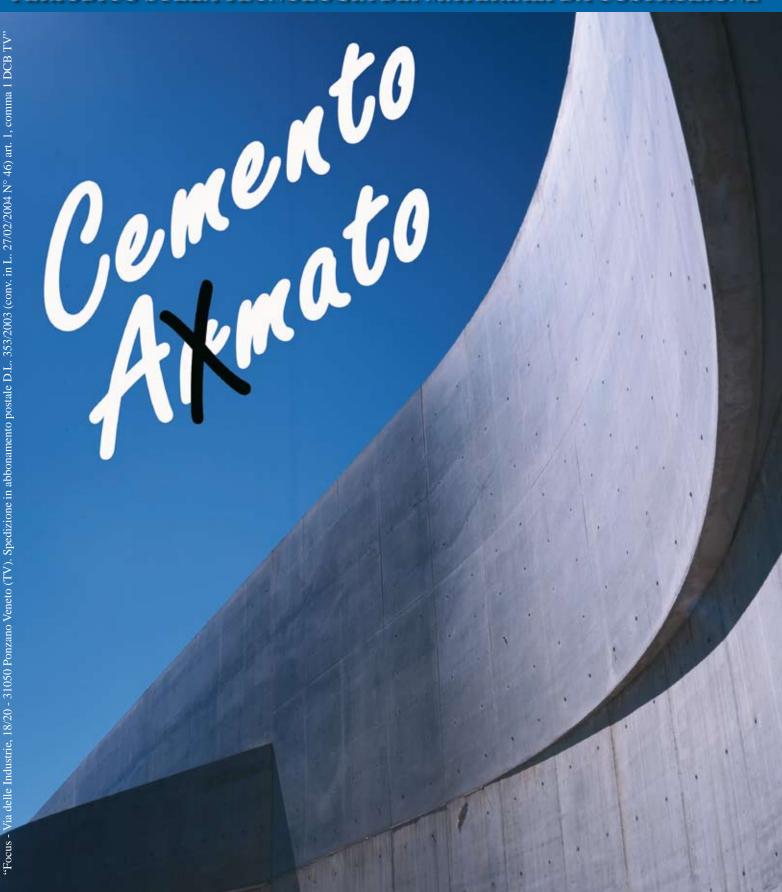
2008
Trimestrale
Anno XIII
Numero 40

PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE







AGGREGATO RICICLATO 100% CONFORME UNI 10667-14

FONOPRONTO è un massetto autolivellante leggero isolante termico e acustico. Grazie all'aggregato polimerico riciclato al 100% con cui viene confezionato, permette di realizzare in una sola applicazione il massetto di supporto della pavimentazione assicurando un ottimo isolamento termo-acustico. I vantaggi dell'autolivellamento e della lavorazione monostrato permettono di dimezzare i tempi di posa con conseguente risparmio di risorse e costi. L'aggregato plastico utilizzato è conforme alle specifiche della norma UNI 10667-14 ed è protetto da brevetto europeo. La metodologia di posa coniuga la massima celerità nell'applicazione al minimo ingombro, permettendo l'ottimizzazione degli spazi e la massima pulizia in cantiere.

FONOPRONTO è ideale per la realizzazione di massetti autolivellanti con spessore fino a 12 cm. Grazie alla natura scaglioso - fibrosa dell'aggregato plastico con cui viene confezionato FONOPRONTO rende minimo il rischio di formazione di cavillature o fessure e permette di incrementare l'isolamento termico e del rumore dovuto al calpestio sul solaio.







PENETRON® ADMIX è un' esclusiva formulazione per l'impermeabilizzazione e la protezione del calcestruzzo. Aggiunto al "mix-design" in fase di confezionamento genera un processo di cristallizzazione che diventa parte integrante della struttura



Distributore Esclusivo per l'Italia del "Sistema Penetron®"

Crs. Peschiera, 336/D – 10139 Torino Tel. 011 7740744 Fax. 011 7504341 sito web: www. penetron.it email: info@penetron.it

Laboratorio per prove e ricerche sui materiali da costruzione



Società di Ricerca Software House

PERIODICO SULLA TECNOLOGIA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE Trimestrale - Anno XIII - Numero 40

Direttore Mario Collepardi

CEMENTO AMATO

Cemento armato. Ma anche cemento amato. Oppure "magico", secondo **Pier Luigi Nervi** quando scrive: "Il fatto di poter creare pietre fuse, di qualunque forma, superiori alle naturali poiché capaci di resistere a tensione ha qualche cosa di magico."

Ed è proprio questa sensazione di *magia* si prova guardando con occhi increduli e sfiorando con le mani le *pietre* plasmate secondo l'ingegno creativo di **Zaha Hadid** per il *Museo Nazionale delle Arti per il XXI Secolo* di Roma, noto con il suo acronimo **MAXXI**. Si tratta di un'opera in calcestruzzo a vista che combina le caratteristiche dell'arditezza ingegneristica con quelle dell'arte architettonica. Il MAXXI è stato progettato dallo studio **Zaha Hadid Ltd** di Londra e realizzato dall'**Impresa Italiana Costruzioni**. Per la realizzazione del MAXXI è stato utilizzato un calcestruzzo nuovo (**3-SC**) prodotto dalla **Calcestruzzi Spa** che si è lasciato plasmare in *pietre*, ancorché le condizioni di esecuzione fossero quasi proibitive: per la congestione dei ferri di armatura; per l'assenza di giunti di contrazione; e soprattutto per la complessa forma geometrica delle strutture lunghe, alte, curve ed inclinate. Al calcestruzzo a vista di questa opera è dedicata la prima pagina in copertina oltre ad un articolo che illustra le speciali caratteristiche del calcestruzzo *3-SC* messo a punto ed impiegato per la prima volta per la costruzione del MAXXI.

