

## ■ 2 Gli strumenti di valutazione dell'ecocompatibilità nel processo edilizio

Costruire e far funzionare un edificio comporta, quasi sempre, un cospicuo consumo di energia e il rilascio di grandi quantità di sostanze inquinanti, rifiuti compresi. Questo è il preoccupante stato dell'arte nel settore edilizio.

L'UNEP<sup>1</sup> nel 2007 ha pubblicato un rapporto dal titolo: "Buildings and Climate Change" in cui è illustrato l'attuale trend dei consumi di energia e delle emissioni di anidride carbonica degli edifici in tutto il loro ciclo di vita. In sintesi: il fabbisogno di riscaldamento e di raffrescamento comporta il più alto consumo di risorse energetiche, nel complesso si tratta di circa il 75-80% dei consumi totali, ma non solo, si registrano anche le maggiori quantità di emissioni di gas a effetto serra. Per quanto concerne le rimanenti quote percentuali, il 10-15% dei consumi energetici si deve alla fase di estrazione delle materie prime destinate alla produzione edilizia, infine, poco meno del 10% è imputabile ai processi di demolizione e/o di riciclaggio.

Il rapporto illustra, inoltre, quale sia il contributo a livello mondiale di alcuni Stati in termini di consumi e di emissioni. Gli Stati Uniti guidano la classifica dei Paesi dove in passato si costruivano le case più energivore e inquinanti. L'Europa, al contrario, sembrerebbe più virtuosa poiché è da più tempo sensibile ai temi del contenimento dei consumi energetici e ha sottoscritto, oltre una decina di anni fa, il protocollo di Kyoto. Allo stesso tempo, però, i Paesi dell'Unione Europea presentano un parco edilizio che è considerato tra i più obsoleti al mondo e che, al contrario di quanto è avvenuto in altri Stati, non si è quasi mai, o solo raramente, rinnovato. In altre parole l'Europa ha una quantità consistente di edifici costruiti nel dopoguerra, caratterizzati da scarso isolamento, numerosi ponti termici, sistemi di riscaldamento poco efficienti e da una qualità edilizia piuttosto scarsa. L'Italia all'interno di questa particolare classifica (periodo di riferimento 1960-1970) è seconda solo alla Danimarca. Ne consegue che siamo uno dei Paesi europei che consuma, o meglio, spreca, le maggiori quantità di energia per riscaldare le proprie abitazioni.

Ma i problemi ambientali del settore edilizio non finiscono qui. Se si limita, infatti, l'analisi dello stato dell'arte al rapporto percentuale che intercorre tra le diverse fasi del ciclo di vita di un manufatto edilizio, si potrebbe concludere che le fasi di produzione e di demolizione sono, in qualche modo, da ritenere trascurabili, rispetto alla cosiddetta fase di vita utile. Tuttavia, da un esame più attento del documento pubblicato dall'UNEP emerge un dato importante: una quantità compresa tra il 40-50% delle materie prime non energetiche estratte a livello mondiale è interamente destinata alla produzione di componenti utilizzati in edilizia. Un dato che mette in luce le grandi responsabilità delle imprese, ma anche dei progettisti, a cui spetta il delicato compito di selezionare i prodotti da costruzione; compito, purtroppo, a cui spesso non corrisponde un'adeguata preparazione da un punto di vista ambientale.

Anche l'esame dei dati della fase denominata "di fine vita" dell'edificio pone in evidenza aspetti piuttosto critici. L'ANPAR<sup>2</sup> annualmente pubblica un rapporto che

<sup>1</sup> UNEP: United Nations Environment Programme.

<sup>2</sup> ANPAR: Associazione Nazionale Aggregati Riciclati.

fotografa lo stato delle attività di riciclaggio del settore edilizio in Italia, i rifiuti da costruzione e demolizione costituiscono una quota sensibile del totale di rifiuti annualmente prodotti, circa il 22%. Si tratta, in realtà, di un valore di difficile stima, in considerazione del fatto che nel nostro Paese non esistono vere e proprie attività di monitoraggio delle attività di produzione dei rifiuti edili. Considerando però attendibile questo dato, ne risulta che la quantità totale dei rifiuti da costruzione e demolizione è pressoché identica a quella dei rifiuti solidi urbani, circa il 20% del totale. Della quantità complessiva di rifiuti da costruzione e demolizione, annualmente prodotti in Italia, solo una quota minima è avviata a processi di riciclaggio, complice la scarsa presenza sul territorio nazionale di centri dedicati a tali attività. Ma per quanto tempo l'Italia sarà in grado di smaltire in discarica quantità così considerevoli di rifiuti edili? A questa domanda pochi sanno dare una risposta davvero efficace. È vero però che molti Stati Europei sono da più di un decennio impegnati a sviluppare veri e propri consorzi filiera delle attività di demolizione e di riciclaggio, limitando a quote piuttosto contenute il conferimento dei rifiuti presso le discariche. L'Italia da questo punto di vista può solo recuperare, prendendo esempio da Paesi come Francia, Germania e Inghilterra, migliorando in tempi brevi il proprio sistema di gestione dei rifiuti edili.

