

Elisa Di Giuseppe\*  
Marco D'Orazio\*

ISOLANTI NATURALI E LATERIZI A VISTA

# I laterizi come sistema di «moisture buffering»

La ricerca condotta ha permesso di valutare l'utilizzabilità di alcune tipologie di isolanti in costruzioni basate sull'impiego del laterizio, evidenziando il ruolo che può giocare quest'ultimo (con la sua massa) nel mantenere bassi i contenuti d'acqua all'interno degli stessi isolanti, aumentandone l'efficienza. Si evidenzia, quindi, come le soluzioni massive con il laterizio «faccia a vista» sono capaci di ridurre i contenuti d'acqua in esercizio a carico di isolanti fibrosi di tipo naturale. Come noto, molti isolanti fibrosi sono fortemente igroscopici, aspetto che determina significative differenze tra prestazioni termiche «a secco» e in esercizio

**G**li sviluppi normativi nazionali e regionali stanno incentivando il mondo dell'edilizia all'utilizzo di materiali isolanti a basso impatto ambientale, in una logica di sostenibilità del processo edilizio. Esempio ne è l'adozione del protocollo Itaca da parte di alcune regioni italiane, con la promozione di soluzioni costruttive orientate alla bioedilizia. Contemporaneamente, la necessità di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in seguito al Protocollo di Kyoto, ha spinto il mondo dell'edilizia a contenere i consumi energetici, introducendo forti limiti sulle trasmittanze termiche e spingendo verso un iperisolamento dell'involucro (si vedano dl 192/05, dl 311/06 e dpr 59/2009). Ne è derivata una tendenza crescente all'impiego, anche in soluzioni costruttive massive con rivestimenti esterni in laterizio faccia a vista, di isolanti naturali spesso di tipo fibroso (a base di legno o lana di diversa natura) in elevati spessori, in virtù della diffusa persuasione che ad una parete in laterizio (quindi permeabile al vapore) si debbano necessariamente associare sistemi di isolamento a pari o superiore permeabilità.

*The research assessed the usefulness of certain type of insulation in brick buildings, highlighting the role of bricks (through its mass) in maintaining a low content of water inside the insulation, improving efficiency. It is pointed out, therefore, how the massive face brick solutions are capable of reducing the content of water in exercise of natural type fibrous insulations. As it is known, many fibrous insulations are strongly hygroscopic, fact that determines significant differences between «dry» thermal performance and in service*

Questo convincimento trova fondamento solo se si ipotizzano flussi costanti nel tempo. Nella realtà, il trasporto di umidità è molto più complesso. Le porzioni esterne (primi cm) delle strutture murarie sono legate alle fluttuazioni giornaliere (anche impulsive) dovute a un complesso di fenomeni sia di natura termica che igrometrica, mentre le porzioni interne sono più legate a comportamenti di medio e lungo periodo e alle condizioni dei materiali posti immediatamente a contatto. Un intonaco esterno o un laterizio faccia a vista è per esempio soggetto a fortissime fluttuazioni nel tempo, mentre un isolante è soggetto a fluttuazioni più limitate e derivanti soprattutto dalle proprietà igrometriche dei materiali limitrofi a contatto con questo.

Il presente studio si pone pertanto l'obiettivo di valutare l'interazione, a livello igroscopico, tra alcune tipologie di isolanti e il laterizio, evidenziando in particolare il ruolo che la massa porosa dei materiali ceramici può avere nel mitigare i contenuti d'acqua all'interno degli stessi isolanti, assicurandone l'efficienza.

## Metodologia

L'indagine è stata condotta analiticamente, valutando la prestazione in regime termico e igrometrico dinamico di pareti faccia a vista multistrato a pari trasmittanza termica stazionaria, all'interno delle quali sono state inserite due differenti tipologie di isolanti termici, scelti in quanto rappresentativi di due differenti classi di prodotti:

- isolanti naturali mediamente igroscopici, con media permeabilità al vapore (sughero e similari);
- isolanti naturali fortemente igroscopici, con elevata permeabilità al vapore (lana di legno e similari).

