

100% ANALYSIS+TESTING

**Ec  
cam  
Ricert**  
Innovation in research

**ECAMRICERT SRL**  
Viale del Lavoro, 6  
36030 Monte di Malo  
Vicenza, Italy  
T +39 0445 605838  
F +39 0445 581430  
info@ecamricert.com  
C.F./P.I. 01650050246

ecamricert.com

# dati e informazioni forniti dal cliente / ◊ incertezza estesa U, fattore di copertura K=2 (livello di confidenza al 95%), salvo dove diversamente indicato / N.A. non applicabile / \*\* prova eseguita presso laboratorio esterno qualificato secondo PG 010 / Il presente RAPPORTO DI PROVA si riferisce esclusivamente ai soli campioni sottoposti a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio. / Tempo di conservazione dei campioni: i campioni sono conservati presso il laboratorio 30 giorni dopo l'emissione del rapporto di prova (ad eccezione dei prodotti deperibili che sono eliminati al termine dell'analisi o a scadenza). / Per stoccaggi superiori al mese dovrà essere fatta specifica richiesta. / Tempi di conservazione delle registrazioni: il laboratorio conserva copia dei rapporti di prova per un periodo di 4 anni e copia delle registrazioni relative alle analisi per 4 anni, salvo richieste particolari del cliente; tutti i documenti relativi alle prove per omologazione dei prodotti sono conservati per 10 anni.

**Data di emissione, 14/10/2015**  
**Pag 1 di 10**

**Rapporto di prova n° 15-3830-001**

<b>Denominazione campione</b>	<b>PACCHETTO TETTO SENZA XILITE CONFORT</b>
<b>Cliente</b>	<b>ESSE SOLAI S.R.L. STRADA DELLE FORNACI N. 13 36031 - VIVARO DI DUEVILLE, VI</b>
<b>Provenienza Luogo di campionamento</b>	<b>ESSE SOLAI S.R.L. - VIVARO DI DUEVILLE (VI)</b>
<b>Natura campione</b>	<b>PACCHETTO TETTO IN LEGNO</b>
<b>Campionato da</b>	<b>CLIENTE</b>
<b>Data di campionamento</b>	<b>NON COMUNICATA</b>
<b>Prelevato da</b>	<b>CLIENTE</b>
<b>Data di prelievo/consegna</b>	<b>28/04/2015</b>
<b>Numero accettazione</b>	<b>15-3830</b>
<b>Data di accettazione</b>	<b>16/06/2015</b>
<b>Data inizio prova</b>	<b>30/06/2015</b>
<b>Data fine prova</b>	<b>30/09/2015</b>
<b>Oggetto</b>	<b>PRESTAZIONE TERMICA DEI COMPONENTI PER EDILIZIA – CARATTERISTICHE TERMICHE DINAMICHE - PROVA SPERIMENTALE (M.I.N.V.)**</b>

Rapporto di prova n° 15-3830-001

**PRESTAZIONE TERMICA DEI COMPONENTI PER EDILIZIA –  
CARATTERISTICHE TERMICHE DINAMICHE - PROVA SPERIMENTALE (M.I.N.V.)\*\***

**METODO DI PROVA**

Al momento attuale per la verifiche delle prestazioni estive degli involucri edilizi non esistono metodi di prova normati (norme UNI, EN) Le norme disponibili al momento riguardano infatti la verifica delle prestazioni estive mediante metodi di calcolo:  
**UNI EN ISO 13786:2007 - Thermal performance of building components -- Dynamic thermal characteristics -- Calculation methods** che definisce una procedura basata sul metodo delle ammettenze.

Secondo tale metodo, ogni strato dell'elemento costruttivo è rappresentato da una matrice di numeri complessi, detta matrice di trasferimento termico, i cui elementi dipendono dalla densità, dallo spessore, dal calore specifico e dalla conducibilità termica del materiale.