In conclusione, quando si analizza un edificio, sia che si faccia riferimento al fabbisogno di riscaldamento e/o raffrescamento sia che si considerino le attività di produzione o di riciclaggio, si è ormai consapevoli che l'impatto ambientale complessivo ad esso associato è piuttosto significativo. È per questo che, al fine di procedere ad una corretta determinazione dell'impatto ambientale di un edificio, in tutte le fasi del suo ciclo di vita, sono stati messi a punto metodi di valutazione e strumenti di certificazione in grado di esprimere il livello di sostenibilità degli stessi edifici in relazione a un quadro più o meno articolato di requisiti energetici e ambientali. A tali requisiti vengono associati altrettanti indicatori in grado di esprimere un giudizio di tipo quantitativo o di tipo qualitativo, a seconda della natura e della tipologia dello stesso indicatore.

Il sistema di verifica "requisiti-indicatori" assume così un ruolo chiave nella valutazione dell'ecocompatibilità del processo di progettazione o di costruzione, mettendo in luce eventuali aree critiche per le quali potrebbe essere opportuno agire attraverso azioni correttive oppure evidenziando gli elementi di eccellenza.

In linea di principio, l'approccio sino ad oggi adottato per procedere alla valutazione di un progetto può essere distinto in funzione di che "cosa" si intende valutare, vale a dire l'edificio, il sistema tecnologico o il prodotto, e in funzione della "natura" della valutazione, se risponde, cioè, a requisiti obbligatori per legge o a requisiti volontari.

In Italia, oggi, il principale strumento di valutazione e allo stesso tempo di certificazione è costituito dal Decreto Legislativo n. 192 del 19 agosto 2005 e s.m.i., attraverso cui è diventato obbligatorio determinare il fabbisogno energetico di un edificio ed inserirlo in una classificazione che premia i manufatti edilizi più efficienti.

Tuttavia, esistono numerosi metodi di valutazione e strumenti di certificazione nel settore ambientale che possono essere classificati come segue:

1. *metodi e strumenti di valutazione dell'efficienza energetica dell'edificio;*
2. *metodi e strumenti di valutazione della compatibilità ambientale del ciclo di vita dell'edificio;*
3. *metodi e strumenti di valutazione della compatibilità ambientale dei prodotti.*

Tali metodi e strumenti sono finalizzati a:

- sviluppare norme o linee di indirizzo strategico per le opere pubbliche, i bandi di progettazione, i concorsi, i contratti di quartiere ecc.;
- divulgare e promuovere il tema della sostenibilità in edilizia, sia a scala di edificio, sia a scala di elemento tecnico e di prodotto;
- integrare la normativa tecnica e, in particolare, i regolamenti edilizi;
- promuovere un miglioramento dell'attività di progettazione e di realizzazione di una nuova costruzione o di una ristrutturazione;
- conoscere le prestazioni energetiche e ambientali di manufatti e prodotti edilizi;
- assegnare ad un manufatto o ad un prodotto edilizio, un certificato, una dichiarazione o un attestato che esprima il livello di ecocompatibilità raggiunto oppure il livello di efficienza energetica;
- rendere più trasparente il mercato della compravendita immobiliare.

## 2.1 Strumenti di valutazione dell'efficienza energetica dell'edificio

Il tema dell'efficienza energetica degli edifici non rappresenta certamente una novità. Da oltre un ventennio si è assistito ad una diffusa proliferazione, a livello internazionale e nazionale, di politiche, linee di azione e norme finalizzate a ridurre i consumi energetici dei manufatti edilizi.

Tra le recenti Direttive emanate dal Parlamento del Consiglio Europeo la più importante e conosciuta è la Direttiva 2002/91/CE. Tale Direttiva introduce alcuni elementi di novità in merito ai temi di risparmio energetico, in particolare:

- l'adozione di un quadro generale e di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, sia per quelli di nuova costruzione, sia per quelli oggetto di ristrutturazione;
- la certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione ed esistenti e l'esposizione negli edifici degli attestati di rendimento energetico e di altre informazioni pertinenti;
- l'ispezione periodica delle caldaie e degli impianti di condizionamento d'aria negli edifici, nonché la valutazione degli impianti di riscaldamento dotati di caldaie installate da oltre 15 anni.

