di riutilizzo attuabili non dipendono solo dalle caratteristiche fisiche intrinseche del materiale ma anche dal tipo di scarto, da come è stato selezionato e raccolto e da quali costi di trasporto ed adeguamento fisico ( ad esempio trattamenti di purificazione ) sono sopportabili.

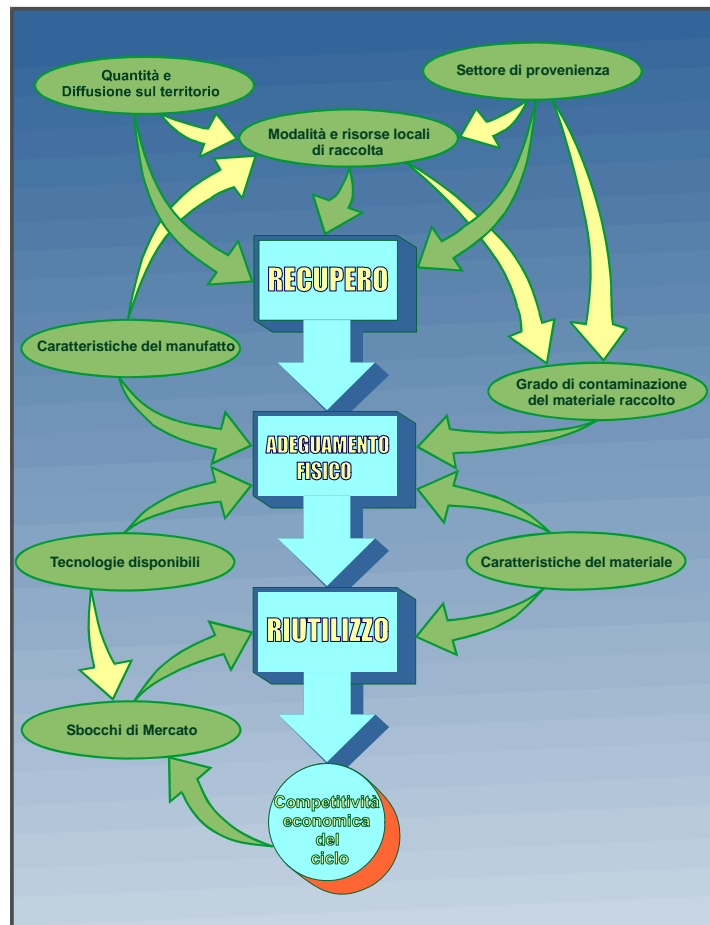
Si deve anche tener presente che le differenti situazioni ambientali in località diverse possono rendere più o meno efficaci i diversi tipi di circuito di riciclaggio ipotizzabili.

Da quanto si è detto, emerge che non può esistere un “modello ideale” di circuito di riciclaggio. A situazione matura, è prevedibile che vi possa essere un mix di tecnologie di riutilizzo, ognuna servita da particolari circuiti di recupero e adeguamento fisico, in relazione alle quantità e tipologie di scarti disponibili in una certa area, più o meno grande.

In realtà tutte le materie plastiche possono essere sottoposte a processi di adeguamento per il successivo riutilizzo. Unica considerazione che è da evidenziare riguarda i costi per sostenere un processo industriale adeguato e consono ai fini preposti. Alcuni materiali hanno trovato uno sbocco economicamente ragionevole e sostenibile così da creare un mercato di materie prime seconde derivate dal trattamento di rifiuti di scarto industriale. Sicuramente non tutte le materie plastiche avranno una seconda vita magari meno nobile della prima e dovranno trovare uno sbocco finale che potrà essere però artefice della produzione di una buona quantità necessaria di energia. Questa soluzione, sicuramente, se gestita in modo corretto, potrà ottenere una valenza ambientale maggiore della semplice ed ormai scontata discarica.



## SCHEMA DI CIRCUITO DI RICICLAGGIO



## PRINCIPALI NORME E LEGGI PER IL RISPETTO DELL'AMBIENTE

### Normazione delle materie plastiche di riciclo

Il progressivo aumento di quantità e tipologie dei manufatti plastici di riciclo (post-consumo, scarti industriali, post-utilizzo industriale, edilizio, agricolo) ha dato luogo a una loro più diffusa e organizzata raccolta differenziata, anche se ancora parziale sul territorio nazionale, e alla loro rilavorazione per ottenere le cosiddette "materie prime seconde" sotto forma di scaglie e granuli da utilizzare da sole o in miscela con analoghe materie plastiche vergini per la fabbricazione di manufatti con prestazione sufficiente per molti impieghi. Spingevano in tal senso le realtà interessate (riciclatori, loro clienti, Ministero dell'Ambiente..) alla messa a disposizione di tali materie plastiche di riciclo, nell'ottica sia del rispetto ambientale (che consiglia il riutilizzo fisico o energetico anziché l'invio alle discariche), sia del risparmio delle materie prime non rinnovabili (petrolio, metano), con conseguente riduzione dello sbilancio nazionale relativo (anche se, come è

ovvio, il corso oscillante dei prezzi delle materie vergini è fattore che influenza anche quello delle materie di riciclo).

L'accresciuto interesse da parte dei trasformatori delle materie plastiche ha comportato negli anni '90 una forte attenzione ai problemi della qualità e della standardizzazione di tali risorse con conseguente avvio dello studio di Norme ad hoc in ambito Uniplast (Ente Italiano di Unificazione nelle Materie Plastiche federato all'UNI), e nella sottocommissione 25 furono avviate nel '91 le attività di studio di vari progetti di Norma concernenti le materie plastiche di riciclo provenienti da varie fonti e destinate a impieghi diversi ad es. i gruppi di studio della SC 25 hanno prodotto le parti ufficiali della Norma UNI 10667 recepite dal Decreto legislativo n.22 del 5.2.97 Ronchi "Attuazione delle direttive... (omissis) 94/62/CE sugli imballaggi e loro rifiuti", che fissa gli obiettivi di recupero e riciclo (per il tramite del D.M. del 5.2.98 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi semplificate di recupero ai sensi degli artt. 31 e 33 del D. Lgs. N. 22", supplemento G.U. 16.4.98 n. 72, art. 6). La norma è così divenuta standard di riferimento per i recuperatori – riciclatori, con varie implicazioni amministrative, giuridiche e commerciali. Per la prima volta la conformità a Norme non è più volontaria, ma cogente da parte di una disposizione legislativa.

