

1 Introduzione

Il presente rapporto ha come oggetto differenti valutazioni numeriche atte a determinare il contributo all'isolamento termico in muratura fornito del prodotto denominato "NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra minerale naturale", in due spessori (9 e 18 mm) (Rif. 2-a, 2-b). Il calcolo comprende:

- Analisi su tre murature tipo definite dal Committente;
- Determinazione dei parametri di muratura stazionari (resistenza e trasmittanza termica);
- Determinazione dei parametri di muratura in regime dinamico (trasmittanza termica periodica, attenuazione e sfasamento).

2 Riferimenti

- Preventivo: prot. 17032/lab del 15/02/2017.
- Conferma d'ordine: e-mail del 23/05/2017.
- Norma UNI EN ISO 6946:2008. Componenti ed elementi per edilizia. Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo.
- Norma UNI EN ISO 13786:2008. Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
- Quaderno di laboratorio prot. NB2685-CPR-021-2017 del 10/11/2017 sulla determinazione sperimentale della conducibilità termica del prodotto "NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra minerale naturale".

3 Descrizione del metodo di calcolo

L'analisi numerica necessaria alla valutazione del comportamento termico delle pareti è stata eseguita mediante le metodologie di calcolo definite dalle norme al Rif. 2-c (per il caso di regime stazionario) e al Rif. 2-d (per il regime dinamico) ed a partire da valori di conducibilità termica del prodotto misurati sperimentalmente (Rif. 2-e).

Le analisi numeriche sono state effettuate sulle tre tipologie di muratura tal quale e considerando l'applicazione del prodotto con spessore pari a 9 mm ed a 18 mm.

4 Dati di calcolo per la determinazione dei parametri termici di muratura

4.1 Dati di input

In Tabella 1, sono riportati tutti i dati di input forniti dal Committente per la definizione delle tre tipologie di muratura sulle quali implementare il calcolo dei parametri termici stazionari e dinamici.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 2 di 7
	Ing. Mattia Morganti	_Ing. Mattia Morganti_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_335_2017

muratura in c.a.	tipologia di materiale	spessore s	conducibilità λ	densità ρ	calore specifico c_p
		[mm]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kg K]
	intonaco interno in cemento	15	1,40	2200	1000
	cemento armato	300	2,30	2400	1000
	intonaco esterno in cemento	15	1,40	2200	1000
muratura in pietra	tipologia di materiale	spessore s	conducibilità λ	densità ρ	calore specifico c_p
		[mm]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kg K]
	intonaco interno in calce/cemento	15	1,00	1800	1000
	pietra	500	2,30	2600	900
	intonaco esterno in calce/cemento	15	1,00	1800	1000
muratura in mattoni	tipologia di materiale	spessore s	conducibilità λ	densità ρ	calore specifico c_p
		[mm]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kg K]
	intonaco interno in cemento	15	1,40	2200	1000
	mattoni forati portanti	250	0,45	1100	1000
	intonaco esterno in cemento	15	1,40	2200	1000

Tabella 1. Dati di input sulle tre tipologie di muratura

In Tabella 2 vengono invece riportati i dati di input relativi ai materiali necessari per l'applicazione del prodotto isolante alle murature descritte in precedenza.

tipologia di materiale	spessore s	conducibilità λ	densità ρ	calore specifico c_p
	[mm]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kg K]
collante a base calce idraulica	4	0,47	1400	1000
rasante superficiale	6	0,47	1400	1000

Tabella 2. Dati di input dei materiali

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 3 di 7
	Ing. Mattia Morganti	_Ing. Mattia Morganti_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_335_2017

4.2 Conducibilità termica del materiale isolante

La conducibilità termica del prodotto è stata determinata sperimentalmente mediante l'utilizzo di un termoflussimetro HFM (si veda documento al Rif. 2-e). Il valore di conducibilità termica risulta pari a:

$$\lambda_D = 0,032 \text{ [W/mK]}$$

4.3 Condizioni al contorno

La norma al Rif. 2-c fissa i valori da assegnare alle condizioni al contorno, la cui definizione è necessaria per l'implementazione della procedura di calcolo. Le grandezze da definire sono le temperature interna ed esterna ed i valori di resistenza termica superficiale, interna ed esterna. Questi ultimi si riferiscono ai fenomeni di convezione ed irraggiamento che si hanno sulle superfici della muratura (Tabella 3):

