

## RELAZIONE DI CALCOLO N. 314345

(la presente relazione di calcolo annulla e sostituisce la relazione di calcolo n. 305795 emessa da Istituto Giordano in data 23/05/2013)

**Luolo e data di emissione:** Bellaria-Igea Marina - Italia, 26/03/2014

**Committente:** SPECIALE FERO - Via G. B. Pergolesi, 29 - 90047 PARTINICO (PA) - Italia

**Data della richiesta del calcolo:** 10/05/2013

**Numero e data della commessa:** 59671, 14/05/2013

**Data del ricevimento del campione:** 17/03/2014

**Data dell'esecuzione del calcolo:** dal 17/03/2014 al 24/03/2014

**Oggetto del calcolo:** determinazione delle proprietà termiche di elementi per muratura e di murature secondo la norma UNI EN 1745:2012 utilizzando il metodo di calcolo agli elementi finiti

**Luolo del calcolo:** Istituto Giordano S.p.A. - Blocco 2 - Via Rossini, 2 - 47814 Bellaria-Igea Marina (RN) - Italia

**Provenienza del campione:** campionato e fornito dal Committente

**Identificazione del campione in accettazione:** n. 2014/0536B

### Denominazione del campione\*

Il campione in esame è denominato "THERMO SPECIAL BLOCK 350x250x500 A 8 FORI (spessore 350 mm, EPS con grafite)".

(\*) secondo le dichiarazioni del Committente.

Comp. AV  
Reviz. PR

La presente relazione di calcolo è composta da n. 11 fogli.

Foglio  
n. 1 di 11

CLAUSOLA: Il presente documento è riferito unicamente al campione o materiale sottoposto a prova nei poli e non è riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta dall'Istituto Giordano.

### Descrizione del campione\*

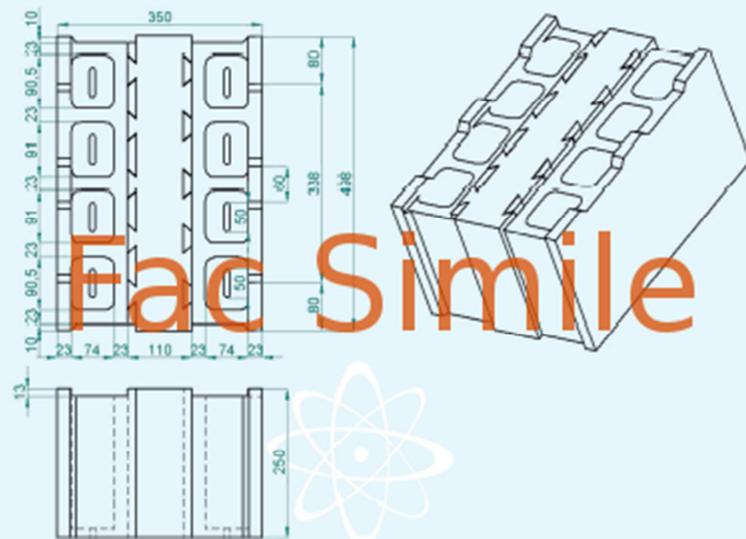
Il campione in esame è costituito da un elemento per muratura in calcestruzzo con aggregati di argilla espansa predominante e polistirene espanso (EPS) con grafite, dimensioni nominali 500x350x250 mm.

Nota: Le dimensioni nominali sono indicate nell'ordine lunghezza x larghezza x altezza, come prescritto dalla norma UNI EN 771-3:2012, "Dimensions", conseguentemente la seconda dimensione riportata è lo spessore della muratura prevista in opera.



Fotografia del campione.

(\*) secondo le dichiarazioni del Committente.