## **ELENCO PARTI NORMA UNI 10667**

- UNI 10667-1

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – GENERALITA'*

- UNI 10667-1: 1998/A1

- UNI 10667-2

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIETILENE PROVENIENTI DA RESIDUI INDUSTRIALI E/O DA MATERIALI DA POST-CONSUMO DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-3

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIPROPILENE PROVENIENTE DA RESIDUI INDUSTRIALI E/O DA MATERIALI DA POST-CONSUMO DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-4

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIVINILCLORURO PROVENIENTE DA CONTENITORI PER LIQUIDI, DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI – REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-5

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIVINILCLORURO PROVENIENTE DA APPLICAZIONI PLASTIFICATE DIVERSE DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI – REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-6

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIVINILCLORURO PROVENIENTE DA SERRAMENTI DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI – REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-7

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIETILENETEREFTALATO PROVENIENTE DA POST-CONSUMO DESTINATO ALLA PRODUZIONE DI FIBRE – REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-7: 1998/A1

- UNI 10667-8

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIETILENETEREFTALATO PROVENIENTE DA POST-CONSUMO DESTINATO ALLA PRODUZIONE DI CORPI CAVI – REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-8: 1998/A1

- UNI 10667-9

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO – POLIETILENETEREFTALATO PROVENIENTE DA POST-CONSUMO DESTINATO ALLA PRODUZIONE DI LASTRE E FOGLIE – REQUISITI E METODI DI PROVA*

- UNI 10667-11

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO- POLIETILENE E COPOLIMERI PROVENIENTI DA FOGLIE E FILM PER AGRICOLTURA DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI – REQUISITI E METODI DI PROVA*

*PROGETTI UNIPLST IN STUDIO*

- E.13.25.602.C

*MATERIE PLASTICHE DI RICICLO- POLISTIRENE ESPANSO PROVENIENTE DA POST-CONSUMO DESTINATO AD IMPIEGHI DIVERSI – REQUISITI E METODI DI PROVA*

## **c) IL COMPORTAMENTO AL FUOCO**

Le materie plastiche hanno da sempre avuto con il fuoco un rapporto privilegiato, essendo combustibili.

Progettare con le materie plastiche significa conoscere bene uno degli aspetti che influenzano maggiormente il loro comportamento finale.

Architetti e designer non possono esimersi dal non conoscere che utilizzando un materiale per creare un componente d'arredo andranno ad influenzare il comportamento all'incendio dell'ambiente in cui verranno utilizzati.

La reazione al fuoco riguarda essenzialmente i materiali di finitura, rivestimento ed arredamento. Essa comprende tutti gli aspetti della fase iniziale di un incendio, dall'accensione alla propagazione della fiamma, allo sviluppo di fumi. Nella trattazione classica, essa viene suddivisa nei seguenti parametri:

- ✓ Non combustibilità
- ✓ Accendibilità
- ✓ Velocità di propagazione della fiamma
- ✓ Sviluppo di calore nell'unità di tempo
- ✓ Opacità dei fumi.

L'impiego delle materie plastiche in edilizia è andato continuamente aumentando negli ultimi vent'anni soprattutto per ragioni di praticità, di comfort, di convenienza e di risparmio energetico. Il loro volume in un tipico edificio è ormai uguale all'ammontare di tutti gli altri materiali organici, come legno, tessile, vernici, carta e simili. Le loro applicazioni variano in un vasto campo, come si può vedere in tab. 1, che comprende non solo i plastici rigidi, ma anche gli espansi, gli elastomeri, le fibre sintetiche ed i compositi. Questi ultimi si vanno sempre più diffondendo, specialmente nelle nuove applicazioni, per cui in futuro sarà sempre più difficile riconoscere e valutare i materiali puri. Esempi molto comuni di compositi sono le lastre in poliestere rinforzato con fibra di vetro, i pannelli di particelle di legno (truciolare) in cui il legante è costituito da sandwich di poliuretano espanso rivestito da lamiera grecata e così via. Rispetto al calore i plastici hanno due comportamenti completamente diversi che caratterizza le due grandi classi in cui si suddividono questi materiali: termoplastici e termoindurenti.

I termoplastici rammolliscono o fondono nel riscaldamento e cominciano a colare provocando il cosiddetto gocciolamento, mentre i termoindurenti, grazie alla loro struttura molecolare tridimensionale, tendono a reticolare ulteriormente ed a carbonizzare in superficie, ostacolando così l'accensione. Anche la fusione ed il gocciolamento dei termoplastici può ritardare l'accensione, se in questo modo essi si sottraggono alla sorgente di accensione prima di prendere fuoco. Fra i termoplastici, i più comunemente impiegati in edilizia sono il PVC, i polimeri stirenici (PS, ABS), le poliolefine, il polimetilmetacrilato (PMMA), il policarbonato.

Fra i termoindurenti, il poliestere insaturo è di gran lunga il materiale più usato in edilizia, mentre le resine fenoliche ureiche e melamminiche sono usate come collanti per il legno e come leganti delle fibre minerali per i pannelli isolanti. Fra i termoindurenti vanno inclusi i poliuretani rigidi, sia compatti che espansi. Nelle prove di laboratorio i plastici si comportano in modo non molto diverso dagli altri materiali organici. Per esempio si accendono a temperature più elevate dei prodotti naturali, come si può vedere nella tab. 2, ma hanno un potere calorifico notevolmente più alto tab. 3. Nella classificazione della reazione al fuoco secondo la normativa italiana, i plastici grazie alla loro natura diversificata vanno dalla classe 1 alla classe 5. I tipi proposti per l'edilizia sono però tutti additivati antifiamma, per cui rientrano quasi tutti nelle classi migliori. Nella tab. 4 sono riportate alcune classificazioni di plastici tal quali ed additivati con ritardanti di fiamma. In conclusione, i plastici possono essere usati come gli altri materiali, senza grossi problemi quando:

- ✓ L'impiego è appropriato
- ✓ Si seguono le indicazioni del produttore
- ✓ Si conoscono bene le proprietà
- ✓ Si osservano le norme di prevenzione incendi.

I tessuti usati nella finitura ed arredamento di ambienti sono:

Drappeggi	Poliestere
Tendaggi	Cotone, modacrilica, viscosa, poliestere, lana
Pavimentazioni	Poliammide, lana
Rivestimenti di mobili	Modacrilica, cotone, viscosa, poliammide, lana, poliestere
Biancheria da letto	Cotone

Fra queste fibre, il cotone e la viscosa sono le più facilmente infiammabili, mentre la lana e le poliammidi sono le meno infiammabili. Le fibre sintetiche, in genere termoplastiche, si ritirano in presenza di calore e questa caratteristica ne ritarda l'accensione rispetto al cotone. Esse tuttavia, se non sono additivate antifiamma, bruciano abbastanza facilmente e si classificano nelle classi peggiori di reazione al fuoco. Ovviamente il comportamento al fuoco dipende, oltre che dalla natura della fibra, anche e soprattutto dal peso del tessuto.

La maggior parte di tessuti impiegati attualmente in edilizia sono però antifiamma ed appartengono a diverse categorie:

- ✓ Fibre non combustibili, come il vetro, le fibre minerali (compreso l'amianto), le fibre metalliche
- ✓ Fibre resistenti al calore, come le fibre di carbonio, le fibre aramidiche, le polibenzoimidaroliche, le fenoliche ed analoghe
- ✓ Fibre intrinsecamente ritardanti di fiamma
- ✓ Fibre trattate con ignifuganti.

