



FOCUS |

Il futuro del calcestruzzo, tra evoluzione dei materiali, durabilità e sostenibilità

Come cambia la tecnologia del calcestruzzo, dalle origini del "calcis structio" fino ai moderni materiali sostenibili e ad alte prestazioni

PAG. 4





IL PARERE DI



Il futuro del calcestruzzo, tra evoluzione dei materiali, durabilità e sostenibilità

Come cambia la tecnologia del calcestruzzo, dalle origini del "calcis structio" fino ai moderni materiali sostenibili e ad alte prestazioni

A CURA DI PATRIZIA RICCI

Quando si parla di calcestruzzo, si fa riferimento a un materiale conosciuto e utilizzato dall'uomo da oltre duemila anni, fin dai tempi degli antichi Romani, che lo impiegavano per costruire opere che possiamo ammirare ancora oggi, eccellenti modelli di architettura e tecnologia. Calce, sabbie pozzolaniche, pezzi di mattoni e pietre macinate, cenere vulcanica e acqua, erano gli ingredienti dell'*opus cementitium* romano, un compo-

sto che, costantemente migliorato nelle sue prestazioni e nella sua versatilità, si è evoluto nei secoli fino a diventare il materiale più utilizzato al mondo per la realizzazione di ogni tipo di costruzione, cioè l'attuale calcestruzzo. Una "pietra fusa", per usare una definizione cara a Pier Luigi Nervi, capace di adattarsi alle mutevoli esigenze specifiche della progettazione e della realizzazione delle opere più complesse, grazie a una combinazione di versatilità e totale affidabilità dal punto di vista

della sicurezza strutturale; considerato per questo da progettisti, ingegneri e architetti, il materiale più sicuro, durevole e sostenibile "a servizio" del bello, dell'estetica e della funzionalità. Oggi al tema dell'innovazione tecnologica, che ha caratterizzato tutto il percorso evolutivo del calcestruzzo nel corso dei secoli, si affianca quello imprescindibile dell'attenzione per l'ambiente. La sostenibilità, considerata oggi un valore strategico per il settore delle costruzioni, deve poter contare

sulle innovazioni della catena di fornitura e sul valore ambientale che il suo costituente fondamentale, il cemento, può incorporare, perché ogni miglioramento tecnico volto alla riduzione della CO₂ è un tassello importantissimo per il raggiungimento della sostenibilità del settore.

Di come cambia la tecnologia del calcestruzzo in un contesto ad alta evoluzione, caratterizzato da evoluzione dei materiali, durabilità e sostenibilità, parliamo con **Giovani Cardinale**, membro del consiglio direttivo dell'**Associazione Italiana Calcestruzzo Armato Precompresso** (AICAP) e già Vicepresidente e Consigliere del **Consiglio Nazionale degli Ingegneri** (CNI) e Giuseppe Ruggi, Presidente dell'Associazione Tecnico Economica del Calcestruzzo Preconfezionato (ATECAP).

UN PASSO INDIETRO

La sostenibilità, l'innovazione tecnologica e la durabilità dei materiali da costruzione, nel quadro delle normative tecniche di settore, sono temi di grande attualità del mondo della ricerca, della produzione e della progettazione, al centro degli articoli e degli studi di una letteratura tecnica





di settore molto ampia, alla quale dovrebbe corrispondere una diffusione della conoscenza altrettanto elevata. Un percorso virtuoso nella realizzazione di opere destinate a durare senza "violare" l'ambiente circostante, non può infatti prescindere dai concetti di Ambiente, Innovazione e Durabilità. Per comprendere l'evoluzione del materiale calcestruzzo, facciamo un passo indietro, parlando di quando cominciò a diffondersi in Italia il cemento armato, perché "il calcestruzzo trova il suo principale utilizzo in quanto armato e deve la sua naturale applicazione a quella sinergia solidale nella quale il calcestruzzo e l'acciaio si dividono dei compiti, rispettivamente, la resistenza a compressione e a trazione, in base alle loro naturali attitudini. Alla base della resistenza e durabilità di un'opera, infatti, ci sono soluzioni progettuali e costruttive che garantiscono all'opera stessa di fare fronte a queste due azioni", chiarisce Giovanni Cardinale.