Moltiplicando tra loro le matrici dei vari strati si ottiene la matrice di trasferimento termico dell'elemento nel suo insieme, dalla quale si possono estrapolare tre grandezze caratteristiche della parete: la trasmittanza periodica ( $Y_{ie}$ ), il fattore di attenuazione ( $f_a$ ) e lo sfasamento dell'onda termica ( $w_a$ ), che sono così definite (UNI EN ISO 13786):

- **Trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}=|Y_{mn}|$** : l'ampiezza complessa della densità di flusso termico attraverso la superficie del componente adiacente la zona m, divisa per l'ampiezza complessa della temperatura nella zona n, quando la temperatura nella zona m è mantenuta costante (dove le zone m ed n sono due zone termiche separate dal componente). La trasmittanza termica periodica è misurata in  $W/m^2K$ .

- **Fattore di attenuazione  $f_a$** : il rapporto tra la trasmittanza periodica  $Y_{ie}$  e la trasmittanza stazionaria U. Essendo il rapporto tra due grandezze omogenee è un numero adimensionale.

- **Sfasamento dell'onda termica  $w_a$** : il lasso di tempo tra la massima ampiezza di una causa e la massima ampiezza del suo effetto, in termini matematici è l'argomento del numero complesso  $Y_{mn}$ :  $\varphi_a = \arg(Y_{mn})$ . Lo sfasamento è generalmente misurato in ore.

Il Laboratorio CMR sulla base della propria esperienza e della (scarsa) letteratura scientifica<sup>1</sup> relativa a prove in questo ambito a messo a punto un sistema di simulazione atto a verificare i parametri di sfasamento ed attenuazione di un'onda termica estiva da parte di una parete opaca.

Il sistema è composto da:

- **Camera calda dinamica**: camera climatica in grado di far variare la propria temperatura interna in modo sinusoidale con un periodo di 24 ore

- **Parete di prova**

- **Camera di controllo**: camera climatica in grado di mantenere il lato "interno" della muratura su valori prefissati

- **Centralina di acquisizione dati e sensori**: sistema composto da sonde di temperatura superficiale sui due lati, sonde di temperatura dell'aria, sonda termoflussimetrica sul lato "interno" della parete

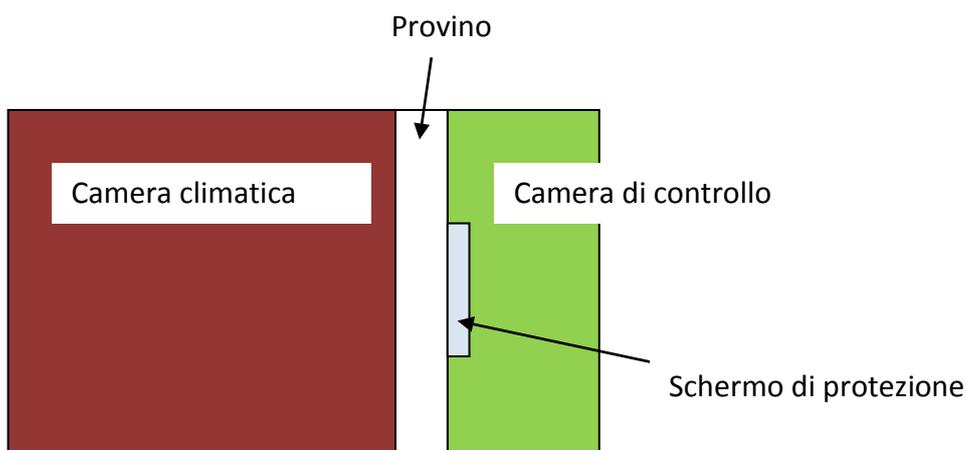
Per evitare influssi indesiderati a carico della sonda termoflussimetrica, fortemente influenzata dai moti convettivi dell'aria circostante e dallo scambio termico per irraggiamento, il lato "interno" del campione è stato schermato da una scatola protettiva.

Le sonde di temperatura superficiale sono state collocate sia al centro della parete che alle estremità per verificare l'omogeneità della forzante termica.