MATERIALE	$\lambda_{dry}$	C	P	$\mu$	$A_w$	$\delta_a$	MBV	Ee	COW
	W/mK	J/kgK	kg/m <sup>3</sup>	-	kg/m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup>	kg/msPa	g/m <sup>2</sup> %U.R.	KWh/m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>
Intonaco di calce	0,9	1000	1800	10	-	$1,93 \cdot 10^{-8}$	-	-	-
Mattone forato	0,35	840	700	7	-	$2,75 \cdot 10^{-11}$	-	-	-
Lana di legno	0,09	1050	380	5	-	$3,86 \cdot 10^{-8}$	-	7-9	1,2-1,6
Sughero	0,06	1500	290	20	-	$2,75 \cdot 10^{-11}$	-	35,96	6,60
Laterizio a vista estruso (A)	0,85	920	1720	10	0.2455	$2,05 \cdot 10^{-12}$	0.4	-	-
Laterizio a vista estruso (B)	0,85	920	1720	10	7.5909	$2,05 \cdot 10^{-12}$	0.6	-	-
Laterizio a vista p. molle (C)	1,32	1000	1700	20	24	$1,095 \cdot 10^{-10}$	6.8	-	-

Tabella 1. Proprietà dei materiali utilizzati nello studio.

Con la ricerca si sono fatte di volta in volta variare alcune caratteristiche delle soluzioni costruttive, che condizionano la capacità di accumulo e permeabilità del mattone faccia a vista e di conseguenza la prestazione igrometrica dello strato di isolante interposto, in particolare:

- lo spessore dello strato di laterizio (8, 12, 25 cm di spessore);
- la tipologia di mattone faccia a vista, a diversa capacità di assorbimento: FV TIPO/A, FV TIPO/B e FV TIPO/C;
- la tipologia di isolante termico (sughero e lana di legno);

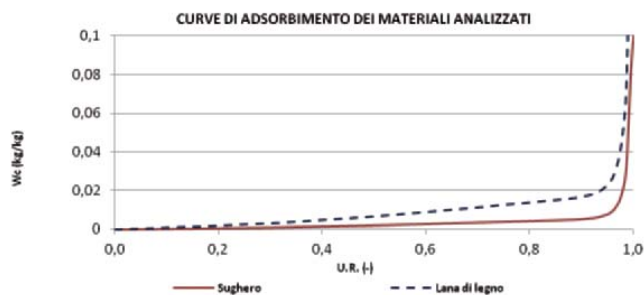
Nella tabella 1, insieme alle proprietà termofisiche dei materiali analizzati, sono riportate, per gli isolanti, due parametri (Ee e COW) che tengono conto della sostenibilità ambientale dei prodotti: Ee rappresenta la «embodied energy», e cioè l'energia spesa per la produzione del materiale, mentre COW quantifica la CO<sub>2</sub> immessa in atmosfera nel ciclo di vita del prodotto (produzione e smaltimento).

Sono riportate inoltre per i laterizi: la grandezza  $A_w$  (capacità di adsorbimento di un materiale poroso per capillarità) e la grandezza MBV (Moisture Buffering Value) [g/(m<sup>2</sup>%UR)], che descrive la capacità del materiale di accumulare/rilasciare umidità, quando questo è soggetto a cicli giornalieri di umidità relativa al 75% (per 8 ore) e al 33% (per le restanti 16 ore). Gli isolanti indicati sono stati scelti in funzione delle loro proprietà igroscopiche e in particolare in relazione alle loro curve di adsorbimento, grafici che rappresentano il contenuto d'acqua del materiale (Wc) in funzione dell'umidità relativa (UR) dell'aria in equilibrio con esso, a temperatura costante. In prossimità di UR 90-95%, il valore del contenuto d'acqua aumenta rapidamente raggiungendo valori molto elevati, in corrispondenza della quasi completa saturazione dei pori. Dalla figura 1, che riporta le isoterme di adsorbimento degli isolanti analizzati, si deduce che la lana di legno, a pari UR, esibisce una maggiore tendenza ad accumulare e adsorbire acqua rispetto al sughero.