"Il calcestruzzo armato - spiega Cardinale - fa la sua apparizione in Italia intorno ai primi anni del '900 (1910 -1911) attraverso l'introduzione di brevetti (cfr. il brevetto *Hennebique*), in assenza di norme tecniche, e l'uso degli stessi da parte di imprese di costruzione illuminate; tra queste, una delle più importanti è l'impresa dell'ing. Giovanni Antonio Porcheddu, al quale si deve la felice intuizione di apprezzare sin da subito la validità del 'Système Hennebique', ovvero il conglomerato cementizio armato internamente con profilati di ferro disposti e rafforzati con apposite staffe, che nel 1892, anno stesso in cui la tecnica fu ideata e brevettata dall'ingegnere francese François Hennebique, ottenne la concessione esclusiva per l'applicazione del brevetto in Italia". All'impresa Porcheddu, il cui archivio di opere in calcestruzzo armato è conservato presso il Politecnico di Torino, si deve, tra le tante realizzazioni, anche quella del **Ponte del Risorgimento sul fiume Tevere a Roma**, considerato il capolavoro dell'ing. Porcheddu. Realizzato nel 1911 in occasione dei festeggiamenti per il cinquantenario dell'Unità d'Italia, consiste

L'impegno della filiera produttiva. I dati del Rapporto di Sostenibilità 2022

Se cemento e calcestruzzo sono materiali considerati da sempre indispensabili per muoversi, abitare, lavorare in modo sicuro e confortevole, oggi, grazie all'impegno della filiera produttiva contribuiscono anche e in maniera sempre più efficace alla sostenibilità delle costruzioni. Come emerge dal **Rapporto di Sostenibilità 2022 di Federbeton**, che ogni anno fa il punto dell'impegno del settore nella sfida della decarbonizzazione e nella progressiva riduzione degli impatti, le leve su cui si sta puntando riguardano i combustibili alternativi e le materie di sostituzione, rispettivamente impiegati per la produzione dell'energia termica necessaria al processo e per la riduzione delle materie prime naturali in ingresso.

Secondo i dati del quarto Rapporto di Sostenibilità della filiera, pubblicato a settembre di quest'anno, relativamente al comparto dei calcestruzzi preconfezionati, sono 15.831.264 le tonnellate di aggregati naturali utilizzate nel 2022 (-4,1% rispetto al 2021), 45.233 le tonnellate di aggregati riciclati (+4,6%) e 24.091 quelle (+12,9%) di aggregati industriali. Il tasso di sostituzione degli aggregati naturali con quelli di recupero è 0,44%, con un incremento di 0,05 punti percentuali rispetto all'anno scorso. Sale al 69% (+10 punti percentuali) la percentuale media del calcestruzzo reso che viene riutilizzato per produrre nuovo calcestruzzo, riutilizzare gli aggregati e l'acqua separati meccanicamente, realizzare manufatti in calcestruzzo. Il calcestruzzo reso riutilizzato è in media lo 0,8% di quello prodotto, con un aumento di 0,1 punti percentuali rispetto al 2021. I dati, quindi, restituiscono una fotografia estremamente interessante delle potenzialità di riciclo dei rifiuti inerti, soprattutto dei materiali da costruzione e demolizione (C&D), per il settore del calcestruzzo preconfezionato, anche se le caratteristiche attuali di tali rifiuti e le pratiche applicate alla lavorazione e al tipo di demolizione, ancora troppo poco selettiva, ne limitano fortemente la qualità e le caratteristiche tecniche.

Anche il comparto dei manufatti in calcestruzzo contribuisce con le sue pratiche alla circolarità del settore delle costruzioni, attraverso l'utilizzo di sottoprodotti derivanti dal proprio processo produttivo e di aggregati riciclati in sostituzione di quelli naturali. In questo settore, nel 2022, sono state utilizzate 1.567.691 tonnellate di aggregati naturali (+63% rispetto al 2021), 3.600 tonnellate di aggregati riciclati (+20%), 24.957 tonnellate di aggregati industriali (+112%) e 10.465 tonnellate di sottoprodotti (+422%). L'incremento nell'utilizzo di aggregati riciclati, industriali e sottoprodotti porta la quota di sostituzione di aggregati naturali con aggregati riciclati o sottoprodotti dall'1,7% del 2021, al 2,5% del 2022.

in una sola arcata di 100 metri di corda e 10 metri di freccia, di ardittissima concezione; fu completato in soli sedici mesi di lavoro, ed è tradizionalmente assunto come prima opera importante realizzata in Italia in calcestruzzo.