Un articolo di **Silvia Collepardi, Francesca Simonelli** e **Roberto Troli** completa la presentazione degli articoli sul calcestruzzo, con un'analisi delle responsabilità dei vari attori (dal progettista al fornitore di calcestruzzo) secondo l'ultimo testo delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. del 14 Gennaio 2008).

Altri due articoli sono ospitati in questo numero della rivista: quello, a cura dell'Archeologa **Cristina Collepardi**, sulla storia del vino dai tempi degli Etruschi riscontrabile attraverso reperti disponibili nel *Museo Archeologico Nazionale* e nel *Duomo di Orvieto*; e quello sul trattamento dei rifiuti solidi urbani a cura del Prof. **Gabriele Fava**, sul rispetto dell'ambiente e sul recupero energetico. Si tratta di due esempi che nel nostro Paese hanno avuto recentemente un riscontro, anche mediatico, ma di segno opposto: il primo riguarda positivamente l'azione del Ministero dei Beni ed Attività Culturali grazie alla quale sono stati riportati in Italia beni archeologici impropriamente esportati ed acquistati da un Museo americano; il secondo esempio riguarda negativamente l'azione (o la inazione) del Ministero dell'Ambiente nella soluzione dei gravi problemi che affliggono la Campania per la gestione rifiuti urbani.

Mario Collepardi

In copertina: Una struttura del MAXXI (fotografia di Hélène Binet) riprodotta per gentile concessione di Zaha Hadid Architects



IL CALCESTRUZZO 3-SC PER IL MAXXI DI ROMA

di Mario Collepardi, Giuseppe Marchese e Marco Odoardi

(pag. 6)

DALLA RACCOLTA
DIFFERENZIATA
ALL'INCENERITORE PER UN
RECUPERO ENERGETICO.
Prima parte: ciclo dei rifiuti urbani

(pag. 11)

Dal MIC al MEC

di Gabriele Fava

(pag. 16)

ORVIETO: STORIA DELLA CITTA' ATTRAVERSO IL SUO NETTARE di Cristina Collepardi

(pag. 19)

NOVITA' NELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. 14 GENNAIO 2008) di Silvia Collepardi,

Francesca Simonelli e Roberto Troli

(pag. 22)

ENCO Journal
PERIODICO SULLA TECNOLOGIA
DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE
Ponzano V.to (TV) - Via delle Industrie, 18/20
Tel. 0422,963771 - Fax 0422,963237
inc @encops.1

Direttore Responsabile

Mario Collepardi

Redazione
ROBERTO TROLI
SILVIA COLLEPARDI
ANTONIO BORSOI
JACOB OGOUMAH OLAGOT
FRANCESCA SIMONELLI

FOCUS

Ponzano V.to (TV) - Via delle Industrie,
Tel. 0422.963771 - Fax 0422.96323

EDITORE

COMPOSIZIONE

ISABELLA CAPOGNA
ALESSANDRA GALLETTI
MARA MENEGHEL

Grafica e Stampa

di Rino Lucatello & C. S.R.L. 31050 Castrette di Vi∎orba (TV) Via Verdi 45/46

Registrazione al Tribunale di Treviso n.990 26/01/1996 - Iscrizione al RNS n. 06461





IL CALCESTRUZZO 3-SC PER IL MAXXXI **DI ROMA**



Mario Collepardi*, Giuseppe Marchese**, Marco Odoardi*** *Enco srl, Ponzano Veneto (TV) - collepardi@encosrl.it **Calcestruzzi SpA, Bergamo - g.marchese@itcgr.net ***Italiana Costruzioni, Roma - m.odoardi@italianacostruzionispa.it

INTRODUZIONE

Il Museo Nazionale di Arte del XXI Secolo (MAXXI), di cui il Ministero dei Beni e le Attività Culturali è il Committente, è stato progettato da Zaha Hadid e Patrik Scumaker con l'ausilio del Capoprogetto Gianluca Racana (Zaha Hadid Ltd). Esso ha richiesto la collaborazione di un numero considerevoli di operatori e di specialisti che vanno dalla Committenza alla Progettazione Esecutiva-Costruttiva.

Il 23 Gennaio 2008 è stato festeggiato il completamento delle strutture in c.a. e le foto qui riportate in Fig.1 evidenziano l'enorme impegno profuso nella realizzazione di questa opera nella quale gioca un ruolo determinante la costruzione di muri in calcestruzzo a vista lunghi alcune decine di metri (fino a oltre 100 metri), spessi, alti, curvi ed inclinati.

MESSA A PUNTO E PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO 3-SC

Per la realizzazione di queste strutture si è reso necessario l'impiego di un additivo superfluidificante, combinato con un viscosizzante e filler calcareo, per produrre un calcestruzzo auto-compattante e privo di segregazione (SCC, Self-Compacting Concrete) capace di riempire le cassaforme, nonostante un congestionato sistema di armature metalliche (Fig. 2), e di garantire una superficie a vista priva di difetti.

