

Gestione e digitalizzazione della maturazione dei provini di calcestruzzo fresco in cantiere – Il Sistema S2

La maturazione dei provini di calcestruzzo fresco in cantiere è una operazione molto delicata che può influenzare in modo rilevante i risultati dei successivi test di compressione.

La fase di maturazione dei provini appena prelevati è descritta in diverse normative:

- DM 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018)
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.
- UNI EN 12390-2

Da queste si evince una chiara responsabilità della direzione dei lavori nel mantenere le corrette condizioni di maturazione in cantiere secondo quanto riportato nella norma UNI sopracitata.

Di seguito un estratto del paragrafo C11.2.5.3 delle NTC 2018:

“...Da quanto sopra emerge chiaramente la responsabilità attribuita al Direttore dei Lavori in merito al confezionamento, alla conservazione, custodia e consegna dei provini al laboratorio di cui all’articolo 59 del D.P.R. 380/01, al fine di garantire la necessaria corrispondenza fra il calcestruzzo sottoposto alle prove di accettazione certificate dai suddetti Laboratori e quello impiegato nell’opera...”

...Tale compito, assolutamente necessario a garantire l’efficacia e credibilità della filiera di controllo prevista dalla legge e dalle norme, potrà anche essere esercitato dal Direttore dei Lavori adottando tutte le iniziative che riterrà utili al raggiungimento dell’obiettivo, quali ad esempio garantire e documentare la tracciabilità dei provini mediante l’impiego di idonei strumenti tecnologici (ad esempio con micro-chips o targhette con codici a barre annessi nel calcestruzzo e soggetti a lettura digitalizzata e localizzazione spazio-temporale automatica in cantiere ed in Laboratorio)...”

Da cui si evince che oltre al mantenimento delle corrette condizioni di maturazione è importante una tracciabilità dei provini per garantire la credibilità della filiera di controllo.

Come è noto, la maturazione dei provini freschi in cantiere avviene in una finestra temporale che va dalla 16 alle 72 ore successive al prelievo. Dopo di che i provini possono essere spostati per essere portati in appositi locali per la maturazione fino al ventottesimo giorno. Le condizioni ideali per la maturazione identificate nella UNI EN 12390-2 sono le seguenti:

- In cantiere tra le 16 e le 72 ore successive al prelievo: Temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (aumentata di 5°C nelle giornate particolarmente calde in estate) in condizioni tali da prevenire la disidratazione
- Dopo lo scassero e fino al 28° giorno: Temperatura ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), Umidità Relativa $\text{RH} \geq 95\%$

Il mantenimento delle corrette condizioni di maturazione in cantiere non è sicuramente facile. Infatti le condizioni climatiche nelle diverse stagioni nei diversi luoghi e nei diversi giorni in cui può avvenire un getto sono talmente variabili da non garantire costantemente il rispetto dei parametri riportati dalla UNI EN 12390.

Il sistema S2 è pensato per questo scopo; ossia consentire il mantenimento delle corrette condizioni di maturazione dei provini nella finestra di permanenza in cantiere, nelle diverse condizioni climatiche, dando anche la possibilità di digitalizzare i valori di temperatura e umidità associandoli univocamente ai provini se identificati con un sistema di tracciabilità, come ad esempio C3.

Il sistema S2 è illustrato nella seguente figura 1. È un sistema proprietario con Domanda di Brevetto n. 102019000008562. Il sistema si compone di un box con isolamento ad alta efficienza realizzato con tecnologia sotto vuoto. Nel box c'è un vano sufficiente ad inserire i provini prelevati in cantiere insieme al sistema di stabilizzazione della temperatura realizzato con materiali a cambiamento di fase (PCM). Infine ci sono dei datalogger per il controllo continuo delle condizioni di temperatura e umidità presenti all'interno del box. Il box può essere chiuso utilizzando dei sigilli antieffrazione che consentono di avere evidenza di una eventuale apertura del box anticipata rispetto allo scassero previsto dei provini. Il sistema si controlla tramite una app dedicata che si interfaccia con un database in cloud per l'archiviazione dei dati relativi alla maturazione di ogni prelievo maturato in cantiere con il sistema S2.



