




RAPPORTO DI PROVA

| SQM_412_2017 |

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CONDUCIBILITA' TERMICA (NORME ASTM E 1530, UNI EN 12664) DI UN CICLO TERMICO PER INTERNI PRODOTTO DALLA DITTA "TECNOSTUK S.r.l.", BELLUSCO (MB)

| | |
|----------------------------|---|
| LUOGO E DATA DI EMISSIONE: | Faenza, 30/01/2018 |
| COMMITTENTE: | Tecnostuk S.r.l |
| STABILIMENTO: | Via dell' Artigianato, 17/21- 20882 BELLUSCO (MB) |
| SEDE LEGALE | Via Mazzini 16- 24121 BERGAMO |
| TIPO DI PRODOTTO: | Ciclo termico per interni |
| NORMATIVE APPLICATE: | ASTM E 1530; UNI EN 12664:2002 |
| DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: | 13/12/2017 |
| DATA ESECUZIONE PROVE: | Gennaio 2018 |
| PROVE ESEGUITE PRESSO: | CertiMaC, Faenza |

NOTA: I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto alle prove di seguito descritte. E' inoltre ad uso esclusivo del Committente nell'ambito dei limiti previsti dalla normativa cogente e non può essere ri-prodotto (in forma cartacea o digitale) parzialmente, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

| Esecuzione | Redazione | Approvazione |
|--|---|--|
| _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_  | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_  | _Ing. Luca Laghi_  |
| Revisione - | | Pagina 1 di 6 |

1 Introduzione

Il presente rapporto descrive la prova di:

- determinazione della conducibilità termica alla temperatura media di 10 °C, »10, dry.

effettuata su ciclo termico per interni inviato al laboratorio CertiMaC di Faenza dal Committente come indicato nei Riff. 2-a, 2-b.

2 Riferimenti

- Preventivo: prot. 17275/lab del 24/10/2017
- Conferma d'ordine: e-mail del 27/11/2017.
- 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.
- Norma ASTM E1530:2006. Standard Test Method for Evaluating the Resistance to Thermal Transmission of Materials by the Guarded Heat Flow Meter Technique.
- Rapporto CAL_001_2017 sulla calibrazione di una metodologia sperimentale per la determinazione della conducibilità termica di materiali per l'involucro edilizio. Rev. del 090220-C-29.
- Rapporto CAL_002_20017 sulle norme procedurali messe a punto per la determinazione della conducibilità termica di materiali per l'involucro edilizio. Rev. del 090220-C-30.
- Rapporto Tecnico del 17/01/2011: Experimental tests with 2022 Unitherm™ Heat Flow Meter: preliminary uncertainty analysis in Thermal Conductivity measurements.

3 Oggetto della prova

La prova è stata eseguita su provini realizzati per taglio in laboratorio partendo dal materiale fatto pervenire in data 13/12/2017 sotto forma di:

- *Ciclo termico per interno posato su lamiera di acciaio zincato a caldo.*

Il ciclo termico è costituito da differenti strati nel seguente ordine di posa:

- MUFFA KO: due mani a pennello;
- KALORFIX: due mani a rullo o pennello;
- FREDDO STOP: due mani a pennello;
- PITTURA CON TERMIKA MIX: Due mani a rullo o pennello.

Una riproduzione fotografica dei campioni pervenuti in laboratorio è riportata in Figura 1.

| | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|
| Rev. -- | Esecuzione | Redazione | Approvazione | Pagina 2 di 6 |
| | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Luca Laghi_ | SQM_412 _2017 |

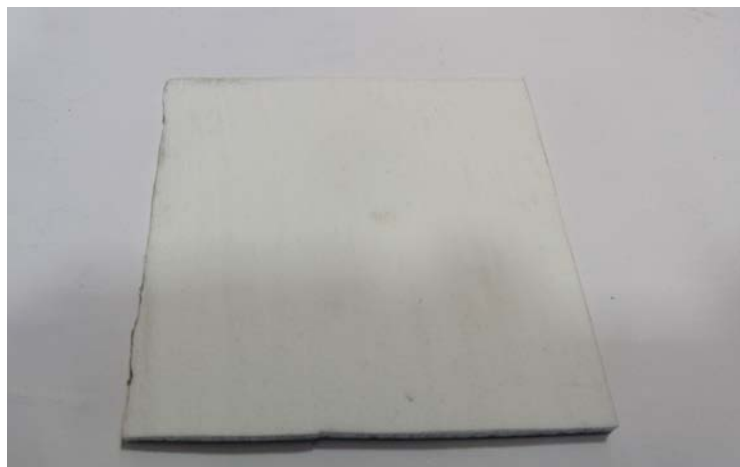


Figura 1. Riproduzione fotografica di uno dei campioni consegnati presso il laboratorio.