DISEGNO DEL CAMPIONE  
(fornito dal Committente)

## Dati dichiarati dal Committente.

Elemento per muratura	Calcestruzzo	Massa volumica a secco netta (del materiale) - tolleranza	1283 kg/m <sup>3</sup>	+ 0 %
	Pannello in EPS con graffio	Conduttività termica dichiarata (come da documentazione fornita dal Committente)	0,051 W/(m·K)	- 5 %

## Dati rilevati sul campione.

Lunghezza "l"	498 mm
Larghezza "w" (corrispondente allo spessore della muratura priva di intonaco)	348 mm
Altezza "h <sub>net</sub> " (con distanziatori superiori)	250 mm
Massa dell'elemento essiccato	24,252 kg
Massa volumica a secco netta (del calcestruzzo) "ρ <sub>dry</sub> " <sup>(*)</sup>	1283 kg/m <sup>3</sup>
Massa volumica a secco lorda dell'elemento per muratura "ρ <sub>dry</sub> " <sup>(*)</sup>	560 kg/m <sup>3</sup>

(\*) La massa volumica a secco netta è stata determinata come rapporto tra la massa dell'elemento per muratura essiccato ed il suo volume netto determinato secondo il procedimento descritto al paragrafo 7 della norma UNI EN 771-13:2012 del 01/10/2012 "Metodi di prova per elementi di muratura". Determinazione della massa volumica a secco assoluta (della massa volumica a secco apparente degli elementi per muratura) ad eccezione della pietra naturale".

## Riferimenti normativi.

L'analisi è stata eseguita secondo le prescrizioni delle seguenti norme:

- UNI EN 771-3:2011 del 16/06/2011 "Specifica per elementi per muratura. Parte 3: Elementi di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri) per muratura";
- UNI EN 1745:2012 del 14/06/2012 "Muratura e prodotti per muratura. Metodi per determinare i valori termici", paragrafi 5 "Procedures to determine equivalent λ<sub>0,deg,net</sub> values for masonry units with formed voids and composite masonry units", 5.2 "Calculation method" e 7.2.2 "R<sub>design,net</sub> or λ<sub>design,net</sub> values using a numerical calculation method based on the design thermal conductivity of the material used";
- UNI EN ISO 6946:2008 del 17/07/2008 "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmissione termica - Metodo di calcolo";
- UNI EN ISO 10456:2008 del 22/05/2008 "Materiali e prodotti per edilizia. Proprietà termiche. Valori tabulari di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto".

### Procedure di calcolo.

Il calcolo è stato condotto sulla base della sezione rilevata sull'elemento per muratura fornito dal Committente. Il calcolo delle proprietà termiche è stato eseguito sia sull'elemento in esame considerato singolarmente, sia sulla muratura costituita con tali elementi.

L'analisi termica ha lo scopo di determinare le "proprietà termiche dichiarate" specifiche dell'elemento e della muratura, valutate in condizioni di riferimento. L'analisi riguardante il singolo elemento è effettuata nelle condizioni a secco dell'elemento senza giunti di malta né intonaco, mentre quella della muratura viene effettuata considerando anche i giunti di malta, l'intonaco e l'effetto di un contenuto di umidità in equilibrio con un ambiente in condizioni standard.

Le analisi sono state effettuate secondo i paragrafi 5.3.2.3 "Model P4. Determination of  $\lambda_{0,0,0,0,0}$  values using tabulated value from Annex A" e 7.2.2 "Requirements for appropriate calculation procedures" della norma UNI EN 1745.

Le cavità presenti sono state valutate calcolando il relativo valore di conduttività termica equivalente, secondo i criteri esposti nell'Annex B "Thermal resistance of airspaces" della norma UNI EN ISO 6946.

### Condizioni utilizzate per l'analisi termica dell'elemento per muratura.

Le caratteristiche termiche dell'elemento per muratura (resistenza termica e conduttività termica equivalente) sono state valutate nelle condizioni riportate nella Table 1 "Declared value conditions" della norma UNI EN ISO 10456, per l'insieme di condizioni "Ia":

- temperatura di riferimento: 10 °C;
- umidità: "u<sub>0</sub>" (materiale essiccato).

La conduttività termica del materiale costituente l'elemento per muratura è stata determinata in accordo al paragrafo 5.3.2.3 della norma UNI EN 1745, interpolando i dati forniti dalla tabella A.6 "Concrete units with expanded clay aggregates" per il frattile P = 50 %, in base alla massa volumica a secco netta fornita dal Committente.

L'analisi termica agli elementi finiti è stata eseguita su una sezione bidimensionale parallela al flusso termico e perpendicolare all'asse della foratura degli elementi.

