

# Virtù e conoscenza delle opere costruttive

**TRA I PROTAGONISTI DELLA SEZIONE ABBIAMO SCELTO DI INCLUDERE... LA CULTURA TECNICA. QUELLA ESEMPLIFICABILE NELLA STORIA DELL'ACADEMY LANCIATA ESATTAMENTE UN ANNO FA DALL'ISTITUTO ITALIANO PER IL CALCESTRUZZO, UNA LUNGA STORIA DI INSEGNAMENTO A FUTURI GEOMETRI E PROFESSIONISTI SULLE SPALLE E UN PRESENTE FATTO DI UN'INTENSA SERIE DI INIZIATIVE DI FORMAZIONE ONLINE, A CUI ANCHE *LESTRADE* HA PARTECIPATO.**

**U**n anno di Accademia del Calcestruzzo, esempio di luogo di formazione che nasce dall'industria, faro che deve segnare una strada, quello della cultura specifica, in un panorama sempre troppo desolato. Il 13 gennaio 2020 l'esperienza di oltre 15 anni di insegnamento volontario ai geometri in erba dell'Istituto Italiano per il Calcestruzzo fa un salto di qualità, mettendo a disposizione dei tecnici di domani, e anche dei professionisti di oggi, uno spazio tutto nuovo a Renate, cuore della Brianza. Dice tutto la dichiarazione a caldo del fondatore della scuola, Silvio Cocco: *"Si realizza un sogno, il futuro dei ragazzi è la nostra salvezza. Spero di essere imitato"*. Quel giorno, esattamente un anno fa, a sedere nei banchi dell'Accademia c'erano loro, gli studenti, i ragazzi e le ragazze. Tre le aule, in aggiunta ad altri spazi di studio e condivisione, dedicate ai grandi dell'ingegneria italiana Pier Luigi Nervi, Sergio Musmeci e Riccardo Morandi, e dotate di tutte le più mo-

derne strumentazioni per la didattica. Quel giorno, esattamente un anno fa, c'erano una torta, una folla e tanto entusiasmo. Poi è arrivato il Covid-19.

Ma la gran tempesta del Coronavirus non ha scoraggiato i nocchieri dell'Istituto (e dell'Accademia), ma li ha indirizzati, per così dire, ad anticipare i tempi, anche rispetto a quanto avrebbero fatto successivamente le istituzioni scolastiche convenzionali, puntando forte, fin da subito, sull'online, su quella che oggi si chiama DAD, didattica a distanza. Le aule sono così state trasformate in setting, è stata subito impiegata una piattaforma professionale web di condivisione, sono stati attivati i programmi ed è entrata subito nel vivo l'offerta formativa. Uno solo, ma estremamente significativo, il corso in presenza che l'Accademia è riuscita a svolgere nel 2020, prima del lockdown, addirittura "a domicilio", ovvero presso l'azienda Carmix-Metalgalante di Noventa di Piave, che ha

**Fabrizio Apostolo**

**in collaborazione con  
Istituto Italiano  
per il Calcestruzzo  
Fondazione per la Ricerca  
e gli Studi sul Calcestruzzo**