"Negli anni a venire, il calcestruzzo - racconta Cardinale - segna tutta l'epoca delle grandi costruzioni infrastrutturali del nostro Paese, una su tutte l'Autostrada del Sole (1964), i cui ponti, tutti diversi, portano ciascuno la firma di uno dei protagonisti dell'ingegneria italiana del Novecento. A questa fase, che negli anni '50 ha spinto l'ingegneria italiana ai vertici del panorama internazionale, subentra una di declino per chi costruisce e per la storia dell'ingegneria, nella quale il materiale d'elezione di una Scuola d'ingegneria strutturale di prim'ordine, il calcestruzzo e il suo componente principale, il cemento, diventano simbolo di cementificazione, di un saccheggio indiscriminato del territorio; il calcestruzzo comincia a non godere più di buona stampa, nel senso che uno degli elementi fondamentali che governa la vita e la progettazione del calcestruzzo fa riferimento alla durabilità delle opere. Eppure, il calcestruzzo ha una storia scientifica e tecnologica davvero importante ed entusiasmante. Si tratta di un materiale

povero che sostituisce la pietra e le murature di una volta, un materiale "manufatto" nel vero senso del termine, cioè fatto con le mani, nel quale gioca un ruolo da protagonista il cemento, come legante di una serie di componenti - aggregati, sabbia e ghiaia, acqua, aria, additivi ed eventuali aggiunte - ed è questo l'elemento che si lega allo sviluppo di una produzione industriale. Non a caso il calcestruzzo arriva alla fine dell'800 e i primi del '900, con lo sviluppo della rivoluzione industriale. L'attenzione che oggi viene riposta al problema della sostenibilità fondamentalmente attiene a quanto si spende in tema di impatto sull'ambiente per la produzione del suo principale componente, il cemento, le cui industrie, tradizionalmente, sono energivore e fonte di emissioni di CO₂ nell'ambiente".

LA RIVOLUZIONE TECNOLOGICA DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO

Alla luce di quanto sopra, la rivoluzione tecnologica che sta riguardando le opere in calcestruzzo traguarda più obiettivi: *in primis*, l'aumento della durabilità e della sostenibilità delle opere in calcestruzzo. "Il primo obiettivo, quello che attiene alla durabilità - spiega Cardinale - fa sì che questo materiale torni a essere concorrenziale rispetto ad altri materiali che oggi

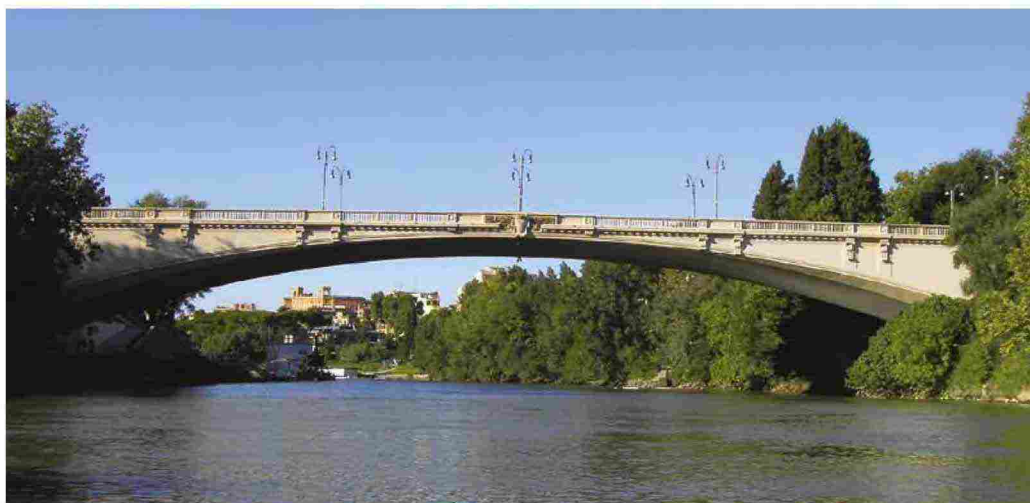
hanno un appeal maggiore - penso al ferro, all'acciaio, al legno. La rivoluzione 4.0, quindi, parte dallo studio di miscele che aumentino la durabilità del calcestruzzo e delle opere con esso realizzate. Mentre, sul secondo obiettivo, legato al concetto di sostenibilità, incidono i fattori di produzione di quegli elementi costituenti del materiale che hanno un maggior potenziale impatto negativo sull'ambiente, quali la produzione dei cementi, attraverso l'introduzione di tecnologie a minor consumo di energia e l'uso di combustibili alternativi, riconosciuti a livello europeo come risorsa fondamentale per la riduzione delle emissioni di CO₂ e per la chiusura del ciclo dei rifiuti, e l'uso di prodotti riciclati a ridotto impatto ambientale che riescano a garantire al componente base della miscela - il cemento appunto - la riduzione di tutte quelle negatività che oggi le vengono ascritte". Questo è il percorso che sta perseguendo la filiera produttiva per contribuire alla sostenibilità delle costruzioni.

