

# Calcestruzzi innovativi per l'accumulo termico

## L'esperienza dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope": l'applicazione dei calcestruzzi geopolimerici

*Domenico Frattini, Francesco Colangelo, Marco de Pertis, Ferdinando Maria De Rosa, Claudio Feronè, Giuseppina Roviello, Raffaele Cioffi – Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

L'accumulo di energia termica (TES – Thermal Energy Storage) è la tecnologia mediante la quale si ottiene l'immagazzinamento di energia termica, attraverso il riscaldamento o il raffreddamento di un mezzo di accumulo, che può essere solido o liquido a seconda del campo di applicazione.

In tal modo, l'energia accumulata può essere utilizzata successivamente, allo scopo di riscaldare oppure per produrre energia elettrica da fonte rinnovabile.

Un interessante progetto condotto presso l'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" è focalizzato sull'accumulo di energia termica con calore sensibile, utilizzando mezzi solidi, e sulla successiva analisi numerica del comportamento in transitorio, durante le fasi di carica e scarica, utilizzando simulazioni di tipo FEM (Finite Element Method).

Diversi materiali per l'accumulo termico ad alte prestazioni, selezionati dalla letteratura di riferimento, sono stati considerati come punto di partenza e confronto per lo sviluppo di materiali innovativi: in questo progetto è stata condotta un'analisi comparativa utilizzando dati sperimentali relativi a calcestruzzi tradizionali opportunamente modificati e calcestruzzi innovativi geopolimerici, ovvero compositi polimerici inorganici a base di silicio e alluminio, sviluppati per la realizzazione di manufatti eco sostenibili, in sostituzione ai calcestruzzi tradizionali. Tali materiali sono ottenuti a partire da rifiuti industriali alcali attivati, come le ceneri volanti o loppe d'altoforno granulate, il cui impiego comporta un minore impatto ambientale rispetto a quello dei calcestruzzi tradizionali; essi sono caratterizzati da elevate prestazioni quali alta resistenza meccanica, buona resistenza alla penetrazione dei cloruri, all'attacco acido ed alle alte temperature.

I risultati hanno dimostrato la significativa influenza delle proprietà termiche dei materiali scelti sulle prestazioni del modulo di accumulo, attraverso l'uso, appunto, di due differenti metodi di indagine scientifica. Lo strumento di simulazione termica proposto ha fornito informazioni fondamentali per miglioramenti relativi all'impiego di aggregati ed additivi eco compatibili o riciclati, ottenendo migliori proprietà termiche sia in fase di dimensionamento dell'intero modulo, che in fase di scelta del mix design dei materiali da adottare. Questa sperimentazione rappresenta anche un punto d'inizio per la realizzazione di un apparato sperimentale per l'applicazione della tecnologia di accumulo termico, sia sfruttando l'energia termica proveniente da impianti solari, che sfruttando reflui termici provenienti da altri impianti, come ad esempio quelli per la termovalorizzazione dei rifiuti.

Questa ricerca ha sviluppato uno strumento di simulazione basato sul *Metodo agli Elementi Finiti*, per la progettazione e per la valutazione dei parametri prestazionali dei moduli di accumulo di calore sensibile; tali valutazioni sono basate sulle proprietà termiche dei materiali, determinate in modo sperimentale, per i materiali di accumulo innovativi proposti. Per un'appropriata progettazione di un sistema di accumulo, è necessaria la previsione del suo comportamento in transitorio durante i cicli termici. L'uso di materiali compositi, a matrice cementizia, per applicazioni energetiche, sia nel caso in cui che essi siano prodotti in maniera tradizionale, che nel caso in cui siano sviluppati con metodi innovativi e sostenibili, rappresenta un campo di ricerca stimolante per la Scienza e Tecnologia dei Materiali, perché miglioramenti significativi del sistema di accumulo dipendono dalle prestazioni ad alte temperature del materiale d'accumulo utilizzato.