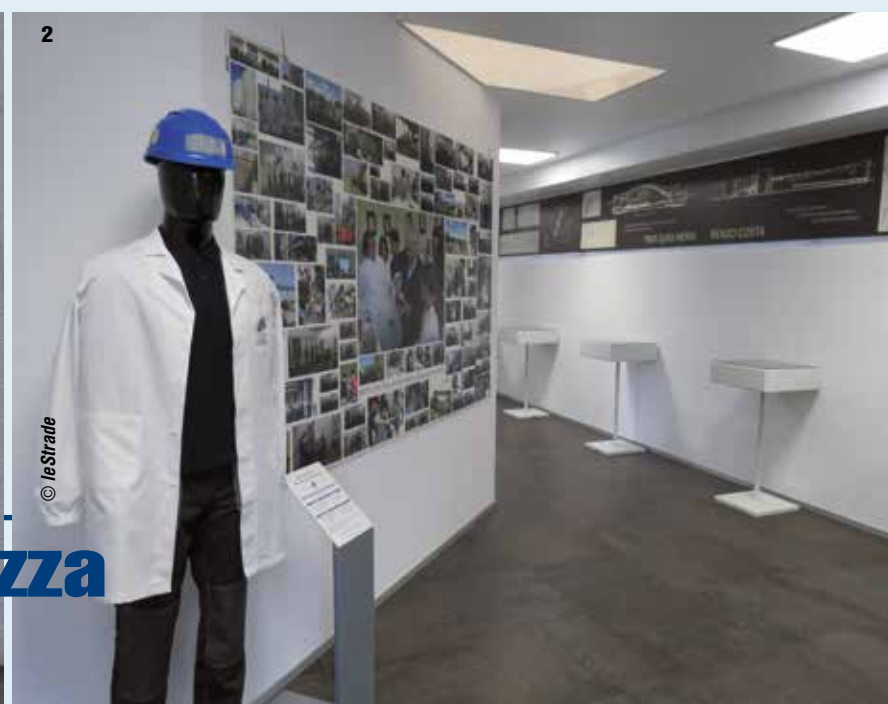
...per un Fior di Calcestruzzo

1



© leStrade

2

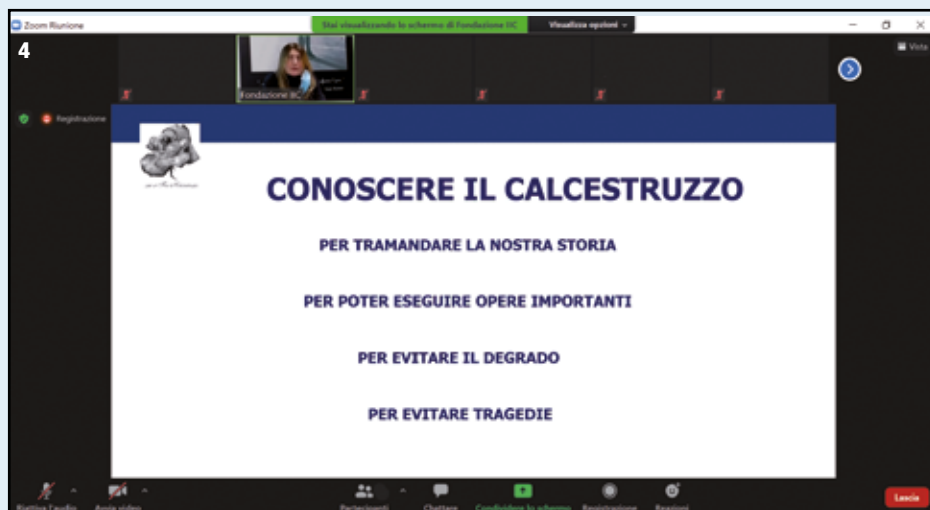


© leStrade

**Laboratorio Concretezza**



Consulta  
il Rapporto  
Concretezza



I Protagonisti



creduto nell'idea di raffinare ulteriormente le competenze sul calcestruzzo dei propri collaboratori grazie alle lezioni degli specialisti IIC.

### Studenti e professionisti

*leStrade*, da parte sua, ha avuto l'occasione di vivere in diretta alcuni momenti dell'attività dell'Accademia, il primo nello scorso ottobre in occasione di un workshop organizzato proprio in collaborazione con la nostra testata e dedicato al tema dei controlli dei materiali in campo stradale, a cui hanno partecipato due specialisti di Anas (Gruppo FS Italiane), gli ingegneri Achille Rilievi e Michele Coghe (un ampio report del workshop è stato pubblicato nella rubrica Laboratorio Concretezza di *leStrade* 10/2020). Il 12 gennaio scorso, inoltre, proprio alla vigilia del compimento del primo anno di attività, abbiamo quindi avuto modo di fare da uditori, sempre via web, del primo corso del 2021, di cui tra breve diremo.