"Nel 2050, con la neutralità carbonica obbligatoria, il calcestruzzo subirà cambiamenti rilevanti", precisa Giuseppe Ruggiu, presidente ATECAP. "I materiali a basso impatto saranno cruciali. L'uso di aggregati riciclati sarà una prassi diffusa, riducendo sprechi e risor-

se vergini. La stessa progettazione, come già oggi avviene, dovrà tenere conto dell'efficienza energetica dell'opera e tutta l'industria delle costruzioni avrà a che fare con norme più rigide e certificazioni ambientali a favore della sostenibilità", aggiunge Ruggiu.

Il futuro dei calcestruzzi è teso verso una migliore compatibilità con l'ambiente, che rappresenta una strada obbligata per le opere di media e grande dimensione. "Oggi non è più possibile immaginare un'opera in calcestruzzo armato senza che alla sua formazione concorrano argomenti tecnologici in grado di collocarsi a livelli alti nell'ambito del riciclo dei materiali e della riduzione dei consumi energetici durante la fase produttiva", ribadisce Cardinale. Nell'ultimo mezzo secolo, l'evoluzione registrata nel calcestruzzo, sia come materiale che nelle tecniche costruttive alla base del suo impiego, è profonda e significativa. I progressi spaziano dalla conoscenza del materiale, del comportamento nel tempo e delle sue reazioni rispetto agli agenti esterni, alla sua evoluzione in termini di prestazioni, durabilità e sostenibilità, grazie anche tutta una serie di additivi che concorrono al raggiungimento di nuove prestazioni, e alla accresciuta capacità dei produttori di adeguare le formulazioni dei calcestruzzi alle specifiche richieste progettuali ("calcestruzzo su misura"); dall'evoluzione della tecnica progettuale a quella della capacità di "messa in opera", vero e proprio "ultimo miglio" della realizzazione di un'opera.

"A questo contribuiscono in maniera sempre più efficace, tutti i soggetti della filiera produttiva del calcestruzzo e le Associazioni che li rappresentano, prima fra tutte **Federbeton**, che hanno investito molto in termini di implementazione delle azioni necessarie per procedere verso gli obiettivi di *carbon neutrality* condivisi a livello Europeo e fissati per il 2030 e per il 2050, e di adeguata formazione, informazione e sensibilizzazione da parte dei produttori nei confronti degli utilizzatori sulla strada virtuosa che stanno percorrendo", ribadisce Cardinale.



Di Lalupa - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2142054>



SOSTENIBILITÀ E CIRCOLARITÀ: IL CONTRIBUTO DEL CALCESTRUZZO

La sostenibilità è un aspetto sempre più rilevante anche nell'ambito del calcestruzzo, poiché è un elemento fondamentale per la competitività delle aziende nel settore delle costruzioni. "Il calcestruzzo, grazie alle sue caratteristiche, può contribuire in modo significativo a migliorare le prestazioni ambientali delle opere edili. Questo vale soprattutto per l'efficienza energetica, la longevità e la limitazione dell'impatto sull'ambiente. L'Associazione è impegnata a promuovere e far conoscere le peculiarità del prodotto, diffondendo la cultura del costruire in calcestruzzo e, dunque, della sostenibilità", dichiara Giuseppe Ruggiu.