Condizioni al contorno del calcolo	
Grandezza fisica	Valore nominale
Temperatura interna T_i	20 °C = 293.15 K
Temperatura esterna T_e	0°C = 273.15 K
Resistenza Superficiale interna R_{si}	0.13 m ² K/W
Resistenza Superficiale esterna R_{se}	0.04 m ² K/W

Tabella 3. Condizioni al contorno applicate

5 Determinazione dei valori termici della muratura

Il calcolo in regime stazionario è stato implementato al fine di determinare la trasmittanza termica e la resistenza termica totale delle murature in oggetto. I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 4.

Il calcolo dei parametri termici dinamici, invece, ha permesso di determinare i valori numerici per la trasmittanza termica periodica, l'attenuazione e lo sfasamento (Tabella 5).

Per ciascun risultato, è stata valutata la variazione percentuale di ogni singola grandezza nel caso di applicazione del prodotto (con entrambi gli spessori) rispetto al caso di parete tal quale.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 4 di 7
	Ing. Mattia Morganti	_Ing. Mattia Morganti_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_335_2017

regime stazionario	trasmissione		resistenza termica	
	U	variaz. %	R _t	variaz. %
	[W/m ² K]	[%]	[m ² K/W]	[%]
muratura c.a.	3,107	-	0,322	-
muratura c.a. + 9 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	1,602	-48,4	0,624	93,8
muratura c.a. + 18 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	1,104	-64,5	0,906	181,4
muratura pietra	2,396	-	0,417	-
muratura pietra + 9 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	1,389	-42,0	0,720	72,7
muratura pietra + 18 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,999	-58,3	1,001	140,0
muratura mattoni	1,339	-	0,747	-
muratura mattoni + 9 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,953	-28,8	1,050	40,6
muratura mattoni + 18 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,751	-43,9	1,331	78,2

Tabella 4. Risultati del calcolo in regime stazionario

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 5 di 7
	Ing. Mattia Morganti	_Ing. Mattia Morganti_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_335_2017

Regime dinamico (periodo stabilizzato T = 24h)	trasmissione periodica		attenuazione		sfasamento	
	Yie	variaz. %	fd	variaz. %	ϕ	variaz. %
	[W/m ² K]	[%]	[-]	[%]	[h]	[%]
muratura c.a.	0,877	-	0,282	-	8,36	-
muratura c.a. + 9 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,195	-77,8	0,122	-56,7	9,79	17,1
muratura c.a. + 18 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,112	-87,2	0,102	-63,8	10,01	19,7
muratura pietra	0,254	-	0,106	-	12,89	-
muratura pietra + 9 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,060	-76,4	0,043	-59,4	14,28	10,8
muratura pietra + 18 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,035	-86,2	0,035	-67,0	14,51	12,6
muratura mattoni	0,493	-	0,368	-	9,03	-
muratura mattoni + 9 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,175	-64,5	0,184	-50,0	11,19	23,9
muratura mattoni + 18 mm NOBILIUM®THERMALPANEL – Fibra Minerale Naturale	0,106	-78,5	0,141	-61,7	11,65	29,0

Tabella 5. Risultati del calcolo in regime dinamico

6 Conclusioni

Sulla base dei calcoli eseguiti si può constatare come l'applicazione del prodotto alle murature tal quali consenta sensibili riduzioni percentuali in termini di trasmissione (associate ovviamente a considerevoli incrementi dei valori di resistenza termica). L'incremento del grado di isolamento è ben visibile anche nel caso di regime dinamico: l'applicazione del prodotto sulle murature tal quali consente importanti riduzioni della trasmissione termica periodica e del fattore di attenuazione con relativo incremento del valore di sfasamento.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 6 di 7
	Ing. Mattia Morganti	_Ing. Mattia Morganti_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_335_2017

7 Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	Agosti Nanotherm S.r.l.	1 copia

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 7 di 7
	Ing. Mattia Morganti	_Ing. Mattia Morganti_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_335_2017