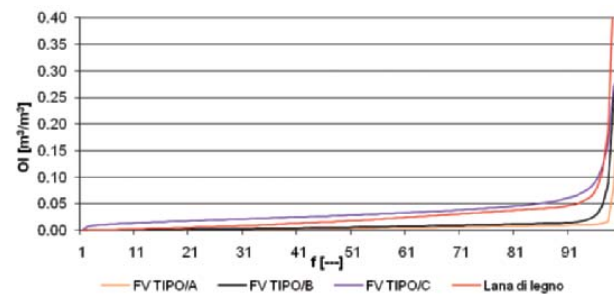
La figura 2 riporta invece le curve di adsorbimento per i tre tipi di laterizi faccia a vista analizzati, anche a confronto con l'isolante in lana di legno. Dal grafico si deduce che alcune tipologie di laterizi hanno curve di adsorbimento (nel range

delle UR ambientali) superiori alla lana di legno e pertanto, potrebbero fungere da «tampono igroscopico», limitando l'adsorbimento di vapore nell'isolante.

Le simulazioni sono state condotte con il software Delphin 5.6, prodotto e sviluppato dall'*Institute of Building Climatology* dell'Università di Dresda, in grado di calcolare la trasmissione combinata di aria, umidità e calore nei materiali porosi. Le simulazioni, svolte in regime dinamico, tengono conto della capacità igroscopica dei materiali, della dipendenza della conduttività dal contenuto d'acqua e dalla variazione delle proprietà dei materiali in funzione del contenuto di umidità. L'indagine è stata condotta verificando il comportamento di 1,0 m<sup>2</sup> di parete esposta a nord nella zona D, località Ancona (città caratterizzata da UR% invernali particolarmente elevate).



1. Isoterme di adsorbimento dei materiali isolanti analizzati.



2. Isoterme di adsorbimento dei laterizi a confronto con quella della lana di legno.

In una prima fase di simulazione, al fine di indagare l'influenza dello spessore della parte massiva in laterizio, le pareti non sono state poste a pari trasmittanza termica stazionaria. Per estremizzare il comportamento e comprendere l'influenza della massa sulla prestazione dell'isolante, si è introdotta inoltre una soluzione con forato esterno da 25 cm (non faccia a vista). In una seconda fase, il valore di trasmittanza termica delle stratigrafie è stato imposto pari a  $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$  (a tal fine si è fatto variare lo spessore dell'isolante termico, mantenendo costanti le dimensioni dei restanti elementi).

## Risultati

**Variatione della resistenza degli isolanti termici in funzione della massa esterna** Il primo risultato ottenuto dalle simulazioni riguarda la variazione della resistenza termica dovuta al contenuto d'acqua in esercizio per i materiali isolanti nelle diverse soluzioni costruttive. La figura 3 rappresenta la variazione percentuale della conducibilità termica dei due materiali isolanti analizzati, rispetto alla conducibilità del materiale secco, in soluzioni costruttive con laterizio faccia a vista a differente spessore.

Dalla figura 3 si evince che entrambi i materiali isolanti manifestano una evidente variazione di conducibilità termica, rispetto al valore a secco. In particolare la lana di legno, a causa dell'elevata igroscopicità, accumula un grande quantitativo di acqua rispetto al sughero e pertanto subisce un maggiore incremento della conducibilità termica, fino al 24%-27% in tutti e tre i casi. Le variazioni correttive di conducibilità termica in esercizio suggerite dalla norma UNI 10351, *Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore*, risultano essere del 10% per il sughero e del 20% per la fibra di legno, quindi inferiori rispetto alle variazioni ottenute.

Nelle soluzioni costruttive prese in esame, per un corretto

dimensionamento degli isolanti, occorrerebbe infatti considerare un incremento della resistenza termica (e quindi dello spessore) del materiale, pari al 27% nel caso della lana di legno e del 14% nel caso del sughero. È da rilevare, inoltre, che la conducibilità termica della lana di legno (materiale assunto quale riferimento per la classe degli isolanti a elevata permeabilità e igroscopicità) assume valori maggiori, anche se limitatamente, nel caso in cui l'isolante venga «accoppiato» con un mattone faccia a vista di spessore elevato. Tale comportamento trova spiegazione nella maggior difficoltà da parte dell'acqua accumulata nell'isolante fibroso, durante il periodo invernale, a fuoriuscire ed evaporare durante il periodo estivo.