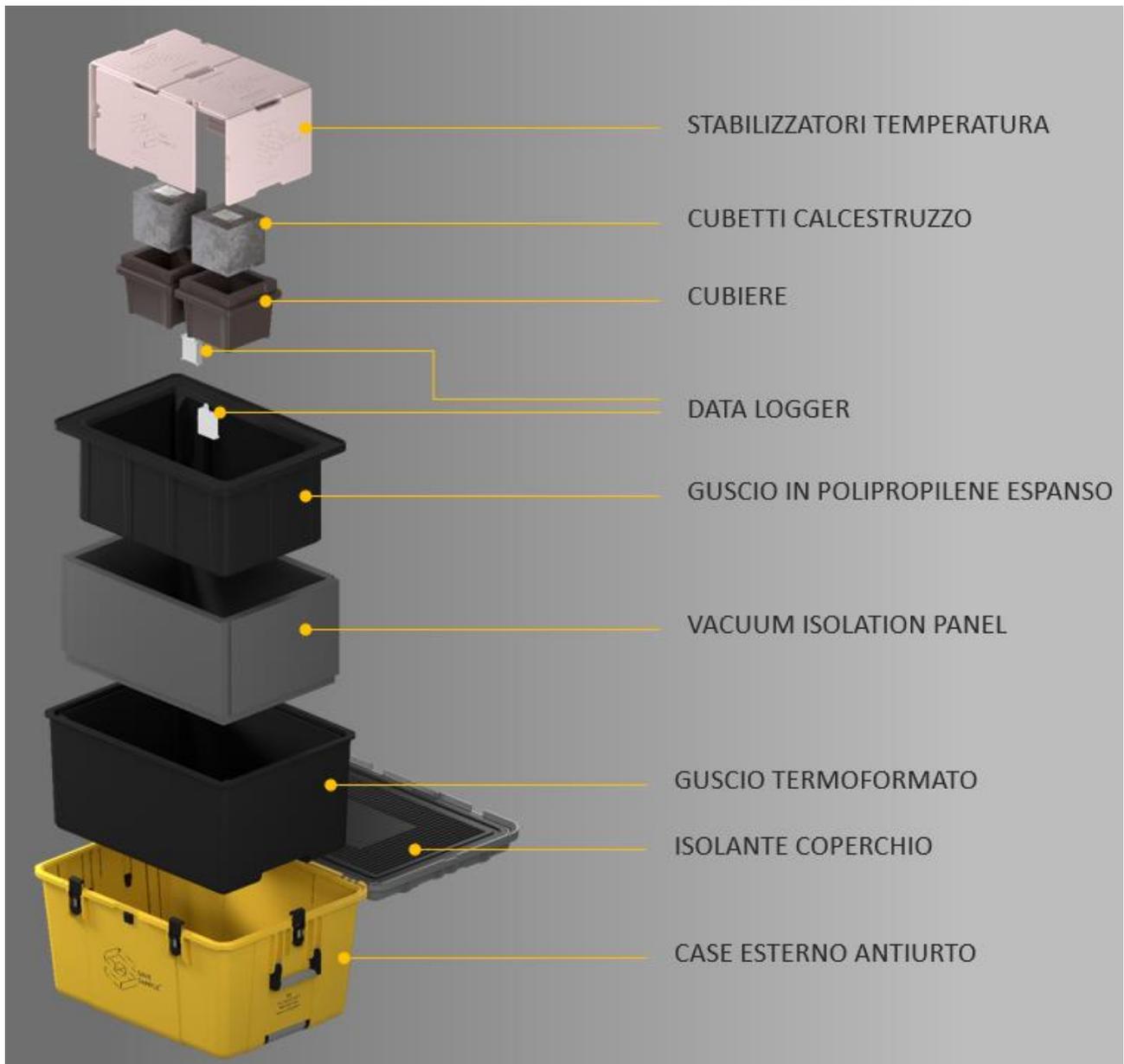


Figura 1: Illustrazione dei componenti del sistema S2

Le componenti hardware sono pensate per essere completamente indipendenti dalla presenza di energia elettrica nel luogo del getto. Infatti il sistema di condizionamento della temperatura è realizzato con degli stabilizzatori a cambiamento di fase che hanno una transizione controllata tra 20°C e 25°C. Questo sistema richiede solo un condizionamento preliminare degli stabilizzatori per portarli sotto i 10°C in estate e tra 35°C e 45°C in inverno. Il kit per il condizionamento preliminare degli stabilizzatori di temperatura può essere fornito opzionalmente da S2, oppure si può usare un qualsiasi altro sistema di controllo della temperatura qualora ce ne fosse uno già presente in cantiere.

