



## Valutazione Tecnica Europea

**ETA 17/0908**  
del 18.02.2020



### Parte generale

#### Organismo di Valutazione Tecnica che emette l'ETA: ITeC

L'ITeC è stato designato in conformità con l'Articolo 29 del Regolamento (UE) N. 305/2011 ed è membro dell'EOTA (European Organisation for Technical Assessment).

**Nome commerciale del prodotto da costruzione**

**Pozzolanica Solena**

**Area a cui appartiene il prodotto**

26 – Prodotti correlati con calcestruzzo, malta e boiaccia.

**Produttore**

**SOLENA s.r.l.**  
Via C. Cattaneo 62  
IT-23900 Lecco  
Italy

**Stabilimento di produzione**

Via Strada Statale dei Giovi 80  
Paderno Dugnano  
IT-20037 Milano  
Italy

**Questa Valutazione Tecnica Europea contiene**

15 pagine

**Questa Valutazione Tecnica Europea si emette in conformità al Regolamento (UE) 305/2011, sulla base di**

Documento di Valutazione Europea 260009-00-0301 *Ceneri di processo provenienti da inceneritori municipali per rifiuti solidi come additivo di tipo II per la produzione di calcestruzzo, malta e boiaccia.*

**Questa ETA sostituisce**

ETA 17/0908 del 24.05.2018

### **Commenti generali**

Valutazione Tecnica Europea emessa in spagnolo dall'Istituto di Tecnologia della Costruzione della Catalogna (ITeC). Le traduzioni in altre lingue dovranno corrispondere interamente al documento originale emesso.

La riproduzione della presente Valutazione Tecnica Europea, inclusa la sua trasmissione per mezzi elettronici, deve essere integrale.

## Parti specifiche della Valutazione Tecnica Europea

### 1 Descrizione tecnica del prodotto

Pozzolanica Solena è un'aggiunta di tipo II ottenuta dal trattamento fisico e chimico delle ceneri pesanti degli inceneritori di rifiuti solidi urbani (rifiuti domestici così come rifiuti di origine commerciale, industriale e istituzionale che, per loro natura e composizione sono simili ai rifiuti domestici, esclusi i rifiuti pericolosi).

Il processo di trattamento è caratterizzato dalla micronizzazione a umido delle particelle minerali, dall'elevato livello di separazione dei rottami metallici inizialmente presenti nel prodotto e, in particolare, dal fatto che il prodotto finito è privo di alluminio metallico e conseguentemente non determina più formazione di idrogeno<sup>1</sup>.

Il prodotto finito (che, dopo la micronizzazione a umido in forma di slurry, viene sottoposto ad una fase di parziale disidratazione) è un aggregato umido di aspetto sabbioso e avente una dimensione granulometrica pari a circa da 0 mm a 6 mm, costituito di particelle elementari aggregate in cluster. L'acqua presente nel prodotto deve essere considerata come acqua di idratazione nel disegno del calcestruzzo.

Il prodotto viene normalmente utilizzato in combinazione con fluidificanti o superfluidificanti e, in particolari condizioni, dipendenti dagli altri costituenti del calcestruzzo, del disegno della miscela, ecc., può richiedere l'aggiunta di antischiuma<sup>2</sup> al fine di evitare l'intrappolamento di un eccesso di aria. La forma granulare può richiedere tempi di mescolamento aggiuntivi al fine di disperdere le particelle.

Il prodotto è registrato REACH e il suo EC number è 939-997-0.

Relativamente al confezionamento, al trasporto ed allo stoccaggio, è responsabilità del produttore adottare adeguate misure e informare i suoi clienti circa le misure per il trasporto e lo stoccaggio che ritiene necessarie.

Si presuppone che il prodotto venga utilizzato secondo le istruzioni del produttore o (in assenza delle istruzioni stesse) in accordo alle pratiche usuali delle costruzioni professionali.