In relazione agli impegni della filiera e alle azioni dell'Associazione circa all'adozione di prassi sempre più sostenibili, inoltre, Ruggiu chiarisce che "attualmente, non esiste una chiara direttiva sulla sostenibilità dei calcestruzzi, sia in termini normativi che pratici. All'interno dell'Associazione, stiamo discutendo su come colmare questa lacuna, sia per quanto riguarda i costituenti che le prestazioni, allo scopo di consentire ai progettisti di selezionare il calcestruzzo più idoneo per ciascuna struttura o progetto e, di conseguenza, il fornitore di calcestruzzo adeguato. L'idea che stiamo promuovendo è quella di considerare la sostenibilità ambientale come un requisito prestazionale stabilito fin dalla fase di progettazione".

CALCESTRUZZO, DURABILITÀ E PRESTAZIONI

"La sostituzione del calcestruzzo con altri materiali, oltre a risultare impraticabile per alcuni elementi strutturali, come ad esempio le fondazioni realizzate, nella stragrande maggioranza dei casi, in calcestruzzo fin dai tempi dei Romani, risulta anche difficile per motivi economici, perché nella storia dell'imprenditoria italiana e non solo, l'utilizzo del calcestruzzo si coniuga ancora oggi con l'ottimizzazione dei costi", spiega Cardinale, che aggiunge. "Attualmente, nella competizione del calcestruzzo con altri materia-

li, l'industria si sta muovendo su due fronti, quello della durabilità e quello delle prestazioni, in termini di resistenza e deformabilità. Non è un caso che gran parte degli edifici alti realizzati in Italia negli ultimi anni, siano in calcestruzzo armato. Uno tra tutti il Palazzo della Regione Piemonte, a Torino. Che questo materiale risulti concorrenziale anche laddove questi edifici, nei piani bassi, necessitano di strutture verticali di grande dimensione, è frutto di una sua capacità prestazionale molto elevata, caratterizzata, oggi, dal raggiungimento di importanti valori di resistenza a compressione". Oltre all'aspetto della sostenibilità, infatti, il futuro del calcestruzzo guarda a una evoluzione tecnologica incentrata sull'incremento delle prestazioni, che renda i nuovi calcestruzzi utilizzabili per opere residenziali e infrastrutturali ardite e complesse, a cui si richiedono prestazioni molto elevate, anche in termini di resistenza alle azioni sismiche, stante la conformazione e la sismicità del nostro territorio.

I CALCESTRUZZI DI NUOVA GENERAZIONE

Nel corso degli ultimi anni, nel campo delle costruzioni sono due i concetti che hanno portato a nuove e buone pratiche: quello di "prolungamento della vita utile", che implica la durabilità, strettamente correlato a quello di "incremento prestazionale". Due concetti che sono propri dei calcestruzzi ad alte prestazioni HPC (*High Performance Concrete*), caratterizzati da resistenze meccaniche a compressione comprese tra i 60 e i 120 Mpa, e degli UHPFRC (*Ultra High Performance Fiber-Reinforced Concrete*), micro-calcestruzzi ad alta resistenza meccanica a compressione, dotati di importanti resistenze residue a trazione dovute alla presenza di fibre nella miscela, che vengono efficacemente impiegati nel rinforzo di ponti e viadotti esistenti.

Si tratta di materiali finora poco utilizzati in Italia, per i quali, tuttavia, esiste un'ampia letteratura tecnica di riferimento a livello internazionale, la cui conoscenza, probabilmente, non è ancora così

diffusa sul nostro territorio.

Per questi calcestruzzi sarebbe molto importante anche una formazione post-universitaria, in quanto uno degli aspetti più importanti dell'ingegneria moderna è quello della rigenerazione delle strutture, dei ripristini strutturali e del *retrofitting*, grazie ai quali è possibile portare l'elemento strutturale a un livello di sicurezza più elevato rispetto a quello del progetto originario.