A ciascun Stato membro dell'Unione Europea è richiesto il recepimento della Direttiva ai fini di garantire obiettivi e strategie comuni di riduzione dei consumi per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici. Gli Stati hanno anche il compito di adattare i contenuti della Direttiva al contesto geografico e fisico nel quale la stessa Direttiva deve essere applicata, in particolare alle condizioni climatiche specifiche dei luoghi.

In Italia il quadro legislativo di riferimento che ha recepito la Direttiva 2002/91/CE è costituito dal Decreto Legislativo n. 192 del 19 agosto 2005 e dal successivo Decreto integrativo e correttivo n. 311 del 29 dicembre 2006.

È stata recentemente emanata una seconda Direttiva, la 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. Il recepimento dei contenuti della Direttiva introduce una serie di disposizioni in materia edilizia di grande importanza, in particolare si prevede che negli edifici di nuova costruzione lo spessore superiore ai 30 centimetri delle murature esterne, delle tamponature o dei muri portanti, nonché il maggior spessore dei solai e tutti i maggiori volumi e superfici necessari all'esclusivo miglioramento dei livelli di isolamento termico o di

inerzia termica degli edifici, non venga considerato ai fini del computo per la determinazione dei volumi, delle superfici e dei rapporti di copertura.

### 2.1.1 La normativa sull'efficienza energetica degli edifici

In Italia, per oltre un decennio, la norma di riferimento nel settore dell'Energia termica è stata la Legge n. 10 del 9 gennaio 1991. Questa legge introduceva ed anticipava una serie di importanti elementi come la verifica del Fabbisogno Energetico Normalizzato di riscaldamento (FEN) e la certificazione energetica degli edifici. Tuttavia il limite di applicazione della Legge 10/91 è riconducibile alla mancata o tardiva emanazione di molti decreti attuativi. Basta pensare che è stato necessario attendere il 1998 affinché venisse pubblicato il Decreto Legislativo n. 312 che delega alle Regioni il compito di regolamentare le modalità di calcolo e di verifica della certificazione energetica.

Il Decreto n. 192/2005 costituisce il primo Decreto di attuazione della Direttiva 2002/91/CE. L'art. 1 si pone una serie di ambiziosi obiettivi: la tutela dell'ambiente, la riduzione delle emissioni inquinanti, la diversificazione dei sistemi di produzione dell'energia termica ed elettrica e lo sviluppo di tecnologie ecoefficienti.

Secondo modalità del tutto analoghe a quelle della Legge 10/91, anche il Decreto 192/2005 contiene i principi generali, rimandando ai decreti attuativi il compito di regolare gli aspetti applicativi. Le disposizioni transitorie e definitive contenute nello stesso Decreto 192/2005 e nei decreti attuativi hanno validità sintanto che le Regioni e le Province Autonome non faranno propria la Direttiva Europea con Leggi e regolamenti di attuazione.

Le Regioni hanno la responsabilità sostanziale di caratterizzare i contenuti della norma in relazione alle peculiarità del clima, ai sistemi di produzione dell'energia e alla gestione delle risorse energetiche, pur garantendo una sostanziale coerenza con gli obiettivi e i contenuti del Decreto 192/2005.

La prima Provincia che ha emanato una propria Legge e un proprio regolamento di attuazione della Direttiva Europea è stata la Provincia Autonoma Bolzano-Alto Adige, con l'introduzione del sistema di certificazione KlimaHaus-CasaClima. In epoca più recente anche altre Regioni hanno seguito l'esempio della Provincia di Bolzano: la Lombardia, la Liguria, l'Emilia Romagna, il Piemonte ecc.

Il Decreto 311/2006 corregge e, in parte, sostituisce i contenuti del Decreto 192/2005. La peculiarità del nuovo Decreto è di inserire aspetti di maggiore severità in tema di consumi energetici.

#### Ambito di applicazione

L'ambito di applicazione dei Decreti 192/05 e 311/2006 riguarda:

- la progettazione e la realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati;
- l'installazione di nuovi impianti in edifici esistenti;
- le opere di ristrutturazione degli edifici di grande metratura (> 1.000 m<sup>2</sup>);
- il controllo, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici degli edifici;
- la certificazione energetica degli edifici.

Sono anche definiti i casi che non fanno parte del campo di applicazione dei Decreti: immobili disciplinati dal Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, fabbricati industriali ed edifici isolati aventi superficie utile inferiore ai 50 m<sup>2</sup>.

