

Report:

**Caratterizzazione sperimentale FOAMGLAS® T4+: Test di tenuta ad aria e acqua.**



**Cliente:** Foamglas, Pittsburgh Corning Europe N.V.

**Responsabile del contratto:**

Ing. Graziano Salvalai



**Autori:**

Ing. Marta Maria Sesana and Ing. Arash Valiesfahani

**Revisionato da:**

Ing. Graziano Salvalai and Ing. Diego Scaccabarozzi

Marzo 2017

**Politecnico di Milano – Polo Territoriale di Lecco**

Laboratorio di Recupero Edilizio ed Efficienza Energetica *RE3\_Lab*

Laboratorio di Misure Meccaniche e Termiche *MetroSpace Lab*

*Working Group RE3\_Lab: Ing. Graziano Salvalai, Ing. Marta Maria Sesana*

*Working Group MetroSpace Lab: Ing. Diego Scaccabarozzi, Ing. Arash Valiesfahani*

Via Gaetano Prevati, 1/c – 23900 Lecco, Tel. 0341. 48.8879 - 8791



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

**Sommario**

- 1. Introduzione.....4
- 2. WP1 – Test di tenuta all’aria: Introduzione.....5
  - 2.1 WP1 – Descrizione della configurazione.....5
  - 2.2 WP1 – Montaggio della configurazione.....8
  - 2.3 WP1 – Risultati e discussione.....9
    - 2.3.1 WP1 – FOAMGLAS® T4+ provino senza giunto.....9
    - 2.3.2 WP1 – FOAMGLAS® T4+ provino con giunto.....11
    - 2.3.3 WP1 – Discussione .....13
- 3. WP2 – Test di tenuta all’acqua: Introduzione.....14
  - 3.1 WP2 – Standard e normative.....14
  - 3.2 WP2 – Montaggio della configurazione.....14
  - 3.3 WP2 – Montaggio della configurazione.....16
  - 3.4 WP2 – Risultati e Discussione.....17
    - 3.4.1 WP2 – FOAMGLAS® T4+ provino senza giunto.....17
    - 3.4.2 WP2 – FOAMGLAS® T4+ provino con giunto.....19
    - 3.4.3 WP2 – Discussione .....21
- 4. Conclusioni .....21
- 5. Riferimenti.....22

## 1. Introduzione

La relazione presenta i risultati dei test di caratterizzazione, ovvero il test di tenuta all'aria (WP1) e di tenuta all'acqua (WP2), realizzati sul prodotto FOAMGLAS® T4+.

Foamglas T4+ è un materiale usato in generale per differenti applicazioni tra le quali: tetti piani, facciate, pavimenti e muri interrati, tetti metallici e speciali, isolamento interno (parti, pavimenti, soffitti). Il materiale è composto da una parte di vetro riciclato ( $\geq 60\%$ ) e da materiali naturali grezzi facilmente reperibili (sabbia, dolomite, calce...). L'isolamento è completamente inorganico, non contiene propellenti per l'ozono, additivi ignifughi o leganti e non contiene, inoltre, VOC o altre sostanze volatili.

Il materiale utilizzato per i test è stato tagliato con una macchina a taglio laser, partendo dalle lastre Foamglas (dimensioni: larghezza  $450\pm 2$  mm; lunghezza  $300\pm 2$  mm e spessore di 30 mm), al fine di produrre provini circolari di due differenti diametri in funzione del set up necessario per i due test: 200 mm per la verifica di tenuta all'acqua e 85 mm per la verifica della tenuta all'aria. Per entrambi gli esperimenti, il materiale è stato prima testato utilizzando un campione omogeneo e successivamente un campione con un giunto lungo il diametro del provino. La Figura 1 rappresenta uno schema dei due campioni usati: nel caso con il giunto, le due parti di materiale FOAMGLAS® sono state rese solidali utilizzando il prodotto PC® 56, adesivo a freddo bituminoso composto da una parte di emulsione bituminosa e da una parte in polvere. Il giunto presenta uno spessore variabile tra 2-4 mm, dovuto alla rugosità della finitura del materiale.



Figura 1 – Schema dei due tipi di campione testati. Le dimensioni variano con i test WP realizzati.

Il test di tenuta all'aria (WP1) ha richiesto la misurazione del flusso dell'aria attraverso il materiale. Il campione è stato montato come elemento di tenuta di una camera sottovuoto in cui la depressione è stata generata da una pompa a vuoto.

Il test per la tenuta all'acqua (WP2) è stato realizzato secondo la normativa "BS EN 1928-2000: Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of watertightness". La caratterizzazione prevede la realizzazione di una camera riempita con acqua e sigillata dal provino del materiale in analisi.

La Tabella 1 riassume le caratteristiche del prodotto in accordo con la normativa "EN 13167: Thermal insulation products for buildings. Factory made cellular glass (CG) products. Specification."

Tabella 1 – Principali caratteristiche del prodotto FOAMGLAS® T4+ secondo la normativa EN 13167

LUNGHEZZA	300 o 600 ( $\pm 2$ ) mm
LARGHEZZA	450 ( $\pm 2$ ) mm
SPESSORE	Da 40 a 180 ( $\pm 2$ ) mm
GEOMETRIA	Planarità $\leq 2$ mm Ortogonalità $S_{l,b} \leq 6$ mm/m; $S_{ih} \leq 2$ mm
CONDUTTIVITÀ TERMICA	0,041 W/mK
REAZIONE AL FUOCO	Class A1
PUNTO DI CARICO	PL $\leq 1,5$ mm
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE	CS $\geq 600$ kPa
RESISTENZA A FLESSIONE	BS $\geq 450$ kPa
RESISTENZA A TRAZIONE PERPENDICOLARE ALLE FACCE	TR $\geq 150$ kPa
STABILITÀ DIMENSIONALE (48H – 70°C – 90% RH)	$\Delta \epsilon_{l,b} \leq 0,5$ ; $\Delta \epsilon_{th} \leq 1$
ASSORBIMENTO D'ACQUA	$\leq 0,5$ kg/m <sup>2</sup>

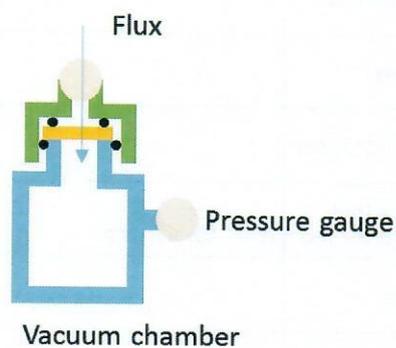
## 2. WP1 – Test di tenuta all'aria: Introduzione

La sezione 2 del presente rapporto contiene la descrizione del test WP1 – per la verifica della tenuta all'aria. La sezione è strutturata come di seguito: descrizione e montaggio della configurazione dei provini; risultati finali e discussione rispettivamente per i due tipi di campione (con e senza giunto – Figura 1).

