

CertiMaC
soc. cons. a r.l.
Via Granarolo, 62
48018 Faenza RA
Italia
tel +39 0546 670363
fax +39 0546 670399
www.certimac.it
info@certimac.it

R.I.RA,
partita iva e
codice fiscale
02200460398
R.E.A.RA
180280
capitale sociale
€ 60.000
interamente versato

Sperimentazione eseguita

Ing. Luca Laghi



Redatto

Ing. Luca Laghi



Approvato

Ing. Martino Labanti



RAPPORTO DI PROVA

110120-R-2630

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CONDUCIBILITA' TERMICA (NORMA UNI EN 1745) DI VERNICE TERMORIFLETTENTE, DELLA DITTA "LUDOVICI GIOVANNI E FIGLI S.R.L.", STABILIMENTO DI BARISCIANO (AQ).

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, 06/09/2011

COMMITTENTE: Ludovici Giovanni e Figli S.r.L.

STABILIMENTO: S.S. Subequana, Loc. La Fossa - 67021 Barisciano (AQ)

TIPO DI PRODOTTO: Vernice Termoriflettente per Muratura

NORMATIVE APPLICATE: UNI EN 1745

DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: 26/08/2011

DATA ESECUZIONE PROVE: Agosto-Settembre 2011

PROVE ESEGUITE PRESSO: CertiMaC, Faenza

Revisione -	Il presente Rapporto di Prova è composto da n. 7 pagine		Pagina 1 di 7
Classificazione:	Prog. CNT	Ris. III	Arch. +5

1. Introduzione

Il presente rapporto descrive la prova di:

- *determinazione della conducibilità termica,*

effettuata su una tipologia di prodotto inviata al laboratorio CertiMaC di Faenza dalla Ditta "Ludovici Giovanni e Figli S.r.L.", stabilimento di Barisciano (AQ) (Rif. 2-a, 2-b). La prova è stata effettuata in accordo con le norme riportate nei Rif. 2-c, Rif. 2-d.

2. Riferimenti

- a. Preventivo: Prot. 11202/lab del 26-07-2011.
- b. Conferma d'ordine: fax del 26-07-2011.
- c. Norma UNI EN 1745:2005. Muratura e prodotti per muratura. Metodi per determinare i valori termici di progetto.
- d. Norma ASTM E1530:2006. Standard Test Method for Evaluating the Resistance to Thermal Transmission of Materials by the Guarded Heat Flow Meter Technique.
- e. Rapporto 090220-C-29 sulla calibrazione di una metodologia sperimentale per la determinazione della conducibilità termica di materiali per l'involucro edilizio.
- f. Rapporto 090220-C-30 sulle norme procedurali messe a punto per la determinazione della conducibilità termica di materiali per l'involucro edilizio.
- g. Rapporto Tecnico del 17/01/2011: Experimental tests with 2022 Unitherm™ Heat Flow Meter: Uncertainty Analysis in Thermal Conductivity measurements.
- h. Norma UNI EN 772-13:2002. Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente degli elementi di muratura (ad eccezione della pietra naturale).

3. Oggetto della prova

La prova è stata eseguita sul prodotto fatto pervenire al laboratorio sotto forma di:

- *N° 6 campioni di vernice termoriflettente depositata sopra a lamine di alluminio di dimensioni approssimativamente pari a 100x100x1.25 mm (Fig. 1). Lo spessore del film di vernice nominale, poi verificato, risulta pari a 300 μm.*

La prova è stata eseguita su quattro provini ricavati a partire dai sei campioni a disposizione, così come richiesto dalla norma al Rif. 2-c ed è si è inoltre effettuata una misurazione in configurazione "doppio spessore" ossia con due provini sovrapposti per incrementare il valore di resistenza termica complessivo. In Fig. 1 è riportata la fotografia della tipologia di campioni inviati.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 2 di 7
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110120 - R - 2630

