





I singoli elementi per pavimentazione, numerati ed esaminati allo scopo di individuare eventuali difetti pregressi, sono essiccati fino a massa costante, quindi pesati (peso secco  $M_d$ ). I provini vengono quindi immersi in acqua dapprima a temperatura ambiente poi portata, in un lasso di tempo compreso tra 2 e 5 ore, a  $80 \pm 3$  °C. Tale temperatura viene mantenuta per  $24 \pm 1$  ore (comprehensive delle 2-5 ore di cui sopra), quindi nuovamente portata a livello ambiente in un tempo compreso tra 2 e 5 ore.

I provini vengono mantenuti in queste condizioni fino a quando il tempo totale di immersione, partendo dall'inizio del processo, risulta compreso tra 44 e 56 ore. Successivamente vengono pesati in aria (peso umido  $m_s$ ).

Con questi dati è possibile calcolare l'assorbimento d'acqua ( $W_{s,m}$ ) di ciascun provino, secondo la seguente formula:

$$W_{s,m} = 100 (m_s - m_d) / m_d$$

ove:

$W_{s,m}$  = assorbimento d'acqua (%).

$m_d$  = massa del provino dopo essiccazione (g).

$m_s$  = massa del provino bagnato dopo immersione in acqua a  $80 \pm 3$ °C, misurata in aria (g).

A questo punto i campioni possono essere utilizzati per la costruzione del muretto. Nell'assemblaggio del pannello la norma di Rif. 2-c prevede l'utilizzo, come giunti di separazione tra i singoli elementi, di uno strato di gomma espansa a pori chiusi (spessore di circa 3 mm).

Le cinque facce del pannello non esposte direttamente ai cicli di gelo/disgelo vanno rivestite con lastre di polistirene estruso di massa volumica  $< 40$  kg/m<sup>3</sup> e spessore  $\geq 50$  mm (lastra di retro) e  $\geq 25$  mm (quattro lastre laterali). Il pannello così assemblato viene posizionato verticalmente nella cella climatica, quindi la sua superficie esposta viene irrorata con un flusso di acqua a temperatura ambiente (portata di  $6 \pm 0.5$  litri/minuto per metro di larghezza del pannello) per un periodo di  $15 \pm 1$  minuti. La norma di Rif. 2-c prevede la calibrazione preliminare della camera geliva, in modo da assicurare che la velocità dell'aria di raffreddamento, a  $-15$ °C, che lambisce la superficie da raffreddare e gelare a  $0$ °C asporti calore con una potenza refrigerante specifica di  $400 \pm 80$  W/m<sup>2</sup>.

Al termine di queste operazioni il pannello di prova deve essere sottoposto a 100 cicli termici di gelo/disgelo; ciascun ciclo, della durata complessiva di circa 150 minuti, è costituito da due fasi, una di gelo ed una di disgelo, di seguito descritte.

- **Fase di gelo**, con raffreddamento dell'aria (la temperatura dell'aria viene rilevata tramite una termocoppia posta a  $30 \pm 10$  mm dal centro della faccia esposta del pannello) da  $20 \pm 3$ °C a  $-15 \pm$

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 3 di 7
	_ P.I. Marco Chiari _	_ Dott. Marco Marsigli _	_ Ing. Luca Laghi _	SOM_531_2021

3°C in un tempo compreso tra 20 e 30 minuti e successiva permanenza a  $-15 \pm 3^\circ\text{C}$  per un tempo compreso tra 90 e 100 minuti, in modo che la fase di raffreddamento abbia durata complessiva di  $120 \pm 5$  minuti (tutte le fasi di gelo devono durare  $120 \pm 5$  minuti tranne la prima, la cui durata è fissata in 6 ore  $\pm 5$  minuti).

- **Fase di disgelo**, con riscaldamento dell'aria da  $-15 \pm 3^\circ\text{C}$  a  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  in un tempo compreso tra 15 e 20 minuti. Successivamente la superficie esposta del pannello viene irrorata con un flusso di acqua a temperatura compresa tra 18 e  $25^\circ\text{C}$  (portata di  $6 \pm 0.5$  litri/minuto per metro di larghezza del pannello) per un periodo di  $120 \pm 10$  secondi. Al termine dell'irrorazione, dopo ulteriori due minuti necessari per consentire il deflusso dell'acqua dal sistema, si passa, automaticamente, al ciclo successivo, con una nuova fase di gelo seguita da una di disgelo.

La superficie esposta del pannello deve essere sottoposta a controllo visivo di aspetto dopo l'effettuazione di 100 cicli di gelo/disgelo (la superficie esposta del pannello può comunque essere esaminata dopo un qualsiasi numero di cicli, purché l'osservazione avvenga al termine della fase di disgelo), per valutare l'entità dei danni eventualmente causati dall'esposizione ai cicli termici.

Al termine del ciclo n. 100 il pannello deve essere inoltre completamente smantellato, in modo da consentire l'osservazione anche dei bordi dei singoli mattoni per verificare la presenza di eventuali fessurazioni laminari. Dopo ogni osservazione deve essere specificato quanti mattoni costituenti il pannello riportano i danni indicati in Tabella 1.

