

## **RELAZIONE DI CALCOLO N. 319387**

**(la presente relazione di calcolo annulla e sostituisce la relazione di calcolo n. 319055  
emessa da Istituto Giordano in data 30/09/2014)**

**Luogo e data di emissione:** Bellaria-Igea Marina - Italia, 30/09/2014

**Committente:** ISOBLOC S.r.l. - Via delle Castelline, 28 - 43019 SORAGNA (PR) - Italia e  
FIXOLITE USINES S.A. - Rue Vandervelde 170 - B- 6230 THIMEON - Belgium

**Data della richiesta del calcolo:** 10/09/2014

**Numero e data della commessa:** 64365, 26/09/2014

**Data del ricevimento del disegno:** 25/09/2014

**Data dell'esecuzione del calcolo:** dal 25/09/2014 al 30/09/2014

**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

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

**Provenienza del disegno:** fornito da Isobloc S.r.l. - Via delle Castelline, 28 - 43019 Soragna (PR) - Italia

**Identificazione del disegno in accettazione:** n. 2014/1948

### **Denominazione del campione\*.**

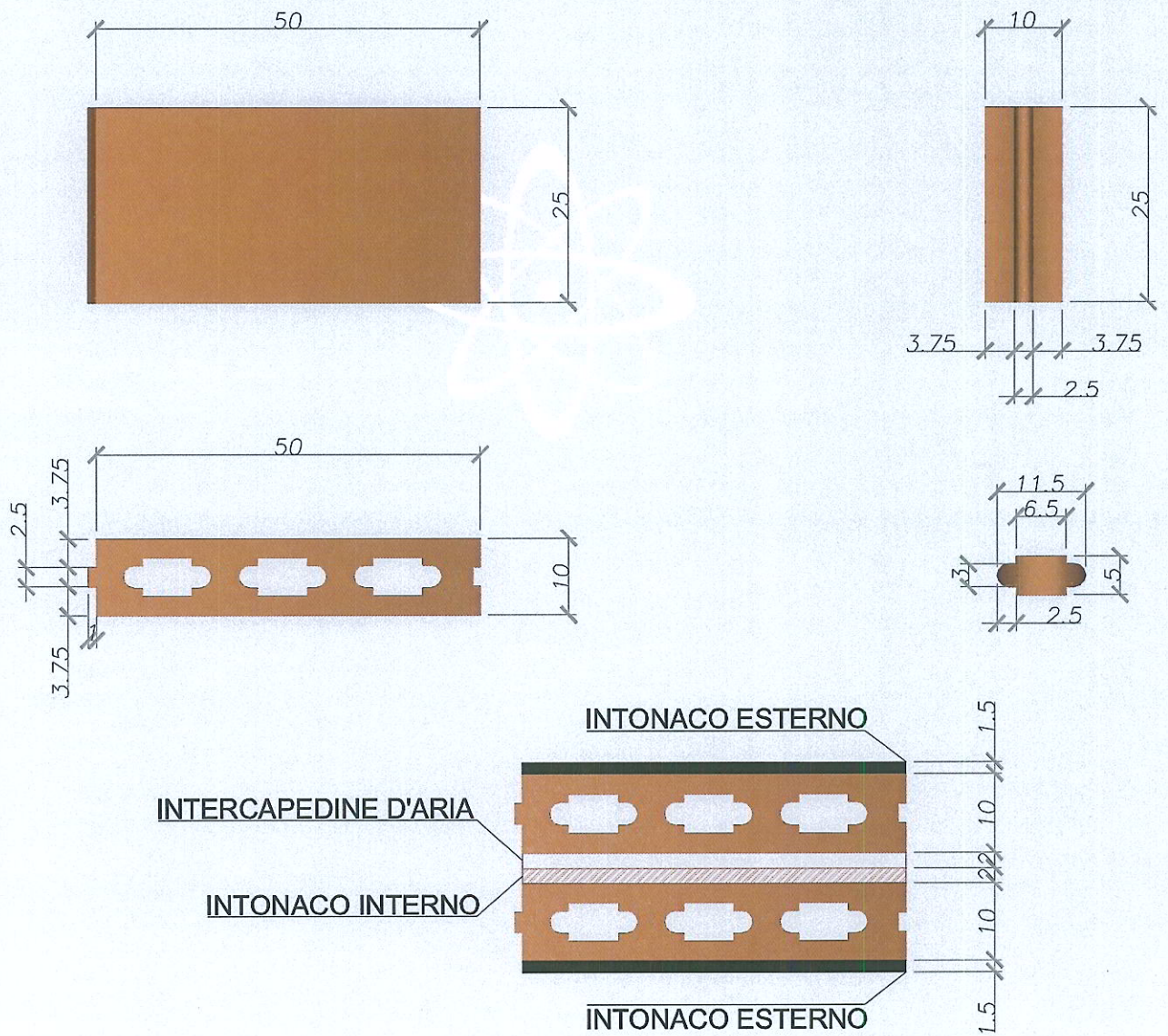
L'elemento per muratura rappresentato dal disegno, fornito dal Committente, è denominato "TRAMEZZA (spessore 100 mm)".