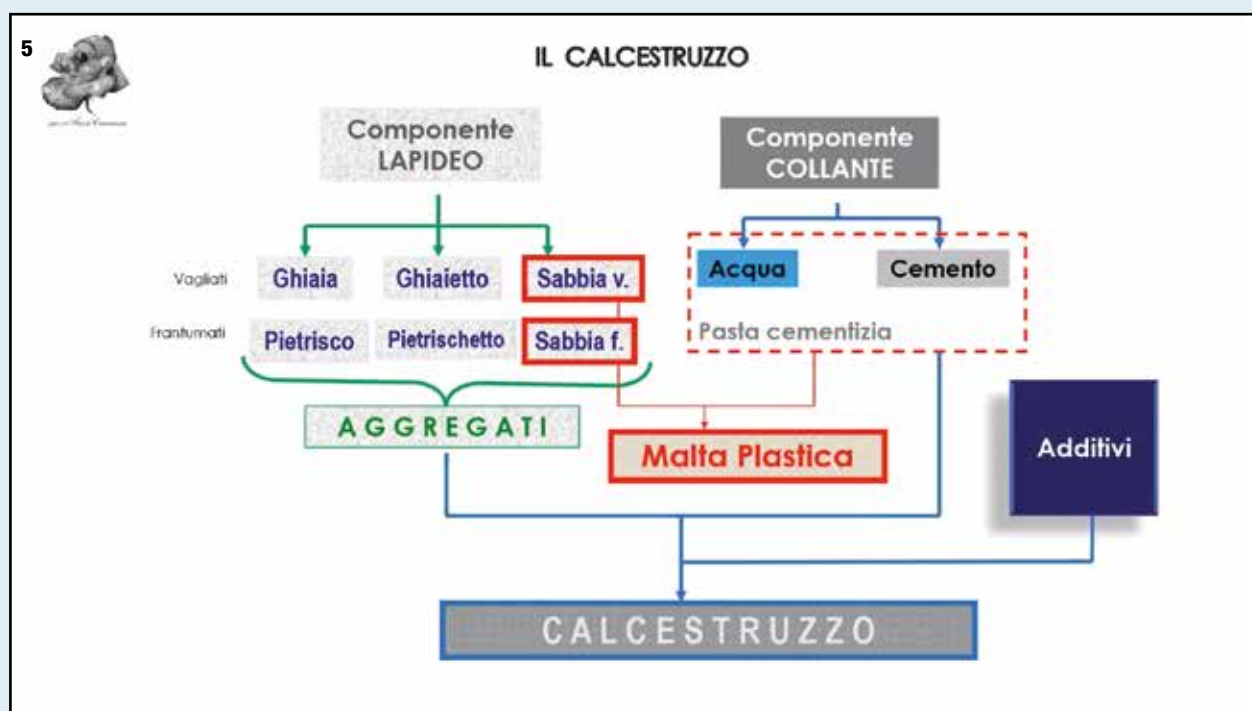
1. L'Accademia del Calcestruzzo di Renate Brianza

2. Ingresso della struttura

3. Studenti che affollano una delle aule: è il giorno dell'inaugurazione, il 13 gennaio 2020, poi sarebbe arrivato il ciclone Covid-19...

4. ...ma anche nuove opportunità di apprendimento, per esempio via web: l'Accademia ha attivato fin da subito i corsi online per tecnologi del calcestruzzo

5. Materiali didattici







6

© leStrade



7

© leStrade



8

© leStrade



9

© leStrade

## L'offerta formativa dell'Accademia

L'Accademia del Calcestruzzo vuole innanzitutto dare forma e sostanza alla figure del tecnologo del calcestruzzo professionale, a partire dal ciclo di studi secondari superiori (leggi gli Istituti Geometri oggi denominati CAT, Costruzioni Ambiente Territorio). Ma non si ferma certo qui, perché gli step formativi successivi prevedono di forgiare figure tecniche specifiche essenziali per generare un sistema fondato sul "buon costruire". Per esempio:

- **TECNICO** certificatore specializzato in certificazione di cementerie, cave di estrazione aggregati, centrali di betonaggio, prefabbricatori;
- **TECNICO** per la gestione totale degli impianti di betonaggio;
- **TECNICO** responsabile della qualità per cave di estrazione aggregati, centrali di betonaggio, imprese di costruzione, prefabbricatori;
- **TECNICO COMMERCIALE** specializzato per la vendita di calcestruzzo alle imprese di costruzione e promozione dei calcestruzzi presso gli studi di progettazione e direzione lavori.

Queste quattro figure professionali, sottolineano i responsabili dell'Accademia, "mancano sul mercato e forse proprio questa assenza è la causa principale del mal costruire. Perché il sapere fare e il saper controllare sono il massimo deterrente al mal costruire".