### 2.1 WP1 – Descrizione della configurazione del test

In questa sottosezione, viene descritta la configurazione e il montaggio dei vari componenti per la valutazione della resistenza all'aria del campione di FOAMGLAS® T4+ secondo gli standard normativi considerati come riferimento per le analisi.

L'attività di valutazione è basata sulla misurazione del flusso d'aria attraverso il provino, installato come elemento di tenuta su una camera sottovuoto dove la depressione è generata con una pompa a vuoto. La Figura 2 rappresenta: a) i componenti del set up del sistema del test composto da: camera a vuoto, provino e manometro; b) foto di tutti gli strumenti montati in laboratorio per l'esecuzione del test di tenuta all'aria.

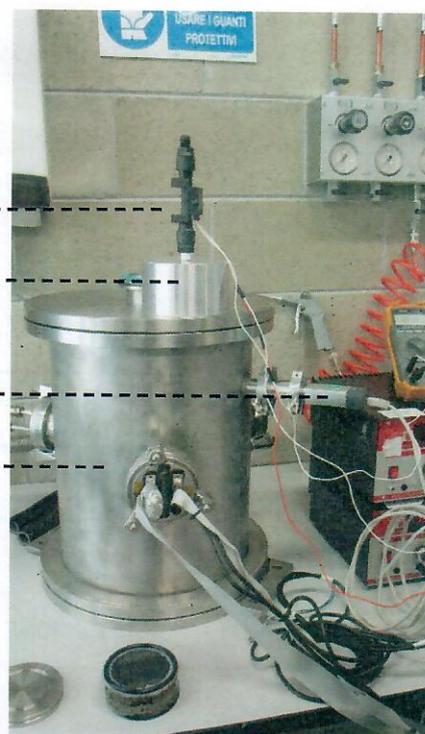


Misuratore di flusso

Alloggio campioni

Manometro

Camera a vuoto



a) WP1 Schema di montaggio

b) Strumenti montati in laboratorio

Figura 2 – Schema di montaggio e strumenti montati in laboratorio per il test del WP1

La procedura usata per la prova di laboratorio consiste in:

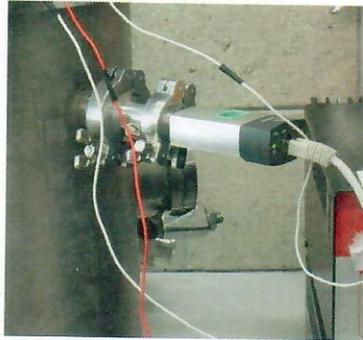
- Sigillatura di una faccia del campione sulla camera d'aria di prova ad una pressione di 800 mbar
- Misura della pressione e del flusso d'aria durante il test;
- Misura dell'umidità e della temperatura durante il test.

Considerato quanto sopra descritto, il sistema così progettato è in grado di misurare il flusso d'aria secondo definite condizioni di prova.

La Figura 3 riassume le fasi di installazione dei vari componenti usati durante il test:



a) Camera a vuoto in acciaio inox con 200 mbar di differenza di pressione rispetto a quella ambientale.



b) Manometro Varian PCG-750 series) con precisione di  $5 \times 10^{-5}$  mbar per monitorare la pressione all'interno della camera.



c) Sensore per la misurazione del flusso (AWM5000 Honeywell Micro Switch con ripetibilità  $\pm 0.5\%$  delle letture) per misurare le perdite attraverso il campione (min. flusso misurabile  $1.6 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s).



d) Misuratore di temperatura e umidità in condizioni di prova.



e) Montaggio del campione e del supporto del misuratore di flusso.



f) Provino di FOAMGLAS® T4+.

Figura 3 – Installazione dei componenti per il test di tenuta all'aria

## 2.2 WP1 – Montaggio dei diversi componenti della configurazione

La preparazione della configurazione per il test di tenuta all'aria prevede le seguenti fasi (Figura 4).

1. Preparazione del materiale tagliato in campioni circolari con una macchina al taglio laser e per i campioni con giunto, preparazione dell'adesivo PC® 56.



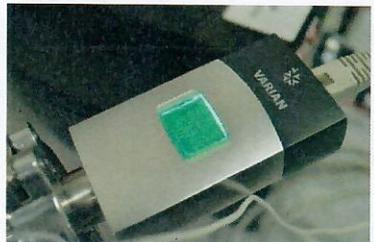
2. Stesura del silicone sul bordo del campione e posizionamento di una guarnizione circolare su entrambi i lati del provino.



3. Posizionamento del provino all'interno del supporto per il montaggio facendo attenzione che il provino sia correttamente sigillato.



4. Accensione della pompa verificando con un manometro che la pressione non scenda al di sotto di 600 mbar.



5. Aprendo la valvola si raggiunge una pressione di 800 mbar per far iniziare il monitoraggio del flusso attraverso il campione e della pressione all'interno. La pressione deve rimanere costante per 5 minuti senza flusso.

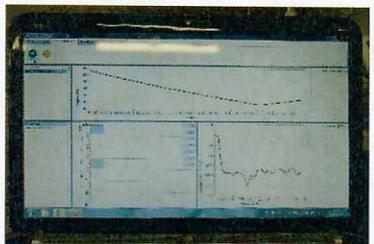
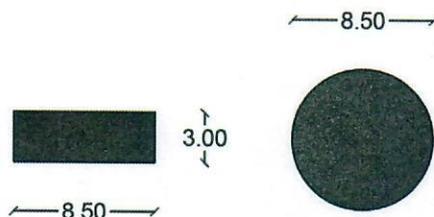


Figura 4 – Fase di montaggio dei componenti per il test di tenuta all'aria

## 2.3 WP1 – Risultati e discussione

### 2.3.1 WP1 – FOAMGLAS® T4+ provino senza giunto

Il primo test del WP1 è stato eseguito su un provino senza giunto come schematizzato nella Figura 5.



