

# RAPPORTO DI PROVA

| SQM\_1327\_2022 |

**DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA PERMEABILITA' AL VAPORE ACQUEO (NORMA UNI EN ISO 7783) DI UNA TIPOLOGIA DI RASANTE TERMICO DENOMINATO "AEROGEL TECH", FORNITO DALLA DITTA "BIEMME S.R.L.", LUCREZIA DI CARTOCETO (PU).**

LUOGO E DATA DI EMISSIONE:	Faenza, 23/05/2022
COMMITTENTE:	BIEMME srl
STABILIMENTO:	Via Tevere, 26 – 61030 Lucrezia di Cartoceto (PU) - Italia
TIPO DI PRODOTTO:	Rasante Termico
NORMATIVE APPLICATE:	NORMA UNI EN ISO 7783
DATA RICEVIMENTO CAMPIONI:	07/03/2022
DATA ESECUZIONE PROVE:	Aprile - Maggio 2022
PROVE ESEGUITE PRESSO:	CertiMaC

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 riprodotto (in forma cartacea o digitale) parzialmente, senza l'approvazione scritta del laboratorio.

Esecuzione	Redazione	Approvazione
<u>_P.I. Marco Chiari_</u> 	<u>_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _</u> 	<u>_Ing. Luca Laghi_</u> 
Revisione -		Pagina 1 di 10

## 1 Introduzione

Il presente rapporto descrive la prova di:

- *determinazione della permeabilità al vapore d'acqua,*

effettuata su una tipologia di rasante termico denominato "Aerogel Tech" inviato al laboratorio CertiMaC di Faenza dal Committente (Rif. 2-a, 2-b) e ivi pervenuto in data 07/03/2022. La prova è stata effettuata in accordo con le norme riportate nel Rif. 2-c, Rif. 2-d, Rif.2-e e Rif. 2-f.

## 2 Riferimenti

- Preventivo: prot. 22105/lab del 25/02/2022.
- Conferma d'ordine: e-mail del 01/03/2022.
- Norma UNI EN 998-1:2016. Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte per intonaci interni ed esterni.
- UNI EN 1504-2:2005. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo.
- Norma UNI EN ISO 7783:2019 Pitture e vernici - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo - Metodo della capsula
- Norma UNI EN ISO 12572:2016. Prestazione igrometrica dei materiali e dei prodotti per edilizia. Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore d'acqua.

## 3 Oggetto della prova

La prova è stata eseguita su provini fatti pervenire al laboratorio sotto forma di:

- *N° 1 fusto di prodotto pronto all'uso denominato "Aerogel Tech".*

Il prodotto, miscelato secondo le specifiche del produttore, è stato applicato al fine di realizzare 3 provini di diametro pari a circa 156 mm e spessore pari a circa 5 mm (Figura 1). Dopo la realizzazione, i provini sono stati condizionati per 28 gg in camera climatica alla temperatura di  $21 \pm 2$  °C e umidità relativa pari a  $60 \pm 10\%$ , prima di essere testati. A partire da tali provini sono state eseguite le determinazioni sperimentali oggetto del presente rapporto di prova.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 2 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022



Figura 1. Riproduzione fotografica di uno dei provini realizzati in laboratorio.

## 4 Apparato di prova

Le prove di determinazione della permeabilità al vapore d'acqua, realizzate ai sensi delle norme di Rif. 2-c, 2-d e 2-f, sono state realizzate tramite un'attrezzatura opportunamente costruita secondo le indicazioni della stessa norma ed il cui schema è riportato in Figura 2.

In Figura 3 si riporta invece l'attrezzatura realmente utilizzata.

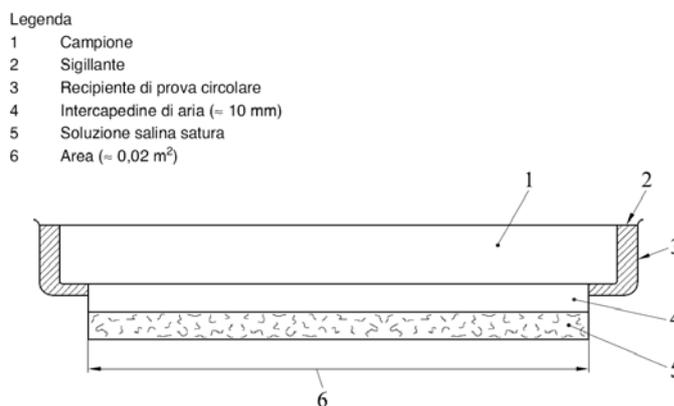


Figura 2. Schema dell'attrezzatura di prova (Rif. 2-d, 2-e).