"Per il patrimonio infrastrutturale italiano, così fragile, è molto importante garantire l'adeguamento alle normative vigenti delle strutture e, in particolare, il miglioramento/adeguamento sismico, con interventi di manutenzione e valorizzazione che garantiscano a cittadini e imprese la possibilità di muoversi sul territorio con livelli di rischio assolutamente bassi, tramite l'utilizzo di infrastrutture resilienti, cioè capaci di mantenersi efficienti anche in presenza di eventi o in condizioni estreme", afferma Cardinale. L'utilizzo degli innovativi micro-calcestruzzi fibrinforzati ad altissima prestazione rappresenta una possibile soluzione per il miglioramento della sicurezza, per lo sviluppo dei trasporti sul territorio nazionale e per la riabilitazione delle opere d'arte stradali - viadotti, ponti, cavalcavia - in calcestruzzo armato.

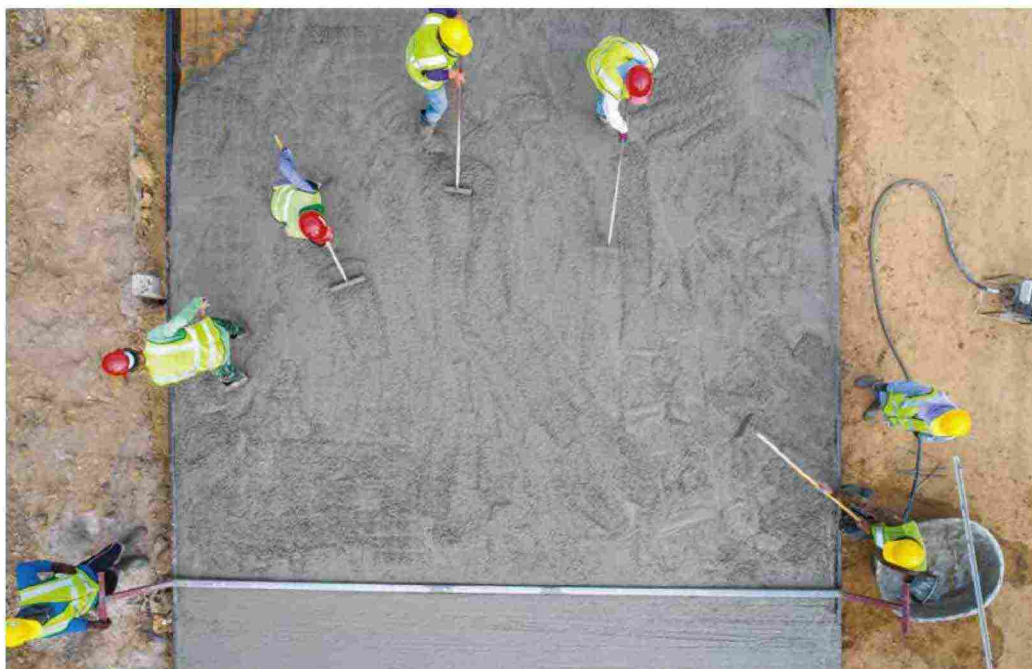
"I calcestruzzi di nuova generazione aiutano e governano la ricerca nel campo dei protocolli di certificazione e delle nuove frontiere di una reale sostenibilità della costruzione, misurabile. Anche su questo fronte, è forte l'impegno di molte Associazioni, tra le quali anche AICAP, molto attive sia nelle attività di formazione e di affiancamento ai progettisti, in una rinnovata progettazione delle opere in calcestruzzo, che nel campo della diffusione di protocolli di valutazione della sostenibilità e di una declinazione del concetto che contribuisca alla misura del livello

di sostenibilità dell'opera", dichiara Cardinale.