### 2 Specifiche d'uso(i) previsto(i) in conformità con l'EAD applicabile

Pozzolanica Solena ha, come destinazione d'uso, quello di essere utilizzata come aggiunta di tipo II nel calcestruzzo strutturale gettato in opera o prefabbricato, conformemente a EN 206. Può anche essere usata in malte e boiacche.

Pozzolanica Solena è destinata ad essere utilizzata in combinazione con il cemento Portland (CEM I) e con il cemento Portland composito (CEM II/A) con le percentuali indicate nell'annesso A. Le classi di esposizione determinate sono indicate nell'annesso B.

### 3 Prestazioni del prodotto e riferimento ai metodi di valutazione

Le prestazioni della aggiunta tipo II Pozzolanica Solena, in relazione ai requisiti di base delle opere da costruzione (nel seguito RB), sono stati determinati secondo l'EAD 260009-00-0301 *Ceneri di processo provenienti da inceneritori municipali per rifiuti solidi come additivo del tipo II per la*

<sup>1</sup> La formazione di idrogeno possa causare problemi di espansione nel calcestruzzo fresco, questo è un fenomeno ben noto di delle ceneri pesanti derivanti dall'incenerimento di rifiuti domestici (MIBA).

<sup>2</sup> Il prodotto viene normalmente additivato con una certa quantità di antischiuma presso lo stabilimento di produzione. Tuttavia, in certi calcestruzzi, in ragione principalmente dei superfluidificanti ed anche del disegno della miscela e degli altri costituenti (cemento, aggregati, ecc.), è necessario aggiungere quantità addizionali di antischiuma.

produzione di calcestruzzo, malta e boiaccia. Le caratteristiche essenziali della Pozzolanica Solena sono incluse nella tavola 3.1.

Requisiti di base	Caratteristica essenziale	Prestazione			
BWR 1 Resistenza meccanica e stabilità	Composizione <sup>(1)</sup>	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	63,59 %		
		Solfati totali (SO <sub>3</sub> ) (≤ 3 %)	0,47 %		
		Cloruri totali (Cl <sup>-</sup> )	0,16 %		
		Cloruri solubili in acqua (Cl <sup>-</sup> )	0,14 %		
		Fosfati totali (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (≤ 5 %)	1,25 %		
	Indice di arrività <sup>(2)</sup>	A 28 giorni (≥ 75 %)	82,4 %		
		A 90 giorni (≥ 85 %)	87,1 %		
	Finezza	Setacciatura a umido (≤ 12,0 % in massa)	0,2 %		
		Per diffrattometria laser	D(v;0,5) = 14,40µm		
	Espansione/ritiro <sup>(3)</sup>	Malta di riferimento	- 1,08%		
		Malta valutata	- 1,22%		
	Contenuto di umidità <sup>(1)</sup>	12,8%			
		Perdita al fuoco <sup>(1)</sup>			
		5,2%			
	Massa volumica		PNV <sup>(4)</sup>		
Tempo di presa		Tempo di presa iniziale	Tempo di presa finale	Tempo limite di presa	
	Malta di riferimento	2 h 05 min	3 h 30 min	--	
	Malta valutata	2 h 25 min	3 h 35 min	≤ 4 h 10 min	
Resistenza a compressione		Vedi l'allegato A			
Profondità di penetrazione dell'acqua in pressione		Vedi l'allegato B1			
Resistenza relativa alla carbonatazione		Vedi l'allegato B2			
Resistenza alla diffusione dei cloruri		Vedi l'allegato B3			
Resistenza ai solfati		Vedi l'allegato B4			

**Note:**

- (1) Percentuale in massa.  
(2) Rapporto percentuale fra la resistenza a compressione della malta valutata e quella della malta di riferimento.  
(3) Percentuale di variazione in altezza della malta valutata e della malta di riferimento rispetto ai relativi valori iniziali.  
(4) Prestazione Non Valutata.

Tavola 3.1: Prestazioni della Pozzolanica Solena.