*Figura 5 – Schema del provino senza giunti per il test di tenuta all'aria [dimensioni in cm]*

Dopo il montaggio, il provino è stato testato per 5 volte (al fine di valutare la ripetibilità della misura) ognuna per 5 minuti ad ogni test condotto. La tensione in uscita dal flussometro è stata direttamente misurata, i dati relativi alla media e alla deviazione standard sono stati calcolati per i 5 provini.

I dati misurati sono riassunti in Figura 6.

In particolare, il grafico consente di comparare le tensioni misurate durante i 5 test con il valore alla condizione 0, in cui la camera è a pressione ambiente e non si ha presenza di flusso. Si può vedere che le misurazioni di tensione con la presenza del campione sono compatibili con il valore registrato nella condizione 0.

In Figura 7 sono rappresentati i valori medi di pressione all'interno della camera per i 5 test.

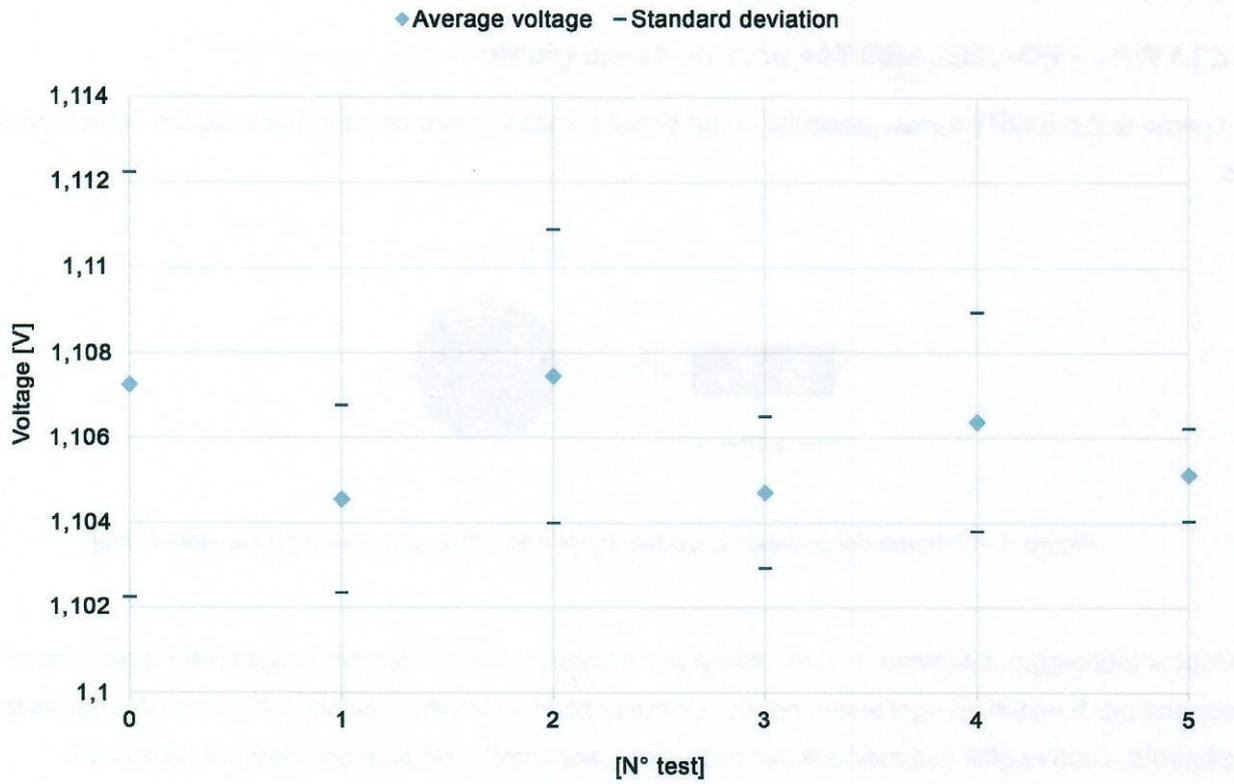


Figura 6 – Grafico dei valori medi per i 5 test per il campione senza giunto

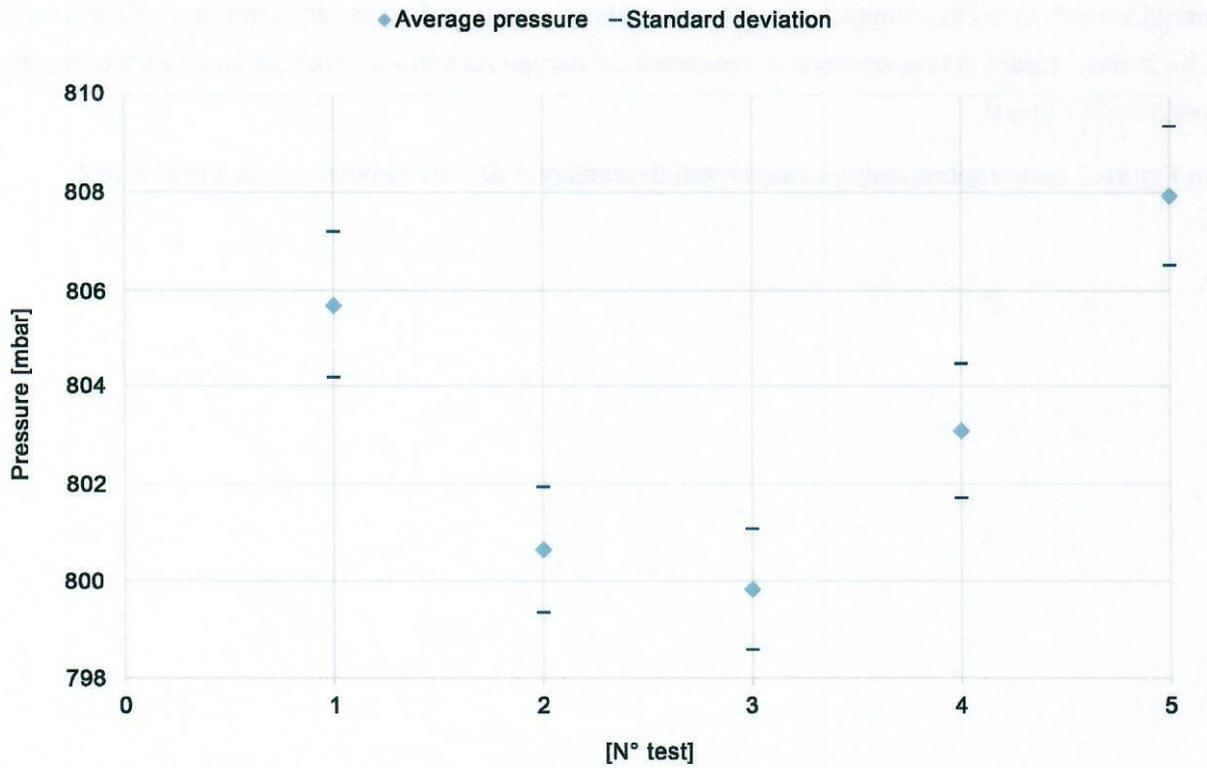


Figura 7 – Grafico dei valori medi di pressione per i 5 test per il campione senza giunto

La Tabella 2 riassume i risultati per i differenti test; la tensione misurata si mantiene costante nelle diverse prove eseguite.