(\*) secondo le dichiarazioni del Committente.

**Descrizione del campione\*.**

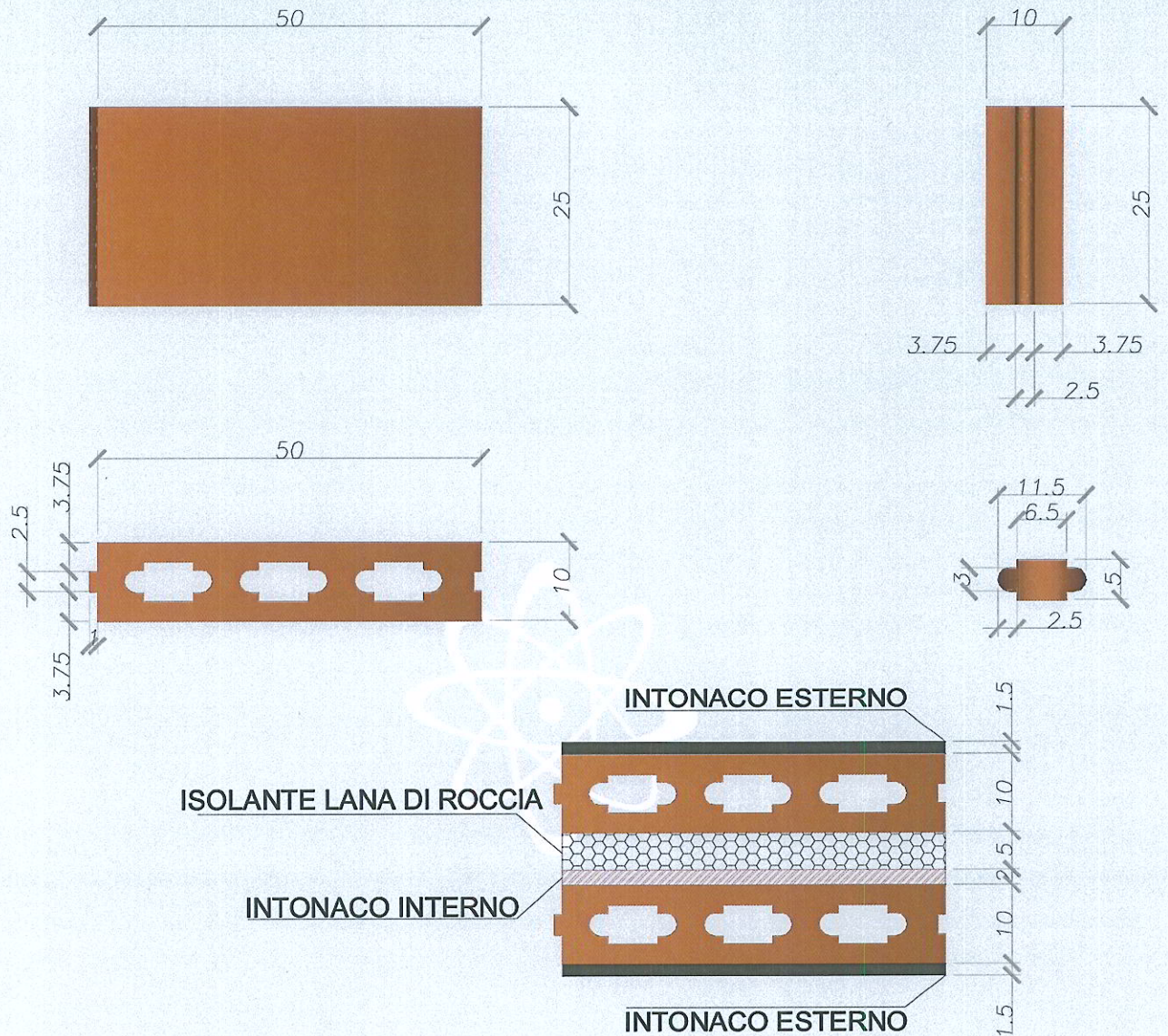
Il disegno fornito dal Committente rappresenta un elemento per muratura in legno cemento mineralizzato, dimensioni nominali 500 × 100 × 250 mm e due tipologie di muratura (con intercapedine d'aria e con lana di roccia).