#### 4 Valutazione e verifica della costanza delle prestazioni (VVCP) del sistema applicato, con riferimento alla base legale

In conformità con la Decisione 1999/469/EC, come modificata dalla Commissione Europea<sup>3</sup> con Decisione 2001/596/EC, si utilizza il sistema di VVCP (si consulti il regolamento delegato (UE) N° 568/2014 che modifica l'Allegato V del Regolamento (UE) 305/2011) indicato nella seguente tabella.

Prodotto	Uso previsto	Sistema
Pozzolonica Solena	Aggiunta di tipo II per calcestruzzo, malta e boiaccia	1+

**Tavola 4.1:** Sistema VVCP applicabile.

#### 5 Dettagli tecnici necessari all'implementazione del sistema VVCP, come previsto nell'EAD applicabile

Tutti i dettagli tecnici necessari all'implementazione del sistema di VVCP, vengono stabiliti dal *Piano di Controllo* depositato presso ITeC<sup>4</sup>, con il quale il controllo di produzione di fabbrica deve essere conforme.

Qualsiasi modifica venga effettuata lungo il processo di produzione del prodotto, deve essere notificata e se necessario andranno revisionati i relativi documenti in accordo con il *Piano di Controllo*.

Emesso a Barcelona il 18 febbraio 2020

Dall'Istituto di Tecnologia della Costruzione della Catalogna.



Ferran Bermejo Nualart

Direttore Tecnico, ITeC

<sup>3</sup> Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (GUUE) L184/27 dell'25/06/1999.

Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (GUUE) L209/33 dell'02/08/2011.

<sup>4</sup> Il Piano di Controllo è una parte confidenziale dell'ETA e può averne accesso solamente l'organismo notificato da certificazione coinvolto nel processo di valutazione e verifica della costanza delle prestazioni.

**ALLEGATO A: RESISTENZA A COMPRESSIONE E VALORE K**

Cemento	Tempo di maturazione (giorni)	Acqua / Cemento ( $\omega_a$ ) <sup>(1)</sup>	k funzione of $\omega_r$	Minimo valore k	
60 % CEM I 52.5R + 40 % Pozzolonica Solena	7	0,40		-- <sup>(2)</sup>	
		0,50	$\frac{-1,326}{\omega_r} + 2,707$	0,05	
		0,60		0,50	
	28	0,40			0,16
		0,50	$\frac{-0,468}{\omega_r} + 1,324$		0,39
		0,60			0,54
	90	0,40			-- <sup>(2)</sup>
		0,50	$\frac{-0,223}{\omega_r} + 1,158$		0,31
		0,60			0,59
67 % CEM I 52.5R + 33 % Pozzolonica Solena	7	0,40		0,35	
		0,50	$\frac{-0,432}{\omega_r} + 1,426$	0,56	
		0,60		0,71	
	28	0,40			0,65
		0,50	$\frac{-0,050}{\omega_r} + 0,770$		0,67
		0,60			0,69
	90	0,40			0,25
		0,50	$\frac{-0,223}{\omega_r} + 1,158$		0,53
		0,60			0,71
80 % CEM I 52.5R + 20 % Pozzolonica Solena	7	0,40		0,36	
		0,50	$\frac{-0,576}{\omega_r} + 1,798$	0,65	
		0,60		0,84	
	28	0,40			0,61
		0,50	$\frac{-0,234}{\omega_r} + 1,191$		0,72
		0,60			0,80
	90	0,40			0,42
		0,50	$\frac{-0,318}{\omega_r} + 1,638$		0,63
		0,60			0,77
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolonica Solena	7	0,40		-- <sup>(2)</sup>	
		0,50	$\frac{-1,004}{\omega_r} + 2,323$	0,32	
		0,60		0,65	
	28	0,40			0,40
		0,50	$\frac{-0,325}{\omega_r} + 1,210$		0,56
		0,60			0,67
	90	0,40			0,44
		0,50	$\frac{-0,200}{\omega_r} + 1,127$		0,51
		0,60			0,55
75 % CEM I 52.5R + 25 % Pozzolonica Solena	7	0,40		-- <sup>(2)</sup>	
		0,50	$\frac{-0,817}{\omega_r} + 2,029$	0,40	
		0,60		0,67	
	28	0,40			0,51
		0,50	$\frac{-0,235}{\omega_r} + 1,138$		0,63
		0,60			0,72