Ma l'aspetto più innovativo per il calcestruzzo impiegato riguarda la soddisfazione di altre due esigenze:

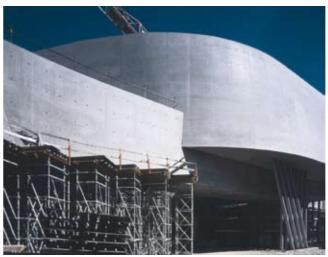
A) quella di carattere estetico, richiesta dagli architetti (Zaha Hadid Ltd) e dal responsabile della progettazione strutturale esecutiva-costruttiva (Studio S.P.C. di Giorgio Croci) per conto dell'Impresa appaltatrice (A.T.I. Italiana Costruzioni S.p.A. [capogruppo]

- e S.A.C. S.p.A. [Mandante]) consistente nella eliminazione dei giunti di contrazione senza i quali, però, si sarebbero certamente manifestati seri segni di fessurazione in strutture muri così lunghe;
- B) quella di carattere esecutivo, richiesta da parte dell'impresa appaltatrice nella figura del Capo Commessa, di non poter stagionare a umido (con acqua nebulizzata o applicazione di membrane protettive) le superfici in c.a. subito dopo la rimozione delle cassaforme, per la difficoltà operative determinate dalla estensione e dalla complicata configurazione delle strutture.

La richiesta A) avrebbe potuto essere affrontata e risolta se si fosse impiegato nel calcestruzzo un agente espansivo capace di generare una sorta di auto-compressione (SSC, Self-Compressing Concrete) per il contrasto all'espansione da parte delle armature metalliche; questa tecnologia è stata già adottata, specialmente in USA, nel settore delle pavimentazioni industriali in calcestruzzo senza giunti di contrazione e con i soli giunti da costruzione, purché il calcestruzzo sia adeguatamente mantenuto umido per circa 7 giorni dopo il getto. Nel caso specifico, però, questa tecnologia non avrebbe potuto essere applicata con successo per la richiesta B) che impediva di fatto la stagionatura umida delle superfici appena sformate; una prova di campo con un calcestruzzo contenente sia l'additivo superfluidificante che l'agente espansivo per produrre un calcestruzzo auto-compattante (SCC) ed al tempo stesso auto-compresso (SCC) ha fornito esiti soddisfacenti solo in giorni umidi o piovosi (per la stagionatura umida assicurata dall'ambiente naturale), ma esiti assolutamente insoddisfacenti per la presenza di fessure in giorni asciutti, caldi e ventilati.

Si è dovuto pertanto mettere a punto un terzo addi-





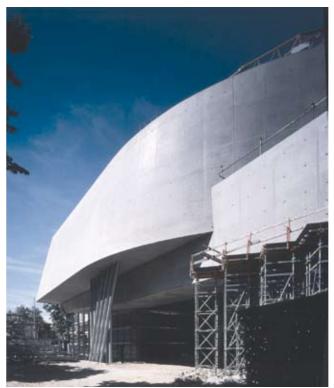


Fig. 1 - Esempi di strutture nel MAXXI di Roma (Fotografie di Hélène Binet, per gentile concessione di Zaha Hadid Architects).

tivo capace di assicurare un'adeguata espansione del calcestruzzo anche in assenza di stagionatura umida: un additivo, cioè, che consentisse al calcestruzzo di auto-stagionarsi (SCC, Self-Curing Concrete) anche in condizioni ambientali sfavorevoli per il clima secco con UR < 60%).

Il conglomerato cementizio, contenente i tre additivi e l'agente espansivo sopra menzionati, per la prima volta è stato messo a punto nei laboratori della Enco e prodotto dalla Calcestruzzi Spa. Esso è stato presentato nella letteratura tecnica come un calcestruzzo contemporaneamente Self-compacting, Self-Compressing e Self-Curing, e per questo denominato 3-SC. Altri aspetti considerevoli sono stati affrontati per il calcestruzzo *3-SC* ed essi riguardano:

- per assicurare **durabilità** alle strutture esterne esposte all'aria, e quindi al rischio di corrosione promossa da carbonatazione, è stato adottato un rapporto acqua/cemento (a/c) di 0,46 e quindi ben al disotto di quello richiesto dalla vigente normativa (0,50) per le strutture in c.a. esposte all'aria;
- la \mathbf{R}_{ab} conseguente al rapporto a/c di 0,46 è stata 40 MPa;
- lo **sviluppo di calore**, derivante dalla idratazione del cemento e fonte di fessure indotte da gradienti termici tra nucleo e periferia in strutture massive per il loro elevato spessore, è stato mantenuto sotto controllo grazie a un contenuto dosaggio (350 kg/m³) di cemento pozzolanico (tipo CEM IV/A 42.5 N) nel quale il cemento Portland è sostituito da circa 25% di pozzolana naturale con grande beneficio per la riduzione del calore di idratazione.

ESECUZIONE DEL LAVORO

Questa prestigiosa ed impegnativa opera di Ingegneria Architettonica non avrebbe potuto essere eseguita senza la capacità professionale ed il persistente impegno del Consorzio MAXXI 2006 del quale la Italiana Costruzioni S.p.A. del Gruppo Navarra è la Capogruppo mandataria e la S.A.C. S.p.A. (Società Appalti Costruzioni) del Gruppo Cerasi è la Mandante.

Trattandosi di un appalto integrato la progettazione strutturale del MAXXI è stata affidata, dal suddetto consorzio Maxxi2006, al Prof. Giorgio Croci ed al suo associato Arch. Aymen Herzalla ed il monitoraggio delle strutture è stato curato dall'Ing. Cristiano Russo sempre dello *Studio S.P.C.* (*Giorgio Croci*).

Occorre anche ricordare che l'ottenimento di una buona finitura del calcestruzzo è stato possibile anche grazie all'impiego di cassaforme (Peri) complesse per la forma geometrica ed efficaci per il conseguimento di





Fig. 2 - Armature metalliche in un muro prima del getto

una così importante estetica del facciavista. Molto impegnativa, infine, è stata la montatura della carpenteria metallica (*Lorenzon*) per la complessità delle strutture

di forma non lineare e quindi di difficile esecuzione.