**DISEGNO SCHEMATICO DELL'ELEMENTO PER MURATURA  
(CON INTERCAPEDINE D'ARIA)**



(\*) secondo le dichiarazioni del Committente.

DISEGNO SCHEMATICO DELL'ELEMENTO PER MURATURA  
(CON PANNELLO IN LANA DI ROCCIA)



**Dati dichiarati dal Committente.**

Elemento per muratura	Massa volumica a secco netta (del materiale) " $\rho_{n,dry}$ " e tolleranza	750 kg/m <sup>3</sup> ± 10 %
Pannello in lana di roccia	Conduttività termica dichiarata " $\lambda_D$ " (come da documentazione fornita dal Committente)	0,035 W/(m·K)
	Massa volumica	70 kg/m <sup>3</sup>

### Riferimenti normativi.

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

- 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  $\lambda_{10,dry,unit}$  values for masonry units with formed voids and composite masonry units”, 5.2 “Calculation method” e 7.2.2 “ $R_{design,mas}$  or  $\lambda_{design,mas}$  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 trasmittanza termica. Metodo di calcolo”;
- UNI EN ISO 10456:2008 del 22/05/2008 “Materiali e prodotti per edilizia. Proprietà igrotermiche. Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto”.

### Procedure di calcolo.

#### **Determinazione delle proprietà termiche di elementi per muratura e di murature.**

Il calcolo è stato condotto sulla base del disegno 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.

Le analisi sono state effettuate secondo i paragrafi 5.3.2.2 “Model P 3. Determination of  $\lambda_{10,dry,unit}$  values using measured thermal conductivity of the masonry unit material” e 7.2.2 “ $R_{design,mas}$  or  $\lambda_{design,mas}$  values using a numerical calculation method based on the design thermal conductivity of the material used” applicando il metodo agli elementi finite a sezioni piane bidimensionali dell'elemento per muratura e della muratura, utilizzando un programma di calcolo che soddisfa i requisiti dell'Appendice D “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>dry</sub>" (materiale essiccato).

Le conduttività termiche a secco del materiale costituente i blocchi è stata assunta pari al valore massimo di n. 3 determinazioni sperimentali con il metodo della piastra calda con anello di guardia secondo la norma UNI EN 12664:2002 "Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia. Determinazione della resistenza termica con il metodo della piastra calda con anello di guardia e con il metodo del termoflussimetro. Prodotti secchi e umidi con media e bassa resistenza termica (si veda i rapporti di prova n. 319052, n. 319053 e n. 319054 emessi in data 30/09/2014 da Istituto Giordano).