In mezzo, una densa attività che i docenti dell'Accademia hanno costruito aggiungendo tempo al loro già intenso lavoro, in azienda e laboratorio, e che ha avuto modo di coprire entrambi le aree, "junior" e "senior" potremmo dire. Nel primo novero, vi sono gli studenti dell'Istituto Geometri E.Mattei di Rho (Milano), le cui classi hanno frequentato e sono prossime a frequentare diversi moduli. Nel secondo, rientrano i professionisti indicati dalle imprese del settore, o anche dalle istituzioni accademiche che mandano a "sciaccare i panni" nella cultura del calcestruzzo renatese anche i loro docenti. Le lezioni si svolgono durante l'orario di lavoro (quando per esempio le aziende riescono a considerarle ore di formazione), ma anche la sera tardi o il sabato. E sono anche "personalizzabili", si pensi per esempio al progetto di corso per autisti delle autobetoniere già impostato con Imprese Pesenti che appena sarà possibile sarà tenuto in presenza, anche in ragione di una cospicua parte pratica da sviluppare.

### Calcestruzzo: tutto quello che avreste voluto sapere...

Geometri, ingegneri, prefabbricatori, chimici, responsabili di impianto e persino biologi. Sono i partecipanti ai corsi professionalizzanti 2021 dell'Accademia del Calcestruzzo, tutti con addosso la sete di fare propria quella che è in fondo la principale innovazione, potremmo dire, in un settore così "materico": la conoscenza, che si traduce in competenza, sapere e saper fare (nota a margine: al primo corso, a cui chi vi scrive ha partecipato, tra gli iscritti c'era anche un operatore italiano al lavoro in un cantiere ugandese...). In cattedra, Silvio Cocco e Valeria Campioni, rispettivamente presidente e vicepresidente dell'Istituto Italiano per il Calcestruzzo, due "prof" che credono fortemente nella costruzione dalle basi, dall'ABC, e naturalmente nel massimo dialogo e interattività. Il punto di

**6. Le aule sono dedicate ai grandi dell'ingegneria: Pier Luigi Nervi**

**7. Aula Riccardo Morandi**

**8. Aula Sergio Musmeci**

**9. La torta del "battesimo" dello scorso anno: ora è arrivato il primo compleanno**

**Alcune condizioni dell'aggregato nei confronti dell'umidità**

**Asciutto.  $u=0$**   
Granulo e pori privi d'acqua

**Insaturo.  $u < u_a$**   
Pori insaturi, superficie asciutta

**Saturo a superficie asciutta  
s.s.a.  $u=u_a$**   
Pori saturi, superficie asciutta

**Bagnato.  $u > u_a$**   
Pori saturi e acqua in superficie

10

11

10. Esempio di slide utilizzata durante le lezioni online

11. Errori nell'impiego degli aggregati: ne parlano Valeria Campioni e Silvio Cocco

12. Ottimi esempi dalla storia: il *De Architectura* di Vitruvio

13. Strumenti di oggi: l'ABC del Calcestruzzo, scaricabile dal sito web [www.istic.it](http://www.istic.it)

partenza è il senso di quanto si sta facendo, la sua piena contestualizzazione: "Il calcestruzzo, come ogni altro materiale - spiega Cocco - ha bisogno di essere ben costruito e ben mantenuto. È un fatto culturale profondo: nei paesi più avanzati le manutenzioni non sono un mero costo, ma sono un punto chiave dei progetti, il cui ultimo capitolo riguarda proprio la vita presunta dell'opera e i costi di manutenzione. Senza questa prospettiva, l'opera non può compiersi, il che ci rivela che le opere costruttive e i mate-

riali con cui sono formate sono 'cose vive', creature dinamiche". E vanno dunque conosciute nel profondo.

È cruciale, aggiunge Cocco, conoscere tutti i componenti del calcestruzzo, dagli aggregati agli additivi passando attraverso i cementi: come nascono, si producono, si coltivano, si impiegano. Lo stesso cemento, di cui parliamo anche in un articolo a latere, è un materiale estremamente variegato, per resistenza, presa, finezza, lavorabilità. E poi ha una sua evoluzione, che lo porterà a influenzare il comportamento del calcestruzzo: "Il tecnologo deve conoscere a fondo tutti questi aspetti".