La procedura di utilizzo del sistema S2 è molto semplice ed intuitiva. Una volta prelevati e codificati i campioni si inseriscono nel box. Si avvia l'app dedicata S2, installabile su qualsiasi smartphone android, con la fotocamera si acquisisce la codifica dei cubetti così da associare univocamente le condizioni di maturazione, si inseriscono le informazioni relative alla tipologia di provini usati, alla tipologia di cemento usato nel calcestruzzo e al suo dosaggio, si identifica inoltre un tempo di maturazione all'interno della finestra 16-72 ore. La app, attraverso un sistema di geolocalizzazione

e connessione con siti di previsioni meteo, identifica le temperature previste nelle ore successive in quel luogo, ed esegue il calcolo dei flussi termici al fine di determinare quanti stabilizzatori vanno inseriti nel box. La app fornisce quindi l'indicazione di quanti stabilizzatori deve inserire. Una volta inseriti, l'operatore può avviare sempre tramite app la rilevazione di temperatura e umidità e chiudere il box. Se l'operatore decide di chiudere il box attraverso un sigillo antieffrazione che può essere fornito insieme al sistema S2, la app consente anche di scansionare tramite app il codice del sigillo antieffrazione per garantire che non sia avvenuta nessuna manomissione o sostituzione del sigillo.



Trascorso il tempo previsto per la maturazione, l'operatore tramite la app può vedere tutte le maturazioni in corso e selezionare quella che si vuole terminare. Può scansionare il sigillo qualora sia stato utilizzato per confermare la congruenza del codice e può arrestare la rilevazione della temperatura e umidità. La app acquisisce i dati e fornisce subito i valori medi di temperatura e umidità interni al box nelle ore di maturazione; in questo modo, l'operatore può avere una immediata evidenza se la maturazione è stata conforme o meno alle condizioni previste. Qualora lo smartphone sia connesso ad una rete dati (cellulare o Wi-Fi), la app provvede a sincronizzare i dati con il database in cloud, così da renderli disponibili a chiunque abbia le credenziali di accesso.

Il sistema è stato testato lungamente nella fase di pre-commercializzazione nei laboratori del Gruppo Colacem /Colabeton Spa , ottenendo risultati molto buoni anche in condizioni di temperatura esterna molto gravose.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni risultati ottenuti nella campagna di sperimentazione.