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 delle murature.**

Le murature ipotizzate nei calcoli sono costituite da n. 2 corsi di elementi in esame con giacitura dei fori ad asse verticale, dagli intonaci esterni (spessore 15 mm), da giunti di malta orizzontali (spessore 10 mm), dall'intonaco interno (spessore 20 mm) e da un'intercapedine d'aria (spessore 20 mm) o da un pannello lana di roccia (spessore 50 mm).

Le proprietà termiche delle murature sono state determinate 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>dry</sub>" (materiale essiccato).

La conduttività termica dei giunti di malta e degli intonaci è stata determinata interpolando i dati forniti dalla tabella A.12 "Mortar (masonry mortar and rendering mortar)" per il frattile P = 50 %.

L'analisi termica agli elementi finiti è stata eseguita su una sezione delle murature, 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 valore di trasmittanza termica della muratura è stato valutato in accordo al paragrafo 8 "Determination of the thermal transmittance of masonry" considerando la muratura rivestita da un intonaco di spessore 15 mm applicato su entrambe le superfici della muratura.

### Dati di calcolo.

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

<b>Elemento per muratura</b>	<b>Foratura</b>		verticale
	<b>Materiale</b>		legno cemento mineralizzato
	<b>Massa volumica a secco netta (del materiale)</b> (dato fornito dal Committente)		750 kg/m <sup>3</sup> ± 10 %
	<b>Conduktività termica del materiale essiccato "<math>\lambda_{sp}</math>"</b> (corrispondente alla massa volumica a secco pari a 752 kg/m <sup>3</sup> ) (si veda il rapporto di prova n. 319052 emesso in data 30/09/2014 da Istituto Giordano)		0,184 W/(m·K)
<b>Temperatura ambiente interno "<math>T_i</math>"</b>			20 °C
<b>Temperatura ambiente esterno "<math>T_e</math>"</b>			0 °C
<b>Resistenza termica superficiale interna "<math>R_{si}</math>" (UNI EN ISO 6946 § 5.2)</b>			0,13 m <sup>2</sup> ·K/W
<b>Resistenza termica superficiale esterna "<math>R_{se}</math>" (UNI EN ISO 6946 § 5.2)</b>			0,04 m <sup>2</sup> ·K/W

**Dati per il calcolo delle proprietà termiche delle murature.**

<b>ELEMENTO PER MURATURA</b>	
<b>Giacitura della foratura</b>	verticale
<b>Materiale</b>	legno cemento mineralizzato
<b>Massa volumica a secco netta (del materiale)</b> (dato fornito dal Committente)	750 kg/m <sup>3</sup> ± 10 %
<b>Conduttività termica del materiale essiccato "λ<sub>sp</sub>"</b> (corrispondente alla massa volumica a secco pari a 752 kg/m <sup>3</sup> ) (si veda il rapporto di prova n. 319052 emesso in data 30/09/2014 da Istituto Giordano)	0,184 W/(m·K)

<b>PANNELLO IN LANA DI ROCCIA</b>	
<b>Massa volumica</b> (dato fornito dal Committente)	70 kg/m <sup>3</sup>
<b>Conduttività termica dichiarata "λ<sub>p</sub>"</b> (come da documentazione fornita dal Committente)	0,035 W/(m·K)

<b>GIUNTI DI MALTA</b>	
<b>Descrizione</b>	Verticali
<b>Massa volumica</b>	1700 kg/m <sup>3</sup>
<b>Conduttività termica del materiale essiccato "λ<sub>10,dry,mat</sub>"</b> (UNI EN 1745 - Table A.12 "Mortar (masonry mortar and rendering mortar))	0,715 W/(m·K)
<b>Spessore giunti verticali "h<sub>mor</sub>"</b>	assenti
<b>Spessore giunti orizzontali "h<sub>mor</sub>"</b>	10 + 5* mm