Successivamente i campioni sono stati sottoposti a lavorazione, al fine di ricavare i provini oggetto dell'analisi sperimentale. Questi ultimi sono stati poi sottoposti ad essiccazione e, una volta raggiunta la condizione di costanza della massa, è stata condotta la sperimentazione, come specificato nei successivi paragrafi.

4 Esecuzione della prova e descrizione dei risultati

4.1 Metodologia di prova

La prova è stata eseguita nel pieno rispetto della norma 2-c e 2-d, che fissano i metodi per determinare i valori termici di progetto e su cui si basa il principio di funzionamento dell'apparato di misura utilizzato. Quest'ultimo implementa il metodo con termoflussimetro e anello di guardia che consente la determinazione, in via indiretta e previa procedura di taratura dello strumento, della conducibilità termica. La determinazione è indiretta poiché si perviene alla conducibilità passando attraverso la rilevazione diretta del flusso termico lungo uno stack di prova, all'interno del quale viene inserito il provino, che ricrea le condizioni ideali, stazionarie e monodimensionali di scambio termico. Il flusso, a sua volta, viene determinato grazie alla misura dei salti termici sul provino e su di un materiale di riferimento che costituisce il termoflussimetro (sensore di flusso termico).

La taratura invece, viene realizzata su una serie di provini di riferimento di caratteristiche termiche note e certificate e consente di risalire alla conducibilità incognita del materiale che si sta testando sfruttando la definizione di resistenza termica R_s (m^2K/W), come riportato nell'Eq.(1), la quale è funzione appunto dello spessore s del provino e della conducibilità termica λ (W/mK):

$$R_s = \frac{s}{\lambda} \quad (1)$$

Dove:

| | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|
| Rev. -- | Esecuzione | Redazione | Approvazione | Pagina 3 di 6 |
| | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Luca Laghi_ | SQM_412 _2017 |

R_s = Resistenza termica (m^2K/W)

s = spessore del campione (m);

λ = conducibilità termica del provino (W/mK)

La procedura di prova standard messa a punto prevede i seguenti passi, illustrati nei paragrafi che seguono. Per maggiori informazioni in merito al principio metodologico utilizzato per la sperimentazione si faccia riferimento ai documenti di cui ai Riff. 2-e e 2-f. A valle della sperimentazione è stato poi valutato il budget di incertezza legato alla misurazione attraverso l'implementazione del modello di analisi definito al Rif. 2-g che consente di estrapolare l'incertezza tipo legata alla misura.

4.2 Realizzazione e condizionamento del provino

A partire dai campioni in Figura 1 si sono realizzati due provini di cui si riporta un esempio in Figura 2, mediante taglio, al fine di ricavare provini di diametro (50.8 ± 0.25 mm), Di seguito si è condizionato il materiale in stufa ventilata a $50^\circ C$ per almeno 24 h per raggiungere lo stato essiccato come richiesto dalla norma 2-c fino al raggiungimento della condizione di massa costante.



Figura 2. Riproduzione fotografica di un provino oggetto dell'analisi sperimentale.

4.3 Determinazione della conducibilità termica

In accordo con la norma 2-d sulla base della metodologia messa a punto in 2-e e 2-f, sono state realizzate le prove per la determinazione della conducibilità termica a $10^\circ C$ sfruttando la retta di taratura precedentemente elaborata e verificata.

| | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|
| Rev. -- | Esecuzione | Redazione | Approvazione | Pagina 4 di 6 |
| | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Luca Laghi_ | SQM_412 _2017 |

5 Risultati

In Figura 3 si riporta la retta di taratura rappresentante la relazione $R_s - \Delta T_s / \Delta T_r$, con sopra evidenziati i punti rappresentativi delle misurazioni fatte sui tre provini. Il risultato scaturito dall'analisi sperimentale è stato ulteriormente verificato con la ripetizione di alcune prove e la realizzazione di ulteriori misurazioni sui materiali di taratura per confermare quanto precedentemente ottenuto.