## Influenza della massa esterna sulle prestazioni degli isolanti

La scelta di parametrizzare le caratteristiche dei mattoni faccia a vista è stata fatta al fine di valutare come queste possano influenzare la prestazione degli isolanti termici naturali, e in particolare per capire se un mattone con capacità di adsorbimento superiore rispetto a un isolante fortemente igroscopico (FV TIPO/C) sia in grado di accumulare acqua in luogo dell'isolante, preservando le proprietà coibenti di quest'ultimo. Nella figura 4 viene riportato l'andamento annuale della conducibilità termica dell'isolante in lana di legno, al variare della tipologia di laterizio ad esso accoppiato.

In tutti e tre i casi analizzati, a causa delle basse temperature e dell'elevata percentuale di umidità relativa dell'aria esterna e interna nel periodo invernale, l'isolante in lana di legno accumula acqua: il grafico mostra pertanto un andamento crescente della conducibilità termica del materiale. Ciò avviene fino al mese di marzo, in seguito, durante la stagione primaverile ed estiva, si manifesta una graduale asciugatura dell'isolante, con conseguente riduzione della conducibilità termica. La lana di legno inserita nelle pareti faccia a vista tipo/A e /B mostra un

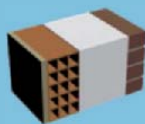
PARAMETRI DI SIMULAZIONE PRESTABILITI	Zona climatica: Ancona [zona D]		
	Riferimento temporale: simulazione annuale		
	Condizioni climatiche al contorno esterne e interne		
TIPOLOGIA DI PARETE FACCIA A VISTA TIPO/A 	TRASMITTANZA  U= variabile	(1) Alta diffusività al vapore Alta capacità di adsorbimento (LANA DI LEGNO)	8 cm
			> 25 cm
	U=0,34 W/m²K	(2) Media diffusività al vapore Media capacità di adsorbimento (SUGHERO)	25 cm
		Alta diffusività al vapore Alta capacità di adsorbimento (LANA DI LEGNO) <td>FV TIPO A</td>	FV TIPO A
			FV TIPO B
			FV TIPO C

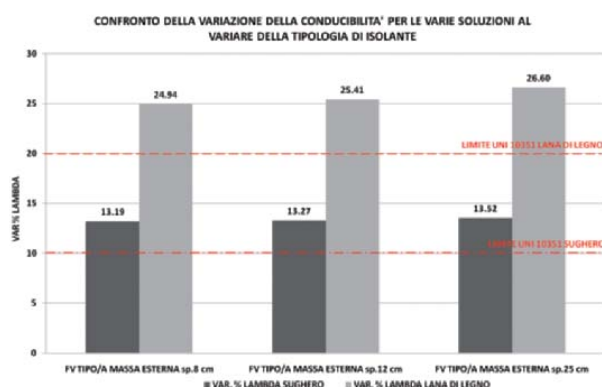
Tabella 2. Quadro sinottico delle stratigrafie oggetto di analisi e dei gruppi di simulazioni.

andamento della conducibilità termica con moderate oscillazioni su scala giornaliera. Tale comportamento trova spiegazione nella presenza di una consistente massa di laterizio disposta sia sul lato interno che su quello esterno della parete. Tali strati forniscono all'isolante una protezione dagli sbalzi di temperatura e di umidità relativa che possono caratterizzare gli ambienti interni ed esterni durante le diverse giornate. Una prestazione differente dell'isolante lana di legno si manifesta nel caso in cui si utilizzi il laterizio faccia a vista FV TIPO/C, caratterizzato, come già visto, da una curva di adsorbimento «al

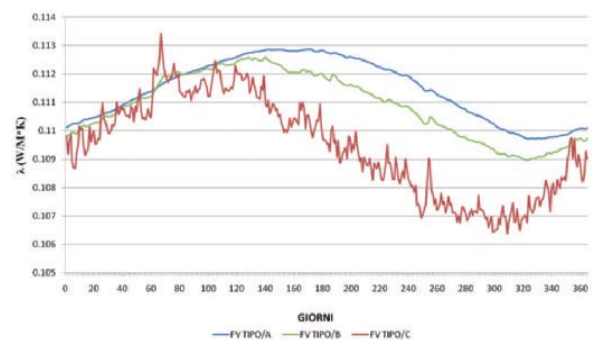
di sopra» di quella della lana di legno, e pertanto in grado di adsorbire acqua (comportamento igroscopico). L'andamento della conducibilità termica dell'isolante lana di legno accoppiata a questa tipologia di laterizio (curva rossa in figura 4) risulta infatti più «instabile»: si possono osservare per l'isolante delle notevoli variazioni di conducibilità (ovvero del contenuto d'acqua) a base giornaliera.