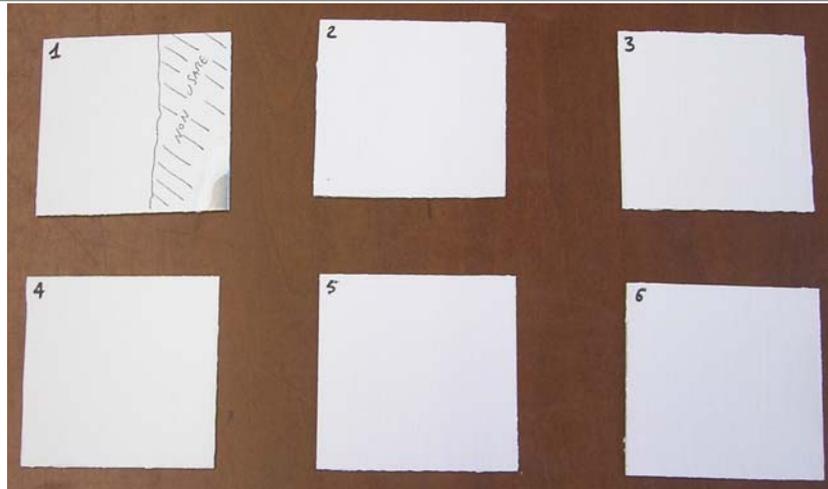


Figura 1. Lamine di Alluminio verniciate pervenute al laboratorio

In Figura1 sono riportate la fotografie campioni testati. La morfologia dei campioni, lamina di alluminio con coating verniciato, è tale da consentire la realizzazione di un provino contenente la vernice termo riflettente altrimenti non valutabile. Infatti, grazie alla struttura “portante” costituita dalla lamina metallica è possibile valutare le caratteristiche termiche della sola vernice. Inoltre l’alluminio costituisce un elemento a conducibilità termica idealmente infinita (200 W/mK) se paragonato con l’elemento vernice termica, in modo da fornire un contributo piuttosto limitato in termini di resistenza termica. In tal modo è più semplice discriminare la conducibilità del solo strato di vernice data la grande disparità, da un punto di vista termico, dei materiali a contatto.

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 che fissa i metodi per determinare i valori termici di progetto e della norma 2-d, 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’equazione (1), la quale è funzione appunto dello spessore s del provino e della conducibilità termica λ (W/mK):

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 3 di 7
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110120 - R - 2630

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

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 al Rif. 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 controllo del provino

A partire dai campioni di Figura 1 si sono realizzati i provini, di cui si riportano alcuni esempi in Figura 2, mediante le seguenti operazioni eseguite in successione: carotatura con mola a tazza, cilindatura al tornio parallelo per realizzare la finitura sulla dimensione diametrale ($50.8 \pm 0.25\text{mm}$) secondo la norma 2-d, mentre non si è resa necessaria la spianatura con rettificatrice verticale a disco. Di seguito si è condizionato il materiale in forno a 40°C per 24 h per raggiungere lo stato essiccato come richiesto dalla norma 2-c.



Figura 2. Esempio di Provino

4.3. Stima spessore

A partire dai campioni a disposizione si è resa necessaria la misura degli spessori degli strati, rispettivamente di alluminio e di vernice termoriflettente, al fine di poter discriminare, a valle della misura, la conducibilità della vernice da quella del campione costituito da alluminio+vernice.

Per queste ragioni si è provveduto ad asportare con diluenti appositi lo strato di vernice da uno dei campioni (campione 1 in Fig. 1) e, mediante micrometro centesimale (risoluzione di lettura $\pm 0.01\text{ mm}$), si è valutato lo spessore della lamiera che è risultato mediamente pari a 1.25 mm .

Analogamente sono stati valutati gli spessori totali dei sei campioni in modo da definire con esattezza lo spessore del coating verniciato. Sono state perciò effettuate dieci misurazioni di spessore in diverse zone del campione e si è estrapolato così il valor medio dello spessore totale e lo spessore del coating (Tab. 1).

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 4 di 7
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110120 - R - 2630

Campione	Misura dello Spessore dello Strato Verniciato (mm)					
	1	2	3	4	5	6
	1.49	1.50	1.48	1.48	1.49	1.57
	1.53	1.54	1.52	1.52	1.53	1.68
	1.63	1.51	1.50	1.56	1.53	1.56
	1.56	1.51	1.57	1.55	1.53	1.55
	1.50	1.52	1.57	1.50	1.58	1.52
	1.56	1.53	1.55	1.50	1.53	1.51
	1.58	1.51	1.57	1.52	1.51	1.49
	1.55	1.51	1.54	1.54	1.49	1.55
	1.59	1.50	1.54	1.52	1.54	1.53
	1.56	1.52	1.56	1.44	1.52	1.52
Valor Medio (mm)	1.555	1.514	1.535	1.512	1.523	1.546
Dev. Standard (mm)	0.041	0.013	0.031	0.035	0.026	0.051
Sp. Coating (mm)	0.305	0.264	0.285	0.262	0.273	0.296

Tabella 1. Misura dello Spessore del Coating

4.4. Determinazione della conducibilità termica

In accordo con le norme 2-c e 2-d e sulla base della metodologia sperimentale messa a punto in 2-e e 2-f, si sono realizzate le prove per la determinazione della conducibilità termica a 10°C sfruttando la retta di taratura precedentemente elaborata e verificata.

4.5. 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 quattro provini.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 5 di 7
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110120 - R - 2630