Il comportamento al fuoco dei materiali isolanti dipende ovviamente dalla loro natura chimica. I materiali inorganici come le argille espanse o i pannelli minerali sono incombustibili e pertanto non presentano alcun problema per la prevenzione incendi. I pannelli di vermiculite e di perlite possono anche diventare combustibili se il loro contenuto di legante organico supera un certo limite, specialmente per la perlite combinata con fibre cellulosiche, che in Germania viene classificata B2. Anche le fibre minerali presentano questo problema. Sia per la lana di vetro che per la lana di roccia quando il contenuto di legante supera un certo valore, espresso in questo caso in Kg per m<sup>3</sup> di pannello. I materiali più critici da questo punto di vista sono gli espansi plastici, che sono tutti combustibili. Pertanto, per essere utilizzati in edilizia, essi devono essere tutti additivati con ritardanti di fiamma ed in questo modo riescono a piazzarsi nelle migliori classi di reazione al fuoco, sia in Italia che nei principali Paesi Europei. Le schiume termoplastiche, come il polistirolo espanso, si ritirano rapidamente quando sono in vicinanza di un fuoco, e se sono opportunamente additivate antifiamma, si sottraggono alla sorgente d'innescamento senza accendersi. Le schiume termoindurenti invece non si ritirano di fronte al calore, perché hanno una struttura tridimensionale reticolata, però i tipi ritardanti di fiamma presentano una elevata tendenza a carbonizzare, formando una intumescenza che in genere riesce a spegnere la fiamma. Fra gli espansi plastici per isolamento termico, quelli di gran lunga più usati sono il polistirolo ed il poliuretano, a cui seguono le resine fenoliche, il PVC (cadorite), l'ureaformaldeide, il polietilene. A conclusione di questo paragrafo è bene ricordare che nella regolamentazione italiana e precisamente nel decreto 26 giugno 1984 i materiali isolanti occupano un capitolo a parte (allegato A2.2) in cui sono date le definizioni dei vari stati in cui il materiale si può presentare nell'applicazione.

- ✓ Materiale isolante: è il manufatto commercializzato come tale individuabile tramite la sua denominazione commerciale
- ✓ Componente isolante: nei materiali isolanti è l'elemento o l'insieme di elementi che hanno come funzione specifica quella di isolare.

Questo vuol dire ad esempio che un pannello di poliuretano espanso ricoperto da un rivestimento metallico, un pannello sandwich di polistirolo espanso e cartongesso, un pannello di fibra di vetro rivestito di carta craft sono tutti materiali isolanti, mentre le sostanze polistirolo espanso, poliuretano espanso, lana di vetro, sono chiamati componenti isolanti.

La determinazione della classe di reazione al fuoco per questi materiali viene determinata in Italia, come in quasi tutti gli altri Paesi Europei, con i metodi di prova comunemente impiegati per i

materiali da costruzione. Poiché questi metodi, come il CSE – RF2 ed RF 23 investono il materiale in esame soltanto sulla superficie, la valutazione dei materiali, come definiti sopra, mette in evidenza soltanto il comportamento del rivestimento superficiale, senza rivelare le caratteristiche dell'eventuale espanso all'interno. Per questo motivo si è imposta, per i materiali compositi, la doppia classificazione, prescrivendo anche l'esecuzione della prova sul componente isolante senza il rivestimento.

**Il carico di incendio viene calcolato con la formula seguente:**

$$q = \frac{g \cdot h}{4400A}$$

*q = carico di incendio espresso in quantità equivalente di legno standard in Kg legna/m<sup>2</sup>*

*g = peso in Kg del materiale di cui si vuole calcolare il carico di incendio*

*h = potere calorifico superiore espresso in Kcal/Kg del materiale considerato*

*A = superficie orizzontale in m<sup>2</sup> del locale ove è presente il materiale considerato*

*4400 = potere calorifico superiore del legno in Kcal/Kg*

**Un esempio di calcolo per il polistirolo espanso sinterizzato può essere il seguente:**

magazzino di imballi con superficie di      A = 500 m<sup>2</sup>

materiale EPS contenuto nel magazzino      g = 6000 Kg

potere calorifico superiore dell'EPS pari a      h = 10000 Kcal/Kg

Il carico di incendio nel locale dovuto solo all'EPS sarà:

$$q = \frac{g \cdot h}{4400A} = \frac{6000 \times 10.000}{4400 \times 500} = 27 \text{ Kg legna/m}^2$$

Il metodo sopra riportato deriva dalla Circolare n. 91 del Ministero degli Interni del 16/9/61

**TABELLA 1**  
**I PRINCIPALI IMPIEGHI DELLE MATERIE PLASTICHE NEL CAMPO**  
**DELL'EDILIZIA**

<b>IMPIEGHI</b>	<b>MATERIALI</b>
<b>1. MURI ESTERNI</b>	
Facciata: rivestimenti, intercapedini aerate, casseforme per calcestruzzo	<i>PVC compatto ed espanso ABS, polimetilmetacrilato, Calcestruzzo leggero, polistirolo espanso</i>
Strato isolante e intermedio	<i>Materiali plastici espansi: polistirene, poliuretani, polietilene, PVC, urea-formaldeide, fenoliche</i> <i>Composti a base di argilla espansa legati con poliuretani, polistirene e fenoliche</i>
Barriere contro il vapor d'acqua Pareti interne: rivestimenti murali, perlinature, pannelli con accessori	<i>Film di PVC, polietilene, polipropilene, PVC, ABS, PRFV, polimetilmetacrilato</i>
Parapetti e balconi	<i>Polimetilmetacrilato, profilati di PVC, PRFV, espansi strutturali</i>
Telai di porte e finestre	<i>PVC, poliuretani (espansi strutturali)</i>
Lastre traslucide	<i>Policarbonati, polimetilmetacrilato, PRFV, cellulosiche</i>
<b>2. PARETI DIVISORIE</b>	
Monostrato	<i>PVC (compatto e espanso), polimetilmetacrilato</i>
Strato isolante o intermedio	<i>Materiali plastici espansi: polistirene, poliuretano, polietilene, PVC, urea-formaldeide, fenoliche</i>
Strati superficiali, rivestimenti, perlinature, laminati decorativi	<i>PVC, ABS, polimetilmetacrilato, resine fenoliche, ureiche e melamminiche</i>
<b>3. SOFFITTI</b>	
Rivestimenti	<i>PVC, polistirene e poliuretano espansi, calcestruzzo leggero</i>
Strato intermedio	<i>Polistirene espanso, PVC</i>
Materiali isolanti	<i>Polistirene, polietilene e poliuretano espansi</i>
Controsoffittature	<i>PVC, ABS, polimetilmetacrilato</i>
Apparecchi per illuminazione	<i>Polimetilmetacrilato, policarbonato, PVC, polistirene, cellulosiche</i>
<b>4. PAVIMENTAZIONI</b>	
	<i>PVC, elastomeri, resine epossidiche, fibre sintetiche, espansi poliuretanicici (supporti per tappeti), miscele calcestruzzo-materie plastiche</i>
<b>5. COPERTURE</b>	
Rivestimento, impermeabilizzazione	<i>PVC, PRFV, PVC plastificato, elastomeri</i>
Isolamento	<i>Polistirene espanso, poliuretano</i>
Vetrature e lucernari	<i>Policarbonato, polimetilmetacrilato, PRFV</i>