Cemento	Tempo di maturazione (giorni)	Acqua / Cemento ( $\omega_a$ ) <sup>(1)</sup>	k funzione of $\omega_r$	Minimo valore k
	90	0,40	$\frac{-0,223}{\omega_r} + 1,158$	0,54
		0,50		0,56
		0,60		0,57
	7	0,40	$\frac{-1,062}{\omega_r} + 2,558$	-- <sup>(2)</sup>
		0,50		0,43
		0,60		0,79
85 % CEM II/A-LL 42.5R + 15 % Pozzolanica Solena	28	0,40	$\frac{0,287}{\omega_r} + 1,256$	0,54
		0,50		0,68
		0,60		0,78
	90	0,40	$\frac{0,145}{\omega_r} + 0,744$	0,40
		0,50		0,53
		0,60		0,62

**Note:**

- (1) Il rapporto acqua/cemento della malta valutata ( $\omega_a$ ) è lo stesso rapporto acqua/cemento della malta di riferimento ( $\omega_r$ ).
- (2) I valori negativi di K non vengono dichiarati poiché non hanno significato fisico.

**Tavola A1:** Valor K.

**ALLEGATO B: DURABILITÀ EQUIVALENTE**

Schema dei test per la valutazione della durabilità equivalente:

Cementi utilizzati nell'ambito della valutazione		Classe di esposizione
Riferimento	Valutazione	
CEM II/A-LL 42.5R	75 % CEM II/A-LL 42.5R	XC4 + XD3 + XS3
CEM IV/A (V) 42.5R <sup>(1)</sup>	+ 25 % Pozzolonica Solena	XC4 + XD3 + XS3 + XA3

**Notes:**

- <sup>(1)</sup> Il cemento di riferimento e quello utilizzato nell'ambito della valutazione non sono gli stessi per la valutazione della classe di esposizione XA3. Il CEM IV/A 42.5R è stato necessario per valutare le classi di esposizione XC4 + XD3 + XS3 + XA3. Non ha senso tecnicamente usare CEM IV/A 42.5R + 40% Pozzolonica Solena come cemento sul quale eseguire la valutazione, per il fatto che questo cemento contiene una elevata percentuale di pozzolana ed anche per il fatto che il produttore non è interessato all'aggiunta di Pozzolonica Solena al CEM IV.

**Tavola B0:** Schema dei test per la valutazione della durabilità equivalente.**ALLEGATO B1: PROFONDITÀ DI PENETRAZIONE DELL'ACQUA SOTTO PRESSIONE**

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità di penetrazione (massimo/medio) dell'acqua sotto pressione (EN 12390-8) [mm]			
		Campione			Valore medio
		1	2	3	
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	12/10	12/9	13/10	12/10
	$\omega_2 = 0,45$	13/10	12/10	13/11	13/10
	$\omega_3 = 0,47$	14/11	14/11	13/10	14/11
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	15/12	17/12	16/11	16/12
	$\omega_2 = 0,45$	18/15	20/15	18/14	19/15
	$\omega_3 = 0,47$	30/22	31/22	30/23	30/22
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,376$	18/8	19/9	18/7	18/8
	$\omega_2 = 0,394$	21/10	19/11	20/10	20/10
	$\omega_3 = 0,411$	22/11	23/12	22/12	22/12

