

# MATERIALI ISOLANTI E CONDUTTIVITÀ TERMICA

di

\* Valeria Erba, Giorgio Galbusera, Alessandro Panzeri

Con il presente approfondimento si vuole porre l'attenzione sulla corretta scelta delle prestazioni termoigrometriche dei materiali e relativa eventuale correzione in funzione dell'applicazione reale.

Parlando di prestazioni è fondamentale avere il giusto riferimento normativo per capire se i valori scelti in fase di progetto, sia preliminare che definitivo, siano corretti e possano garantire il risultato previsto.

Le norme tecniche UNI /CTI, essendo elaborate in gruppi di lavori di esperti con il supporto di laboratori e enti di ricerca, sono il riferimento più corretto per la valutazione del comportamento energetico dei nostri edifici nonché comunque l'unico ufficialmente valido in quanto citate nelle leggi di riferimento.

I limiti di legge e i limiti per l'accesso ai bonus fiscali nel caso di interventi di efficienza energetica dipendono dal valore di trasmittanza delle singole strutture.

## **Come scegliere correttamente il valore della conduttività termica**

Il calcolo delle trasmittanze per legge, ma anche per l'accesso agli incentivi fiscali, deve essere eseguito in base alla norma UNI EN ISO 6946 che riprende le norme UNI EN 10456 e la UNI 10351. Nel caso di kit si desume dalla Resistenza termica dichiarata con la marcatura CE.

La norma UNI 10351 fornisce il metodo per il reperimento dei valori di riferimento per conduttività termica, resistenza al passaggio del vapore e calore specifico dei singoli materiali da costru-

zione in base all'epoca di installazione. La UNI 10351 integra quanto non presente nella UNI EN ISO 10456:2008 con particolare riferimento ai materiali isolanti per l'edilizia e precisa i campi di applicazione e i differenti metodi di valutazione dei valori di conduttività termica e relativi fattori correttivi da utilizzare in base all'epoca di installazione dei materiali.

Tale norma prevede in fase di progetto preliminare o in caso di diagnosi in cui non sia noto il materiale isolante specifico la possibilità di utilizzare dei valori tabellati. Nel progetto definitivo in cui sia stato scelto il prodotto è obbligatorio usare i valori di lambda dichiarato in marcatura CE per tutti i materiali isolanti che abbiano questo obbligo.

Un qualsiasi materiale che abbia una norma armonizzata di prodotto deve obbligatoriamente redigere la marcatura CE e rilasciare la DoP (dichiarazione di prestazione). È possibile rilasciare la marcatura CE e quindi la DoP anche nel caso il fabbricante abbia volontariamente realizzato un ETA (European Technical Assessment).

Per l'elenco di tutte le norme di prodotto armonizzate è possibile consultare il sito:

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38863>

Per verificare se il prodotto proposto ha un ETA è possibile consultare il sito:

<https://www.eota.eu/en-GB/content/home/2/185/>

Nelle tabelle seguenti è riportato un estratto della norma UNI 10351 con le indicazioni per la scelta dei principali parametri termici dei materiali isolanti. (i prospetti sono quelli presenti nella UNI 10351)

	Data installazione/ costruzione		Conduttività termica $\lambda$ [W/mK]	Fattore di resistenza al vapore $\mu$ [-]	Calore specifico $c$ [J/kgK]
<b>Materiali isolanti già in opera</b>	ante obbligo marcatura CE		prospetto A.1	prospetto A.1	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 [J/kgK]
	post obbligo	Etichetta CE disponibile	Valore di marcatura CE	Valore di marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 [J/kgK]
	marcatura CE	Etichetta CE non disponibile	prospetto 2	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 [J/kgK]
<b>Materiali isolanti di nuova installazione</b>	Prodotto commerciale già scelto		Valore di marcatura CE	Valore di marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali o valore 1000 [J/kgK]
	Scelto il tipo di materiale ma non il prodotto commerciale		prospetto 2	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali o valore 1000 [J/kgK]

**Tabella 1:** linee guida per la scelta del valore dei parametri di conduttività termica, fattore di resistenza al vapore e calore specifico secondo la norma UNI 10351.

### La conduttività termica dichiarata

Nelle norme di prodotto per i materiali isolanti tra le prestazioni obbligatorie da dichiarare ovviamente è indicata la conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$ .