1. Scaramella, A. Arengi, F. Turla. "Comportamento estivo degli edifici. Determinazione della trasmittanza periodica con metodi sperimentali e matematici" Neo Eubios 29 – Settembre 2009

Data di emissione, 14/10/2015  
Pag 3 di 10

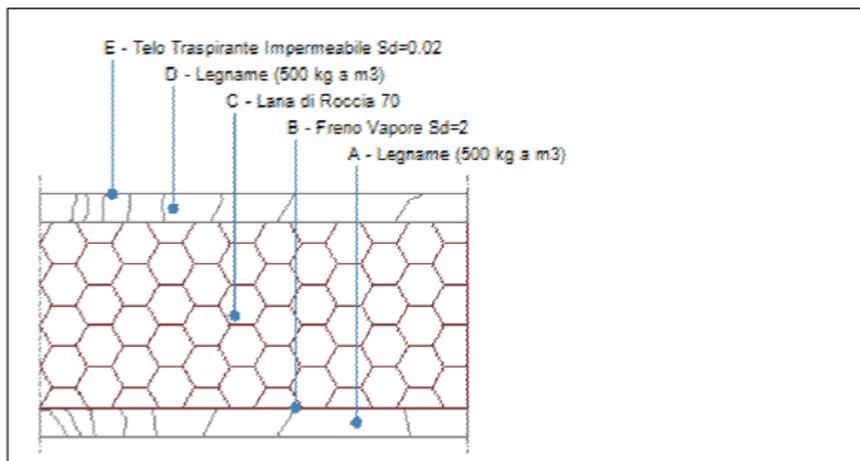
Rapporto di prova n° 15-3830-001



## DESCRIZIONE DEI PROVINO

Il provino consiste in un solaio con la seguente stratigrafia:

- Interno
- Legname (densità  $500 \text{ kg/m}^3$ ) spessore 25 mm
- Freno vapore  $S_d = 2$  spessore 0,4 mm
- Lana di roccia (densità  $110 \text{ kg/m}^3$ ) spessore 160 mm
- Legname (densità  $500 \text{ kg/m}^3$ ) spessore 25 mm
- Telo traspirante impermeabile  $S_d = 0,02$  spessore 0,5 mm
- Esterno



**ecam  
Ricert**  
Innovation in research

**ECAMRICERT SRL**  
Viale del Lavoro, 6  
36030 Monte di Malo  
Vicenza, Italy  
T +39 0445 605838  
F +39 0445 581430  
info@ecamricert.com  
C.F./P.I. 01650050246

ecamricert.com

# dati e informazioni forniti dal cliente / ◊ incertezza estesa U, fattore di copertura K=2 (livello di confidenza al 95%), salvo dove diversamente indicato / N.A. non applicabile / \*\* prova eseguita presso laboratorio esterno qualificato secondo PG 010 / Il presente RAPPORTO DI PROVA si riferisce esclusivamente ai soli campioni sottoposti a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio. / Tempo di conservazione dei campioni: i campioni sono conservati presso il laboratorio 30 giorni dopo l'emissione del rapporto di prova (ad eccezione dei prodotti deperibili che sono eliminati al termine dell'analisi o a scadenza). / Per stoccaggi superiori al mese dovrà essere fatta specifica richiesta. / Tempi di conservazione delle registrazioni: il laboratorio conserva copia dei rapporti di prova per un periodo di 4 anni e copia delle registrazioni relative alle analisi per 4 anni, salvo richieste particolari del cliente; tutti i documenti relativi alle prove per omologazione dei prodotti sono conservati per 10 anni.

**Data di emissione, 14/10/2015**  
**Pag 4 di 10**

**Rapporto di prova n° 15-3830-001**

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**ECAMRICERT SRL**  
Viale del Lavoro, 6  
36030 Monte di Malo  
Vicenza, Italy  
T +39 0445 605838  
F +39 0445 581430  
info@ecamricert.com  
C.F./P.I. 01650050246