Tabella 2 – Segnale misurato (con flussimetro) e pressione per la tenuta all'aria per il campione senza giunto

N° test	Tensione media [V]	Deviazione standard tensione [V]	Pressione media [mbar]	Deviazione standard pressione [mbar]
0	1,107	0,005	1000	/
1	1,103	0,002	805,6	1,5
2	1,107	0,004	800,6	1,2
3	1,105	0,002	799,8	1,2
4	1,106	0,003	803,0	1,3
5	1,105	0,001	807,9	1,4

### 2.3.2 WP1 – FOAMGLAS® T4+ provino con giunto

Lo stesso test sopra descritto è stato eseguito anche sul campione caratterizzato dalla presenza del giunto, realizzato come schematizzato in Figura 8.

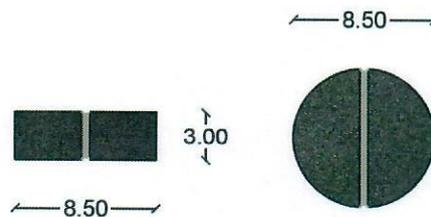


Figura 8 – Schema del provino per il test di tenuta all'aria con giunto [dimensioni in cm]

Dopo il montaggio del provino, anche in questo caso il campione è stato testato 5 volte per circa 5 minuti per ogni prova.

Come per il test precedente senza giunto, la Figura 9 riporta le tensioni misurate dal misuratore di flusso per ogni prova. In particolare, il grafico ci permette di confrontare la tensione misurata durante le 5 differenti prove con il valore alla condizione 0, in cui la camera è a pressione ambiente e non si ha presenza di flusso. La compatibilità tra i segnali misurati è assicurata dai risultati ottenuti.

La Figura 10 mostra i valori medi di pressione nella camera per ognuno dei 5 test.