Infine, vengono fissati alcuni limiti di applicazione attinenti i requisiti minimi prestazionali da verificare, che riguardano: le opere di ristrutturazione inferiori ai

1.000 m<sup>2</sup>, le ristrutturazioni parziali, le opere di manutenzione e gli ampliamenti di volume inferiori al 20% dell'intero edificio, l'installazione e la ristrutturazione di impianti termici e la sostituzione dei generatori di calore.

### Aspetti oggetto di verifica

Il Decreto 311/2006 definisce i requisiti che devono essere soddisfatti, sia per quanto attiene gli aspetti legati al rendimento energetico degli impianti, sia per quanto concerne le prestazioni degli elementi di involucro opaco e trasparente sia, infine, per quanto riguarda la ventilazione e il controllo della radiazione solare.

Nel caso di nuove costruzioni o ristrutturazioni integrali di edifici con superficie che superi i 1.000 m<sup>2</sup> e nel caso che il rapporto tra superficie complessiva dell'edificio e superficie utile sia superiore a 0,18 è necessario verificare:

- il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale;
- il rendimento globale medio stagionale;
- l'isolamento termico dei componenti di involucro.

Qualora il rapporto tra superficie complessiva dell'edificio e superficie utile sia invece inferiore a 0,18 oltre ad accertare i valori di isolamento termico dei componenti di involucro è opportuno considerare il:

- rendimento energetico utile del generatore di calore;
- la temperatura del fluido termovettore;
- le caratteristiche del sistema di termoregolazione.

In entrambe le situazioni è comunque necessario valutare:

- l'isolamento termico delle partizioni che confinano con vani non riscaldati;
- il controllo della condensazione superficiale e interstiziale;
- il controllo dell'inerzia termica;
- il controllo della radiazione solare;
- il controllo della ventilazione naturale;
- l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica;
- l'utilizzo di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica;
- la predisposizione per il collegamento al sistema di teleriscaldamento.

Nel caso di edifici soggetti a ristrutturazione parziale o a manutenzione straordinaria degli elementi di involucro e nel caso di ristrutturazione di edifici con superficie utile che non supera i 1.000 m<sup>2</sup> i requisiti da soddisfare riguardano:

- l'isolamento termico dei componenti di involucro;
- il controllo della condensazione superficiale e interstiziale.

Per le sole ristrutturazioni totali in aggiunta ai suddetti requisiti è previsto:

- il controllo dell'inerzia termica;
- Il controllo della radiazione solare;
- Il controllo della ventilazione naturale.

Per gli interventi di installazione e ristrutturazione di impianti termici o qualora sia prevista la sostituzione di generatori di calore bisogna controllare:

- l'efficienza globale dell'impianto termico;
- la valutazione delle spese energetiche e dei tempi di ritorno degli investimenti;
- la copertura, entro certi limiti, del fabbisogno di energia termica mediante fonti rinnovabili.

Infine, nel caso sia necessario procedere alla sostituzione dei generatori di calore, è opportuno verificare:

- l'efficienza del generatore di calore a pieno carico;
- l'efficienza del generatore di calore a carico parziale;
- le caratteristiche del sistema di termoregolazione;
- la verifica del dimensionamento dell'impianto termico;
- l'equilibratura del sistema di distribuzione.

*È abbastanza evidente che i requisiti contenuti nel Decreto 311/2006 non prevedano alcuna indagine inerente la provenienza e le caratteristiche dei materiali edilizi con cui un edificio viene costruito o ristrutturato. Tale omissione non deve, tuttavia, indurre a pensare che il ruolo dei materiali sia in qualche modo trascurabile o subalterno. Il rispetto dei valori di trasmittanza e di inerzia termica e il controllo degli eventuali ponti termici nei nodi strutturali di un edificio possono essere garantiti sulla base di un quadro di informazioni appropriate inerenti i prodotti e i componenti edilizi. In particolare è necessario conoscere le qualità fisiche di un materiale e le modalità attraverso cui può essere posato in opera.*

### Metodologia e procedura di valutazione

La metodologia di calcolo contenuta nei Decreti 192/05 e 311/06 prende in considerazione i numerosi aspetti che concorrono a determinare l'efficienza energetica di un edificio anche se, come è stato precedentemente messo in evidenza, non è prevista la loro verifica completa e sistematica bensì un processo di controllo basato su un'integrazione ad hoc di più aspetti in relazione alla tipologia di intervento. Tale impostazione si basa altresì su una serie di requisiti, di indicatori e di prescrizioni del sistema edificio-impianto. Tra i principali indicatori:

- il fabbisogno annuo di energia primaria  $EP_i$  rispetto alla superficie utile [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ];
- il fabbisogno annuo di energia primaria  $EP_i$  rispetto al volume lordo [ $\text{kWh}/\text{m}^3$ ];
- la trasmittanza limite  $U$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{k}$ ];
- la massa superficiale delle strutture  $M_s$  [ $\text{Kg}/\text{m}^2$ ];
- il rendimento globale medio stagionale  $\eta_{\text{GLIM}}$ ;
- il rendimento termico utile del generatore di calore;
- la temperatura media del fluido termovettore  $T^\circ$ .