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 3 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022



Il flusso di vapore, indicato con  $\Delta m'$  (kg/s), viene valutato in condizioni di stazionarietà e monodimensionalità a partire dalla variazione di massa dell'insieme contenitore-campione-soluzione. Nello specifico, per incrementare il flusso di vapore e facilitare così il fenomeno di diffusione, si è scelto di fissare le condizioni di umidità esterne al campione mediante camera climatica al 50% nominale a 20°C (44,5 % circa all'equilibrio termico).

Questo processo ripetuto nel tempo ad intervalli di tempo opportuni consente di determinare il raggiungimento della condizione di variazione lineare della massa, visualizzabile graficamente mettendo in relazione la massa e il tempo, quando i punti successivi si dispongono appunto su di una linea retta (Figura 6). Da tale correlazione è possibile pervenire al valore di G, pendenza della retta valutata trascurando la fase iniziale relativa al transitorio.

Il valore di flusso è propedeutico per la determinazione della Permeanza Igroscopica al Vapore acqueo W (1) e del coefficiente di permeabilità al vapore  $\mu$  (2):

$$W = \frac{G}{A \cdot \Delta p_v} \quad (1)$$

dove:

- W = Permeanza Igroscopica (kg/m<sup>2</sup> Pa s);
- G = Flusso di Vapore acqueo (kg/s);
- A = Superficie di scambio effettiva legata al diametro dell'attrezzatura e  $\approx 0.005$  m<sup>2</sup>;
- $\Delta p_v$  = Differenza di tensione di vapore dell'acqua tra l'aria nell'ambiente controllato e la soluzione salina interna (Pa);

Da cui:

$$\mu = \frac{\delta_a}{W \cdot d} \quad (2)$$

dove:

- $\mu$  = Coefficiente di permeabilità al vapore (-);
- $\delta_a$  = Permeabilità Igroscopica dell'aria valutata con la relazione di Schirmer (kg/m s Pa);
- d = Spessore medio del provino (m).

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 5 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022



Figura 4. Attrezzatura di prova + campione di rasante termico.



Figura 5. Ambiente di prova condizionato (armadio climatico).

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 6 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022

## 5.2 Dati di input e condizioni al contorno

In Tabella 1 si riportano le masse iniziali registrate al tempo 0 in assenza di sigillante per i tre provini analizzati e inseriti nell'attrezzatura (Figura 4), evidenziando il provino n.1 per il quale sono in seguito riportati, a titolo di esempio, i risultati ottenuti e le successive elaborazioni:

Sigla provino	Massa Sistema $M_0$ (kg)	Spessore (mm)
1	0,8646	5,29
2	0,8403	5,43
3	0,8451	5,40

Tabella 1. Misura della massa iniziale  $M_0$  del sistema (kg) per i tre provini analizzati.

Si riportano inoltre le condizioni medie ambientali al contorno durante il corso di tutta la prova in termini di temperatura ed umidità relativa:

- Temperatura media interna (Rif. Armadio climatico): **23,4 °C**;
- Temperatura media esterna (Rif. Laboratorio): **20 ± 2 °C**;
- Umidità relativa interna: **93.2%** - assunta pari al valor nominale garantito dalla soluzione satura di  $KNO_3$  poiché lo spazio interno al campione è di dimensioni ridottissime rispetto alla quantità di soluzione presente e tale quindi da garantire il livello di umidità previsto;
- Umidità relativa esterna al campione (Rif. Armadio climatico Figura 5): **44,5%** - valore medio rilevato lungo la prova).