### Condizioni utilizzate per l'analisi termica della muratura.

La muratura ipotizzata nei calcoli è costituita dagli elementi in esame con giacitura dei fori ad asse verticale e da giunti di malta interrotti in prossimità del pannello in EPS, di cui quelli orizzontali di spessore 13 mm (imposto da n. 4 distanziatori superiori degli elementi) e quelli verticali all'interno delle tasche perimetrali.

Le proprietà termiche della muratura sono state determinate nelle condizioni riportate nella Table 1 "Declared value conditions" della norma UNI EN ISO 10456, per l'insieme di condizioni "Ib":

- temperatura di riferimento: 10 °C;
- umidità: "u<sub>0</sub>" (materiale all'equilibrio con aria a 13 °C ed umidità relativa del 50 %).

Il valore della conduttività termica del materiale costituente gli elementi in esame è stato determinato applicando le formule per il calcolo della conduttività termica di progetto riportate al paragrafo 6 "Moisture conversion" della norma UNI EN 1745, utilizzando il valore di conduttività termica precedentemente impiegato per il calcolo delle caratteristiche termiche dell'elemento con il contenuto di umidità riportato nella Table 4 "Moisture properties and specific heat capacity of thermal insulation materials and masonry materials" della norma UNI EN ISO 10456.

Come conduttività termica dei giunti di malta è stato impiegato il valore di 1,00 W/(m·K), ricavato dalla Table 3 "Design thermal values for materials in general building applications" della norma UNI EN ISO 10456, per intonaci di massa volumica 1800 kg/m<sup>3</sup>.

La trasmittanza termica della muratura è stata determinata ipotizzando un intonaco di spessore 10 mm e di conduttività termica di progetto di 1,00 W/(m·K), applicato su entrambe le superfici della muratura. Tale valore di conduttività termica è stato ottenuto dalla Table 3 della norma UNI EN ISO 10456, per intonaci di massa volumica 1800 kg/m<sup>3</sup>.

L'analisi termica agli elementi finiti è stata eseguita su una sezione della muratura, parallela al flusso termico e perpendicolare all'asse della foratura degli elementi.

Per tenere conto dei giunti di malta orizzontali è stata eseguita un'analisi termica agli elementi finiti su una sezione parallela alla direzione prevalente del flusso termico e perpendicolare alla sezione precedentemente considerata.

Per tenere conto della penetrazione della malta all'interno dei fori lo spessore dei giunti di malta perpendicolari all'asse dei fori è stato maggiorato di 5 mm.

Il dettaglio di tutte le caratteristiche impiegate nei calcoli è riportato nel paragrafo seguente.



**Dati di calcolo.**

Dati per il calcolo delle proprietà termiche degli elementi per muratura.

Foratura		verticale
Polistirene espanso con grafite	Conduttività termica dichiarata	0,031 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Calcestruzzo con aggregati di argilla espansa predominanti	Massa volumica a secco netta (del materiale) (valore misurato sull'elemento fornito dal Committente)	1283 kg/m <sup>3</sup>
	Limite superiore della massa volumica a secco netta del materiale utilizzato per i calcoli (dato fornito dal Committente)	1300 kg/m <sup>3</sup>
	Conduttività termica del materiale essiccato " $\lambda_{0, dry, net}$ " (UNI EN 1745 - Table A.6 "Concrete units with expanded clay aggregates" per il frattile P = 50 %)	0,430 W/(m·K)
Temperatura ambiente interno " $T_i$ "		20 °C
Temperatura ambiente esterno " $T_e$ "		0 °C
Resistenza termica superficiale interna " $R_{si}$ " (UNI EN ISO 6946 § 5.2)		0,13 m <sup>2</sup> ·K/W
Resistenza termica superficiale esterna " $R_{se}$ " (UNI EN ISO 6946 § 5.2)		0,04 m <sup>2</sup> ·K/W

Dati per il calcolo delle proprietà termiche della muratura.