Abbaini	<i>PRFV (prefabbricati)</i>
Canali di gronda e pluviali esterni	<i>PVC, PRFV</i>
<b>6. MANUFATTI VARI</b>	
Scarichi interni acqua piovana e acque nere	<i>PVC, polietilene, polipropilene, PRFV</i>
Idrosanitari	<i>PRFV, polimetilmetacrilato, ABS</i>
Aerazione – condotte	<i>PVC, PRFV</i>
Isolamenti	<i>Polistirene espanso, poliuretano espanso, polietilene espanso reticolato</i>
Isolamento tubi	<i>Polietilene, poliuretano ed elastomeri espansi: polistirene espanso</i>
Tubi per combustibili liquidi	<i>Elastomeri</i>

**TABELLA 2**  
**TEMPERATURE DI ACCENSIONE DEI DIVERSI MATERIALI SECONDO ASTM D**  
**1929**

MATERIALE	IGNIZIONE ALLA FIAMMA °C	AUTOIGNIZION E °C
Polimetilmetacrilato	280-300	450-462
Polietilene	341-357	349
Polistirolo	345-360	488-496
Cloruro di polivinile	391	454
Poliammide (nylon)	421	424
Polistirene, fibra di vetro	346-399	483-488
Laminati melaminici	475-500	623-645
Lana	200	
Cotone	230-265	254
Pino bianco	228-264	260
Legno Douglas	260	



**TABELLA 3**  
**CALORE DI COMBUSTIONE DI PLASTICI E PRODOTTI NATURALI**

MATERIALE	CALORE DI COMBUSTIONE KJ/Kg
Polietilene	46.500
Polipropilene	46.500
Poliisobutilene	47.000
Polistirene	42.000
ABS	36.000
PVC	20.000
Polimetilmetacrilato	26.000
Poliammide 6	32.000
Resina poliestere	18.000
Gomma naturale	45.000
Cotone	17.000
Cellulosa	17.500

**TABELLA 4**  
**CLASSIFICAZIONE DI REAZIONE AL FUOCO DI MATERIALI PLASTICI**

MATERIALE	SPESSORE Mm	DENSITA' Kg/m <sup>3</sup>	POSIZIONE	CLASSE	
PVC compatto	5		Parete		1
PVC espanso (Cadorite)	20	28	Parete	3	3
Polipropilene additivato	3		Parete	3	3
Polietilene espanso additivato	6	27	Parete	1	1
Poliuretano espanso rigido additivato	30	35	Parete	2	2
Gomma nitrilica espansa	2	79	Parete	2	2
PMMA	3		Soffitto		4
PMMA/PVC	3		Soffitto	1	1
ABS	5		Parete		5
Polistirolo espanso	6	20	Parete	1	1

## LA NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

I materiali che compongono prodotti, componenti e sistemi dovranno essere classificati nello scenario europeo mediante principi comuni ed omogenei per i diversi stati membri dell'Europa:

- a) la marcatura CE dovrà contenere tutti i riferimenti normativi adattati per classificare i componenti;
- b) i componenti più usuali dovranno avere metodi di prova simili in tutta Europa ad es. i sistemi di fissaggio oppure le modalità di installazione;
- c) i prodotti dovranno essere provati nella condizione di USO FINALE nelle differenti condizioni che si troveranno ad operare;
- d) il produttore dovrà riportare le condizioni di montaggio e di utilizzo del prodotto così da confrontare le modalità di posa reali con le modalità di prova di laboratorio.

## CLASSIFICAZIONE E NORMATIVA

La comunità europea ha emanato l'8/2/2000 una attuazione della direttiva 89/6060 inerente la classificazione della reazione all'azione dell'incendio dei prodotti da costruzione introducendo le seguenti regole:

### DEFINIZIONI

“Materiale”: una singola sostanza di base o una miscela di sostanze uniformemente distribuite, ad esempio metallo, pietra, legno, calcestruzzo, lana di roccia con leganti uniformemente distribuiti, polimeri.

“Prodotto omogeneo”: un prodotto che consiste di un unico materiale e che presenta a tutti i livelli densità e composizione uniformi.

“Prodotto non omogeneo”: un prodotto che non possiede i requisiti dei prodotti omogenei. Esso si compone di uno o più componenti sostanziali e/o non sostanziali.

“Componente sostanziale”: un materiale che costituisce un elemento significativo nella composizione di un prodotto non omogeneo. Un rivestimento con massa per unità di area  $\geq 1,0$  kg/m<sup>2</sup> o spessore  $\geq 1,0$  mm è considerato un componente sostanziale.

“Componente non sostanziale”: un materiale che non costituisce una parte significativa di un prodotto non omogeneo. Un rivestimento con massa per unità di area  $< 1,0$  kg/m<sup>2</sup> o spessore  $< 1,0$  mm è considerato un componente non sostanziale.

Due o più rivestimenti non sostanziali adiacenti (ovvero non separati da alcun componente sostanziale) sono considerati come un componente non sostanziale e, pertanto, devono soddisfare in toto i requisiti previsti per i rivestimenti che sono componenti non sostanziali.

Tra i componenti non sostanziali si distingue tra componenti non sostanziali interni e componenti non sostanziali esterni, definiti come segue:

“Componente non sostanziale interno”: un componente non sostanziale che è rivestito su ambedue i lati da almeno un componente sostanziale.

“Componente non sostanziale esterno”: un componente non sostanziale che non è rivestito su un lato da un componente sostanziale.

**TABELLA 1**

**CLASSI DI REAZIONE ALL’AZIONE DELL’INCENDIO PER I PRODOTTI DA COSTRUZIONE AD ECCEZIONE DEI PAVIMENTI(\*)**

Classe	Metodo(i) di prova	Criteri di classificazione	Classificazione aggiuntiva
A1	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> e	$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ; e $\Delta m \leq 50\%$ e $t_f = 0$ (cioè incendio non persistente)	-----
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> ; e $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(2)</sup> <sup>(2a)</sup> ; e $\text{PCS} \leq 1,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(3)</sup> ; e $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	-----

1. Le caratteristiche sono definite con riferimento al metodo di prova adeguato

Classe	Metodo(i) di prova	Criteri di classificazione	Classificazione aggiuntiva
A2	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> o	$\Delta T \leq 50^\circ \text{C}$ ; e $\Delta m \leq 50\%$ e $t_f \leq 20\text{s}$	_____
	EN ISO 1716 e	$\text{PCS} \leq 3,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> ; e $\text{PCS} \leq 4,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(2)</sup> ; e $\text{PCS} \leq 4,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(3)</sup> ; e $\text{PCS} \leq 3,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	_____
	EN 13823 (SBI)	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W.s}^{-1}$ ; e $\text{LSF} < \text{margine del campione}$ ; e $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Produzione di fumo <sup>(5)</sup> ; e Gocce/particelle ardenti <sup>(6)</sup>
B	EN 13823 (SBI) e	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W.s}^{-1}$ ; e $\text{LSF} < \text{margine del campione}$ ; e $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Produzione di fumo <sup>(5)</sup> ; e Gocce/particelle ardenti <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> : Esposizione = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 60s	
C	EN 13823 (SBI) e	$\text{FIGRA} \leq 250 \text{ W.s}^{-1}$ ; e $\text{LSF} < \text{margine del campione}$ ; e $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 15 \text{ MJ}$	Produzione di fumo <sup>(5)</sup> ; e Gocce/particelle ardenti <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Esposizione = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 60s	
D	EN 13823 (SBI) e	$\text{FIGRA} \leq 250 \text{ W.s}^{-1}$	Produzione di fumo <sup>(5)</sup> ; e Gocce/particelle ardenti <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> : Esposizione = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 60s	
E	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Esposizione = 15 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 60s	Gocce/particelle ardenti <sup>(7)</sup>
F	Reazione non	determinata	