L'IMPORTANZA DELLA PROGETTAZIONE

Fondamentale nella realizzazione delle opere in calcestruzzo è il ruolo della progettazione. "L'opera in calcestruzzo richiede una notevole sensibilità da parte del progettista sia nell'ideazione dello schema che meglio riesce a utilizzare questo materiale nelle sue caratteristiche peculiari che nello sviluppo dei dettagli costruttivi, fondamentali per la durabilità delle opere. Il ciclo di vita e lo sviluppo delle prestazioni del calcestruzzo sono davvero molto legati a una capacità progettuale, che per certi aspetti, è superiore a quella che concerne altre tipologie strutturali, perché sta nella capacità di vedere la struttura in un funzionamento tridimensionale e nella penetrazione tra elementi strutturali, che si realizza attraverso un processo umido, e non a secco, che è molto legato al disegno del dettaglio costruttivo", spiega Cardinale. "Sono convinto che lo sviluppo della tecnologia dei cementisti da un lato e dei produttori di calcestruzzo dall'altro, se affiancata da una nuova generazione di progettisti dell'opera in calcestruzzo, possa contribuire a un ulteriore sviluppo dei materiali nel campo della durabilità e sostenibilità. I più grandi nomi dell'ingegneria italiana, citati ancora oggi nei convegni e nei congressi nazionali e internazionali, Pier Luigi Nervi, Riccardo Morandi, Silvano Zorzi, Sergio Musmeci e Arturo Danusso, solo per fare qualche esempio, erano grandi progettisti di opere in calcestruzzo armato.

"Oggi nella filiera produttiva, molto attenta alle esigenze della progettazione, c'è un fervore tecnologico e scientifico che deve coniugarsi con una rinnovata capacità della progettazione, la quale deve riprendere slancio





dalle università. In tal senso, è fondamentale anche il ruolo delle organizzazioni di rappresentanza istituzionali, come il CNI, delle associazioni come AICAP, CTE, etc., che devono continuare a operare per una formazione specialistica in questo settore sempre più al passo con l'innovazione normativa, con l'evoluzione tecnologica e con i principi di sostenibilità", aggiunge Cardinale.

"Sicuramente – precisa Ruggiu – c'è un problema di corretta prescrizione del calcestruzzo, il prodotto esprime al meglio le sue enormi possibilità se in fase di progettazione si tiene conto delle condizioni ambientali e dell'applicazione per cui è previsto. Il settore propone prodotti molto variegati e specializzati per i diversi utilizzi e le diverse esigenze prestazionali, con calcestruzzi praticamente su misura. Purtroppo, a tale configurazione della produzione si contrappone, spesso, una domanda poco specializzata, orientata verso prodotti che non sono realmente in linea con le esigenze".

"C'è una rivoluzione culturale da fare. Attenzione, responsabilità, conoscenza e formazione sono gli aspetti su cui porre l'attenzione. Determinante in tutto ciò è anche l'attività del controllo. Progetto e dettagli costruttivi sono la base per un'opera in calcestruzzo, ma se l'esecuzione non segue regole e specifiche ben dettagliate dal progettista, si corre il rischio di vanificare anche un buon progetto. In tal senso, è fondamentale la figura del Direttore Lavori che, nel

rispetto dei ruoli, dev'essere un tutt'uno con la capacità dell'impresa di garantire la qualità dell'opera e della sua realizzazione", commenta Cardinale. La qualificazione delle figure professionali che orbitano nel mondo delle costruzioni, e dunque anche nel settore del calcestruzzo, è importantissima anche per Ruggiu che sottolinea l'importanza del controllo nella fase di esecuzione dell'opera.

"La competenza cruciale riguarda il cantiere e le attività di supervisione e supporto alla direzione lavori. Quest'ultima, solo per il nostro settore, partecipa alla consegna in cantiere, ai controlli, al getto in opera, alla realizzazione dei provini e non solo. Questo richiede conoscenze approfondite e aggiornamenti costanti. Certificare figure di supporto come tecnici di laboratorio è fondamentale, ne beneficerebbero tutti perché si potrebbero evitare controversie tra committenti, imprese e produttori", commenta Ruggiu.

COME SI MISURA LA SOSTENIBILITÀ DEL CALCESTRUZZO: EPD, CAM E CSC

La crescente attenzione alle tematiche ambientali nel settore dell'edilizia è testimoniata dallo sviluppo di sistemi di rating della sostenibilità che, attraverso una certificazione – LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), GBC Italia, ITACA, DGNB e BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) – premiano le scelte progettuali effettuate in

quest'ambito. **Ma come si misura la sostenibilità del calcestruzzo?**

Sostanzialmente, sono tre gli strumenti che consentono di valutare, comunicare e confrontare in maniera oggettiva i parametri di sostenibilità del calcestruzzo: i nuovi CAM Edilizia, la dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) e la certificazione secondo lo schema CSC.