È importante sottolineare che dichiarare le prestazioni tramite marcatura CE significa offrire una garanzia sul valore dichiarato perché:

- i metodi di valutazione si riferiscono a documenti certi e univoci, in quanto presenti nelle norme di prodotto o nei Documenti per la Valutazione Tecnica Europea - EAD- sulla base del quale il TAB (Organismo di valutazione tecnica) ha rilasciato l'ETA;
- le prove vengono effettuate tramite metodi normati e presso laboratori accreditati: per la conduttività ad esempio la UNI EN ISO 12667;
- sono note le condizioni al contorno (T e UR) e le condizioni di preparazione del provino (invecchiamento e stagionatura obbligatoria) su cui vengono effettuate le prove di laboratorio perché previsti nella relativa norma di prodotto o ETA;
- il numero di prove è fissato e è ragionevolmente valido a livello statistico;
- è sempre previsto un controllo di costanza delle

prestazioni grazie ad una verifica della produzione nel tempo.

I valori di  $\lambda_D$  indicati nella DoP quindi rappresentano la prestazione di isolamento termico di quel materiale in condizioni di utilizzo standard.

Nel caso quindi di materiali dotati di norma di prodotto il valore di conduttività termica da usare è sempre la conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$ , lo stesso vale per i prodotti dotati di un ETA.

### Come e quando modificare il valore della conduttività termica

Per definire il valore della conduttività termica di progetto da usare nei calcoli bisogna verificare se le condizioni di utilizzo in opera del materiale differiscono per un periodo di applicazione medio annuale, da quelle utilizzate per caratterizzare il materiale in laboratorio.

In generale per la maggior parte dei materiali isolanti le condizioni standard di prova si riferiscono a un test condotto a 10 °C in mezzera e con una stagionatura del materiale al 50% di UR e 23 °C. Ricordiamo che le norme tecniche legate alle prove

di conduttività ipotizzano tali condizioni di UR e T in quanto quelle più rappresentative per l'uso dei materiali isolanti.

Se queste condizioni sono rappresentative anche per l'applicazione reale (come spesso succede), allora i valori dichiarati possono essere usati direttamente senza correzioni.

Al contrario se non sono rappresentative delle condizioni di progetto, allora è possibile valutare una modifica ai valori dichiarati secondo le indicazioni illustrate nel punto 7 della norma UNI EN ISO 10456:2008 per un calcolo in regime stazionario o alle indicazioni della norma UNI EN 15026 per un calcolo igrotermico in regime dinamico.

Nei capitoli che seguono è proposto un approfondimento su come procedere a seconda dei casi.

### **Valutazione energetica in regime stazionario secondo UNI EN ISO 6946**

Nella maggior parte delle valutazioni di progetto (attestati di prestazione energetica, relazioni ex-legge 10 e diagnosi energetiche) l'analisi delle strutture opache viene realizzata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946. Questa norma propone un calcolo della trasmittanza termica basato su un unico valore di conduttività termica attribuito ai materiali coinvolti rappresentativo delle condizioni medie di esercizio generali.

In realtà i valori di conduttività per tutti i materiali da costruzione sono variabili a seconda della temperatura e dell'umidità al contorno: il valore migliora al diminuire della temperatura e dell'umidità e peggiora al crescere degli stessi.

Per semplicità il calcolo della UNI EN ISO 6946 viene eseguito fissando le caratteristiche dei materiali ad un determinato set di condizioni al contorno senza tener conto della variabilità dei parametri.

La conduttività termica dei materiali isolanti utilizzata per questo calcolo generalmente è la conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$  perché riferita a

condizioni standard riscontrabili nella maggior parte dei casi, ovvero condizioni tipicamente invernali con una temperatura di equilibrio a circa 10°C e considerando una stagionatura a 23°C al 50% di umidità relativa come da condizioni I b) della UNI EN ISO 10456 riportate in tabella.

L'approccio è considerabile, ai fini delle valutazioni in periodo invernale, cautelativo, poiché all'inaspirarsi delle condizioni esterne e quindi per valori di temperatura minori il materiale isolante lavora meglio ovvero ha una conduttività inferiore. Avendo rappresentato sino ad oggi l'isolante una barriera necessaria alla riduzione dei consumi invernali, l'attenzione del comportamento del materiale è stata dedicata al comportamento invernale.

Il progettista prima di procedere col calcolo deve conoscere (o poter ipotizzare) le condizioni di esercizio del materiale e confrontarle con quelle utilizzate per la misura del valore di conduttività termica fornito da un produttore (ovvero conduttività dichiarata  $\lambda_D$ ) o proposto dagli abachi delle norme. Se le condizioni di temperatura e umidità sono molto differenti deve modificare il valore dichiarato e trasformarlo in valore di progetto.