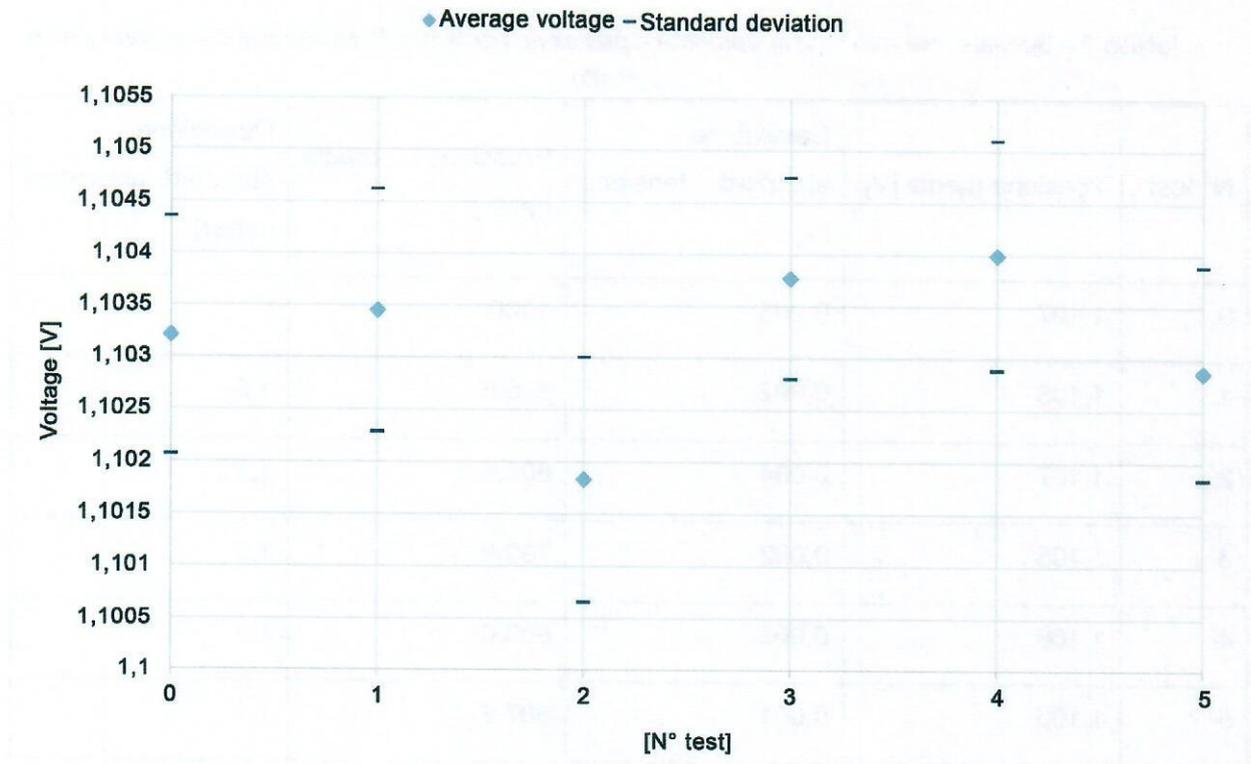


Figura 9 – Grafico dei valori medi per i 5 test per il campione con giunto

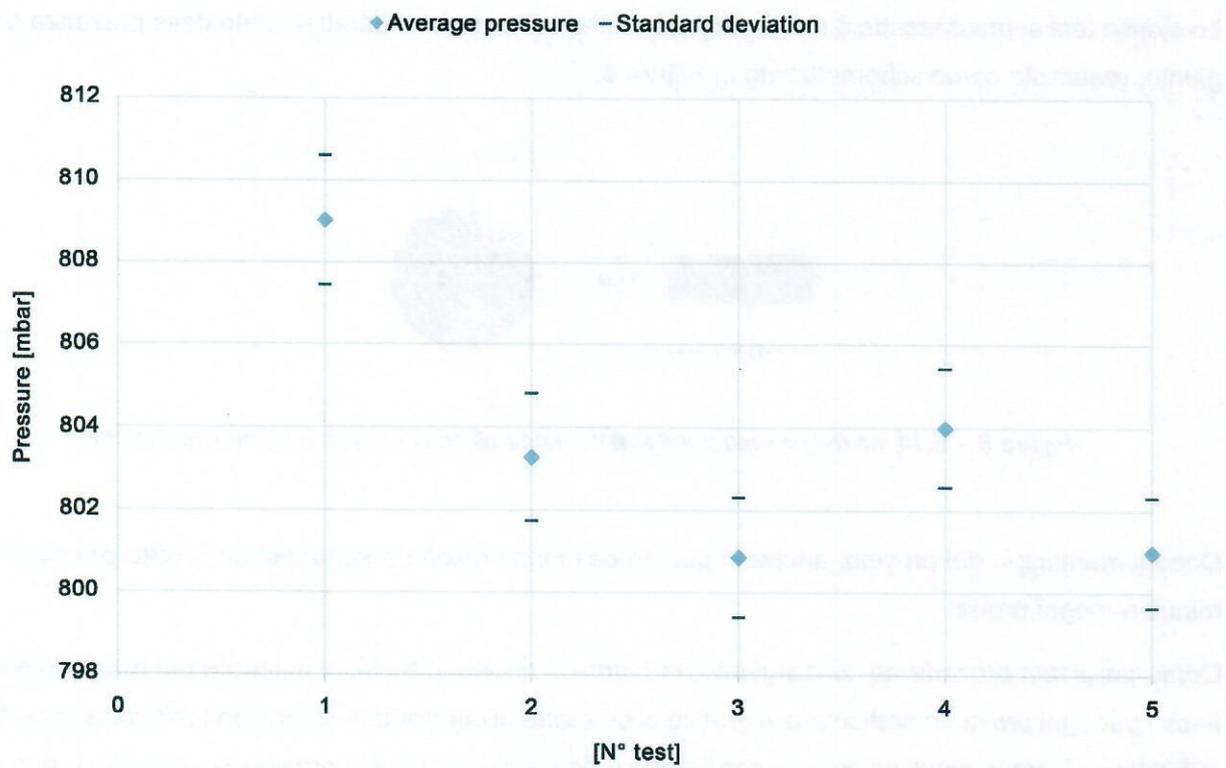


Figure 10 – Grafico dei valori medi di pressione per i 5 test per il campione con giunto

La Tabella 3 riassume i risultati per i differenti test: la tensione misurata si mantiene costante nelle diverse prove eseguite.

Tabella 3 – Segnale misurato (misuratore di flusso) e pressione per il test di tenuta all'aria per il campione con giunto.

N° test	Tensione media [V]	Deviazione standard tensione [V]	Pressione media [mbar]	Deviazione standard pressione [mbar]
0	1,103	0,001	1000	/
1	1,104	0,001	809,0	1,5
2	1,102	0,001	803,2	1,5
3	1,104	0,001	800,8	1,4
4	1,104	0,001	803,9	1,4
5	1,103	0,001	800,9	1,3

### 2.3.3 WP1 – Discussione

I segnali misurati dal misuratore di flusso per i campioni con e senza giunto evidenziano misurazioni compatibili tra i test con i provini e quelli senza flusso d'aria (condizione 0). Questo è testimoniato dai grafici in Figura 6 e 9. Inoltre, la ripetibilità delle misurazioni è ottenuta per entrambi i campioni testati. Questo è evidenziato dalla compatibilità delle misure tra i cinque test effettuati per ogni provino analizzato.

Si può quindi concludere che, entrambi i campioni, con e senza giunto, consentono il raggiungimento della tenuta all'aria, con un flusso minore di  $1.6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , corrispondente al valore minimo misurabile dalla configurazione utilizzata per le prove.