Le prove realizzate sui campioni di Figura 1 hanno restituito i seguenti risultati (Tabella 2 e Figura 6 relativi, a titolo di esempio, al solo provino n.1):

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 7 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022

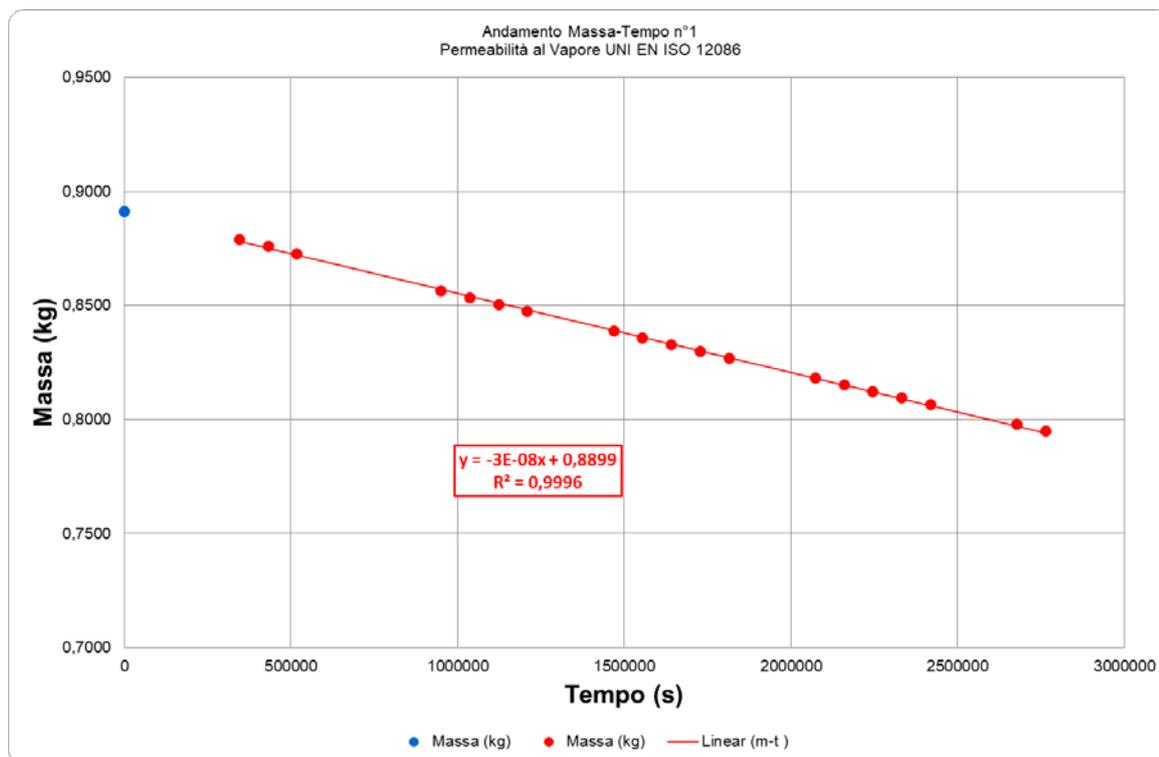


Figura 6. Correlazione Massa-Tempo al termine del test (provino n.1)

Sulla base dei valori misurati (Tabella 2 e Figura 6) e dei ratei di trasmissione del vapore, sono stati elaborati i dati ai sensi delle relazioni (1) e (2) al fine di determinare il rateo di trasmissione  $V$  e lo spessore d'aria equivalente  $S_d$  (Tabella 3) e del coefficiente di permeabilità al vapore  $\mu$ .

Campione n° 1		
Tempo (h)	Tempo (s)	Massa campione (kg)
0	0	0,8913
96	345600	0,8790
120	432000	0,8758
144	518400	0,8726
264	950400	0,8565
288	1036800	0,8535
312	1123200	0,8505
336	1209600	0,8475
408	1468800	0,8387
432	1555200	0,8357

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 8 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022

456	1641600	0,8327
480	1728000	0,8297
504	1814400	0,8268
576	2073600	0,8181
600	2160000	0,8152
624	2246400	0,8123
648	2332800	0,8094
672	2419200	0,8065
744	2678400	0,7979
768	2764800	0,7948

Tabella 2. Dati di perdita di massa relativi al provino n.1 del rasante termico.

Rivestimento Ceramico	Campione			Valore Medio
	1	2	3	
$\mu$	27	21	22	<b>23</b>
$S_d$ (m)	0,14	0,11	0,12	<b>0,12</b>
$V$ (g/m <sup>2</sup> d)	165	203	196	<b>198</b>

Tabella 3. Valori di Permeabilità al vapore del rasante termico.

I valori presenti in Tabella 3 sono stati preventivamente corretti, così come riportato nella norma al Rif. 2-e, per tenere conto di alcuni aspetti, descritti nella successiva appendice A e legati alla presenza del bordo schermato.