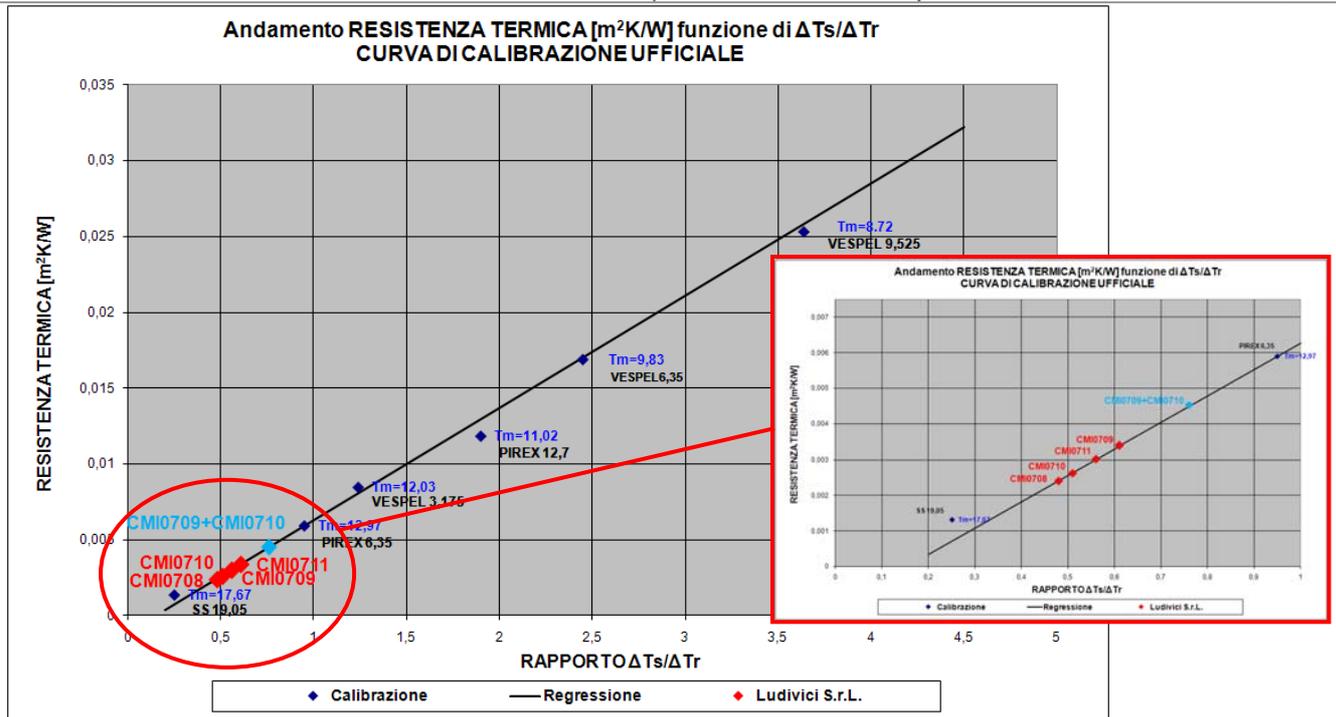


Figura 3. Rappresentazione grafica dei risultati

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.

Come si può osservare in Fig. 3 i punti sperimentali ricadono in una zona a bassa resistenza termica e per tale ragione si è fatta una verifica sul provino in configurazione "doppio spessore" che ha peraltro confermato i risultati ottenuti sui singoli provini. Tuttavia si può constatare come tutti i punti ricadano entro i punti sperimentali di calibrazione ed entro il range di misura più accurato dello strumento (0.002-0.02 m²K/W).

Dal grafico elaborato in Figura 3 è stato inoltre possibile pervenire al valore di conducibilità $\lambda_{10, dry}$ del multistrato alluminio + vernice termoriflettente, come riportato in Tabella 4.

Materiale	Spessore Totale (m)	Resistenza Termica Totale (m²K/W)	Conducibilità Termica Equivalente (W/mK)	Densità Totale (kg/m³)
CMI0708	0.00153	2.410E-03	0.635 ± 0.012	2396.8
CMI0709	0.00155	3.030E-03	0.513 ± 0.011	2389.0
CMI0710	0.00153	2.628E-03	0.581 ± 0.012	2400.2
CMI0711	0.00156	3.411E-03	0.456 ± 0.010	2397.7

Tabella 4. Valori di conducibilità equivalente (alluminio + vernice) ottenuti sperimentalmente

In Tab. 5 invece si riporta l'estrapolazione della conducibilità della sola vernice a partire da un valore di λ dell'alluminio pari a 200 W/mK. A partire dalla resistenza termica totale rilevata sul provino e noti con esattezza gli spessori dei componenti ciascun provino (Cfr. Tab. 1) è stato possibile, attraverso le leggi della fisica tecnica classica ed il principio di analogia elettrica,

Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 6 di 7
Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110120 - R - 2630

estrapolare il valore di resistenza e di conducibilità termica del coating verniciato attraverso le correlazioni esistenti tra resistenze termiche in serie.

Materiale	Spessore Totale (m)	Resistenza Termica Totale (m ² K/W)	Resistenza Termica Vernice (m ² K/W)	Conducibilità Termica Vernice (W/mK)
CMI0708	0.00153	2.410E-03	2.38E-03	0.111
CMI0709	0.00155	3.030E-03	2.99E-03	0.098
CMI0710	0.00153	2.628E-03	2.60E-03	0.101
CMI0711	0.00156	3.411E-03	3.39E-03	0.087

Tabella 5. Conducibilità Termica della Vernice Termoriflettente

5. Analisi dei risultati

I valori di conducibilità termica $\lambda_{10, dry}$ della vernice riflettente si attestano mediamente a 0.101 W/mK.

6. Lista di distribuzione

ENEA	M. Labanti	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	Ludovici Giovanni e Figli S.r.L.	1 copia

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 7 di 7
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110120 - R - 2630