**Tavola B1:** Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione.



**ALLEGATO B2: RESISTENZA RELATIVA ALLA CARBONATAZIONE**

La resistenza relativa alla carbonatazione dopo 90, 182 e 273 giorni viene visualizzata rispettivamente nelle tabelle B2.1, B2.2 e B2.3. L'evoluzione della profondità della carbonatazione nel tempo viene visualizzata nella tabella B2.4.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione ( $d_k$ ) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Campione	Dopo 90 giorni				Valore medio	
			Faccia del campione					
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	211 A	0,0	0,6	0,0	0,4	0,2	0,3
		211 B	0,0	0,0	1,6	0,0	0,4	
	$\omega_2 = 0,45$	212 A	1,4	0,9	1,1	1,1	1,1	0,7
		212 B	0,0	0,7	0,0	0,3	0,2	
	$\omega_3 = 0,47$	213 A	0,0	1,3	1,5	0,0	0,7	0,7
		213 B	0,0	0,0	1,5	1,0	0,6	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	208 A	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,8
		208 B	1,9	0,5	2,9	0,0	1,3	
	$\omega_2 = 0,45$	209 A	0,0	1,9	1,1	0,0	0,8	0,6
		209 B	1,0	0,0	0,0	1,1	0,5	
	$\omega_3 = 0,47$	210 A	0,0	2,8	3,0	0,0	1,5	1,2
		210 B	0,2	0,0	1,9	1,8	1,0	
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,376$	214 A	0,0	0,0	1,7	0,0	0,4	0,5
		214 B	0,0	0,0	1,9	0,0	0,5	
	$\omega_2 = 0,394$	215 A	0,0	2,3	0,8	0,9	1,0	0,9
		215 B	0,0	0,4	0,4	2,3	0,8	
	$\omega_3 = 0,411$	216 A	0,0	0,0	1,7	0,0	0,4	0,7
		216 B	0,0	2,0	1,8	0,0	0,9	

**Tavola B2.1:** Profondità della carbonatazione a 90 giorni.

Calcesstruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione ( $d_k$ ) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Campione	Dopo 182 giorni				Valore medio	
			Faccia del campione					
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	211 A	2,0	2,8	2,9	3,0	2,6	2,3
		211 B	2,5	0,0	3,0	3,0	2,1	
	$\omega_2 = 0,45$	212 A	3,0	2,8	3,6	3,2	3,2	3,3
		212 B	3,8	3,5	2,9	3,5	3,4	
	$\omega_3 = 0,47$	213 A	3,5	3,2	2,8	4,3	3,4	3,5
		213 B	3,7	3,9	2,4	3,9	3,5	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	208 A	2,9	2,0	2,9	3,6	2,9	2,9
		208 B	2,2	3,4	2,6	3,4	2,9	
	$\omega_2 = 0,45$	209 A	3,1	2,5	3,7	3,0	3,1	3,0
		209 B	2,3	4,1	3,2	2,2	3,0	

Calcesstruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione ( $d_k$ ) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Dopo 182 giorni						
		Campione	Faccia del campione				Valore medio	
A	B		C	D				
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	$\omega_3 = 0,47$	210 A	4,9	3,6	4,6	4,5	4,4	4,1
		210 B	3,5	4,3	3,6	4,1	3,9	
	$\omega_1 = 0,376$	214 A	2,9	1,9	3,8	3,2	3,0	2,6
		214 B	2,4	2,8	2,1	1,4	2,2	
	$\omega_2 = 0,394$	215 A	1,6	3,0	2,7	3,2	2,6	2,8
		215 B	2,7	3,7	2,4	2,9	2,9	
$\omega_3 = 0,411$	216 A	4,2	3,4	1,8	3,8	3,3	3,0	
	216 B	2,9	2,6	2,7	2,7	2,7		