Ancorché il calcestruzzo sia il protagonista del MAXXI, occorre menzionare il ruolo complementare delle strutture metalliche a vista (*E.D.IN*).

Per il conseguimento di tutti gli obiettivi sopra illustrati è stato esercitato un controllo continuo e puntuale da parte del Ministero delle Infrastrutture con la consulenza del Prof. *Remo Calzona*.

BIBLIOGRAFIA

- (1) M.Collepardi, A.Borsoi, S.Collepardi, G. Fazio e J.J. Ogoumah Olagot, "3 Self-Concrete (3SC): la prossima sfida. Parte II. Calcestruzzo auto-stagionante, auto-compresso, auto-compattante" Enco Journal N. 24, 2003
- (2) M.Collepardi, A. Borsoi S.Collepardi, J.J.Ogoumah Olagot, and R.Troli, "Effects of Shrinkage-Compensating Concrete under No-Wet Curing Conditions", Cement and Concrete Composites, 27, pp.704-708, 2005.





La riuscita ottimale di una pavimentazione in calcestruzzo ha origine nelle soluzioni strutturali adottate, e si completa con un'idonea protezione superficiale.

Ideal Joint System è l'unico sistema brevettato per giunti di costruzione studiato per offrire al progettista un sistema sicuro per riprendere il trasferimento dei carichi tra le piastre in calcestruzzo con una semplice ed economica applicazione in opera. Grazie al sistema brevettato Ideal Joint System si eliminano sin dalla fase di progetto i rischi di danneggiamento e i conseguenti costi di ripristino. La gamma Ideal Joint System si compone di giunti adatti ad ogni vostra esigenza di progettazione.

Ideal Hard è un'esclusiva soluzione chimica incolore che incrementa la resistenza delle superfici in calcestruzzo soggette ad intenso traffico veicolare quali: magazzini, centri logistici, stabilimenti produttivi, hub aeroportuali.

IDEAL HARD penetra in profondità nelle superfici in calcestruzzo per sigillarle, densificarle, indurirle e renderle meno permeabili all'acqua. I pavimenti trattati con IDEAL HARD si mantengono più a lungo, costano meno in manutenzione e garantiscono la caratteristica antipolvere per moltissimi anni. (Garanzia antipolvere 10 ANNI).

La vostra abilità di progettisti e la tecnologia Ideal Work: l'unione fa la forza.



Ideal WORK S.r.I.

Via Kennedy, 52 31030 Vallà di Riese Pio X (TV) Italia Tel. (+39) 0423 4535 - Fax. (+39) 0423 748429 www.idealwork.it www.giunto.it info@idealwork.it



DALLA RACCOLTA DIFFERENZIATA ALL'INCENERIMENTO PER UN RECUPERO ENERGETICO. Prima parte: ciclo dei rifiuti urbani.



Gabriele Fava

Dipartimento di Fisica & Ingegneria dei Materiali e del Territorio Università Politecnica delle Marche, Ancona

PREMESSA

Da un punto di vista generale, i sistemi di smaltimento finale di rifiuti urbani (RU), già sottoposti a raccolta differen-

ziata, hanno portato negli ultimi anni ad un fiorire di nuove proposte di tecnologie di smaltimento; molte di queste sono state abbandonate per vari motivi tra i quali la difficoltà di applicazione di tecnologie industriali nei confronti di un materiale, il rifiuto, che è destinato a variare anche rapidamente in termini quantitativi e qualitativi, in funzione delle politiche di riduzione della produzione rifiuti e della raccolta differenziata disposta dall'amministrazione locale. La loro composizione variabile ed incostante rende inoltre necessario disporre di una elevata flessibilità tecnologica al fine di una corretta gestione.

Questo tema è stato affrontato nel presente articolo del quale qui si presenta la prima parte (ciclo dei rifiuti urbani) mentre si rinvia la pubblicazione della seconda parte (termovalorizzazione) nel prossimo numero di Enco Journal.

LA PRODUZIONE DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA

La produzione dei rifiuti urbani ha fatto registrare,

nel periodo 2001-2005, una crescita complessiva di poco inferiore all'8% con un incremento particolarmente marcato nel triennio 2003-2005 (**Tabella 1**).

Il Nord, con un tasso di raccolta pari al 38,1%, supera l'obiettivo del 35% mentre il Centro ed il Sud con percentuali rispettivamente pari al 19,4% ed all'8,7%, risultano ancora decisamente lontani da tale obiettivo (**Tabella 2 e Fig. 1**).

ANALISI DEI DATI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA

I dati relativi alle diverse frazioni merceologiche confermano il buon trend di crescita, già evidenziato nel precedente biennio, della raccolta differenziata della frazione organica (verde+umido), che aumenta, tra il 2004 ed il 2005, di circa 214 mila tonnellate, (**Tabelle 3 e 4**) che corrisponde ad un aumento percentuale del 9,7%. La raccolta di tale frazione è diffusa, soprattutto, nel nord del Paese dove risulta più sviluppato il sistema impiantistico di recupero mediante compostaggio di qualità (oltre 3 milioni di tonnellate di potenzialità di trattamento).