Tipo di difetto	Categoria
Nessuno	1
Cratere (Crater)	2
Inclusione	3
<b>Cavillatura</b> (larghezza $\leq 0.15$ mm)	<b>4</b>
<b>Fessurazione minore</b> (lunghezza $\leq 30$ mm)	<b>5</b>
<b>Fessurazione della Superficie</b> (lunghezza $> 30$ mm, larghezza $> 0.15$ )	<b>6</b>
<b>Fessurazione passante</b> (intera larghezza della superficie)	<b>7</b>
<b>Esfoliazione</b> (Scaling)	<b>8</b>
<b>Distacco</b> (peeling)	<b>9</b>
<b>Sfaldatura</b> (chipping)	<b>10</b>
<b>Scheggiatura</b> (spalling)	<b>11</b>
<b>Frattura</b>	<b>12</b>
<b>Delaminazione</b> (Delamination)	<b>13</b>

Tabella 1. Tipologie di difetti previsti dalla norma di Rif. 2-c.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 4 di 7
	_ P.I. Marco Chiari _	_ Dott. Marco Marsigli _	_ Ing. Luca Laghi _	SOM_531_2021

La prova viene interrotta dopo 100 cicli di gelo/disgelo o, nel caso di osservazioni intermedie, quando almeno un elemento del pannello presenta difetti non accettabili (difetti di categoria 4 e superiori, Rif. 2-c). La resistenza al gelo degli elementi per pavimentazione di laterizio deve essere indicata con riferimento ad una delle classi riportate in Tabella 2

Nessun elemento per pavimentazione di classe FP100 deve evidenziare danni di tipo 4 o maggiori dopo 100 cicli di gelo/disgelo.

Categoria di appartenenza	Numero di cicli superati senza difetti	Classificazione
<b>FP 0</b>	< 100	Nessuna determinazione
<b>FP 100</b>	100	Resistente al gelo/disgelo

**Tabella 2. Categoria di resistenza al gelo/disgelo (durabilità) prevista dalla norma di Rif. 2-d.**

#### 4.1 Risultati

La prova di gelo/disgelo è stata condotta su un pannello assemblato con 10 elementi (2 interi, di dimensioni 300 x 150 x 25 mm, e 8, ricavati per taglio ad umido da altrettanti campioni interi, di dimensioni all'incirca 225 x 150 x 25 mm – 4 elementi – e 75 x 150 x 25 mm – 4 elementi), per ognuno dei quali è stata esposta all'azione diretta dei cicli termici la faccia di dimensioni 300 x 150 mm (o parte di essa, se tagliata. Figura 2).

Per l'esecuzione dei cicli termici è stato utilizzato l'impianto automatico computerizzato Vötsch in dotazione al laboratorio, in particolare la camera climatica e l'impianto di condizionamento dell'acqua di allagamento richiamata dal ciclo di prova.

La velocità delle ventole di raffreddamento dell'aria all'interno della cella climatica è stata regolata sulla base della calibrazione di Rif. 2-e.

Le temperature raggiunte durante l'effettuazione della prova sono state controllate posizionando due termoresistenze in aria a 40 mm dal centro della faccia esposta del muretto (Rif. 2-f, 2-g).

I risultati della prova sono riportati in Tabella 3, nella quale vengono anche indicati i valori di assorbimento d'acqua  $W_{s,m}$  (%) dei 10 provini del prodotto "Pianella 15x30x2,5 cm Rosso" (dopo immersione in acqua a 80°C) utilizzati per la prova di resistenza al gelo/disgelo.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 5 di 7
	_ P.I. Marco Chiari _	_Dott. Marco Marsigli_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_531_2021

Provino	Assorbimento d'acqua $W_{s,m}$ (%)	Categoria di difetti dopo 50 cicli di gelo/disgelo	Categoria di difetti dopo 75 cicli di gelo/disgelo	Categoria di difetti dopo 100 cicli di gelo/disgelo
1	17,1	0	0	0
2	17,4	0	0	0
3	16,4	0	0	0
4	16,7	0	0	0
5	16,6	0	0	0
6	17,7	0	0	0
7	17,6	0	0	0
8	17,4	0	0	0
9	16,9	0	0	0
10	17,8	0	0	0
Media	$17,2 \pm 0,5$			

Tabella 3. Assorbimento d'acqua, dopo immersione in acqua a 80°C, dei 10 provini del prodotto "Pianella 15x30x2,5 cm Rosso" utilizzati per la prova di resistenza al gelo/disgelo e difetti riscontrati sui singoli provini dopo l'effettuazione di 50, 75 e 100 cicli di gelo/disgelo.

*Al termine del ciclo n. 100 non sono stati rilevati danni, né sul pannello intero né sui singoli provini.*

#### 4.2 Analisi dei risultati

Il prodotto "Pianella 15x30x2,5 cm Rosso" è stato sottoposto alla prova di determinazione della resistenza al gelo/disgelo secondo quanto previsto dalla norma di Rif. 2-c (faccia direttamente esposta all'azione dei cicli termici: 300 x 150 mm o parte di essa, se tagliata).

Tale prodotto, essendo di **categoria FP 100** (100 cicli di gelo/disgelo superati senza la comparsa di difetti), è classificabile come "Resistente al gelo/disgelo".

### 5 Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	Cotto del Perugino S.r.l.	1 copia

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 6 di 7
	_ P.I. Marco Chiari _	_Dott. Marco Marsigli_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_531_2021