La possibilità offerta dai materiali compositi è quella di poter diversificare facilmente le proprietà fisiche, chimiche e termiche dei calcestruzzi e di altri materiali aggiunti, attraverso un appropriato mix design ed un'opportuna selezione di aggregati naturali o artificiali, nonché attraverso la valorizzazione ed il riciclaggio di rifiuti industriali, come ceneri volanti da carbone, scorie d'altoforno

o ceneri prodotte dalla combustione di rifiuti solidi urbani, rappresentando un'opportunità molto interessante per aumentare l'eco compatibilità, la durabilità e la sostenibilità di tali materiali, ma anche per ottenere alte prestazioni nelle applicazioni energetiche.

Fino ad oggi, la progettazione e la scelta di materiali per l'edilizia presenta problemi principalmente relativi alla resistenza a compressione/trazione, alla duttilità, al getto/stagionatura ed alle proprietà di adsorbimento. Invece, per le applicazioni termiche, i problemi più rilevanti riguardano: la densità energetica, la stabilità chimica e la compatibilità dei diversi materiali, la reversibilità per elevati numeri di cicli, basse perdite di calore, impatto ambientale e costi. In questa applicazione, l'uso di calcestruzzi e compositi cementizi geopolimerici rappresenta una considerevole opportunità di crescita economica.

I **calcestruzzi a base geopolimerica** appartengono alla categoria dei calcestruzzi contenenti leganti alcali-attivati. In essi è possibile sviluppare prodotti di indurimento a temperatura minore di 80°C, partendo da materie prime contenenti ossidi di silicio ed ossidi di alluminio, o anche presenti in rifiuti e scarti industriali. I prodotti di indurimento sono caratterizzati da proprietà fisico - meccaniche paragonabili, ed in alcuni casi superiori, rispetto a quelle ottenibili a partire da sistemi cementizi tradizionali. L'assenza di fasi leganti ottenute per cottura ad elevate temperature (presenti in tutti i cementi commerciali) rende questi leganti innovativi particolarmente interessanti in termini di eco sostenibilità. È ben nota, infatti, l'elevata produzione specifica di CO<sub>2</sub> associata alla produzione di cemento di Portland.

La sperimentazione indotta ha evidenziato che la presenza di una percentuale di aggregato plastico nella miscela di calcestruzzo ha una palese influenza sulle singole proprietà termiche: all'aumentare della quantità di aggregato plastico, corrisponde una diminuzione della densità e della conducibilità termica e, nel contempo, un aumento del calore specifico. Il calcestruzzo geopolimerico ha mostrato un calore specifico ed una conducibilità termica sufficientemente alti ed un buon valore di densità, in confronto alle miscele di calcestruzzo contenenti aggregati di plastica riciclata. L'utilizzo di percentuali crescenti di aggregato plastico determina un'ampia riduzione della conducibilità termica, chiaro svantaggio per l'accumulo termico, ma contribuisce alla riduzione di peso del materiale ed all'aumento del calore specifico per ottenere un bilanciamento tra capacità termica volumetrica e diffusività.

Dal punto di vista ecologico, l'uso dei calcestruzzi con aggregati riciclati e di quelli geopolimerici risulta essere di grande interesse, in quanto aumenta l'eco-sostenibilità del materiale di accumulo, essendo ridotte le emissioni di gas serra durante la loro produzione. Inoltre il loro uso conduce a buone prestazioni termiche e ad una riduzione di peso dell'ordine del 10-13%. Tale riduzione di peso a parità di ingombro, consente di ottenere vantaggi dal punto di vista logistico, di installazione e di costi. Sono in corso attività di ricerca per ottimizzare il mix design e migliorare la densità energetica del calcestruzzo, al fine di soddisfare la richiesta di elevate prestazioni termiche per i sistemi di accumulo, rendendo questa tecnologia sempre più competitiva.



**Figura 1.** Schema di un modulo di accumulo di energia termica con calcestruzzo.