### 3. WP2 – Test di tenuta all’acqua: Introduzione

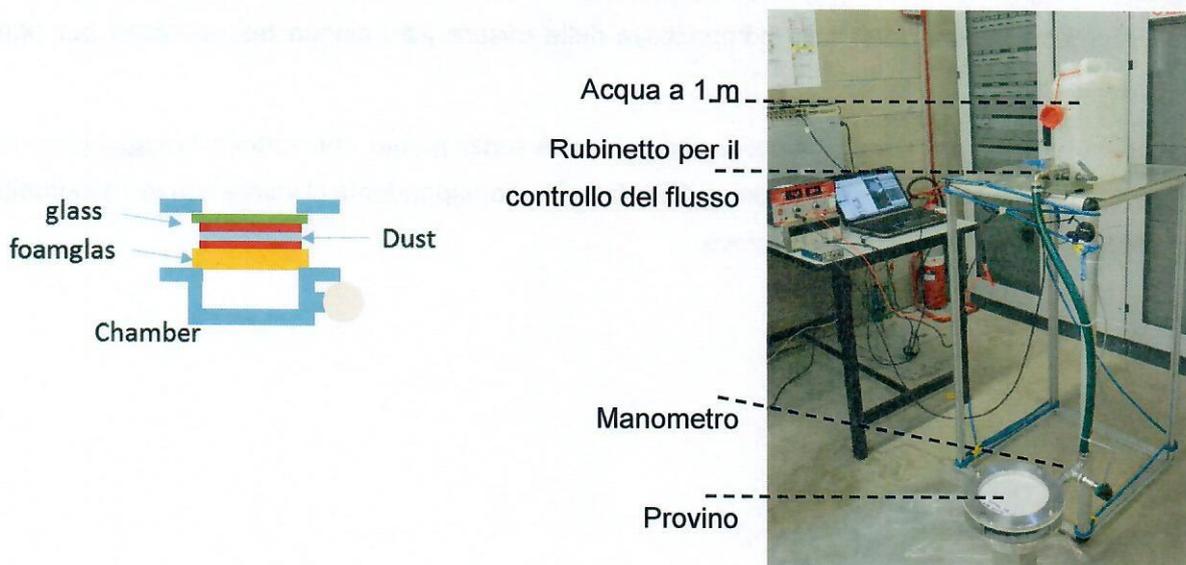
La Sezione 3 contiene la descrizione del test di tenuta all’acqua basato sulla realizzazione di una camera riempita con acqua e chiusa col campione da testare. Il paragrafo è strutturato come di seguito riportato: standard e normative; descrizione e montaggio dei componenti; risultati finali e discussione per i due tipi di campione (con e senza giunto – Figura 1).

#### 3.1 WP2 – Standard e normative

La normativa utilizzata per la prova è la “BS EN 1928-2000: Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of watertightness”. Questa normativa è stata preparata dalla Technical Committee CEN/TC 254 per determinare l’impermeabilità per applicazioni in coperture, ma può essere utilizzata anche in altre componenti tecnologiche dell’edificio. Questa normativa è stata realizzata per la caratterizzazione di membrane impermeabili flessibili manufatte o fornite prima dell’uso. Viene applicato a membrane bituminose, plastiche e gommose e specifica le procedure per determinare l’impermeabilità, per esempio la resistenza in condizione di acqua stagnante o di pressione idrostatica assorbita da una parte limitata della superficie per i prodotti realizzati in fabbrica.

#### 3.2 WP2 – Descrizione della configurazione del test

In questa sottosezione viene descritta la configurazione dei diversi componenti per il test di tenuta all’acqua. La caratterizzazione è basata sulla realizzazione di una camera riempita con acqua e sigillato con il campione da analizzare, secondo la norma BS EN 1928-20



a) WP2 Schema di montaggio

b) Strumenti montati in laboratorio

Figure 11 – S Schema di montaggio e strumenti montati in laboratorio per WP2

La Figura 11 mostra la configurazione per il test di tenuta all'acqua: a) Schema di montaggio con un focus sui componenti assemblati (provino di Foamglas con polvere fra due fogli di carta e un vetro a coprire il tutto); b) Foto degli strumenti installati in laboratorio per il test di tenuta all'acqua.

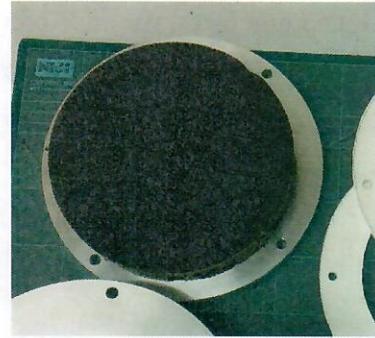
La configurazione si compone del dettaglio dei seguenti elementi: (Figura 12).



a) Camera pressurizzata riempita con acqua.



b) Manometro (Gefran TK-E-1-E-B16U-H-V con precisione  $\pm 0.25\%$  FSO) per il monitoraggio della pressione all'interno della camera



c) Provino di Foamglas: vengono testati due provini, uno di materiale omogeneo e l'altro con un giunto.



d) Due filtri di carta.



e) Polvere fine di zucchero bianco e di Metilene Blu BP (code INCI:CI 52015) setacciata ed essiccata con cloruro di calcio.



f) Elemento in vetro di spessore 5 mm.

Figura 12 – Componenti per la configurazione del test di tenuta all'acqua

Il serbatoio con l'acqua è posizionato alla quota di 1 metro (in riferimento alla faccia bagnata del provino) per garantire una pressione di 10 kPa.

### 3.3 WP2 – Montaggio dei diversi componenti della configurazione

Il montaggio del WP2 per il test di tenuta all'acqua prevede le seguenti fasi (Figura 13).

1. Preparazione del materiale come avvenuto per il precedente test e nel caso con il giunto, preparazione dell'adesivo bituminoso posato a freddo.



2. Stesura del silicone<sup>1</sup>(\*) sulla camera e sul bordo del campione e posizionamento dello stesso sulla camera.



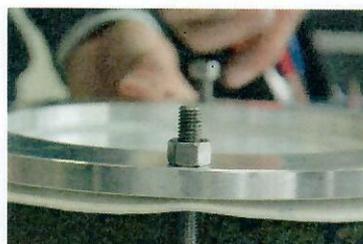
3. Posizionamento del primo filtro di carta e stesura omogenea della polvere.



4. Posizionamento del secondo filtro di carta e del vetro.



5. Posizionamento della parte di chiusura della camera e fissaggio dei bulloni.



<sup>1</sup> Lo strato di silicone è utilizzato per impedire perdite laterali di acqua nell'interfaccia di contatto tra campione e camera

6. Chiusura del foro (per la rimozione dell'aria in condizioni di pressione) sotto la camera per impedire perdite di acqua e connessione al serbatoio.



7. Opertura della valvola per avviare il flusso dell'acqua nella camera.



Figure 13 – Fase di montaggio della configurazione per il test di tenuta all'acqua

(\*) Dopo l'apertura dell'acqua, tutta l'aria all'interno della camera è rimossa utilizzando il foro sopra citato. Una volta che il provino è collegato al serbatoio e la camera è alla pressione di 10 kPa, come richiesto dalla normativa, il provino è lasciato per 24 ore in questa condizione. La pressione della camera è monitorata per tutta la durata del test. Inoltre, una videocamera è puntata verso il filtro di carta al di sotto della finestra in vetro, al fine di monitorare visivamente il campione. Il test è considerato superato se la pressione rimane stabile e il filtro di carta rimane bianco per l'intera durata del test.