Tavola B2.2. Profondità della carbonatazione a 182 giorni.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione ( $d_k$ ) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Dopo 273 giorni						
		Campione	Faccia del campione				Valore medio	
A	B		C	D				
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	211 A	-- (1)	-- (1)	-- (1)	-- (1)	-- (1)	2,9
		211 B	2,5	3,0	3,1	3,1	2,9	
	$\omega_2 = 0,45$	212 A	3,3	3,3	2,4	-- (1)	3,0	3,5
		212 B	3,1	5,5	3,8	3,5	3,9	
	$\omega_3 = 0,47$	213 A	4,0	-- (1)	-- (1)	3,0	3,5	3,5
		213 B	-- (1)	-- (1)	-- (1)	3,5	3,5	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	208 A	1,9	4,6	3,1	3,5	3,3	3,4
		208 B	3,7	4,6	3,1	2,3	3,4	
	$\omega_2 = 0,45$	209 A	3,5	3,3	-- (1)	4,0	3,6	3,4
		209 B	2,8	3,1	3,8	-- (1)	3,2	
	$\omega_3 = 0,47$	210 A	3,7	4,0	3,7	5,6	4,0	4,1
		210 B	4,7	4,2	3,6	3,9	4,1	
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,376$	214 A	4,0	-- (1)	-- (1)	1,8	2,9	2,8
		214 B	2,0	-- (1)	-- (1)	3,5	2,7	
	$\omega_2 = 0,394$	215 A	3,4	-- (1)	4,1	3,5	3,7	3,8
		215 B	4,3	4,2	3,6	3,8	4,0	
	$\omega_3 = 0,411$	216 A	4,1	3,3	4,2	4,4	4,0	4,2
		216 B	4,7	5,0	4,3	3,8	4,5	

Tavola B2.3. Profondità della carbonatazione a 273 giorni.

Calcestruzzo	Rapporto acqua / cemento	Profondità della carbonatazione (valore medio) ( $d_{km}$ ) [mm] in conformità con al tempo di esposizione in giorni		
		90	182	273
100 % CEM IV 42.5R	0,43	0,3	2,3	2,9
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,43	0,8	2,9	3,4
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	0,376	0,5	2,9	2,8
100 % CEM IV 42.5R	0,45	0,7	3,3	3,5
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,45	0,6	3,0	3,4
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	0,394	0,9	2,8	3,8
100 % CEM IV 42.5R	0,47	0,7	3,5	3,5
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,47	1,2	4,1	4,1
75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	0,411	0,7	3,0	4,2

**Tavola B2.4:** Evoluzione della profondità della carbonatazione nel tempo.

**ALLEGATO B3: RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DEI CLORURI**

Calcestruzzo	Rapporto acqua/cemento	Penetrazione dei cloruri mediante misura colorimetrica da bordo sinistro a bordo destro(EN 12390-11) [mm]						Valore medio
		Campione	Punto di misura					
			1	2	3	4	5	
100 % <del>CEM IV</del> <del>42.5R</del> CEM II/A- LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	208A'	5	7	9	14	6	8
	$\omega_2 = 0,45$	209A'	15	13	11	12	11	12
	$\omega_3 = 0,47$	210A'	17	15	10	14	13	14
100 % <del>CEM III/A-</del> <del>LL 42.5R</del> CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	211A'	7	6	10	6	9	7
	$\omega_2 = 0,45$	212A'	16	5	7	11	18	11
	$\omega_3 = 0,47$	213A'	6	7	-- <sup>(1)</sup>	9	6	7
75 % CEM II/A- LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena	$\omega_1 = 0,376$	214A'	8	11	15	11	10	11
	$\omega_2 = 0,394$	215A'	11	10	9	8	9	9
	$\omega_3 = 0,411$	216A'	7	9	7	10	15	10

**Note:**

<sup>(1)</sup> La presenza di un grande aggregato in questo punto ha reso impossibile la misurazione.