### **Modificare la conduttività termica dichiarata per umidità e temperatura**

Sottolineiamo che le correzioni del valore della conducibilità termica dichiarata  $\lambda_D$  espresso nella marcatura CE sono eventuali e non obbligatorie: sono previste infatti per condizioni di umidità e temperatura differenti da quelle convenzionali di riferimento per un periodo di applicazione medio annuale.

La norma di riferimento che spiega come trasformare il valore di conduttività termica di un materiale isolante da un set di condizioni di umidità e temperatura  $\lambda_1$  a un altro set  $\lambda_2$  è la UNI EN ISO 10456 "Materiali e prodotti per l'edilizia – Proprietà igrotermiche. Valori tabulati di progetto

	Condizioni di prova			
	I (10°C)		II (10°C)	
	a)	b)	a)	b)
<b>Temperatura di riferimento</b>	10°C	10°C	23°C	23°C
<b>Umidità</b>	U <sub>asciutto</sub>	U <sub>23,50</sub>	U <sub>asciutto</sub>	U <sub>23,50</sub>
<b>Invecchiamento</b>	Sì	Sì	Sì	Sì

**Tabella 2:** condizioni di prova della conduttività termica secondo UNI EN ISO 10456.

e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto”.

Questa norma specifica i metodi per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto per materiale e prodotti per l'edilizia termicamente omogenei.

I procedimenti di conversione proposti sono validi per temperature ambiente di progetto comprese tra -30°C e +60°C e temperature medie tra 0°C e 30°C.

La variazione del  $\lambda$  è determinata attraverso equazioni esponenziali che riproducono il comportamento del materiale al variare delle condizioni di temperatura e umidità relativa. Vengono forniti i procedimenti per convertire i valori ottenuti per un insieme di condizioni iniziali (condizione 1) ad una altra serie di condizioni (2) secondo le espressioni seguenti che sono applicabili per temperature ambiente di progetto comprese tra -30°C e +60°C e con una temperatura media di applicazione massima di 30°C. Il  $\lambda$  modificato  $\lambda_2$  è quindi valutato come:

$$\lambda_1 = \lambda_2 \cdot F_T \cdot F_M$$

Dove  $F_T$  è il fattore di conversione per temperatura e  $F_M$  di umidità.

Per poter valutare i fattori è necessario conoscere le condizioni iniziali (collegate al valore di  $\lambda$  iniziale) e quelle finali, oltre che il tipo di materiale – ogni materiale infatti “reagisce” con un proprio comportamento.

La norma UNI EN ISO 10456 descrive per i materiali isolanti i fattori di conversione e anche i contenuti di umidità in kg/kg o m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> che possono essere impiegati per la valutazione della conduttività di progetto.

Nel caso quindi di riferimento alla norma UNI EN ISO 6946 il valore di conduttività da usare in presenza di un materiale isolante con marcatura CE è il valore di conduttività dichiarato eventualmente modificato sulla base delle condizioni di progetto di temperatura e umidità con i fattori di conversione descritti.

Sottolineiamo che in destinazioni d'uso residenziali in generale tali correzioni non sono richieste perché le condizioni d'uso per periodo di applicazione medio annuale sono vicine alle condizioni di prova.

### **Analisi igrotermica in regime dinamico secondo UNI EN 15026**

Abbiamo visto che per una valutazione energetica e/o igrotermica standard in regime stazionario (come ad esempio una verifica di Legge 10) è possibile utilizzare nei calcoli il valore di  $\lambda_D$ .

Questo approccio nel caso di una simulazione dinamica vale solo per un'analisi di tipo meramente energetico (come ad esempio la simulazione dinamica del fabbisogno di un edificio), mentre non vale per un'analisi igrotermica completa.

Infatti nel caso si voglia affrontare un calcolo igrotermico dinamico, che tenga conto di eventuale presenza e movimento dell'acqua nella struttura, le informazioni sui prodotti secondo i riferimenti della norma UNI 10351 o forniti attraverso la marcatura CE non sono sufficienti. A differenza di quanto avviene con un calcolo stazionario, infatti ad esempio la conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$  valida per una condizione media di esercizio, non basta per descrivere il comportamento del prodotto al variare del contenuto di umidità nel materiale o di umidità relativa dell'ambiente tipico di una simulazione igrotermica dinamica.

Per far fronte a questa carenza, negli ultimi decenni alcuni laboratori tedeschi (citiamo i laboratori del Fraunhofer IBP o dell'Università di Dresda) hanno iniziato a testare i materiali da costruzione per ottenere una caratterizzazione igrotermica completa oggi necessaria al calcolo dinamico secondo la norma UNI EN 15026:2008.