(\*) Il trattamento di alcuni gruppi di prodotti (ad es. tubi, condotte, cavi) è in corso di revisione e potrebbe richiedere una modifica della presente decisione

1. per prodotti omogenei e componenti sostanziali di prodotti non omogenei
2. per qualsiasi componente esterno non sostanziale di prodotti non omogenei

2.a alternativamente, qualsiasi componente esterno non sostanziale avente un  $PCS \leq 2,0 \text{ MJ.m}^{-2}$ , purchè il prodotto soddisfi i seguenti criteri di EN 13823 (SBI):  $FIGRA \leq 20 \text{ w.S.-1}$ ; e  $LSF <$  margine del campione; e  $THR_{600s} \leq 4,0 \text{ MJ}$ ; e s1 e d0.

3. Per qualsiasi componente interno non sostanziale di prodotti non omogenei.
4. Per il prodotto nel suo insieme
5.  $SI = SMOGRA \leq 30 \text{ m}^{-2}.\text{S}^{-2}$  e  $TPS_{600s} \leq 50 \text{ m}^2; s^2 = SMOGRA \leq 180 \text{ m}^2.\text{S}^{-2}$  e  $TPS_{600s} \leq 200 \text{ m}^2; s3 = \text{non si o s2}$ .
6. D0 = assenza di gocce/particelle ardenti in EN 13823 (SBI) entro 600s; d1 = assenza di gocce particelle ardenti di durata superiore a 10s in EN 13823 (SBI) entro 600s; d2 = non d0 o d1; la combustione della carta in EN ISO 11925-2 da luogo a una classificazione in d2.
7. Superamento della prova = assenza di combustione della carta (non classificato). Mancato superamento della prova = combustione della carta (classificato in d2).
8. Quando le fiamme investono la superficie e, se adeguato alle condizioni finali di applicazione del prodotto, la parte laterale (di un oggetto).

**TABELLA 2**

**CLASSI DI REAZIONE ALL'AZIONE DELL'INCENDIO PER I PAVIMENTI**

Classe	Metodo(i) di prova	Criteri di classificazione	Classificazione aggiuntiva
A1 <sub>fl</sub>	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> o	$\Delta T \leq 30^\circ \text{ C}$ ; e $\Delta m \leq 50\%$ e $t_f = 0$ (cioè incendio non continuo)	—
	EN ISO 1716	$PCS \leq 2,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> ; e $PCS \leq 2,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(2)</sup> ; e $PCS \leq 1,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(3)</sup> ; e $PCS \leq 2,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	—
A2 <sub>fl</sub>	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup> o	$\Delta T \leq 50^\circ \text{ C}$ ; e $\Delta m \leq 50\%$ e $t_f \leq 0$	—
	EN ISO 1716 e	$PCS \leq 3,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(1)</sup> ; e $PCS \leq 4,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(2)</sup> ; e $PCS \leq 4,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(3)</sup> ; e $PCS \leq 3,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ <sup>(4)</sup>	—
	EN ISO 9239 -1 <sup>(5)</sup>	Flusso critico <sup>(6)</sup> $\geq 8,0 \text{ kW.m}^{-2}$	Produzione di fumo <sup>(7)</sup>
B <sub>fl</sub>	EN 9239-1 <sup>(5)</sup> e	Flusso critico <sup>(6)</sup> $\geq 8,0 \text{ kW.m}^{-2}$ $F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 60s	Produzione di fumo <sup>(7)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> : Esposizione = 15s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 20s	
C <sub>fl</sub>	EN ISO 9239 -1 <sup>(5)</sup> e	Flusso critico <sup>(6)</sup> $\geq 4,5 \text{ kW.m}^{-2}$	Produzione di fumo <sup>(7)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Esposizione = 15 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ entro 20s	

D <sub>fl</sub>	EN 9239 -1 <sup>(5)</sup> e	Flusso critico <sup>(6)</sup> $\geq 3,0 \text{ kW.m}^{-2}$	Produzione di fumo <sup>(5)</sup> ; e Gocce/particelle ardenti <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> : Esposizione = 15 s	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ mm}$ entro 20s	
E <sub>fl</sub>	EN ISO 11925-2 <sup>(8)</sup> Esposizione = 15 s	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ mm}$ entro 20s	Gocce/particelle ardenti <sup>(7)</sup>
F <sub>fl</sub>	Reazione	non	determinata

1. Per prodotti omogenei e componenti sostanziali di prodotti non omogenei
2. Per qualsiasi componente esterno non sostanziale di prodotti non omogenei
3. Per qualsiasi componente interno non sostanziale di prodotti non omogenei
4. Per il prodotto nel suo insieme
5. Durata della prova = 30 minuti
6. Per flusso critico si intende il flusso radiante che determina lo spegnimento della fiamma o il flusso radiante dopo una prova di 30 minuti, a seconda di quale sia il minore (cioè il flusso corrispondente alla maggiore ampiezza di propagazione del fuoco)
7. S1 = Fumo < 750% min; s2 = non s1.
8. Quando le fiamme investono la superficie e, se adeguato alle condizioni finali di applicazione del prodotto, la parte laterale (di un oggetto)

$\Delta t$	Aumento di temperatura
$\Delta m$	Perdita di massa
tf	Durata dell'incendio
PCS	Potenziale calorifico lordo
FIGRA	Tasso di incremento dell'incendio
THR <sub>600s</sub>	Rilascio totale di calore
LFS	Propagazione laterale del fuoco
SMOGRA	Tasso di incremento del fumo
TSP <sub>600s</sub>	Produzione totale del fumo
F <sub>s</sub>	Propagazione del fuoco

Vengono riportate alcune informazioni di carattere generale per meglio comprendere quanto riportato in precedenza:

Definizione delle classi:

**CLASSE F:** non può essere espressa alcuna caratteristica, il comortamento del materiale è sconosciuto

**CLASSE E:** reazione al fuoco accettabile

**CLASSE D:** contributo all'incendio accettabile

**CLASSE C:** contributo all'incendio limitato

**CLASSE B:** contributo all'incendio molto limitato

**CLASSE A:** nessun contributo all'incendio

Alla CLASSE A vengono attribuiti alcuni materiali che non verranno sottoposti a nessuna prova in quanto chiaramente esterni all'evoluzione di un possibile incendio e non ne possono provocare l'innesco; il cui elenco è il seguente:

- Argilla espansa
- Vermiculite espansa
- Lana minerale senza additivi
- Vetro
- Cemento
- Calcestruzzo
- Acciaio
- Rame
- Zinco
- Alluminio
- Piombo

Nelle tabelle precedenti sono state riportate alcune normative di riferimento per determinare il comportamento al fuoco ed all'incendio dei materiali e componenti; vengono riportati il numero e lo scopo:

ISO EN 1182	Prova di non combustibilità
ISO EN 1716	Misura del potere calorifico
PrEN 13823	Metodo SBI. Attacco termico per prodotti da costruzione
ISO EN 9239 – 1	Pannello radiante per pavimenti
ISO EN 11925 – 2	Infiammabilità – prova con piccola fiamma
PrEN 13501 – 1	Classificazione
PrEN 13238	Procedure di condizionamento dei provini e scelta de substrati di prova
ISO 9705	Room corner test

## **4 - NORME, DIRETTIVE, MARCHI**

L'edilizia rappresenta un settore di primario interesse coinvolgendo direttamente gli attori che operano nel mercato delle costruzioni. In questi ultimi tempi anche gli estensori di norme e direttive si sono interessati alla problematica edificio – ambiente tanto da giungere a documenti di notevole interesse.

Vengono qui proposti solo una sintesi, ritenuta la più pertinente e la più evoluta, di quanto disponibile, rimandando ad altra sede l'analisi di documenti più generali:

### **a) Norma europea CEN per la definizione delle caratteristiche ambientali degli edifici.**

La direttiva europea sui prodotti da costruzione richiede che gli aspetti ambientali divengano parte integrante delle prestazioni tecniche espresse dagli edifici. Una linea guida sulla definizione delle caratteristiche ambientali degli edifici sarà preparata da un gruppo di lavoro ad hoc del CEN.

La norma avrà come scopo quello di definire quali parametri dovranno essere considerati per definire il livello di impatto ambientale di un edificio in modo che l'utente finale possa ridurlo mediante interventi specifici.

Le informazioni ambientali dei prodotti e materiali da costruzione dipendono dalle materie prime utilizzate, dall'energia e dall'acqua utilizzate, dal processo costruttivo, dal processo di demolizione e di manutenzione.

In questo scenario l'industria ha acquisito buoni livelli di conoscenza in merito all'analisi con il metodo dell'LCA (Life Cycle Analysis) applicato a materiali ed a prodotti normalmente utilizzati per la costruzione di edifici.

Alcuni aspetti sono stati evidenziati come primari, quali ad es. la fase di progettazione e la quantità di energia utilizzata.

La norma sarà composta dalle seguenti sezioni dedicate alle definizioni delle aree di interesse particolare:

- caratteristiche ambientali degli edifici
- applicazione del metodo LCA ai materiali ed ai prodotti da costruzione
- schede prodotto secondo l'indicazione dell'EPD (Environmental Product Declaration)
- guida per la raccolta dati su cui basare l'LCA ovvero il metodo LCI (Life Cycle Inventory)
- metodo sulla definizione dell'efficienza energetica dell'edificio
- processi di costruzione
- metodi di manutenzione
- processi di demolizione
- impatto sull'ambiente esterno (acqua – aria) e sull'ambiente interno

### **b) Linee guida per la definizione dei costi nelle costruzioni.**

Nella Comunità Europea è stato costituito un gruppo di lavoro per definire la “costruzione sostenibile”. Un parametro di basilare importanza e di nuova introduzione è LCC (Life Cycle Costs).

La definizione può essere rintracciata per mezzo della norma ISO 15686: LCC è il costo totale dell'edificio o delle sue parti attraverso l'intero ciclo di vita includendo i costi di pianificazione, di progetto, di acquisto, di costruzione, di manutenzione, di demolizione.

L'LCC permette di conoscere i costi legati ad ogni fase della vita dell'edificio, ad es. il costo di manutenzione con un programma di intervento per ogni componente oppure il costo energetico di funzionamento.

Il metodo LCC non tiene conto dei processi di fabbricazione dei prodotti utilizzati per realizzare l'edificio.

In modo schematico l'analisi LCC comprende le fasi seguenti:

- costi non legati al processo costruttivo
- costi legati al processo costruttivo
- costi per il funzionamento dell'edificio
- costi di manutenzione
- costi per sostituzione di componenti principali
- costi di demolizione

### **c) Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia**

Gli obiettivi della direttiva sono semplici ma efficaci:

“promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici...e delle prescrizioni per il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi”.

Tale obiettivo viene raggiunto attuando le seguenti azioni:

- definizione di una metodologia di calcolo del rendimento energetico; questa può essere definita a livello nazionale o regionale. Il rendimento deve essere espresso chiaramente e con un indice semplice e comprensibile dell'utente finale.
- La direttiva si rivolge agli edifici di nuova costruzione. Nel caso questi abbiano una metratura utile  $> 1000 \text{ m}^2$  devono adottare sistemi alternativi di approvvigionamento di energia (es. cogenerazione, pompe di calore ecc.)
- La direttiva si rivolge agli edifici esistenti con metratura utile  $> 1000 \text{ m}^2$  nel caso in cui questi vengano sottoposti ad opere di ristrutturazione. In tale situazione si dovranno adottare tutte le tecniche per ridurre al minimo i consumi energetici.
- Nella fase di compravendita e di locazione dell'edificio, l'attestato di certificazione energetica deve essere esibito al nuovo utente.
- L'attestato deve comprendere dati dell'edificio e di riferimento che consentono all'utente di valutare ciò che sarà da lui gestito.
- Per edifici ad uso pubblico e con metratura  $> 1000 \text{ m}^2$  l'attestato deve essere apposto in modo visibile.
- Verrà deciso dal singolo stato se applicare la direttiva anche a: monumenti, chiese, edifici industriali – agricoli, edifici residenziali occupati per  $< 4$  mesi (anno) edifici residenziali con metratura  $< 50 \text{ m}^2$ .
- Ispezioni periodiche a caldaie con potenza 20 – 100 Kw. Se la caldaia è  $> 100 \text{ Kw}$  si prevede ispezione ogni 2 anni (con gas ogni 4 anni). Se la caldaia è di età  $> 15$  anni sarà necessaria verifica e consiglio per sostituzione.
- Ispezioni periodiche ad impianti di condizionamento.
- Le certificazioni vengono effettuate da esperti qualificati riconosciuti.
- Revisioni  $\leq 2$  anni.
- Gli stati emettono decreti legislativi per applicare la direttiva entro il 4/1/2006.

Il nostro paese ha emanato un regolamento per la certificazione energetica degli edifici da parte dell'organo tecnico normativo preposto, CTI che riporta procedure, metodi di calcolo e redazione della pagella energetica necessaria alla compilazione dell'attestato.



## d) Regolamento PASSIVHAUS

Nello stato tedesco e limitrofi è in atto da circa un decennio il regolamento Passivhaus che si pone come obiettivo la riduzione dei consumi energetici.