Tralasciando gli aspetti impiantistici e focalizzando l'attenzione sugli aspetti che hanno maggiormente a che fare con la progettazione dei sistemi costruttivi è evidente che è opportuno selezionare materiali e prodotti in grado di assicurare un elevato isolamento termico delle componenti di involucro e garantire un adeguato controllo dell'inerzia termica della massa superficiale delle strutture.

Per quanto attiene i valori di trasmittanza limite  $U$ , sono caratterizzati in funzione di:

- tipo di elemento tecnico;
- zona climatica in cui è ubicato l'edificio;
- data di entrata in vigore del valore limite.

Le tabelle 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 riportano i valori limite di trasmittanza termica degli elementi tecnici dell'edificio in relazione alla zona climatica di riferimento.

Per quanto riguarda la massa superficiale delle strutture (verticali, orizzontali e inclinate) è previsto che il valore di  $M_s$  sia inferiore a  $230 \text{ Kg}/\text{m}^2$  al netto degli intonaci, oppure la verifica entro certi valori della trasmittanza periodica lineare.

Tab. 2.1 Valori limite di trasmittanza termica U per strutture opache verticali.

| Strutture opache verticali |   |   |
|----------------------------|---|---|
| Zona climatica             | U [W/m <sup>2</sup> K]<br>Dal 1° gennaio 2008 | U [W/m <sup>2</sup> K]<br>Dal 1° gennaio 2010 |
| A                          | 0,72  | 0,62  |
| B                          | 0,54  | 0,48  |
| C                          | 0,46  | 0,40  |
| D                          | 0,40  | 0,36  |
| E                          | 0,37  | 0,34  |
| F                          | 0,35  | 0,33  |

Tab. 2.2 Valori limite di trasmittanza termica U per strutture opache orizzontali e inclinate.

| Strutture opache orizzontali e inclinate |   |   |
|--|---|---|
| Zona climatica                           | U [W/m <sup>2</sup> K]<br>Dal 1° gennaio 2008 | U [W/m <sup>2</sup> K]<br>Dal 1° gennaio 2010 |
| A  | 0,42  | 0,38  |
| B  | 0,42  | 0,38  |
| C  | 0,42  | 0,38  |
| D  | 0,35  | 0,32  |
| E  | 0,32  | 0,30  |
| F  | 0,31  | 0,29  |

Tab. 2.3 Valori limite di trasmittanza termica U per solai.

| Solai verso l'esterno o locali non riscaldati |   |   |
|---|---|---|
| Zona climatica                                | U [W/m <sup>2</sup> K]<br>Dal 1° gennaio 2008 | U [W/m <sup>2</sup> K]<br>Dal 1° gennaio 2010 |
| A   | 0,74  | 0,65  |
| B   | 0,55  | 0,49  |
| C   | 0,49  | 0,42  |
| D   | 0,41  | 0,36  |
| E   | 0,38  | 0,33  |
| F   | 0,36  | 0,32  |

Tab. 2.4 Valori limite di trasmittanza termica U per chiusure trasparenti comprensive degli infissi.

| Chiusure trasparenti |  |  |
|----------------------|--|--|
| Zona climatica       | U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2008 | U [W/m <sup>2</sup> K] Dal 1° gennaio 2010 |
| A                    | 5,0  | 4,6  |
| B                    | 3,6  | 3,0  |
| C                    | 3,0  | 2,6  |
| D                    | 2,8  | 2,4  |
| E                    | 2,4  | 2,2  |
| F                    | 2,2  | 2,0  |