Giacitura della foratura		verticale
Polistirene espanso con grafite	Conduttività termica dichiarata " $\lambda_D$ "	0,031 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Calcestruzzo con aggregati di argilla espansa predominanti	Massa volumica a secco netta (del materiale) (valore misurato sull'elemento fornito dal Committente)	1283 kg/m <sup>3</sup>
	Limite superiore della massa volumica a secco netta del materiale utilizzato per i calcoli (dato fornito dal Committente)	1300 kg/m <sup>3</sup>
	Conduttività termica del materiale essiccato " $\lambda_{0, dry, net}$ " (UNI EN 1745 - Table A.6 "Concrete units with expanded clay aggregates" per il frattile P = 50 %)	0,430 W/(m·K)
	Coefficiente di correzione dell'umidità " $f_{RH}$ " (UNI EN 1745 - Table A.6)	4
	Contenuto di umidità in peso e in volume del materiale dell'elemento " $u$ " (UNI EN ISO 10456 - Table 4 "Concrete with expanded clay as predominant aggregate", nelle condizioni T = 23 °C, UR = 50 %)	0,020 kg/kg
		0,026 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>

(\*) Maggiorazione che tiene conto della penetrazione della malta nei setti.

	Fattore di correzione " $F_m$ " della conduttività termica del materiale dell'elemento (UNI EN 1745 § 4.3)	1,083
	Conduttività termica del materiale dell'elemento " $\lambda_{dry, net}$ " nelle condizioni "Ib"	0,466 W/(m·K)
Giunti di malta	Descrizione	verticali: all'interno delle tasche perimetrali ed interrotti in prossimità del pannello in EPS orizzontali: interrotti in prossimità del pannello in EPS
	Conduttività termica (UNI EN ISO 10456 - Table 3 "Plasters and renders of mass volumica 1800 kg/m <sup>3</sup> ")	1,00 W/(m·K)
	Spessore (giunti verticali)	0 mm
	Spessore (giunti orizzontali)	13 + 5* mm
Intonaco	Conduttività termica (UNI EN ISO 10456 - Table 3 "Plasters and renders of mass volumica 1800 kg/m <sup>3</sup> ")	1,00 W/(m·K)
	Spessore	10 mm
Temperatura ambiente interno " $T_i$ "		20 °C
Temperatura ambiente esterno " $T_e$ "		0 °C
Resistenza termica superficiale interna " $R_{si}$ " (UNI EN ISO 6946 § 5.2 "Resistenza termica superficiale. Direzione del flusso termico orizzontale")		0,13 m <sup>2</sup> ·K/W
Resistenza termica superficiale esterna " $R_{se}$ " (UNI EN ISO 6946 § 5.2 "Resistenza termica superficiale. Direzione del flusso termico orizzontale")		0,04 m <sup>2</sup> ·K/W

Fac simile

**Risultati dell'analisi.**

Le proprietà termiche, valutate utilizzando i dati di conduttività termica del materiale costituente l'elemento per muratura per il frattile P= 50 % della norma UNI EN 1745 - Table A.6 "Concrete units with expanded clay aggregates" e la conduttività termica dichiarata del polistirene espanso, sono le seguenti:

**Proprietà degli elementi per muratura.**

Spessore dell'elemento per muratura "w"	348 mm
Massa dell'elemento essiccato	24,252 kg
Massa volumica a secco netta (del materiale) (valore misurato sull'elemento fornito dal Committente)	2823 kg/m <sup>3</sup>
Massa volumica a secco netta (del materiale) (dato fornito dal Committente)	1300 kg/m <sup>3</sup> <span style="float: right;">+ 0 % - 5 %</span>
Massa volumica a secco netta (del materiale) utilizzata per i calcoli "ρ <sub>dry,net</sub> "	1300 kg/m <sup>3</sup>
Conduttività termica dichiarata del polistirene espanso con grafite (dato fornito dal Committente)	0,031 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Resistenza termica a secco dell'elemento per muratura (Condizioni "Ia" *)	3,41 m <sup>2</sup> ·K/W
Conduttività termica equivalente a secco dell'elemento per muratura "λ <sub>dry,net</sub> " (Condizioni "Ia" *)	0,102 W/(m·K)

(\*) Condizioni "Ia" - UNI EN ISO 10456 - Table 1:

- temperatura di riferimento: 10 °C;
- basso contenuto di umidità ottenuto mediante essiccamento del materiale.