**Tavola B3.1:** Penetrazione dei cloruri.

Campione	Livello di riferimento in acqua potabile	Contenuto di cloruri [%] nel calcestruzzo				
		Alla profondità [mm] di:				
		0 – 4	4 – 8	8 – 12	12 – 16	16 – 20
208A'	0,035	0,488	0,290	0,188	0,098	0,063
209A'	0,029	0,583	0,335	0,239	0,126	0,078
210A'	0,016	0,549	0,383	0,227	0,153	0,094
211A'	0,016	0,541	0,382	0,179	0,089	0,036
212A'	0,013	0,364	0,298	0,151	0,073	0,074
213A'	0,013	0,475	0,355	0,246	0,065	0,037
214A'	0,023	0,453	0,319	0,151	0,065	0,047
215A'	0,014	0,270	0,250	0,117	0,047	0,038
216A'	0,033	0,312	0,324	0,214	0,100	0,067

**Tavola B3.2:** Profilo quantitativo della penetrazione dei cloruri.

### ALLEGATO B4: RESISTENZA AI SOLFATI

Soluzione al 4,4 % di Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a 20 °C (conservazione in soluzione solfatica a 20 °C)													
Tempo di maturazione dei campioni [days]	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico Ed = D·V <sup>2</sup> ·0,83 (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]						
	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R (ω <sub>2</sub> = 0,45)												
0	14,21	13,63	39,90	39,91	159,99	159,79	---	212,56	210,51	2.343	2.425	38.208	38.364
14	14,20	13,64	39,87	39,84	159,97	159,73	-0,125-0,375	212,43	210,66	2.346	2.432	38.656	39.373
28	14,18	13,65	39,82	39,84	159,93	159,70	-0,375-0,563	212,37	211,17	2.353	2.437	39.567	39.967
56	14,17	13,72	39,85	39,59	159,93	159,67	-0,375-0,751	213,25	214,49	2.361	2.448	41.390	43.114
90	14,21	13,72	39,92	39,58	159,98	159,66	-0,063-0,814	214,91	211,70	2.368	2.451	43.405	46.045
180	14,25	13,70	39,75	39,72	159,89	159,58	-0,625-1,314	214,88	213,20	2.372	2.464	45.227	47.833

  

Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25% Pozzolonica Solena (ω <sub>2</sub> = 0,394)							
Tempo di maturazione dei campioni [days]	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico Ed = D·V <sup>2</sup> ·0,83 (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25% Pozzolonica Solena (ω <sub>2</sub> = 0,394)						
0	13,63	39,91	159,79	--	210,51	2.425	38.364
14	13,64	39,84	159,73	-0,375	210,66	2.432	39.373
28	13,65	39,83	159,70	-0,563	211,17	2.437	39.967
56	13,72	39,59	159,67	-0,751	211,49	2.448	43.114
90	13,72	39,58	159,66	-0,814	211,70	2.451	46.045
180	13,70	39,72	159,58	-1,314	213,20	2.464	47.833

**Tavola B4.1:** Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione in soluzione solfatica a 20 °C).

Soluzione 4,4 % Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a 5 °C (conservazione in soluzione solfatica a 5°C).							
Tempo di maturazione dei campioni [days]	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale (ΔL) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico Ed = D·V <sup>2</sup> ·0,83 (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R (ω <sub>2</sub> = 0,45)						
0	12,93	39,91	159,87	--	202,07	2.381	35.192
14	13,56	39,91	159,88	0,063	202,30	2.372	36.254

28	13,40	39,92	159,84	-0,188	202,59	2.370	37.797
56	13,40	39,89	159,86	-0,063	202,87	2.373	38.343
90	13,35	39,99	159,82	-0,313	202,98	2.379	39.008
180	13,39	39,92	159,74	-0,813	204,06	2.389	43.695
Caratteristiche valutate (valore medio dei 3 campioni) per 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolonica Solena ( $\omega_2 = 0,394$ )							
Tempo di maturazione dei campioni [days]	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale ( $\Delta L$ ) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
0	13,99	39,91	159,87	--	214,86	2.409	36.556
14	13,98	39,91	159,82	-0,313	214,93	2.412	36.947
28	13,99	39,91	159,77	-0,626	214,85	2.412	37.358
56	14,05	40,00	159,73	-0,876	215,77	2.407	40.255
90	14,10	39,90	159,73	-0,876	216,11	2.408	42.437
180	14,09	39,88	159,75	-0,751	216,26	2.411	42.429