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

<b>INTONACI</b>	
<b>Massa volumica</b>	1600 kg/m <sup>3</sup>
<b>Conduttività termica del materiale essiccato "λ<sub>10,dry,mat</sub>"</b> (UNI EN 1745 - Table A.12)	0,61 W/(m·K)
<b>Temperatura ambiente interno "T<sub>i</sub>"</b>	20 °C
<b>Temperatura ambiente esterno "T<sub>e</sub>"</b>	0 °C
<b>Resistenza termica superficiale interna "R<sub>si</sub>"</b> (UNI EN ISO 6946 § 5.2 "Resistenza termica superficiale. Direzione del flusso termico orizzontale")	0,13 m <sup>2</sup> ·K/W
<b>Resistenza termica superficiale esterna "R<sub>se</sub>"</b> (UNI EN ISO 6946 § 5.2 "Resistenza termica superficiale. Direzione del flusso termico orizzontale")	0,04 m <sup>2</sup> ·K/W

### Risultati dell'analisi.

Le proprietà termiche, valutate utilizzando i dati di conduttività termica del materiale costituente l'elemento per muratura, sono le seguenti:

#### Proprietà termiche degli elementi per muratura.

<b>Spessore dell'elemento per muratura "w"</b>	100 mm
<b>Massa volumica a secco netta (del materiale)</b> (dato fornito dal Committente)	750 kg/m <sup>3</sup> ± 10 %
<b>Conduttività termica del materiale essiccato "<math>\lambda_{sp}</math>"</b> (corrispondente alla massa volumica a secco pari a 752 kg/m <sup>3</sup> ) (si veda il rapporto di prova n. 319052 emesso in data 30/09/2014 da Istituto Giordano)	0,184 W/(m·K)
<b>Conduttività termica equivalente a secco dell'elemento per muratura "<math>\lambda_{10,dry,unit}</math>"</b> (Condizioni "Ia" *)	<b>0,188 W/(m·K)</b>

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

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

#### Proprietà termiche delle murature.

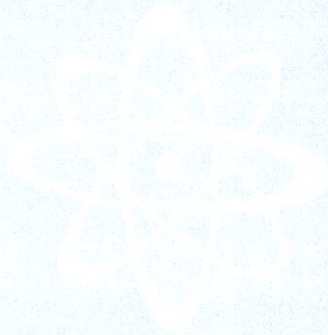
Le murature definite nei precedenti paragrafi presentano le seguenti caratteristiche:

<b>Muratura</b>	con intercapedine (spessore 20 mm)	con lana di roccia (spessore 50 mm)
<b>Spessore della muratura priva di intonaci esterni "w"</b>	240 mm	270 mm
<b>Massa volumica a secco netta (del materiale)</b> (dato fornito dal Committente)	750 kg/m <sup>3</sup> ± 10 %	
<b>Conduttività termica del materiale essiccato "<math>\lambda_{sp}</math>"</b> (corrispondente alla massa volumica a secco pari a 752 kg/m <sup>3</sup> ) (si veda il rapporto di prova n. 319052 emesso in data 30/09/2014 da Istituto Giordano)	0,184 W/(m·K)	
<b>Resistenza termica della muratura priva di intonaco</b> <b>"<math>R_{dry,mas}</math>"</b> (Condizioni "Ia" **)	<b>1,15 m<sup>2</sup>·K/W</b>	<b>2,39 m<sup>2</sup>·K/W</b>
<b>Trasmittanza termica "<math>U_{10,dry,mas}</math>" della muratura con intonaco</b> (Condizioni "Ia" **)	<b>0,73 W/(m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>0,348 W/(m<sup>2</sup>·K)</b>