Per quanto attiene al primo, l'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.Lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.Lgs. 56/2017) prescrive l'obbligo da parte delle stazioni appaltanti dell'applicazione dei CAM per l'affidamento dei servizi di progettazione e dei lavori per interventi edilizi disciplinati dal Codice dei Contratti pubblici. A giugno 2022, il Ministero della Transizione ecologica (oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) ha emesso il DM n. 256 recante "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi", noto anche come Decreto CAM 2022, che, a partire dal 4 dicembre 2022, sostituisce il precedente decreto dell'11 ottobre 2017. Rispetto alla precedente versione, viene posta l'attenzione sul ciclo di vita delle opere secondo il concetto del *Life Cycle Assessment* (LCA), modello dell'economia circolare. Obiettivo dei nuovi CAM edilizia è individuare la migliore soluzione progettuale per ridurre l'impatto ambientale

delle opere durante tutto il loro ciclo di vita.

L'introduzione dei CAM ha spinto l'uso di materiali riciclati, ma per promuoverlo ulteriormente, occorrono azioni diverse. Secondo Ruggiu, "occorre incentivare la ricerca e lo sviluppo di tecnologie e processi produttivi in grado di garantire la qualità e la sicurezza degli aggregati di riciclo, favorire l'adozione di pratiche e metodologie in grado di massimizzare l'efficienza e la sostenibilità dell'utilizzo degli aggregati di riciclo, far riferimento su un quadro normativo favorevole, su incentivi fiscali e promuovere le pratiche di demolizione selettiva".

Con l'introduzione dei CAM, le stazioni appaltanti, nell'indire bandi di gara, hanno l'obbligo di richiedere una percentuale di fornire "attente" a determinati parametri ambientali. Un contesto, nel quale si avvantaggiano e si differenziano sul mercato quei produttori che promuovono prodotti e materiali "sostenibili" mediante l'EPD (*Environmental Product Declaration*), una precisa "dichiarazione ambientale", volontaria e applicabile a tutti i prodotti e servizi, indipendentemente dal loro uso o dalla loro posizione nella filiera produttiva, nella quale vengono riportate le prestazioni ambientali relative al ciclo di vita di un prodotto/servizio, valutate mediante l'applicazione della metodologia LCA (*Life Cycle Assessment*).

Lo sviluppo degli EPD è regolato dalla UNI EN ISO 14025: 2010 che specifica i requisiti applicabili qualora si intenda elaborare l'EPD

di un prodotto o di un servizio. Nei CAM, le EPD vengono citate come strumento di verifica del rispetto di alcuni requisiti previsti, per svariate tipologie di prodotti. L'EPD rappresenta quindi per ingegneri, architetti, sviluppatori e clienti, uno strumento per confrontare prodotti che hanno equivalenza funzionale e per trasmettere informazioni ambientali lungo la catena del valore sulla base delle quali effettuare scelte più consapevoli in termini di sostenibilità; mentre per i produttori, costituisce invece un potente strumento di comunicazione finalizzato alla valorizzazione dei propri prodotti. Da ultimo, la certificazione CSC, approvata in Italia per iniziativa di Federbeton, rappresenta uno strumento concreto per misurare il ruolo del settore nella sostenibilità delle costruzioni. È uno schema complesso che, pur riguardando direttamente il calcestruzzo, coinvolge tutta la filiera attraverso la certificazione dei fornitori di cemento e di aggregati mediante una valutazione che, partendo dall'organizzazione aziendale all'interno della quale il sito produttivo è inserito, arriva fino alle caratteristiche specifiche della produzione vera e propria, sottoponendo a verifica aspetti gestionali, ambientali, sociali ed economici. Gli impianti produttivi sottoposti a certificazione ottengono un punteggio complessivo in relazione alla conformità ai criteri che compongono lo schema, ai quali è associato un punteggio che andrà a comporre il rating finale: Bronze, Silver, Gold, Platinum.