### Esempi da imitare ed errori da non fare

Prima di entrare nel vivo degli approfondimenti puntuali su aggregati, cementi, additivi (e, non dimentichiamocelo, acqua), il corso in tecnologo del calcestruzzo si premura anche di fornire alcuni input storici, finalizzati da un lato a fornire ai partecipanti buoni esempi di cultura costruttiva, dall'altro esattamente tutto il contrario: esempi di come non si dovrebbe eseguire. Il primo "mondo" è quello degli antichi Romani, a partire dai criteri fissati nel *De Architectura* di Vitruvio, anno di edizione 15 avanti Cristo (circa). Il secondo, spiega Valeria Campioni, è raccontato visivamente da una raccolta di immagini curate nel 2000 dal professor Pietro Pedeferra, compianto maestro di ingegneria chimica al Politecnico di Milano, e raffiguranti casi di degrado del calcestruzzo nelle opere costruttive. Ecco una sintesi sul primo mondo: "Un esempio mirabile di costruzione romana - rileva Cocco - è il Pantheon, fondato nel 27 avanti Cristo e ricostruito sotto l'imperatore Adriano, a seguito di alcuni incendi, tra il 120 e il 124 dopo Cristo. Ed è proprio la 'scienza dei materiali' della Roma antica quella da cui dobbiamo trarre innanzitutto ispirazione. Loro erano partiti utilizzando la calce idraulica, derivante dall'idratazione dell'ossido di calcio ricavato a sua volta dalla cottura a 650°C della pietra in modo da liberarla dall'anidride carbonica. Poi è arrivata la scoperta delle proprietà della pozzolana, una lava che raffredda rapidamente assumendo forma terrosa o anche polverosa. La sua mescolazione, casuale, con la calce idraulica ha dato vita a un mix molto resistente, essenzialmente per il fatto che la pozzolana è una silice reattiva, ovvero dà luogo a silicati di calcio, che sono materiali durissimi, inattaccabili, estremamente



13

I.I.C.  
ISTITUTO ITALIANO PER IL CALCESTRUZZO

Ricerca Assistenza Consulenza Formazione continua

ABC  
del calcestruzzo





14

resistenti non solo meccanicamente ma anche alla corrosione apportata dai fenomeni atmosferici". Un esempio di impiego strutturale di materiali analoghi, proprio la cupola del Pantheon i cui anelli finali e sempre più sottili sono stati dosati con lapilli di pomice a fini (mancando ancora le armature...) intelligentemente strutturali.

Se il Pantheon, incendi a parte, fa il suo dovere brillantemente e ininterrottamente da oltre duemila anni, plurime sono le opere costruttive ben più recenti che, come è noto, hanno avuto più di un problema. È il secondo mondo, quello del "così è meglio non fare", quello del libro didattico di Pedferri, correva l'anno 2000, contenente anche "worst practice" di pochi mesi prima. "Eppure chi opera con un materiale come il calcestruzzo - rileva Campioni - se conosce davvero il mestiere può fare davvero cose straordinarie e impeccabili, dal momento che stiamo parlando di un materiale correttamente definito da Pier Luigi Nervi 'pietra liquida', a cui possiamo far assumere la forma che vogliamo. Privilegio non accordato a materiali come il legno o l'acciaio". E i degni? Quelli sono scongiurabili e sicuramente gestibili, se si evita di commettere errori. Carbonatazione, corrosione da cloruri, infragilimenti vari, ma anche errori manutentivi... Le fotografie di Pedferri, che in parte pubblichiamo a corredo di questo articolo, molto ci rivelano. Poi bisogna approfondire e il corso lo fa: "Se calcestruzzo e acciaio sono ben fatti - spiega Campioni -, quest'ultimo non si sfilerà, perché i due ma-



Anas: «opera che non rientrava nei piani di manutenzione straordinaria dato che non presentava evidenze di problematiche strutturali»