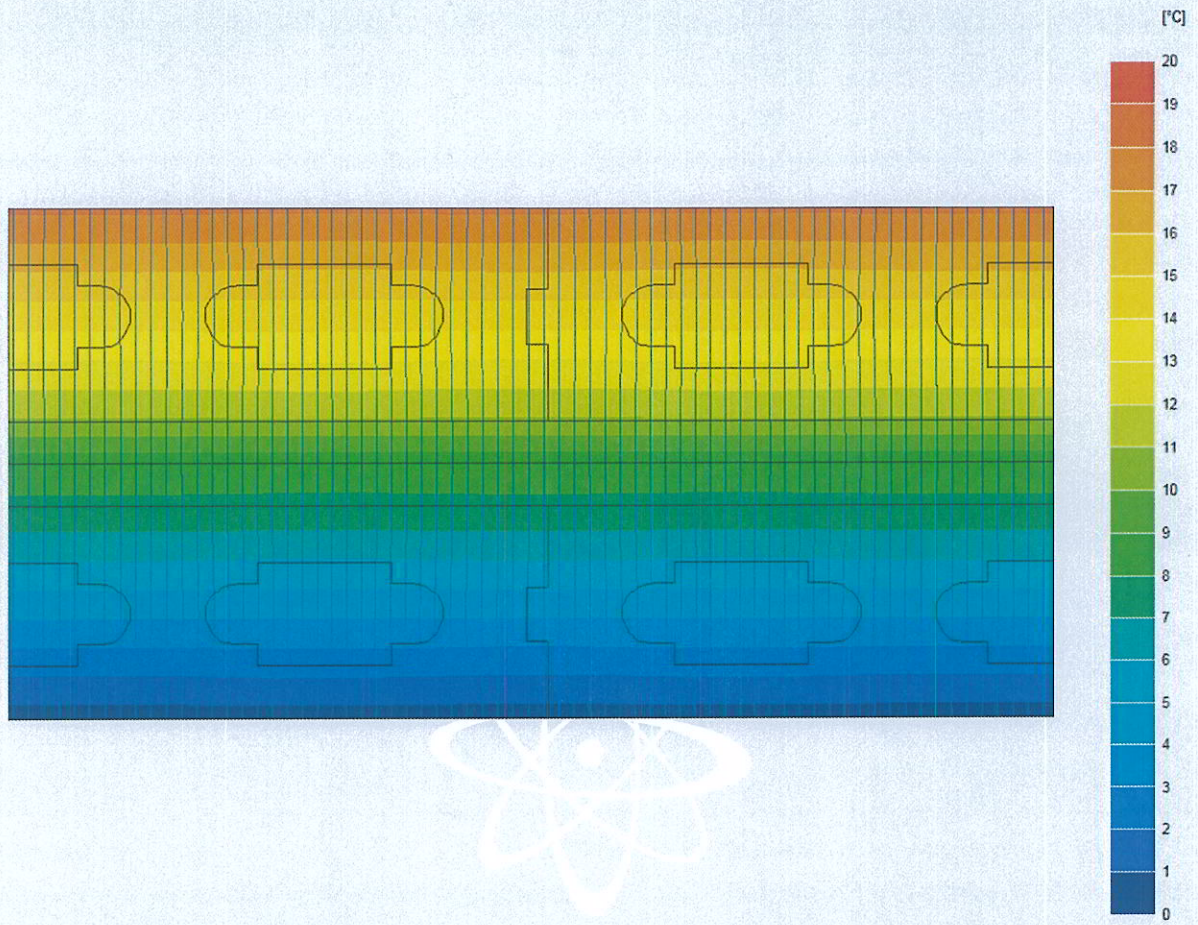
(\*\*) Condizioni "Ia" - UNI EN ISO 10456 - Table 1:

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

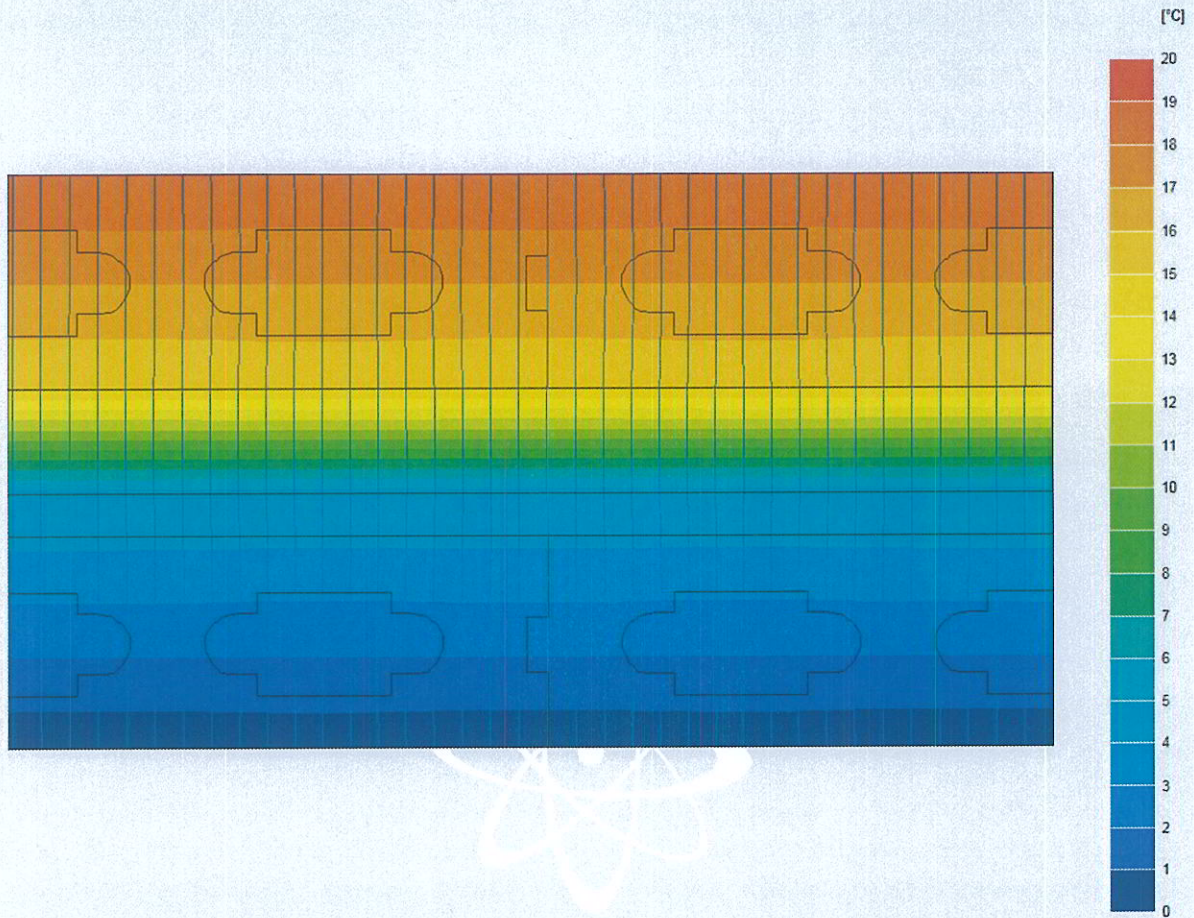
**Note:** – le proprietà termiche dell'elemento valutate in condizioni di materiale essiccato possono essere impiegate per la dichiarazione delle proprietà termiche intrinseche dell'elemento, ma non possono essere utilizzate, tal quali, per determinare le dispersioni termiche della muratura realizzata con tali elementi, poiché non tengono conto dei giunti di malta e del contenuto di umidità presente nella struttura.



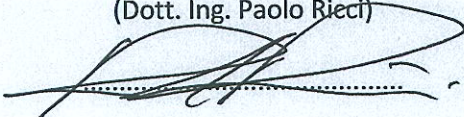
**ISOTERME E LINEE DI FLUSSO  
DELLA SEZIONE DI MURATURA (con intercapedine d'aria)**



**ISOTERME E LINEE DI FLUSSO**  
**DELLA SEZIONE DI MURATURA (con pannello in lana di roccia)**



Il Responsabile  
Tecnico di Prova  
(Dott. Ing. Paolo Rieci)



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



L'Amministratore Delegato  
(Dott. Arch. Sara Lorenza Giordano)