TECNOLOGIE DI GESTIONE DEI RU

In sintesi, le tecnologie principali di smaltimento dei rifiuti sono riassumibili in:

Tabella 1 - Produzione totale di RU per regione anni 2001-2006 (Milioni tonnellate/anno)*

Regione	2001	2002	2003	2004	2005
Nord	13.402	13.632	13.576	14.028	14.205
Centro	6.501	6.594	6.586	6.941	7.167
Sud	9.506	9.637	9.872	10.181	10.304
Italia	29.409	29.863	30.034	31.150	31.676

*Fonte: APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici).

Un disarmante vegetale per i calcestruzzi estetici e architettonici.

CHRYSO®Dem Ekla

Soluzione della ricerca CHRYSO® sui disarmanti di origine vegetale in emulsione, CHRYSO®Dem Ekla 12 consente di coniugare prestazione tecnica, estetica, rispetto dell'utilizzatore e dell'ambiente. CHRYSO®Dem Ekla 12 fornisce i seguenti vantaggi:

- finiture di grande qualità
- facilità d'impiego e ottimizzazione dei consumi
- protezione delle casseforme
- utilizzo senza rischi per l'applicatore e l'ambiente.

CHRYSO®Dem Ekla 12 è la soluzione ideale per il disarmo dei vostri calcestruzzi estetici ed architettonici.

CHRYSO: abbiamo le soluzioni per costruire il futuro che immaginate.

CHRYSO ITALIA SPA - Via Madonna - 24040 Lallio (BG) Italy - Tel. +39 035 69 33 31 - Fax +39 035 69 36 84 - info@ chrysoitalia.com



Superficie

di qualità

superiore





Tabella 2 - Raccolta differenziata dei Rifiuti Urbani per macro area geografica. Anni 2001-2005 (Mt=Milioni tonnellate))

Regione	(2001) Mt	%	(2002) Mt	%	(2003) Mt	%	(2004) Mt	%	(2005) Mt	%
Nord	3.833	28,6	4.172	30,6	4.544	33,5	4.974	35,5	5.408	38,1
Centro	835	12,8	963	14,6	1.129	17,1	1.270	18,3	1.388	19,4
Sud	446	4,7	604	6,3	666	6,7	823	8,1	901	8,7
Italia	5.115	17,4	5.739	19,2	6.339	21,1	7.067	22,7	7.697	24,3

- Valorizzazione di flussi di materiali da raccolta differenziata.
- Selezione dei rifiuti indifferenziati con produzione di combustibile da rifiuti (**CDR**).
- Smaltimento in discarica controllata.
- Termodistruzione con recupero di energia (c.d. termovalorizzatori)
- Recupero di scorie da termovalorizzazione.
- Inertizzazione di ceneri da combustione

Nei punti seguenti da 1 a 3 viene prospettata una rassegna delle diverse tecnologie disponibili.

1. IMPIANTI DI SELEZIONE E VALORIZ-ZAZIONE DI RIFIUTI

I materiali provenienti dalla raccolta differenziata necessitano di regola di una fase di selezione prima di poter essere avviati al riciclaggio (**Fig. 2**) Il loro schema funzionale prevede arrivo e stoccaggio dei rifiuti in ingresso in aree predefinite e/o in cassoni scarrabili;

Tabella 3 - Raccolta differenziata delle principali frazioni merceologiche in Mt dal 2001 al 2005.

Anno	Frazione umida e verde	Carta	Imballaggi in vetro	Imballaggi in plastica	RAEE*	Tessili	
2001	1.601,7	1.567,8	874,9	230,1	51,5	47,1	
2002	1.831,5	1689,0	862,3	240,3	79,4	54,0	
2003	1.895,1	1935,8	926,4	304,5	67,0	50,0	
2004	2.216,0	2.153,8	985,6	336,2	74,1	56,5	
2005	2.430,1	2.311,9	1.083,1	399,9	101,4	63,8	
Anno	Imballaggi in alluminio	lmballaggi metallici	Imballaggi in legno	Ingombranti a recupero	Selettiva	Altro	Raccolta differenziata
2001	10,3	200,6	191,1	217,9	22,3	99,4	5.115,0
2002	14,1	149,9	208,6	463,6	22,1	24,3	5.739,0
2003	8,5	211,4	284,9	482,5	34,1	138,8	6.339,0
2004	14,8	117,1	280,7	676,9	26,9	128,1	7.066,8
2005	17,0	188,6	343,6	586,2	30,8	140,7	7.697,3

^{*} RAEE = Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche

Tabella 4 - Variazione (%) delle tipologie di gestione dei RU

, , , , ,							
Anno	Utilizzo come fonte di energia	Frazione secca stoccata	Compost da frazioni selezionate	Incenerimento	Trattamento meccanico biologico	Discarica	Altre forme recupero
2001	0	0	5,9	8,8	12,8	66,7	5,8
2002	0,1	1,5	5,2	8,3	17,1	59,5	8,3
2003	0,2	2,4	5,1	9,0	21,3	53,1	8,9
2004	0,3	2,5	5,4	9,8	20,4	51,9	9,7
2005	0,3	2,6	5,6	10,2	22,6	48,8	9,9

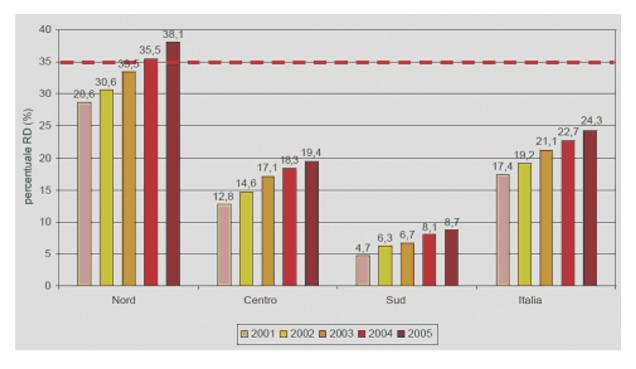


Fig. 1 - Andamento delle raccolta differenziata (Rd) nel 2001-2005.

cernita dei materiali indesiderati, possibilità di sottoporre a preventiva triturazione prima della fase di vagliatura e selezione manuale; selezione, con separazione automatica della frazione metallica; il flusso residuo combustibile potrà infine essere a sua volta pressato.