## I materiali di rivestimento esterno

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 1  | PIETRA – Lastre                   |
| 2  | GRÈS CERAMICO – Tegole e lastre   |
| 3  | LATERIZIO – Tegole e blocchi      |
| 4  | CEMENTO – Tegole e pannelli       |
| 5  | RAME – Scandole e lastre          |
| 6  | ZINCO-TITANIO – Scandole e lastre |
| 7  | ACCIAIO – Scandole e lastre       |
| 8  | ALLUMINIO – Scandole e lastre     |
| 9  | BITUME – Tegole                   |
| 10 | PVC RIGIDO – Lastre               |
| 11 | POLICARBONATO – Lastre            |
| 12 | LEGNO – Scandole e pannelli       |
| 13 | Paglia – fasci                    |



| 1 PIETRA – Lastre                                   |  |                      |                                |
|---|--|----------------------|--------------------------------|
| <b>Strato funzionale</b>                            | Manto di copertura. Rivestimento verticale di facciata   |                      |                                |
| <b>Descrizione strato funzionale</b>                | Lastre di materiale lapideo generalmente di forma quadrata o rettangolare sovrapposte nella direzione trasversale.<br>Lastre di materiale lapideo disposte verticalmente mediante ancoraggi e incastri   |                      |                                |
| <b>Tipologia</b>                                    | <b>Prodotto</b>  | <b>Spessore [mm]</b> | <b>Peso [Kg/m<sup>2</sup>]</b> |
|   | Gneiss   | 15-35                | 67                             |
|   | Marmo  | 15-35                | 67                             |
|   | Quarzite   | 15-35                | 65                             |
|   | Travertino   | 15-35                | 60                             |
|   | Ardesia  | 15-35                | 80                             |
| <b>Confini del sistema di analisi e valutazione</b> | I dati inerenti le caratteristiche generali e fisico tecniche sono ricavati da norme UNI, da testi e manuali.<br>Le informazioni inerenti le caratteristiche tecnologiche ed ambientali sono ricavate da manuali, schede tecniche, banche dati e software.<br>Il contenuto energetico (CEP) e il valore di anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ) si riferiscono alla fase di produzione fuori opera. Per la determinazione dei valori di CEP e CO <sub>2</sub> non sono stati contemplati i flussi energetici ed ambientali imputabili alla fase di trasporto del prodotto semilavorato (finito) al sito di costruzione.<br>Le informazioni in merito a tossicità e all'impatto sull'ecosistema sono state ricavate da schede di sicurezza, schede tecniche e manuali. |                      |                                |

### Caratteristiche generali

La pietra è un materiale di rivestimento disponibile sotto forma di lastre.

#### Produzione

Le pietre utilizzate come materiale da costruzione sono caratterizzate da proprietà e origine estremamente articolate. Le più diffuse sono:

- rocce magmatiche: granito, porfido, basalto, trachite, diorite, gabbro, sienite, andesite;
- rocce sedimentarie: travertino, argilla, conglomerato, arenaria, tufo, calcare, dolomia;
- rocce metamorfiche: ardesia, gneiss, marmo, fillade, calcescisto, micascisto, granulite, quarzite, serpentinite, anfibolite.

La pietra da costruzione si ricava da cave a cielo aperto o in gallerie. La pietra, una volta estratta, viene sottoposta a frantumazione, taglio e segagione. In relazione alla destinazione d'uso e all'effetto che si desidera conferire al prodotto finito, è possibile sottoporre il semilavorato a levigatura, lucidatura, bocciardatura, fiammatura, spazzolatura e anticatura.

#### Posa in opera

La pietra viene posata, sia con sistema a umido, mediante malte e collanti, sia con sistema a secco, mediante ancoraggi.

#### Applicazioni

La pietra viene utilizzata per la realizzazione di:

- rivestimenti di pareti verticali interne o esterne;
- manti di copertura.

### Caratteristiche fisico-tecniche

|                        | Parametri                               | Gneiss | Marmo | Quarzite    | Travertino | Ardesia     |
|------------------------|---|--------|-------|-------------|------------|-------------|
| $\rho$                 | Densità [kg/m <sup>3</sup> ]            | 2.700  | 2.700 | 2.500-2.650 | 2.400      | 2.600-2.900 |
| Cs                     | Calore Specifico [kJ/kgK]               | 0,88   | 0,7   | 1,17        | 0,9        | 1,26        |
| $\delta \cdot 10^{12}$ | Permeabilità al vapore acqueo [kg/smPa] | –      | –     | –           | –          | –           |
| $\lambda$              | Conducibilità termica [W/mK]            | 3,5    | 3,0   | –           | 3,0        | 2           |