15



16

teriali si dilatano e restringono con lo stesso coefficiente sia in ambiente caldo, sia freddo. Il calcestruzzo, poi, resiste a compressione, ma non a flessione, mentre l'acciaio fa esattamente il contrario: insieme, dunque, generano una struttura che resiste a presso-flessione. *Altra considerazione: il calcestruzzo, contenente cemento, è un composto fortemente basico e l'acciaio, alloggiando in esso, si passiva, ovvero si dota di una pellicola protettiva che ne evita la corrosione. Se il calcestruzzo ha un PH basico è ben fatto e tutela l'acciaio, se invece il rapporto acqua-cemento è troppo elevato trovano spazio porosità che consentono l'ingresso di CO<sub>2</sub> e cloruri, abbassando tra l'altro il PH: la struttura non resiste più come da progetto e il matrimonio tra i due materiali, che idealmente sarebbe perfetto, si incrina.*

A seguire, l'analisi vera e propria dei componenti, del cosa e del come. Poi le domande e le risposte, gli schemi e le riflessioni. Una vera scuola, anche se per il momento a distanza, una palestra di conoscenza e di lavoro che dovrebbe, come sottolinea sempre il suo fondatore, davvero essere imitata. ■■

**14. Una rappresentazione dell'interno del Pantheon di Roma, esempio insuperato di buona tecnica costruttiva**

**15. Casi studio su cui riflettere: il ponte crollato a Fossano, in Piemonte**

**16. Ammaloramenti del cavalcavia Monteceneri di Milano, oggi riqualificato**

## Focus lavorabilità e durabilità Ma chi parla del cemento?

**La "questione cementizia" e i controlli puntuali, professionali e totali (che non ci sono)**

È ormai da alcuni anni che si parla, si discute si pontifica intorno alla durabilità del calcestruzzo coinvolgendo nella discussione il rapporto acqua-cemento o il sistema di miscelazione. Si è toccato (troppo poche volte) il tema della qualità degli aggregati, così come quello delle aggiunte di fibre o silici o ancora di ceneri volanti, e quant'altro mi sfugge in questo momento, senza mai riuscire a coniugare seriamente il tutto con la questione della durabilità delle opere in calcestruzzo.

La mancanza di lavori, testimoniata della ridotta produzione di cemento, ha automaticamente spinto i produttori di calcestruzzo a cercare forniture al di fuori dei soliti confini chilometrici, già, ci si sta spingendo molto oltre e questo ha scatenato la richiesta di reperire additivi che possano consentire un mantenimento della lavorabilità sempre più lungo. Tutti oggi siamo impegnati in questa ricerca e, devo riconoscerlo, anche con risultati piuttosto soddisfacenti. Ormai, si possono garantire tranquillamente le due ore di mantenimento della lavorabilità: ma a quanto sembra ancora non bastano, si richiede ancora di più si è arrivati persino a bloccare, non senza conseguenze, la presa del calcestruzzo. Esistono oggi in commercio additivi fatti ad hoc per bloccare la presa e per attivarla al momento giusto.

Questa anomala situazione dovrebbe, in generale, far riflettere: perché affidare, per esempio, al solo 0,8% di additivo tutto l'onere di risolvere il problema quando mettiamo insieme quantità largamente maggiori di materiali per comporre il nostro calcestruzzo e non ci preoccupiamo minimamente se queste intervengono o meno in questa benedetta mantenimento di lavorabilità? Già, perché questa perdita di lavorabilità così pesante non avviene sempre, avviene alcune volte, con alcuni produttori, in alcune specifiche zone più che in altre, in presenza di alcuni specifici materiali. Abbiamo deciso di mettere mano all'archi-

vio delle verifiche e qualifiche di calcestruzzi effettuate in questi ultimi anni in impianti di betonaggio sparsi sull'intero territorio italiano dal nostro Istituto Italiano per il Calcestruzzo, alla ricerca di elementi che ci fornissero conferme a quanto già conoscevamo. I risultati non potevano che confermarci quanto temevamo: la perdita di lavorabilità era sempre confusa con la scomparsa repentina dell'acqua di impasto; non era la pasta di cemento che andava in presa, ma era l'acqua di impasto che spariva: assorbita dai materiali impiegati. Già, era più facile incolpare il poco additivo che mettere in discussione tutto il resto, e forse chissà... i bravi ricercatori avrebbero trovato qualche soluzione per non mettere in discussione tutto il resto. Sembrava più facile e forse lo è stato, ma non dura.