Gli impianti di valorizzazione hanno finalità distinte a seconda del tipo di raccolta differenziata attuata:

- raccolta di un unico materiale; in questo caso lo scopo delle selezione consiste principalmente nella eliminazione di materiali erroneamente conferiti;
- raccolta di materiali misti; la selezione consente la separazione dei flussi delle frazioni secche raccolte e l'eliminazione di materie improprie.

E' stato stimato che da 50 kg di rifiuti raccolti in maniera differenziata, nelle successive fasi di selezio-

ne e lavorazione si producono almeno 10 kg (20%) di rifiuti non recuperabili, e quindi da conferire allo smaltimento finale. Questi impianti, costituiti assemblando tecnologie ampiamente disponibili sul mercato, si prefiggono l'obiettivo di sviluppare ed ottimizzare anche dal punto di vista commerciale il mercato del recupero/riciclaggio dei materiali valorizzabili, quali: carta, cartone, plastiche, ferro, alluminio ecc. In sintesi, questi impianti sono finalizzati a:

- 1) **Valorizzare** al massimo i flussi di materiali da destinare alla commercializzazione.
- 2) **Ridurre** i materiali ad una pezzatura omogenea, mediante triturazione, al fine di agevolarne la selezione o la successiva fase di pressatura.
- 3) **Aumentare** la densità naturale dei materiali selezionati al fine di ridurre i vuoti, ed agevolare la movi-







Fig. 2 - Non abbandonare il tuo rifiuto. Trasformalo in energia (Waste to Energy WTE)

 12 $_{11}$



mentazione, stoccaggio e trasporto.

- 4) **Minimizzare** gli scarti destinati allo smaltimento in discarica.
- 5) **Produrre** con la parte di materiale restante del C.D.R. da avviare al recupero energetico.
- Attuare una gestione economica dell'attività di servizio sui materiali raccolti mediante la tecnica della R.D.

Le attività di selezione in grado di consentire la valorizzazione e la commercializzazione di materiali, con destinazione consolidata portano al recupero di: plastiche, carta, cartone, cascami, legno, rottame di ferro, alluminio, frazione secca combustibile (CDR).

2. SELEZIONE E VALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI INDIFFERENZIATI CON TRAT-TAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO

I processi di trattamento meccanico-biologico (MB) (**Fig. 3**) per la gestione dei rifiuti sono basati su una preselezione meccanica ed un successivo trattamento biologico dei rifiuti al fine di ottenerne la stabilizzazione. Nel tempo, questi schemi di trattamento si sono evoluti sia in relazione alla metodologie di raccolta differenziata adottate, sia in relazione alla metodologia di stabilizzazione della frazione organica (trattamenti anaerobici in alternativa alla stabilizzazione aerobica).

Pur nella varietà di tecniche impiantistiche esistenti ed in fase di sperimentazione, gli impianti di trattamento MB sono costituiti da tre fasi:

- fase di pre-trattamento meccanico;
- fase principale di trattamento biologico;
- fase di post-trattamento meccanico.

Gli impianti di trattamento MB costituiscono in sostanza una tecnica di trasformazione del rifiuto residuo, da concepire e dimensionare in funzione allo smaltimento finale e cioè sistemazione in discarica/ripristini ambientali, riutilizzo come CDR presso impianti di termodistruzione.

Elemento essenziale di questo tipo di trattamento è un ciclo di selezione semplificata, preferibilmente realizzato in maniera automatica, in modo da evitare rischi per la salute degli operatori.

Gli scopi di questi trattamenti consistono nella separazione dei rifiuti solidi urbani (RU) in flussi a composizione dominante di sostanza "secca" e "umida", (il flusso umido, a matrice prevalentemente organica destinabile a stabilizzazione biologica aerobica o anaerobica e riutilizzo come ammendante per ripristini ambientali o a discarica come sovvallo non più putrescibile, il flusso a matrice prevalentemente secca e combustibile destinabile a termodistruzione);

Per il trattamento biologico possono essere impiegati metodi aerobici (compostaggio, essiccamento) o metodi anaerobici (digestione con produzione di biogas). Attraverso il compostaggio il contenuto biodegradabile viene convertito a CO₂, acqua e sostanze umiche. Le prime fasi di compostaggio intensivo (fino a quattro settimane), a causa del formarsi di gas dal cattivo odore debbono essere effettuate all'interno di edifici/capannoni chiusi, dotati di sistemi di ventilazione/aspirazione aria con deodorizzazione prima dell'emissione in atmosfera. Il prodotto in uscita viene poi normalmente sottoposto ad una fase di maturazione, volta alla stabilizzazione del prodotto che può avvenire anche all'aperto (da due ad otto mesi) in apposite aie, avendo perso il cattivo odore.

Con il solo processo di bioessicazione si attua una ridotta degradazione biochimica della componente organica allo scopo di rendere il rifiuto stabile e adatto ad uno stoccaggio temporaneo e, quindi, alla combustione.