# Fac simile

**Proprietà della muratura.**

La muratura definita nei precedenti paragrafi presenta le seguenti caratteristiche:

Spessore della muratura priva di intonaco "w"	348 mm
Massa volumica a secco netta (del materiale) (valore misurato sull'elemento fornito dal Committente)	1283 kg/m <sup>3</sup>
Massa volumica a secco netta (del materiale) (dato fornito dal Committente)	1300 kg/m <sup>3</sup> <span style="float: right;">+ 0 % - 5 %</span>
Massa volumica a secco netta (del materiale) utilizzata per i calcoli "ρ <sub>dry,net</sub> "	1300 kg/m <sup>3</sup>
Conduttività termica dichiarata del polistirene espanso con grafite (dato fornito dal Committente)	0,031 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Resistenza termica della muratura priva di intonaco "R <sub>d,sp,net</sub> " (Condizioni "Ib" **)	3,27 m <sup>2</sup> ·K/W
Trasmittanza termica in regime stazionario "U" della muratura con intonaco (Condizioni "Ib" **)	0,289 W/(m <sup>2</sup> ·K)

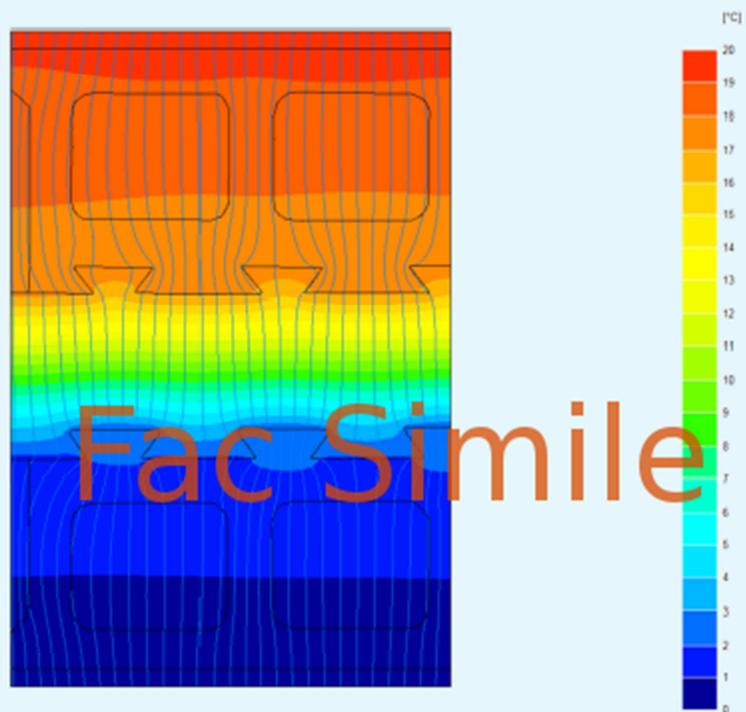
(\*\*) Condizioni "Ib" - UNI EN ISO 10456 - Table 1:

- temperatura di riferimento: 10 °C;
- contenuto di umidità all'equilibrio con aria a 23 °C ed umidità relativa del 50 %.

- Note:
- le proprietà termiche dell'elemento valutate in condizioni di materiale essiccato possono essere impiegate per la dichiarazione delle proprietà termiche intrinseche dell'elemento, ma non possono essere utilizzate, tal quali, per determinare le dispersioni termiche della muratura realizzata con tali elementi, poiché non tengono conto dei giunti di malta e del contenuto di umidità presente nella struttura;
  - le proprietà termiche della muratura "R<sub>d,sp,net</sub>" ed "U" possono essere impiegate per valutare le dispersioni termiche della muratura purché le condizioni ipotizzate nel calcolo corrispondano alle condizioni di esercizio. Nel caso di impieghi che comportano contenuti di umidità diversi da quelli ipotizzati per il presente calcolo le proprietà termiche devono essere corrette come prescritto dalla norma UNI EN 1745, facendo riferimento al contenuto di umidità;
  - le proprietà termiche degli elementi o della muratura possono essere confrontate con quelle di altri prodotti solo nel caso che siano state determinate con lo stesso procedimento, nelle stesse condizioni e per gli stessi frattili e livello di confidenza.

# Fac simile





Fac simile

Il Responsabile Tecnico  
(Dott. Ing. Paolo Ricci)

Il Responsabile del Laboratorio  
di Fisica Tecnica  
(Dott. Ing. Vincenzo Iommi)

L'Amministratore Delegato  
(Dott. Ing. Vincenzo Iommi)

Firmato digitalmente  
da Vincenzo Iommi