ecamricert.com

# dati e informazioni forniti dal cliente / ◊ incertezza estesa U, fattore di copertura K=2 (livello di confidenza al 95%), salvo dove diversamente indicato / N.A. non applicabile / \*\* prova eseguita presso laboratorio esterno qualificato secondo PG 010 / Il presente RAPPORTO DI PROVA si riferisce esclusivamente ai soli campioni sottoposti a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio. / Tempo di conservazione dei campioni: i campioni sono conservati presso il laboratorio 30 giorni dopo l'emissione del rapporto di prova (ad eccezione dei prodotti deperibili che sono eliminati al termine dell'analisi o a scadenza). / Per stoccaggi superiori al mese dovrà essere fatta specifica richiesta. / Tempi di conservazione delle registrazioni: il laboratorio conserva copia dei rapporti di prova per un periodo di 4 anni e copia delle registrazioni relative alle analisi per 4 anni, salvo richieste particolari del cliente; tutti i documenti relativi alle prove per omologazione dei prodotti sono conservati per 10 anni.

**Data di emissione, 14/10/2015**  
**Pag 5 di 10**

**Rapporto di prova n° 15-3830-001**



100% ANALYSIS+TESTING

**Ecam  
Ricert**  
Innovation in research

**ECAMRICERT SRL**  
Viale del Lavoro, 6  
36030 Monte di Malo  
Vicenza, Italy  
T +39 0445 605838  
F +39 0445 581430  
info@ecamricert.com  
C.F./P.I. 01650050246

ecamricert.com

ECAMRICERT S.R.L. Iscritta alla C.C.I.A.A. di Vicenza al nr. 175400 R.E.A. Capitale sociale € 75.000,00 i.v.  
Laboratorio iscritto al Registro Regionale dei Laboratori ai fini dell'autocontrollo (D.G.R.V. n° 3644/2004)  
Laboratorio di ricerca altamente qualificato art. 14 DM 593/2000-G.U. n° 29/2003.

# dati e informazioni forniti dal cliente / ◊ incertezza estesa U, fattore di copertura K=2 (livello di confidenza al 95%), salvo dove diversamente indicato / N.A. non applicabile / \*\* prova eseguita presso laboratorio esterno qualificato secondo PG 010 / Il presente RAPPORTO DI PROVA si riferisce esclusivamente ai soli campioni sottoposti a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio. / Tempo di conservazione dei campioni: i campioni sono conservati presso il laboratorio 30 giorni dopo l'emissione del rapporto di prova (ad eccezione dei prodotti deperibili che sono eliminati al termine dell'analisi o a scadenza). / Per stoccaggi superiori al mese dovrà essere fatta specifica richiesta. / Tempi di conservazione delle registrazioni: il laboratorio conserva copia dei rapporti di prova per un periodo di 4 anni e copia delle registrazioni relative alle analisi per 4 anni, salvo richieste particolari del cliente; tutti i documenti relativi alle prove per omologazione dei prodotti sono conservati per 10 anni.

**Data di emissione, 14/10/2015**  
**Pag 6 di 10**

**Rapporto di prova n° 15-3830-001**



# dati e informazioni forniti dal cliente / ◊ incertezza estesa U, fattore di copertura K=2 (livello di confidenza al 95%), salvo dove diversamente indicato / N.A. non applicabile / \*\* prova eseguita presso laboratorio esterno qualificato secondo PG 010 / Il presente RAPPORTO DI PROVA si riferisce esclusivamente ai soli campioni sottoposti a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio. / Tempo di conservazione dei campioni: i campioni sono conservati presso il laboratorio 30 giorni dopo l'emissione del rapporto di prova (ad eccezione dei prodotti deperibili che sono eliminati al termine dell'analisi o a scadenza). / Per stoccaggi superiori al mese dovrà essere fatta specifica richiesta. / Tempi di conservazione delle registrazioni: il laboratorio conserva copia dei rapporti di prova per un periodo di 4 anni e copia delle registrazioni relative alle analisi per 4 anni, salvo richieste particolari del cliente; tutti i documenti relativi alle prove per omologazione dei prodotti sono conservati per 10 anni.