Consumo di energia per la casa unifamiliare per riscaldamento - acqua calda – illuminazione:

10 – 15 Kwh/m<sup>2</sup> anno

Trasmittanze termiche elementi costruttivi:

tetto	$U \leq 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
pareti	$U \leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
soffitto	$U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
serramenti	$U \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Il regolamento inoltre prevede alcuni controlli sul progetto: eliminazione ponti termici, rapporto soleggiamento, sistema di aerazione, riscaldamento a pavimento, manutenzione facile senza demolizione di pareti.

## e) Regolamento “MINERGIE”

Sinergie è il marchio di qualità per edifici nuovi e ristrutturati introdotto in Svizzera dal 1996. Il marchio viene rilasciato agli edifici che presentano i seguenti consumi:

- per riscaldamento

residenziali nuovi	42 kwh/m <sup>2</sup> anno
residenziali < 1990	80 kwh/m <sup>2</sup> anno

terziario nuovi	40 kwh/m <sup>2</sup> anno
terziario < 1990	70 kwh/m <sup>2</sup> anno

alberghi nuovi	45 kwh/m <sup>2</sup> anno
alberghi < 1990	90 kwh/m <sup>2</sup> anno

- per consumo di energia elettrica solo per edifici residenziali < 17 kwh/m<sup>2</sup> anno.

Il marchio prevede l'analisi preventiva del progetto che deve in ogni caso prevedere:

- una forma compatta dell'edificio
- un involucro impermeabile
- un isolamento termico efficace sia per la stagione invernale che estiva
- il sistema di ventilazione meccanica.

## f) Regolamento Edilizia Comune di Carugate (MI)

Viene riportato come esempio il regolamento edilizio vigente nel Comune di Carugate (MI), altri regolamenti simili sono stati definiti.

Il progettista deve redigere la relazione tecnica in cui riportare:

- uso di fonti rinnovabili nella misura  $\geq 20\%$  per edifici pubblici e  $\geq 10\%$  per edifici privati
- asse longitudinale principale della costruzione secondo le direttive est – ovest
- locali di servizio a Nord
- serramenti a maggior dimensione a sud
- ombre portate da edifici esistenti calcolate al 21/12
- vetri doppi con gas
- uso di serre aggettanti il corpo principale dell'edificio
- suggerimento ad utilizzare riscaldamento a pavimento
- utilizzo di pannelli solari e fotovoltaici
- trasmittanze termiche massime:

pareti esterne	0,35 W/m <sup>2</sup> K
coperture	0,30 W/m <sup>2</sup> K
solai su cantine	0,50 W/m <sup>2</sup> K
solai su pilastri	0,35 W/m <sup>2</sup> K
solai interpiano	0,70 W/m <sup>2</sup> K
serramenti	2,30 W/m <sup>2</sup> K

(quanto sopra è una selezione delle richieste, per completezza si rimanda all'intero documento).

## 5 - ESEMPI DI RISOLUZIONE DEL “COSTRUIRE ECO”

Gli edifici vengono realizzati con processi e con componenti che presentano prestazioni molto differenti: ad es. prodotti che utilizzano fonti di materia prima rinnovabili possono richiedere quantità di energia molto elevata per la fabbricazione ed anche per la manutenzione. Al contrario prodotti derivati da fonti non rinnovabili vengono realizzati con basso consumo di energia e permettono in molti casi di ottenere risparmio durante la conduzione dell’edificio. Oggi sul mercato dell’immobile esistono esempi ed esperienze legati nella maggioranza dei casi alla riduzione dei consumi energetici con limitazione dell’inquinamento ambientale.

Vengono riportati, come esempio, tre approcci con tre differenti soluzioni:

### a) La Casa Wolf

La società tedesca Wolf costruisce edifici residenziali con caratteristiche tali da raggiungere consumi energetici estremamente contenuti.

La casa Wolf realizza un confort interno adeguato alle attività a cui è dedicato l’edificio; vengono impiegati materiali a limitato impatto ambientale e l’edificio viene progettato per essere inserito nel miglior modo contesto circostante. Vengono quindi raggiunti gli obiettivi di:

- consumo energia riscaldamento 15 kwh/m<sup>2</sup> anno (pari a circa 1,2 l gasolio)
- trasmittanze termiche elementi costruttivi:

pareti	0,13 W/m <sup>2</sup> K
tetto	0,10 W/m <sup>2</sup> K
serramenti	0,7 W/m <sup>2</sup> K

- ventilazione meccanica con recupero di calore
- pannelli solari per acqua calda sanitaria con serbatoio di accumulo
- pannelli fotovoltaici con batterie di accumulo per impianto illuminazione artificiale e consumi diversi
- verifica del funzionamento mediante termografia
- i materiali impiegati vengono selezionati in base a LCA

### b) La Casa da 3 Litri

Edificio ristrutturato da BASF con tecnologie e materiali innovativi per raggiungere il consumo massimo di energia per riscaldamento di 3 litri di gasolio equivalente al m<sup>2</sup> anno.

### c) Le tendenze e gli sviluppi innovativi

Il Cib (International council for research and innovation in building and construction) ha recentemente prodotto un documento, intitolato “Agenda 21” che fa il punto sulla attuale situazione e prefigura le strategie di sviluppo.

Il tema della sostenibilità costituisce l’elemento trainante del documento. Molti sono gli aspetti che sono aggregati al concetto di sostenibilità nel settore delle costruzioni. Tra questi ricordiamo la sostenibilità economica (domanda di mercato, ciclo di vita, analisi del valore, processo di costruzione e gestione ecc.), la sostenibilità ambientale (risorse naturali, bio-diversità, tollerabilità

naturale, carichi ambientali ecc.), la sostenibilità umana e sociale (stabilità sociale, ambiente costruito, trasporti, salute, estetica, aspetti culturali ecc.).

In particolare, limitandoci agli obiettivi di questo intervento, in tale documento vengono individuate come strategiche le seguenti azioni:

1. sviluppo di processi di progettazione integrati
2. miglioramento degli standard ambientali
3. re-engineering del processo edilizio.

Tali azioni evidenziano come uno sviluppo innovativo del settore non può basarsi solo sulla innovazione di prodotto, ma richiede una riconcettualizzazione dell'intero processo edilizio in tutto il suo arco di sviluppo, a partire dalla pianificazione, alla progettazione, fino alla gestione e alla dismissione.

L'Agenda 21 individua alcune barriere che si oppongono al progresso in materia. Si citano ad esempio i seguenti fattori:

- l'inerzia istituzionale e professionale a difesa dello status quo
- la carenza nella comprensione del problema da parte degli attori del processo edilizio
- l'inadeguatezza o la difettosità dei veicoli di partecipazione grandi investitori
- i ritardi di mercato
- l'insufficienza delle base dati disponibili
- la carenza di comunicazione tra le base dati esistenti
- la carenza di clienti *buy in*
- le instabilità politiche

L'Agenda 21 mette in primo piano la necessità di sviluppare processi di progettazione integrati: ciò in ragione del fatto che la molteplicità e la complessità degli obiettivi da raggiungere farà sì che la qualità del processo di progettazione assumerà sempre maggiore importanza e il processo di progettazione assumerà sempre maggiore importanza e il processo stesso si caratterizzerà per una maggiore complessità.