### Resistenze e... finezze

Da alcuni anni la finezza del cemento è cambiata enormemente: macinando più fine, si velocizza l'iniziale processo di idratazione e questo permette di ottenere resistenze iniziali più elevate e con queste una possibilità di risparmiare qualche punto di clinker. Più finezza uguale più superficie specifica uguale più velocità di idratazione uguale più resistenze iniziali, ma anche uguale più assorbimento repentino di acqua di impasto. Le resistenze iniziali, che si devono certificare, sono più difficili da ottenere. Per le finali, è tutto più facile. Dai 2800 Blaine di finezza per un 32,5 Cem II di qualche tempo fa, oggi siamo arrivati per lo stesso cemento a 4500 e questa enorme differenza di superficie specifica si idrata, di conseguenza, super velocemente. Pochi si preoccupano dell'assorbimento d'acqua di un cemento, circola poca letteratura in materia e di conseguenza poca informazione. Un tempo in laboratorio la



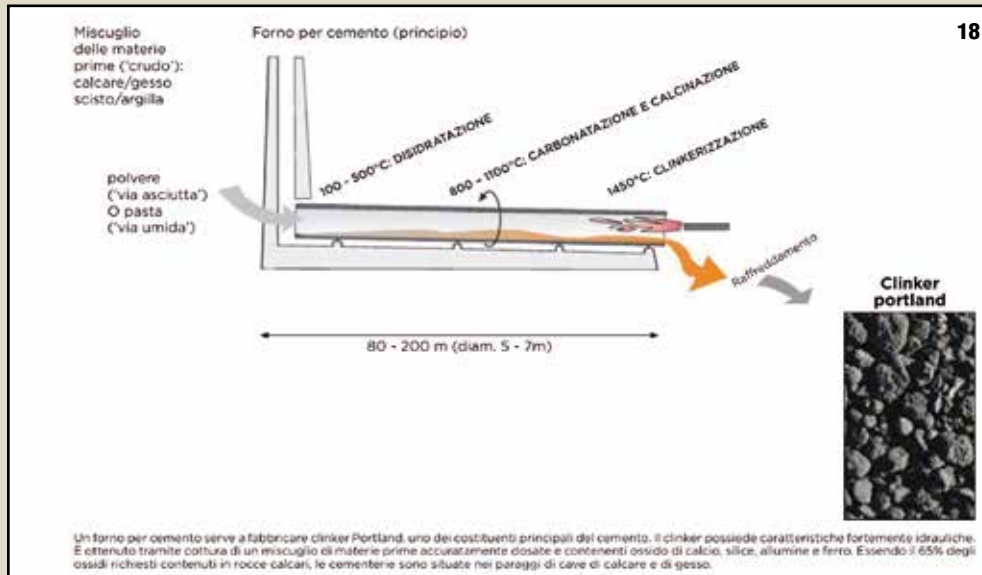
17. Silvio Cocco, geometra, tecnologo, imprenditore e divulgatore di buone pratiche in particolare in ambito formativo



misura in spandimento della pasta di cemento di un buon cemento aveva uno spandimento, o Flow, tra 70 e 100. Oggi ci capita sovente di trovare cementi che non superano i 28 Flow, il che significa che a mancare è l'acqua di assorbimento in più. Come se non bastasse, i cementi pozzolanici vengono ormai prodotti con ceneri volanti provenienti da centrali elettriche a carbone, ceneri che contengono mediamente non più del 30% di silice reattiva. Il resto è carbone incombusto. Tra l'enorme superficie specifica da bagnare e la quantità di carbone incombusto ad alta porosità, il rispetto del rapporto acqua-cemento è a rischio elevato; cosa rispettiamo, il rapporto acqua cemento e con esso la durabilità, o il mantenimento di lavorabilità? Se mai ci si sia accordi di che cosa sta succedendo... È più facile cercare un additivo che garantisca più mantenimento! Le ceneri volanti sono destinate a scomparire dal mercato anzi stanno scomparendo, ma ci sono altre ceneri disponibili: quelle del legno, quelle della biomassa, e, perché no, quelle provenienti dalle RSU. Usarle non significherebbe forse fare un'operazione accattivante per l'ambiente, che non sa come smaltirle? Tanto, chi se ne accorge?