Fig. 3 - Sopra: Impianto WTE (Waste to Energy) a Glostrupin Danimarca: serve la comunità locale fornendo energia elettrica e riscaldamento domestico. Sotto: Impianto WTE vicino a Bilbao, Spagna,con generatore a turbina per migliorare l'efficienza di trasformazione energetica

Con il processo di digestione anaerobica, all'interno di strutture totalmente chiuse in assenza d'aria e in presenza d'acqua ed a temperatura controllata (35-55°C) avviene una fermentazione con produzione di biogas utilizzabile se prodotto in quantità adeguata,

Le tecnologie di trattamento meccanico-biologico oggi operanti possono essere quindi suddivise in tre principali categorie: 1) impianti MB integrati, destinati alla produzione di una frazione stabilizzata, (FOS), (con impieghi in discarica o per alcuni usi non agronomici) e di una frazione secca, CDR destinata al recupero energetico; 2)impianti di digestione anaerobica sulla frazione residua del rifiuto, con recupero del biogas; 3)impianti di essiccamento biologico della frazione residua per la produzione di

CDR e/o frazioni destinate a recupero energetico.

3. IMPIANTI DI TERMOVALORIZZAZIONE CON GESTIONE INTEGRATA

Da soluzione unica in alternativa ad ogni altra, l'inceneritore è diventato uno degli anelli del sistema integrato dei rifiuti Nelle realizzazioni migliori l'inceneritore consente di lavorare in coesistenza e sinergia la raccolta differenziata, le filiere del ricircolo dei materiali, la produzione di compost, la trasformazione in CDR per la co-combustione, la discarica per i residui senza frazioni di interesse (**Fig. 4**).

Il trattamento termico dei rifiuti costituisce attualmente lo schema impiantistico a maggior impegno tecnologico nel campo del trattamento/smaltimento dei RU in quanto esso coinvolge tre linee di flusso di sostanze tra loro differenti, ma comunque interdipendenti nel ciclo: 1) gli scarti residui (ceneri e scorie); 2) I prodotti che derivano dalla combustione (fumi caldi); 3) Il fluido che recupera, scambia e trasforma l'energia prodotta nel ciclo termico.

Le tre tecniche attualmente disponibili per un processo di termovalorizzazione sono: **incenerimento**, **gassificazione/pirolisi**, **impianti al plasma**. Queste tre tecniche verranno presentate nella seconda parte di questo articolo.

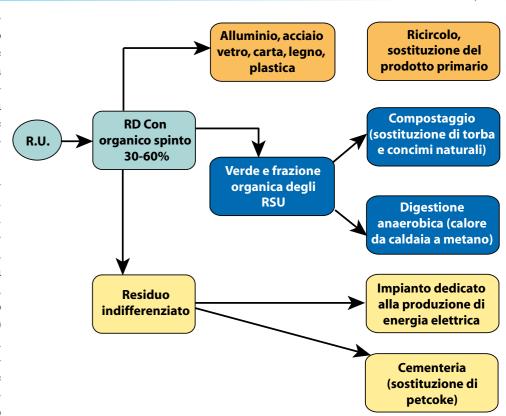


Fig. 4 - Gestione integrata dei R.U







Ponzano Veneto & Venezia

Il MIC (Master in Ingegneria del Calcestruzzo) è destinato a tecnici italiani che vogliano acquisire una conoscenza approfondita e globale sulla tecnologia del calcestruzzo. Questo master è stato illustrato nel numero di Gennaio di Enco Journal ed è disponibile sul sito www.encosrl.it.

Il MEC (*Master of Engineering Concrete*) è l'equivalente del MIC in versione inglese, sia per la presentazione orale che per il materiale didattico ed informatico distribuito ai partecipanti al Master.

L'iniziativa del MEC ricalca quella del Workshop in inglese del 2007 intitolato "Full Immersion in English Concrete" Il Workshop è stato organizzato da Enco nel 2007 e suddiviso in tre distinte sessioni su diversi argomenti; al workshop hanno partecipato tecnici provenienti da Cina, India, Israele, Emirati Arabi, e da molti paesi europei: Belgio,



Germania, Inghilterra, Grecia, Portogallo, Spagna, Repubblica Ceca, Slovenia, Slovacchia, oltre ovviamente all'Italia. I relatori, anch'essi di provenienza internazionale, hanno consentito di ottenere un successo straordinario documentato dalla eccellente valutazione espressa da 38 partecipanti su 40.

Il MEC è suddiviso in sei Corsi distinti che si terranno dal 7 al 14 Giugno a Ponzano Veneto e a Venezia, e che saranno replicati dal 12 al 20 Settembre per consentire una opzione nella scelta delle date soprattutto se si intende partecipare a più di un Corso. Si potrà ottenere un Certificato del Master se si partecipa a tutte le sessioni tecniche e se si supera un esame scritto via Internet entro il 31 Dicembre 2008, alla data da concordare tra la Segreteria del *Master* ed il singolo partecipante.

Requisiti per partecipare ai Corsi del MEC

Il MEC è riservato a chi vuole approfondire gli aspetti più avanzati e recenti sul calcestruzzo migliorando, nel contempo, la padronanza dell'inglese su questa specifica tecnologia. La partecipazione a una o più sessioni non è consigliata a chi non abbia una conoscenza dei fondamenti della tecnologia del calcestruzzo (rapporto acqua/cemento, resistenza caratteristica, lavorabilità, granulometrie degli aggregati, ecc.) e/o a chi non abbia una conoscenza di base della lingua inglese (comprensione dell'inglese scritto ancorché privo di una padronanza dell'inglese parlato).