### 3.4 WP2 – Risultati e Discussione

#### 3.4.1 WP2 – FOAMGLAS® T4+ provino senza giunto

Il primo test WP2 è stato realizzato su un provino senza giunto come schematicamente rappresentato in Figura 14.

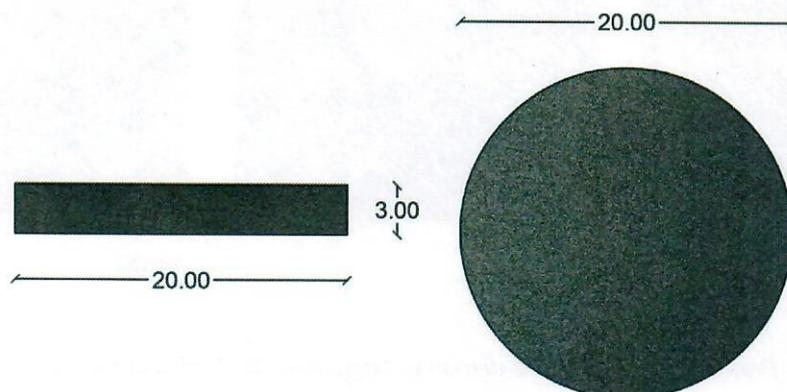


Figura 14 – Schema del provino senza giunti per il test di tenuta all'acqua [dimensioni in cm]

La Figura 15 fornisce una panoramica dei risultati monitorati (con riprese ogni 2 ore) catturati con la webcam durante le 24 ore per il test di tenuta all'acqua per il campione senza giunto.



16.00



18.00



20.00



22.00



00.00



02.00



04.00



06.00



08.00



10.00



12.00



14.00

Figura 15 – Panoramica dei risultati di monitoraggio per il test WP2 per il provino senza giunto

La Figura 16 mostra la pressione misurata durante la prova WP2 di tenuta all'acqua. Si può vedere che risulta costante per l'intero test.

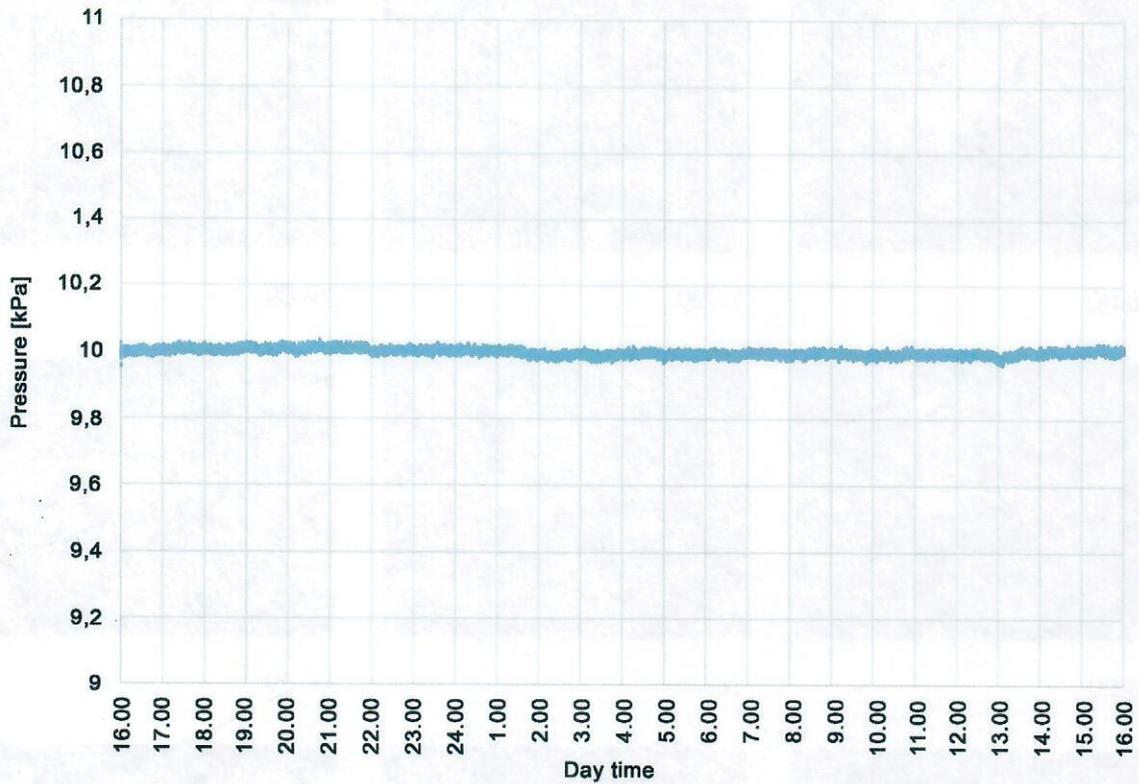


Figura 16 – Andamento della pressione durante le 24 ore di test per la tenuta all'acqua del provino senza giunto

### 3.4.2 WP2 – FOAMGLAS® T4+ provino con giunto

Il secondo test del WP2 è stato realizzato su un provino con giunto come schematicamente rappresentato in Figura 17.

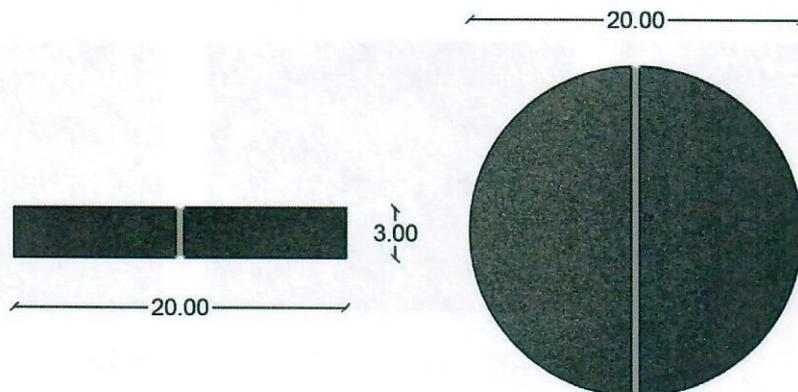


Figura 17 – Schema del provino per il test di tenuta all'acqua con giunto [dimensioni in cm]

La Figura 18 fornisce una panoramica dei risultati monitorati (ogni 2 ore) catturati con la webcam durante le 24 ore per il test di tenuta all'acqua per il campione con il giunto.