L'elevata igroscopicità del laterizio fa sì che anche l'isolante risenta repentinamente delle variazioni climatiche esterne (temperatura, UR). In particolare il laterizio, fungendo da «tampone igroscopico» per l'acqua contenuta nell'isolante, fa sì che tendenzialmente durante tutto l'anno la conducibilità termica della lana di legno si mantenga al di sotto di quella riscontrata nelle altre due stratigrafie analizzate, salvo un picco in fase invernale.

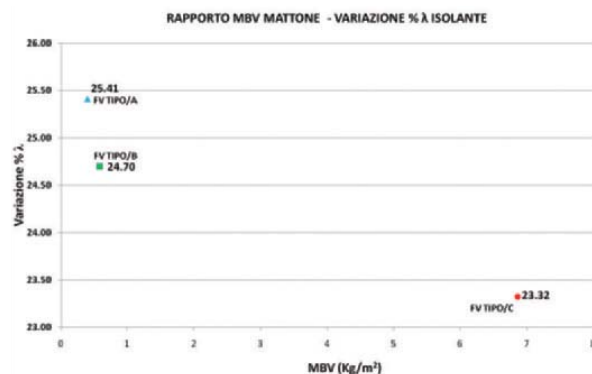
A conferma del ruolo che può giocare il laterizio come tampone igroscopico in una soluzione d'involucro, nella figura 5 viene riportato l'andamento del contenuto d'acqua nell'isolante in funzione della grandezza MBV (precedentemente definita) del laterizio faccia a vista. Si evidenzia come elevati valori di MBV, come quello riscontrato nel laterizio FV TIPO/C, determinano inferiori contenuti d'acqua negli isolanti. Pertanto, l'utilizzo di un laterizio con struttura porosa, capace di adsorbire elevate quantità di vapore, migliora la prestazione «energetica» di un isolante naturale a esso accoppiato.



3. Variazione percentuale della conducibilità termica del sughero e della lana di legno al variare dello spessore della massa esterna (media annuale).



4. Andamento delle conducibilità termica della lana di legno al variare della tipologia di mattone «faccia a vista» utilizzato nella soluzione costruttiva.



5. Variazione percentuale della conducibilità dell'isolante termico in funzione del Moisture Buffering Value (MBV) del laterizio faccia a vista.

## Conclusioni

Isolanti di natura igroscopica impiegati in stratigrafie di pareti rischiano di vedere ridotta la propria resistenza termica (rispetto al valore «a secco») in relazione al contenuto d'acqua che accumulano su base giornaliera e stagionale. I risultati di questa ricerca mostrano come tali riduzioni di prestazione possono raggiungere fino al 27% per un isolante fibroso fortemente igroscopico e al 14% per un isolante a media igroscopicità, valori comunque maggiori rispetto a quelli indicati dagli standard normativi di riferimento. Lo studio dimostra tuttavia che le soluzioni costruttive in laterizio possono ridurre tali problemi, fungendo essi stessi da «tampone igroscopico». In virtù delle proprie caratteristiche igrometriche. ¶

\* Elisa Di Giuseppe, Marco D'Orazio

Università Politecnica delle Marche

Si ringrazia l'Ing. Ilaria Persico per il fondamentale contributo nell'attività di valutazione analitica dei sistemi costruttivi posti a confronto.

## Bibliografia essenziale

P.De Freitas,V.Abrantes,P.Crause, *Moisture Migration in Building Walls – Analysis of the interface Phenomena* Building and environment, Vol. 31, 1995.

Olalekan F, Osanyintola, Carey J. Simonson, *Moisture buffering capacity of hygroscopic building materials: experimental facilities and energy impact*, Energy and Buildings, Vol. 38, 2006.

S. Carolini, M.D'Orazio, C. Di Perna, A. Stazi, *Moisture buffering capacity of highly absorbing materials*, Energy and Buildings, Vol. 41, 2009.

T.Vrana, *Impact of Moisture on Long Term Performance of Insulating Products*, Royal Institute of Technology in Stockholm, Department of Civil and Architectural Engineering, Division of Building Technology. Tesi, 2007.