Risulta evidente come l'innovazione, a parte quanto il mercato dei prodotti edilizi offre o potrà offrire, potrà avere sviluppi apprezzabili solo se le strategie progettuali del sistema edilizio sapranno utilizzare in termini ottimizzati le potenzialità offerte dalla ricerca e dal mercato. In particolare gli sviluppi più interessanti riguardano la messa a punto di sistemi ibridi, in cui l'involucro e l'impianto siano integrati funzionalmente; sistemi in cui le prestazioni ambientali interne, durante l'arco dell'anno, a seconda della stagione e delle condizioni climatiche esterne, possano essere attivate con sistemi naturali, riducendo ai periodi più critici l'intervento dell'impianto di condizionamento. E' quindi solo l'innovazione di progetto che ha in sé la capacità di riportare effettivamente sul costruito le potenzialità di sviluppo richieste dal concetto di sostenibilità, oggi stesso banalizzato da essoterismi culturali.

L'aspetto più interessante da rilevare, per ciò che attiene alla situazione italiana, è la notevole distanza che ci caratterizza rispetto agli standard di isolamento termico che da tempo si vanno sviluppando in Europa.

## DATI RELATIVI ALLA PRATICA EDILIZIA

	Olanda	Germania	Svizzera (Zurigo)	Edifici iperisolati
Muri esterni	U = 0,4 W/m <sup>2</sup> K  Fibra minerale in Intercapedine 70 mm	U = 0,4 W/m <sup>2</sup> K  Fibra minerale in Intercapedine 50 mm	U = 0,38 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso o fibra minerale in intercapedine 80 mm	U = 0,2 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso o fibra minerale in intercapedine 150 mm
Coperture	U = 0,3 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso 100 mm	U = 0,35 W/m <sup>2</sup> K  fibra minerale 150 mm	U = 0,25 W/m <sup>2</sup> K  fibra minerale 175 mm	U = 0,15 W/m <sup>2</sup> K  fibra minerale 250 mm
Solai a terra	U = 0,5 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso 70 mm	U = 0,5 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso 60 mm	U = 0,35 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso 75 mm	U = 0,3 W/m <sup>2</sup> K  Polistirene espanso 100 mm
Finestre	U = 0,3 W/m <sup>2</sup> K (doppio vetro)	U = 2,8 W/m <sup>2</sup> K (doppio vetro)	U = 2 W/m <sup>2</sup> K (triplo vetro)	U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K (doppio vetro, argon, trattamento selettivo)
Air leakage infiltration	6ac/h a 50 Pa Ventilazione naturale + aspiratori	4ac/h a 50 Pa Ventilazione naturale + aspiratori	4ac/h a 50 Pa Ventilazione naturale + aspiratori	Ventilazione meccanica con recuperatori

## 6 - LA RISPOSTA PER COSTRUIRE ECO

Prima di affrontare il rapporto dei materiali ed ambiente è utile riportare le “questioni etiche di importanza fondamentale”.

### a) Caratteristiche di ecologicità

A ben vedere, un prodotto dichiarato “ecologico” dovrebbe rispondere a severi requisiti che possiamo così sintetizzare: nella produzione deve essere stato fatto uso parsimonioso di materie prime, scelte solo fra le materie rinnovabili e abbondanti, oppure riciclate, l’uso di materie prime vergini eventualmente necessarie deve essere stato ridotto al minimo; devono essere stati applicati processi produttivi a bassi consumi di energia, acqua e altre risorse, senza utilizzo di sostanze nocive e senza scarichi o scorie inquinanti. Esso deve essere durabile e riparabile, innocuo per chi lo produce, per chi lo installa e per gli utenti, non richiedere ulteriori consumi per il suo utilizzo, essere concepito per la futura riciclabilità o per la riutilizzazione del maggior numero dei suoi componenti. A questo scopo la possibilità di riciclaggio non deve essere resa ostica da eccessive

difficoltà (dovute per esempio alla presenza di materiali non scomponibili o additivati) e deve essere intensiva, cioè non limitato a categorie particolari di rifiuti come carta, vetro e lattine. Infine l'oggetto deve essere imballato in modo essenziale, o con imballaggi riutilizzabili, ed essere distribuito senza sprechi di energia (per esempio in zone limitrofe alla produzione).  
(da Verdeau)

## **b) Schema guida per analizzare i prodotti dal punto di vista ecologico**

**Produzione:** gli elementi ecologici sono prevalenti nella fase di produzione dell'oggetto:

P1. Riduzione dell'inquinamento e delle emissioni causati dai processi produttivi (risparmio di degrado).

P2. Riduzione dei consumi energetici, dei materiali e più in generale delle risorse nella produzione degli oggetti (risparmio di risorse).

P3. Utilizzo di materiali riciclabili, rinnovabili e puliti, riciclati e ulteriormente riciclabili, compresi gli sfridi della lavorazione (risparmio di degrado e di risorse).

**Utilizzo:** Gli elementi ecologici sono prevalenti nella fase di utilizzo dell'oggetto:

U1. Riduzione dell'inquinamento e delle emissioni tossiche e nocive causati dall'utilizzo del prodotto, ergonomia e particolare attenzione alla salute e alla sicurezza dell'utente (sicurezza).

U2. Riduzione dei consumi energetici e delle risorse impiegate per il funzionamento del prodotto, oppure durante il suo utilizzo (risparmio di risorse).

U3. Riparabilità, versatilità ed efficienza, in funzione dell'allungamento della durata di vita del prodotto (durabilità).

**Dismissione:** Gli elementi ecologici sono prevalenti nella fase di eliminazione dell'oggetto, alla fine della sua vita utile, oppure riferiti alla facilitazione della dismissione di altri oggetti:

D1. Facilità di smaltimento oppure facilità di smontaggio finalizzata alla reintegrazione dei materiali nei cicli produttivi (risparmio di degrado e di risorse umana).

D2. Prodotti e servizi finalizzati al recupero di altri prodotti o allo smaltimento di rifiuti (risparmio di degrado e di risorse).

(da Verdeau)

## **C ) Il comportamento delle materie plastiche**

Vengono utilizzate in edilizia in molti settori applicativi:

- coperture
- membrane
- gronde
- pluviali
- scarichi
- acquedotti
- fognature
- serramenti
- porte
- tapparelle
- persiane
- recinzioni
- pavimenti
- rivestimenti murali interni

- pannelli isolanti
- arredamento
- componenti per esterno
- prodotti per il tempo libero

Ogni applicazione è sviluppata da un impalcato normativo e legislativo atto a definire le caratteristiche e le prestazioni che il prodotto deve garantire.

Inoltre sono presenti marchi che permettono di garantire l'utente finale per adeguato uso, per elevate prestazioni e per durata.

I manufatti sono quindi garantiti da marchi e rispettano rigorosamente le leggi ed i regolamenti nazionali ed europei.

I manufatti soddisfano totalmente i dettami riportati nei punti a – caratteristiche di ecologicità e b – schema guida e quindi possono essere contemplati nell'elenco dei componenti utili a perseguire la finalità di costruire a favore dell'utente e dell'ambiente.