10.00



12.00



14.00



16.00



18.00



20.00



22.00



00.00



02.00



04.00



06.00



08.00

Figure 18 – Panoramica dei risultati di monitoraggio per il test WP2 per il provino con il giunto

La Figura 19 mostra la pressione misurata durante la prova WP2 di tenuta all'acqua. Si può vedere che risulta costante per l'intero test.

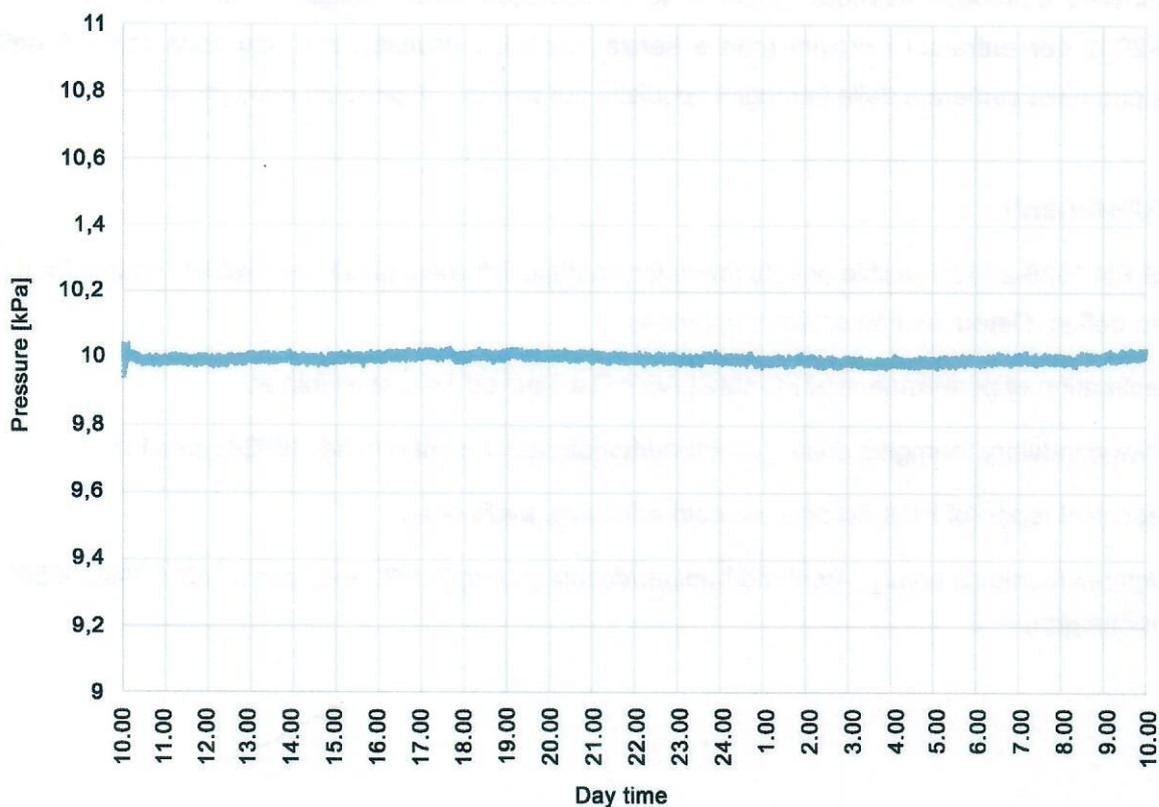


Figure 19 – Andamento della pressione durante le 24 ore di test per la tenuta all'acqua del provino con il giunto

### 3.4.3 WP2 – Discussione

I risultati del test mostrano come entrambi i provini (con e senza giunto) assicurano perfetta impermeabilità all'acqua secondo la BS EN 1928-2000. Questo è dimostrato dalla stabilità della pressione della camera e dalle immagini acquisite della videocamera installata.

## 4. Conclusioni

I risultati riportati in questa relazione sono rappresentativi per la tenuta rispettivamente ad aria e acqua del prodotto: FOAMGLAS® T4+. Sottolineiamo che l'attività di test è stata realizzata seguendo gli standard e i riferimenti descritti in relazione.

Tutti i risultati ottenuti evidenziano che:

- per il WP1 il prodotto permette il raggiungimento della condizione di tenuta all'aria con un flusso d'aria inferiore a  $1.6 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s, valore minimo misurabile con la configurazione utilizzata. I segnali

misurati dal misuratore di flusso per il provino, con e senza giunto, evidenziano misurazioni compatibili con le misurazioni in assenza di flusso d'aria;

- per il WP2 il prodotto assicura l'impermeabilità all'acqua come richiesto dalla normativa BS EN 1928-2000 per entrambi i provini (con e senza giunto). I risultati sono dati dalla stabilità della pressione nella camera e dalle immagini acquisite durante lo svolgimento delle prove.

## 5. Riferimenti

[1] BS EN 1928-2000: Flexible sheets for waterproofing. Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing. Determination of water tightness.

[2] Declaration of performance of FOAMGLAS® Flat Packed T4+, available at:

[http://www.industry.foamglas.com/\\_\\_\\_frontend/handler/document.php?id=1093&type=118](http://www.industry.foamglas.com/___frontend/handler/document.php?id=1093&type=118)

[3] Technical report of PC® 56 bitumen cold adhesive, available at:

[http://global.foamglas.com/\\_\\_\\_frontend/handler/document.php?id=2159&\\_ga=1.262356488.50596972.1490868629](http://global.foamglas.com/___frontend/handler/document.php?id=2159&_ga=1.262356488.50596972.1490868629)