## 6 Conclusioni

Dalla sperimentazione fatta si dichiara che, per il rasante termico, lo spessore equivalente d'aria  $S_d$  risulta pari a **0,12 m**, il coefficiente di permeabilità al vapore medio di **23** e il rateo di trasmissione  $V$  risulta **di 198 g/m<sup>2</sup>d**.

## 7 Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	BIEMME S.r.L.	1 copia

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 9 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022

## APPENDICE A

All'Appendice F della norma di cui al Rif. 2-d, viene presentata una correzione da apportare al parametro  $g$ , densità di flusso di vapore ( $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ), per tener conto dell'effetto del *bordo schermato del provino*, ossia della situazione tale per cui il diametro del provino è maggiore del diametro dell'attrezzatura di prova.

In tal caso, il bordo schermato funge da percorso preferenziale per il vapore nel caso di flusso bidimensionale. Considerando di operare in condizioni, per ipotesi, monodimensionali, l'obiettivo è pertanto di incrementare, correggendolo, il flusso di vapore che attraversa il campione in modo da tener conto anche della quota parte che attraversa il bordo schermato.

Di seguito si riporta, a titolo di esempio, la relazione utilizzata per determinare  $g_{me}$ , flusso di vapore corretto (cfr. F.1) e la correlazione grafica fornita dalla norma per pervenire allo stesso parametro (Figura 7).

$$\frac{g_{me}}{g} = 1 + \frac{4 \cdot d}{\pi \cdot S} \ln\left(\frac{2}{1 + \exp(-2 \cdot \pi \cdot b/d)}\right) \quad (F.1)$$

dove:

$g_{me}$  è la portata di vapore misurata in presenza di un bordo schermato, in  $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ;

$g$  è la portata di vapore trascurando il bordo schermato, in  $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ;

$d$  è lo spessore del provino, in m;

$b$  è la larghezza del bordo schermato, in m (vedere figura A.1);

$S$  è il diametro idraulico, in m, (quattro volte l'area di prova diviso per il perimetro).

I valori del rapporto  $g_{me}/g$  calcolati mediante l'equazione (F.1) dipendono da due rapporti:  $b/d$ , la dimensione del bordo schermato diviso per lo spessore del provino e  $d/S$ , lo spessore diviso la dimensione caratteristica del provino. La figura F.1 indica i valori di  $g_{me}/g$  in funzione di questi due rapporti. I valori di  $g_{me}$  misurati utilizzando un recipiente con un bordo schermato devono essere corretti dividendoli per il valore appropriato di  $g_{me}/g$ , calcolato dall'equazione (F.1) o ricavato dalla figura F.1, prima di calcolare la permeanza.

### Entità della correzione per bordo schermato

Legenda

- 1  $g_{me}/g$
- 2 Spessore del provino diviso per il diametro idraulico,  $d/S$

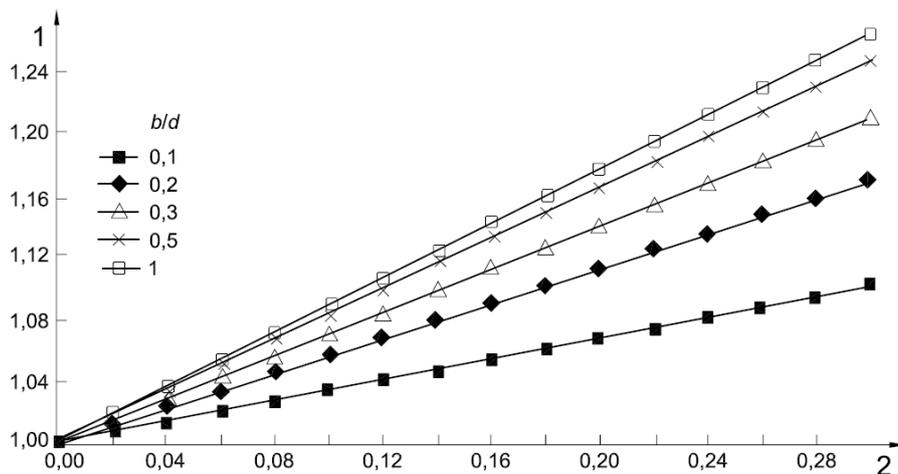


Figura 7. Determinazione del Coefficiente correttivo - effetto del bordo schermato.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 10 di 10
	_P.I. Marco Chiari_	_ Ing. Mattia Santandrea, PhD _	_Ing. Luca Laghi_	SQM_1327_2022