Il riferimento a questa norma è ormai consolidato (e citato anche dallo stesso legislatore con la FAQ 2.24 di agosto 2016) come alternativa al calcolo stazionario per le verifiche igrotermiche delle strutture opache di un edificio.

Per eseguire questo calcolo ci troviamo quindi nelle condizioni di dover “pescare” le informazioni sui materiali isolanti non da riferimenti di norma, ma da dati di letteratura che fanno capo a test di laboratorio di istituti specializzati quali quelli sopra citati.

Per questi calcoli il valore di conduttività termica varia in base al contenuto di umidità e alla temperatura considerata, parametri che a loro volta sono dipendenti dalle condizioni al contorno climatiche esterne e interne alla stratigrafia.



**Figura 1:** *L'analisi igrotermica dinamica a cui ci riferiamo in queste pagine riguarda lo studio dei fenomeni di migrazione del vapore attraverso una stratigrafia descritti dalla norma UNI EN 15026:2008*

*“Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio - Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica”. A tale scopo ogni materiale analizzato deve essere caratterizzato da una serie di dati igrotermici dipendenti da diverse variabili come ad esempio il contenuto di umidità, la temperatura al contorno o la capacità di assorbimento di umidità. Questa mole di informazioni non è necessaria invece per una valutazione dinamica del solo aspetto energetico dell'edificio: in questo caso la conduttività termica di progetto è sufficiente allo scopo dell'analisi.*

## Conclusioni

In base a quanto abbiamo visto quindi le modalità di scelta del valore di conduttività termica di un materiale sono disciplinate dalla norma UNI 10351 e per i materiali isolanti l'informazione è fornita dalla stessa norma o dalla marcatura CE del prodotto.

Il professionista che esegue i calcoli può valutare di modificare (ma non è obbligato) il valore di conduttività termica dichiarata se le condizioni di progetto differiscono da quelle di prova per un periodo di applicazione medio annuale.

**Questa operazione non è necessaria solitamente per la progettazione di edifici residenziali, perché i valori previsti in marcatura CE sono già valutati in condizioni simili a quelle reali.**

Se si sceglie la strada della modifica della conduttività le valutazioni devono essere effettuate in base al tipo di calcolo considerato: per un'analisi prettamente energetica in regime stazionario o dinamico secondo UNI EN ISO 6946 le modifiche sono condotte con i criteri della

norma UNI EN ISO 10456, per un'analisi igrotermica dinamica secondo UNI EN 15026 si fa riferimento a dati di letteratura consolidati forniti da laboratori.

Altre modalità di calcolo (forfettarie, percentuali, con coefficienti di sicurezza, ecc.) non sono previste dalle norme e se utilizzate portano a valutazioni formalmente non corrette ai fini di un'analisi energetica prevista per legge o necessaria per accedere a un incentivo.

In sintesi possiamo quindi concludere che:

- 1. Per la verifica standard di trasmittanza termica secondo UNI EN ISO 6946** (ovvero ad esempio nel caso di APE, verifica dei requisiti minimi, diagnosi energetica o calcolo finalizzato alle detrazioni) **i valori di conduttività dichiarata  $\lambda_D$  sono già ottimizzati** per tenere conto delle condizioni generiche di temperatura e di umidità (condizioni medie annuali e materiali con umidità al 50%UR).
- 2. Non esistono obblighi alla modifica della conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$**  riportata

nella marcatura CE. Eventuali modifiche sono valutate di volta in volta dal tecnico in base alle esigenze del calcolo. Sono previste infatti per condizioni di umidità e temperatura differenti da quelle convenzionali di riferimento per un periodo di applicazione medio annuale.

3. **Se si opta per una modifica alla conduttività è necessario seguire i criteri abbinati alla tipologia del calcolo:** per la valutazione della trasmittanza in regime stazionario o un'analisi dinamica energetica si segue la norma UNI EN ISO 10456, per un'analisi dinamica igrotermica

della stratigrafia si utilizzano fonti di letteratura predisposte per il calcolo secondo UNI EN 15026.

4. **Modifiche alla conduttività basate su metodi forfettari o desunte da elaborazioni con software non allineati alle normative sopra citate, portano a risultati formalmente non spendibili** ai fini di una verifica o una relazione tecnica ufficiale. 

\* Valeria Erba, Presidente ANIT.  
Giorgio Galbusera, staff tecnico ANIT.  
Alessandro Panzeri, staff tecnico ANIT.



Il presente articolo è anche disponibile sul sito ANIT come approfondimento tecnico ed è scaricabile in formato .pdf dalla pagina <https://www.anit.it/pubblicazioni/approfondimenti-anit/>