100% ANALYSIS+TESTING

**Ecam  
Ricert**  
Innovation in research

**ECAMRICERT SRL**  
Viale del Lavoro, 6  
36030 Monte di Malo  
Vicenza, Italy  
T +39 0445 605838  
F +39 0445 581430  
info@ecamricert.com  
C.F./P.I. 01650050246

ecamricert.com

**Data di emissione, 14/10/2015**  
**Pag 7 di 10**

**Rapporto di prova n° 15-3830-001**

Rapporto di prova n° 15-3830-001

## RISULTATI

La temperatura dell'aria sul lato "esterno" della parete è stata fatta variare tra 20°C e 50°C con un periodo di 24 ore: questo ha comportato delle temperature massime superficiali attorno a 38°C.

La prova è durata 4 giorni al fine di raggiungere una condizione stabile di misura.

Utilizzando l'impostazione sviluppata dall'Università degli studi di Brescia – DICATA<sup>2</sup>, e dalle definizioni di trasmittanza termica periodica:

$$Y_{ie} = \frac{\Phi_i}{\Theta_e}$$

dove:

$\Phi_i$  è l'ampiezza del flusso di calore specifico sul lato interno del componente (W/m<sup>2</sup>) e

$\Theta_e$  è l'ampiezza dell'onda della temperatura sul lato esterno (°C) è possibile stimare, dopo un transitorio iniziale di 24 ore, la trasmittanza termica periodica in ogni singolo istante, che è stata quindi riportata nel grafico seguente:

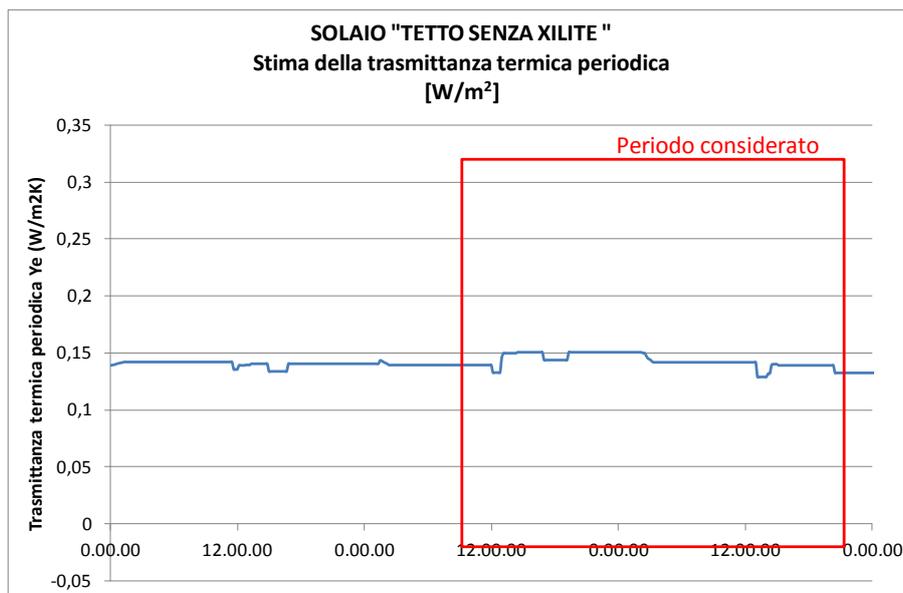


Figura 3: Andamento della trasmittanza termica periodica in funzione del tempo. La parte all'interno del riquadro è stata utilizzata per calcolare la media dei valori

<sup>2</sup> A rigore, l'acquisizione dei dati avviene al di sotto dello strato liminare per cui il valore determinato corrisponde in realtà alla Conduttanza periodica in opera Cie.

**Ec  
cam  
Ricert**  
Innovation in research

**ECAMRICERT SRL**  
Viale del Lavoro, 6  
36030 Monte di Malo  
Vicenza, Italy  
T +39 0445 605838  
F +39 0445 581430  
info@ecamricert.com  
C.F./P.I. 01650050246