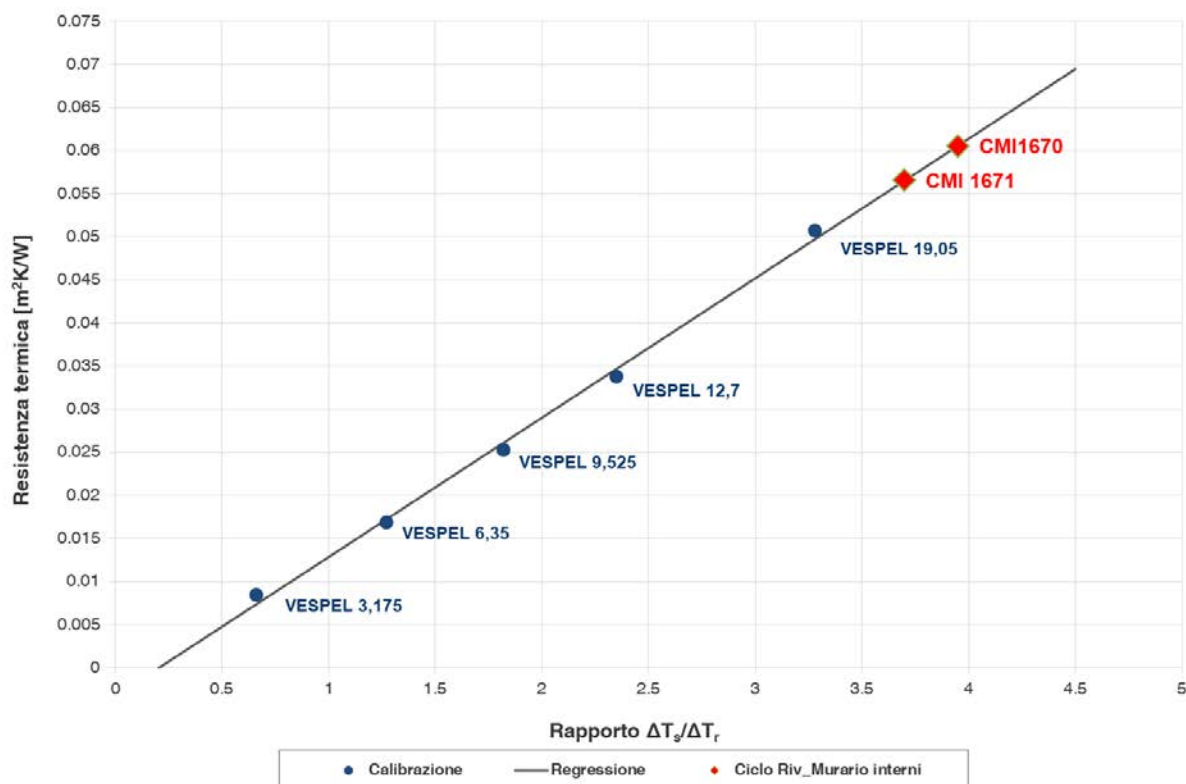


Figura 3. Rappresentazione grafica dei risultati.

Inoltre si è implementato su di essi il modello di analisi statistica per la definizione dell'incertezza tipo (Rif. 2-g).

Dal grafico elaborato in Figura 3 è stato possibile pervenire al valor di conducibilità termica $\gg_{10, dry}$, come riportato in Tabella 1.

In particolare, i valori della conducibilità termica sono stati ricavati a partire dai valori misurati della resistenza termica, decurtati del contributo fornito da 1 mm di supporto in acciaio, per il quale si è assunta una conducibilità termica di 60 W/mK sulla base delle informazioni fornite dal Committente.

| | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|
| Rev. -- | Esecuzione | Redazione | Approvazione | Pagina 5 di 6 |
| | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Luca Laghi_ | SQM_412 _2017 |

| Materiale | Spessore (m) | Resistenza Termica (m ² K/W) | Conducibilità Termica (W/mK) | Densità apparente* (kg/m ³) |
|-----------|--------------|---|------------------------------|---|
| CPS1670 | 0.003780 | 6.049E-02 | 0.062 ± 0.003 | 1354 |
| CPS1671 | 0.003750 | 5.649E-02 | 0.066 ± 0.004 | 1359 |

Tabella 1. Valori di conducibilità termica ottenuti sperimentalmente.

* Valore di densità "complessivo" che include il supporto in acciaio.

6 Conclusioni

Dalla sperimentazione eseguita, si ottengono valori di conducibilità termica compresi tra **0.062** e **0.066** W/mK.

7 Lista di distribuzione

| | | |
|-------------|------------------|---------|
| ENEA | Archivio | 1 copia |
| CertiMaC | Archivio | 1 copia |
| Committente | Tecnostuk S.r.l. | 1 copia |

| | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|
| Rev. -- | Esecuzione | Redazione | Approvazione | Pagina 6 di 6 |
| | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ | _Ing. Luca Laghi_ | SQM_412 _2017 |