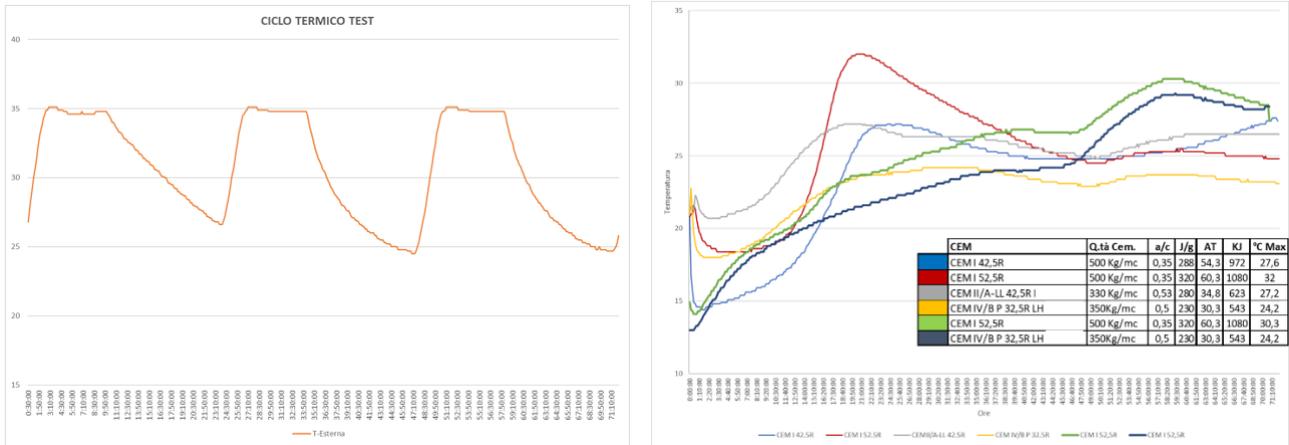


Figura 2: A sinistra il ciclo termico impostato nella camera di test con una temperatura minima di 25°C, una rampa di 2 ore fino ad un massimo di 35°C che si mantengono per 8 ore e poi una discesa di temperatura fino a 25°C in 14 ore. Questo ciclo è ripetuto per tre volte. A destra i risultati di temperatura all'interno del box per varie tipologie di calcestruzzo realizzate con diversi cementi e diversi mix

Test	Cemento	Cemento Kg/mc	Cubetti interno al box	Cubetti interno camera umidità UNI-EN 12390-2	Cubetti interno armadio climatico coperti	Cubetti interno armadio climatico non coperti
	Cem I 42,5R	500	68,1	69,0	60,2	61,7
	Cem I 52,5R	500	82,9	77,7	77,0	77,3
	Cem II 42,5R	330	50,4	51,0	48,6	46,1
	Cem IV 35,5R LH	350	50,7	52,3	48,3	44,7
	Cem I 52,5R	500	83,5	79,1	78,3	78,3
	Cem IV 35,5R LH	350	51,0	52,0	47,0	44,0

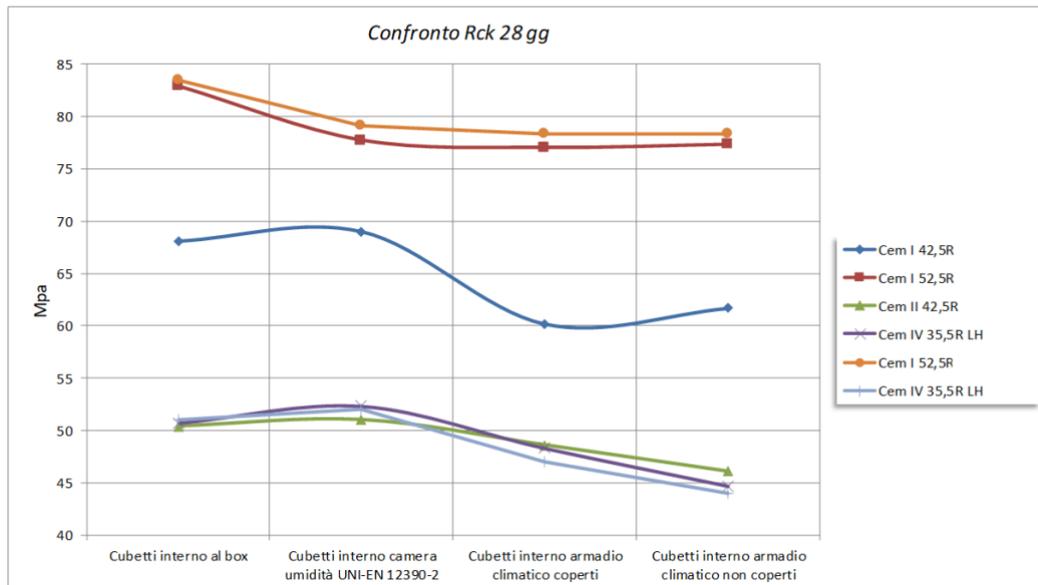


Figura 3: Confronto dei risultati dello schiacciamento a 28 gg dei provini maturati nel box, in camera di maturazione, esposti al ciclo termico con copertura ed esposti al ciclo termico senza copertura

Dai risultati della sperimentazione si può notare come la maturazione nel box nelle prime ore risulta vantaggiosa rispetto ad una maturazione in cui c'è completa esposizione al ciclo termico esterno.

Allo stato attuale il box è entrato nella fase di commercializzazione ed è in uso per i prelievi in un importante cantiere di una torre a Milano, può essere personalizzato nella grafica e gode dei benefici di un bene industria 4.0.

Nei prossimi mesi si prevede lo sviluppo di nuove funzionalità come ad esempio l'integrazione con il BIM e il monitoraggio del peso dei campioni.