ecamricert.com

# dati e informazioni forniti dal cliente / ◊ incertezza estesa U, fattore di copertura K=2 (livello di confidenza al 95%), salvo dove diversamente indicato / N.A. non applicabile / \*\* prova eseguita presso laboratorio esterno qualificato secondo PG 010 / Il presente RAPPORTO DI PROVA si riferisce esclusivamente ai soli campioni sottoposti a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio. / Tempo di conservazione dei campioni: i campioni sono conservati presso il laboratorio 30 giorni dopo l'emissione del rapporto di prova (ad eccezione dei prodotti deperibili che sono eliminati al termine dell'analisi o a scadenza). / Per stoccaggi superiori al mese dovrà essere fatta specifica richiesta. / Tempi di conservazione delle registrazioni: il laboratorio conserva copia dei rapporti di prova per un periodo di 4 anni e copia delle registrazioni relative alle analisi per 4 anni, salvo richieste particolari del cliente; tutti i documenti relativi alle prove per omologazione dei prodotti sono conservati per 10 anni.

**Data di emissione, 14/10/2015**  
**Pag 9 di 10**

**Rapporto di prova n° 15-3830-001**

**Calcolando la media dei valori nella parte centrale del grafico, quando si è raggiunta una condizione stabile, è stato possibile determinare la trasmittanza termica periodica dell'elemento:**

$$Y_{ie} = 0,143 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Per il calcolo del fattore di attenuazione, dato dal rapporto tra trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$  e trasmittanza termica stazionaria  $U$ , si è utilizzato un valore di trasmittanza termica stazionaria ottenuto tramite software:**

$$U_{\text{calc}} = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Da cui deriva un fattore di attenuazione  $f_a$  pari a:**

$$f_a = 0,74$$

**Lo sfasamento è stato misurato in ore individuando il picco massimo in temperatura sul lato esterno e sul lato interno (si è utilizzata la temperatura e non il flusso in quanto in generale le misure di temperatura risultano più accurate).**

**Lo sfasamento è stato valutato essere pari a:**

$$w_a = 5 \text{ ore}$$

Data di emissione, 14/10/2015  
Pag 10 di 10

Rapporto di prova n° 15-3830-001

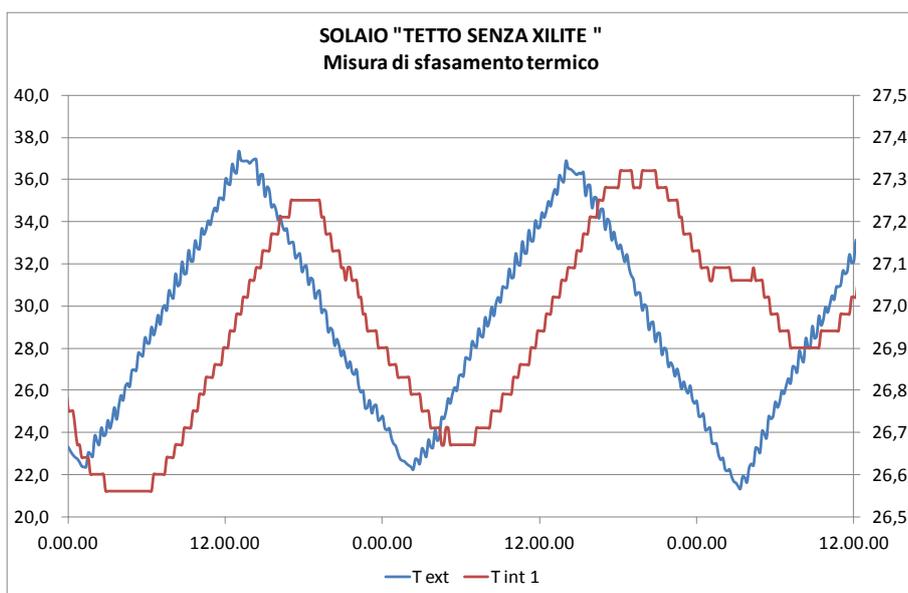


Figura 4: Andamento della temperatura sulla superficie esterna ed interna del campione

#### RIASSUNTO RISULTATI DI PROVA

Grandezza	Valore misurato
<b>Yie</b>	<b>0,143 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>fa</b>	<b>0,74</b>
<b>wa</b>	<b>5 h</b>

Direttore Settore Materiali da Costruzione Dott. Geol. Francesco Bazzolo