**Tavola B4.2:** Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione in soluzione solfatica a 5°C).

Soluzione satura di $\text{Ca(OH)}_2$ a 20 °C (conservazione di riferimento a 20 °C).							
Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R ( $\omega_2 = 0,45$ )							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale ( $\Delta L$ ) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
0	12,57	40,00	160,01	--	190,99	2.373	36.138
14	12,64	40,04	160,01	0,000	191,26	2.360	36.914
28	12,66	40,05	159,99	-0,125	191,64	2.361	39.464
56	12,67	40,09	159,97	-0,250	191,95	2.359	39.464
90	12,65	40,09	159,95	-0,375	192,24	2.369	41.622
180	12,55	40,06	159,85	-1,000	193,2	2.405	44.296
Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena ( $\omega_2 = 0,394$ )							
Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale ( $\Delta L$ ) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
0 <sup>(1)</sup>	12,64	40,03	159,79	--	195,43	2.416	37.108
14 <sup>(1)</sup>	12,69	39,97	159,74	-0,313	195,59	2.412	38.029
28 <sup>(1)</sup>	12,70	39,96	159,72	-0,438	195,90	2.415	40.011
56 <sup>(1)</sup>	12,75	39,97	159,70	-0,563	195,97	2.405	41.503

90 <sup>(1)</sup>	12,80	39,98	159,70	-0,563	196,87	2.404	42.977
180 <sup>(1)</sup>	12,88	39,94	159,77	-0,125	198,09	2.406	44.880

<sup>(1)</sup> Uno dei tre campioni si è rotto nell'ultimo periodo.

**Tavola B4.3:** Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione di riferimento a 20 °C).

**Soluzione satura di Ca(OH)<sub>2</sub> a 5 °C (conservazione di riferimento a 5 °C).**

Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per CEM IV/A (V) 42.5R ( $\omega_2 = 0,45$ )						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale ( $\Delta L$ ) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
0	13,04	39,72	159,72	--	198,89	2.401	36.381
14	13,05	39,75	159,60	-0,751	199,10	2.405	36.972
28	13,03	39,88	159,51	-1,315	199,53	2.406	37.677
56	12,95	39,80	159,52	-1,252	200,39	2.439	41.744
90	12,93	39,77	159,55	-1,064	200,65	2.447	42.602
180 <sup>(1)</sup>	12,85	39,82	159,52	-1,252	199,82	2.451	44.003

<sup>(1)</sup> Uno dei tre campioni si è rotto nell'ultimo periodo.

Tempo di maturazione dei campioni [giorni]	Caratteristiche valutate (valore medio di 3 campioni) per 75 % CEM II/A-LL 42.5R + 25 % Pozzolonica Solena ( $\omega_2 = 0,394$ )						
	Dimensioni (altezza, larghezza e lunghezza) [mm]			Espansione longitudinale ( $\Delta L$ ) [mm/m]	Massa [g]	Densità (D) (EN 12390-7) [kg/m <sup>3</sup> ]	Modulo elastico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm <sup>2</sup> ]
0	11,11	39,92	159,69	--	170,25	2.402	36.306
14	11,22	39,85	159,59	-0,626	171,45	2.399	37.045
28	11,33	39,89	159,62	-0,438	172,26	2.385	37.640
56	11,29	39,91	159,68	-0,063	172,19	2.394	40.618
90	11,20	39,87	159,71	0,125	173,50	2.432	43.423
180	11,27	39,96	159,77	0,501	175,26	2.434	45.143

**Tavola B4.4:** Valutazione della resistenza ai solfati (conservazione di riferimento a 5 °C).