| Caratteristiche tecnologico-ambientali |                                  |                  |                    |  |   |                                   |
|--|----------------------------------|------------------|--------------------|--|---|-----------------------------------|
| Modalità di posa in opera              | 0                                |                  | 3                  |  | 5   |                                   |
|  | Sistema umido/Adesione/Saldatura |                  | Incastro/Serraggio |  | Accostamento                                |                                   |
| Durata stimata (anni)                  | 0                                | 1                | 2                  | 3  | 4   | 5                                 |
|  | 2-10                             | 11-25            | 26-40              | 41-55  | 56-70                                       | > 70                              |
| Indicatore di riciclabilità            | 0                                | 1                | 2                  | 3  | 4   | 5                                 |
|  | Discarica rifiuti speciali       | Discarica inerti | Incenerimento      | Riciclabile con bassa capacità prestazionale | Riciclabile con alta capacità prestazionale | Biodegradabile e/o riutilizzabile |

| Caratteristiche energetico-ambientali<br>unità funzionale [1 kg di prodotto] |        |           |           |           |           |        |
|--|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Contenuto Energia Primaria [MJ/kg]   | 0      | 1         | 2         | 3         | 4         | 5      |
| <b>Lastre in gneiss</b>  |        |           |           |           |           |        |
| CEP totale <b>7,56</b>   | > 70   | 56-70     | 41-55     | 26-40     | 10-25     | < 10   |
| CEP non rinnovabili 6,83   |        |           |           |           |           |        |
| CEP rinnovabili 0,73   |        |           |           |           |           |        |
| <b>Anidride Carbonica [CO<sub>2</sub>/kg]</b>                                | 0      | 1         | 2         | 3         | 4         | 5      |
| <b>Lastre in gneiss</b>  |        |           |           |           |           |        |
| CO <sub>2</sub> totale <b>0,39</b>   | > 3,75 | 3,01-3,75 | 2,26-3,00 | 1,51-2,25 | 0,75-1,50 | < 0,75 |
| CO <sub>2</sub> diretta 0  |        |           |           |           |           |        |
| CO <sub>2</sub> indiretta 0,39   |        |           |           |           |           |        |

| Informazioni tossicologiche ed ecologiche      | Aspetti tossicologici   | Aspetti ecologici                                    | Incendio   | Smaltimento  |
|--|---|--|--|--|
| Relative alla fase di produzione e smaltimento | Il prodotto non presenta rischi per la salute. Tuttavia, dal punto di vista radiologico, le concentrazioni di uranio e torio possono variare da quantità poco significative, come nel caso delle rocce metamorfiche, a quantità di radionuclidi elevati, come ad esempio nei graniti. | Il prodotto è biologicamente inerte, non inquinante. | Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco. | Il prodotto è riutilizzabile. La pietra è riciclabile per la realizzazione di sottofondi stradali, previa frantumazione. |

| Informazioni supplementari   |
|--|
| <b>Contenuto di Energia Primaria e Anidride Carbonica</b><br>I dati sono ricavati dalla banca dati Boustead Model. |

| 2   |   | GRÈS CERAMICO – Tegole e lastre |                                |  |
|---|---|---------------------------------|--------------------------------|--|
| <b>Strato funzionale</b>                            | Manto di copertura. Rivestimento verticale di facciata  |                                 |                                |  |
| <b>Descrizione strato funzionale</b>                | Tegole a conformazione piatta opportunamente preforate per il fissaggio su listellatura. Lastre di materiale ceramico disposte verticalmente mediante ancoraggi   |                                 |                                |  |
| <b>Tipologia</b>                                    | <b>Prodotto</b>   | <b>Spessore [mm]</b>            | <b>Peso [Kg/m<sup>2</sup>]</b> |  |
|   | Lastre in grès ceramico   | 9,5                             | 44                             |  |
| <b>Confini del sistema di analisi e valutazione</b> | <p>I dati inerenti le caratteristiche generali e fisico tecniche sono ricavati da norme UNI, da test e manuali.</p> <p>Le informazioni inerenti le caratteristiche tecnologiche ed ambientali sono ricavate da manuali, schede tecniche, banche dati e software.</p> <p>Il contenuto energetico (CEP) e il valore di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) si riferiscono alla fase di produzione fuori opera. Per la determinazione dei valori di CEP e CO<sub>2</sub> non sono stati contemplati i flussi energetici ed ambientali imputabili alla fase di trasporto del prodotto semilavorato (finito) al sito di costruzione.</p> <p>Le informazioni in merito a tossicità e all'impatto sull'ecosistema sono state ricavate da schede di sicurezza, schede tecniche e manuali.</p> |                                 |                                |  |

#### Caratteristiche generali

Il grès ceramico è un materiale di rivestimento disponibile sotto forma di:

- lastre;
- tegole.