►► *Segue*





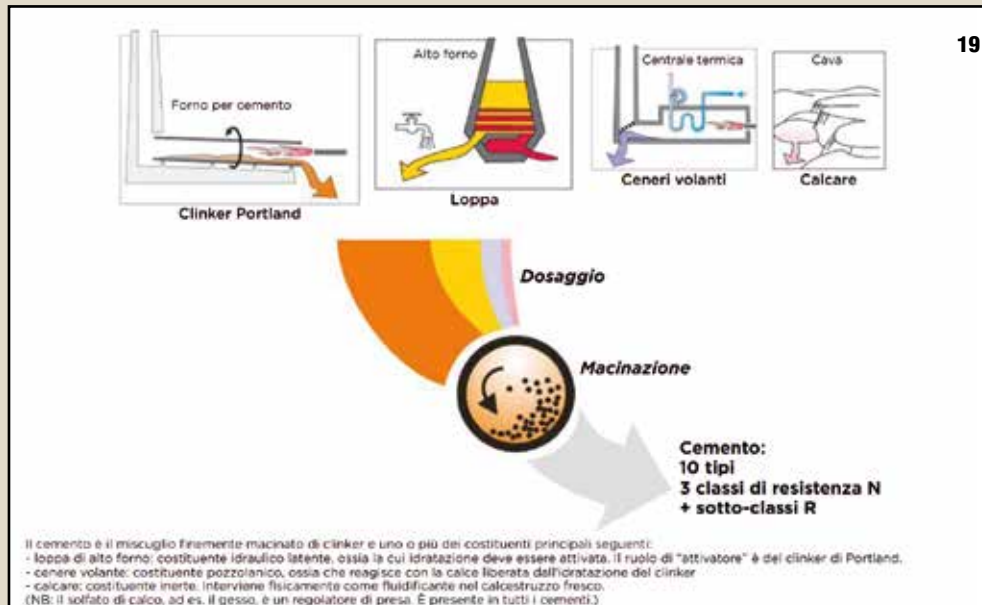
18

### Il valore della qualità

Evidentemente non si tratta di una situazione generalizzata, tuttavia non sono poche le volte in cui ci siamo imbattuti in questi problemi. Il percorso è tortuoso e pieno di incognite, il sistema fa acqua, come si suole dire, in troppi punti ed è impensabile che nel nostro Paese sia assente un'autorità di controllo efficiente in presenza e capacità. Tutto è demandato, generalmente, per questi problemi, alla Direzione Lavori, spesso assente e, quando presente, poche volte con conoscenza delle problematiche molto limitate. Ma oggi si può, si deve agire diversamente, oggi si hanno le conoscenze, le norme, i materiali per poter produrre calcestruzzi durevoli e, se non si riesce a farlo, si deve riflettere sul fatto un calcestruzzo durevole genera, oltre alla scontata sicurezza, anche enormi economie che vanno ben lungi dai costi da sostenere per un adeguato controllo lungo l'intera catena. Ecco dunque un altro punto chiave: i controlli adeguati, quelli che mancano.

Ormai ne siamo tutti a conoscenza e non saranno certamente i produttori di calcestruzzo a dotarsi di un'organizzazione di controllo, né tantomeno la filiera dei produttori dei materiali che lo compongono. Se così fosse, ci troveremo di nuovo al punto di partenza. Oggi si vantano controlli di produzione, certificazioni di prodotto e produzione troppe volte disattesi. Siamo stati capaci di rendere obbligatoria la polizza di assicurazione decennale postuma sui lavori di costruzione di opere pubbliche. Le compagnie assicuratrici si fanno ben pagare questa polizza, i produttori dei materiali che compongono il calcestruzzo sono anch'essi in possesso di un copertura assicurativa sul prodotto, e in entrambi i casi non viene richiesto nessun controllo, quindi si presume che i costi della polizza vengano determinati statisticamente in funzione dei danni che si verificano...

A questo punto un controllo puntuale, professionale, totale, porterebbe se non altro all'ottenimento di una forte riduzione dei costi della polizza, un po' come avviene per le polizze automobilistiche in presenza di GPS.



19



20

18, 19, 20. Approfondiamo il cemento anche con un po' di sana ironia (fonte: ABC del Calcestruzzo)