#### Produzione

Il grès è un materiale ceramico ottenuto a partire da argilla, feldspati, sabbia di quarzo (silice), ossidi di ferro e allumina. La produzione di elementi ceramici prevede le seguenti fasi: preparazione della sospensione di argilla, formatura dei pezzi, estrazione dei pezzi e applicazione delle finiture, essiccazione, sinterizzazione, finitura e decorazione. Nel caso specifico del grès ceramico, l'impasto, costituito prevalentemente da argilla caolinica finissima, rocce feldspatiche e argille pregiate vetrificabili, viene fuso ad una temperatura di 1.250 °C e sottoposto ad una pressione di oltre 450 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Posa in opera

Il grès ceramico viene posato sia con sistema a umido, mediante malta cementizia, sia con sistema a secco.

La posa delle tegole in pietra ceramica, dotate di fori ad asola, avviene mediante fissaggio ad una listellatura in legno sottostante tramite viti. Nelle coperture la pendenza minima non deve essere inferiore al 35%.

#### Applicazioni

Il grès ceramico viene utilizzato per la realizzazione di:

- rivestimenti di pareti verticali interne o esterne;
- manti di copertura.

#### Caratteristiche fisico-tecniche

|                  | Parametri                               | Lastre |
|------------------|---|--------|
| $\rho$           | Densità [kg/m <sup>3</sup> ]            | 1.670  |
| Cs               | Calore Specifico [kJ/kgK]               | 1,1    |
| $\delta 10^{12}$ | Permeabilità al vapore acqueo [kg/smPa] | –      |
| $\lambda$        | Conduttività termica [W/mK]             | 1,3    |

| Caratteristiche tecnologico-ambientali |                                  |                  |                    |  |   |                                   |
|--|----------------------------------|------------------|--------------------|--|---|-----------------------------------|
| Modalità di posa in opera              | 0                                |                  | 3                  |  | 5   |                                   |
|  | Sistema umido/Adesione/Saldatura |                  | Incastro/Serraggio |  | Accostamento                                |                                   |
| Durata stimata (anni)                  | 0                                | 1                | 2                  | 3  | 4   | 5                                 |
|  | 2-10                             | 11-25            | 26-40              | 41-55  | 56-70                                       | > 70                              |
| Indicatore di riciclabilità            | 0                                | 1                | 2                  | 3  | 4   | 5                                 |
|  | Discarica rifiuti speciali       | Discarica inerti | Incenerimento      | Riciclabile con bassa capacità prestazionale | Riciclabile con alta capacità prestazionale | Biodegradabile e/o riutilizzabile |

| Caratteristiche energetico-ambientali<br>unità funzionale [1 kg di prodotto] |   |  |  |   |           |          |
|--|---|--|--|---|-----------|----------|
| Contenuto Energia Primaria [MJ/kg]   | 0   | 1  | 2  | 3   | 4         | 5        |
| <b>Lastre in grès</b>  |   |  |  |   |           |          |
| CEP totale <b>7,60</b>   | > 70  | 56-70  | 41-55  | 26-40   | 10-25     | < 10     |
| CEP non rinnovabili 7,50   |   |  |  |   |           |          |
| CEP rinnovabili 0,10   |   |  |  |   |           |          |
| <b>Anidride Carbonica [CO<sub>2</sub>/kg]</b>                                | <b>0</b>  | <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>3</b>  | <b>4</b>  | <b>5</b> |
| <b>Lastre in grès</b>  |   |  |  |   |           |          |
| CO <sub>2</sub> totale <b>1,95</b>   | > 3,75  | 3,01-3,75  | 2,26-3,00  | <b>1,51-2,25</b>  | 0,75-1,50 | < 0,75   |
| CO <sub>2</sub> diretta 0  |   |  |  |   |           |          |
| CO <sub>2</sub> indiretta 1,95   |   |  |  |   |           |          |
| Informazioni tossicologiche ed ecologiche                                    | Aspetti tossicologici   | Aspetti ecologici  | Incendio   | Smaltimento   |           |          |
| Relative alla fase di produzione, uso e smaltimento                          | Le operazioni di miscelazione delle materie prime a secco possono rilasciare nell'aria elevate concentrazioni di polveri. Il potenziale rischio radioattivo assume un rilievo più elevato in relazione all'impiego di sabbie zirconifere. | Il prodotto è biologicamente inerte. In presenza di derivati dello zolfo e del fluoro, durante le fasi di cottura, si possono liberare sostanze inquinanti per l'ambiente circostante. | Il prodotto è incombustibile. Classe 0 di reazione al fuoco. | Il prodotto può essere riciclato come inerte per sottofondi stradali oppure, opportunamente frantumato, come componente di malte di coccopesto. |           |          |

#### Informazioni supplementari

##### Contenuto di Energia Primaria e Anidride Carbonica

I dati sono ricavati dalla banca dati Boustead Model.