Materiale didattico ed informatico per i Corsi del MEC

La presentazione orale in inglese dei vari argomenti sarà accompagnata dalla proiezione di videate con il testo scritto inglese per consentire il perfezionamento della pronuncia e dello spelling dei vari termini tecnici riguardanti il calcestruzzo.

Gli argomenti trattati nei vari corsi sono descritti in due libri (*The New Concrete e Concrete Mix Design*), in vari articoli in inglese pubblicati su riviste e atti di congressi internazionali.

Saranno inoltre distribuiti i software, in lingua inglese, su:

- prescrizione delle prestazioni del calcestruzzo in accordo alla normativa europea EN 206;
- calcolo delle composizioni del calcestruzzo attraverso la tecnica del mix design;
- calcolo della composizione del calcestruzzo autocompattante (SCC).

ENCO

Come ottenere il Certificato del Master

Si potrà ottenere un Certificato del *Master of Engineering of Concrete* (MEC) se si partecipa a tutti i Corsi (non necessariamente incluso quello dedicato alla visita dei Ponti sul Canal Grande di Venezia) e se si supera un esame scritto via Internet entro il 31 Dicembre 2008, alla data da concordare tra la Segreteria del *Master* ed il singolo partecipante.

Date per i corsi del MEC 2008

DATE ALT	ERNATIVE*	CORSI**	QUOTA DI ISCRIZIONE***
6-7 Giugno	12-13 Settembre	BASIC CONCRETE TECHNOLOGY	800 €
8 Giugno	14 Settembre	VENICE TECHNICAL TOUR	200 €
9 Giugno	15 Settembre	CONCRETE DURABILITY	400 €
10-11 Giugno	16-17 Settembre	SPECIAL CONCRETES	800 €
12-13 Giugno	18-19 Settembre	CONCRETE MIX DESIGN	800 €
14 Giugno	20 Settembre	CONCRETE FLOORS	400 €
	31 Dicembre a docenti e corsisti	Esame scritto per email****	150 €

^{*} Ogni sessione di Giugno sarà replicata a Settembre

Docenti del MEC

Mario Collepardi, Honorary Member of the American Concrete Institute,
Direttore del MEC

Luca Bertolini, Politecnico di Milano
Margaret Cooper, Gran Bretagna
Silvia Collepardi, Enco Engineering Concrete
Per Fidjestol, Elkem, Norvegia*
Bob Hathaway, Grace, Europe*
Rabinder Khurana, BASF Admixtures Systems, Europa
Wilhelm Korb, Penetron, Europe
Benedikt Lindlar, Sika, Europa
Roberta Magarotto, BASF Admixtures Systems, Europa
Giuseppe Marchese, Italcementi
Giovanni Martinola, Tecnochem & ETH Zurigo
Giacomo Moriconi, Università Politecnica delle Marche
Pietro Pedeferri, Politecnico di Milano
Diego Rosani, Holcim Italia
Roberto Troli, Enco Engineering Concrete

* Da confermare

^{**} Per ottenere il certificato del MEC occorre frequentare tutti i corsi (senza obbligo per la visita tecnica di Venezia) selezionandoli tra quelli disponibili nei periodi di Giugno e Settembre.

^{***} La quota di iscrizione di ciascun corso (IVA esclusa) include i libri, le pubblicazioni scientifiche, i documenti informatici, i coffee break, i pranzi a buffet. Uno sconto speciale del 15% sarà applicato a chi si registra prima del 30 Aprile 2008 per i corsi di Giugno e prima del 31 Luglio per i corsi di settembre. Per chi si registra per partecipare a tutti i corsi scelti tra Giugno e Settembre verrà applicata una quota di iscrizione di 2800 € IVA esclusa.

^{****} L'esame, nel periodo compreso tra Luglio e Dicembre 2008, è richiesto per chi vuole conseguire una certificazione del MEC.





Programma dei Corsi

Session 1. Basic Concrete Science and Technology

6 June 2008: 10.30-17.30 and 7 June 2008: 8.30-17.30

or 12 September 2008: 10.30-17.30 and 13 September 2008: 8.30-17.30

Introduction to terminology of concrete science technology (*M.Collepardi*) - Production of cements according to the European Norm (EN 197-1) (*D. Rosani*) - Hydration, setting and hardening of cements (*M.Collepardi*) - Concrete aggregates (*M.Collepardi*) - Mixing water (*M.Collepardi*) - Properties of fresh concrete: workability, bleeding and segregation (*M.Collepardi*) - Manufacture and transportation of ready mixed concrete (*G. Marchese*) - Porosity of hardened concrete (*M.Collepardi*) - Strength of hardened concrete (*M.Collepardi*) - Retarding and accelerating chemical admixtures (*M.Collepardi*) - Plasticizing and superplasticizing chemical admixtures (*M.Collepardi*) - Chemical admixtures inhibiting ASR and corrosion of metallic bars (*M.Collepardi*) - Chemical admixtures concrete impermeability improvers (*W. Korb*) - Shrinkage reducing admixtures (*B. Hathaway*) - New advances in concrete admixtures (*R. Magarotto*).

Session 2. Technical Visit to Venice Bridges

8 June 2008: 9.30-16.30 or 14 September 2008: 9.30-16.30

Calatrava's bridge made by concrete, steel, stone and glass - Ponte degli Scalzi made by stone - Ponte di Rialto made by stone - Ponte dell'Accademia made by wood (*M. Cooper, UK*)

Session 3. Durability of Reinforced Concrete Structures (RCS)

9 June 2008: 10.30-17.30 or 15 September 2008: 10.30-17.30

Deterioration of concrete by chemical attacks (*M.Collepardi*) - Deterioration of concrete by physical and mechanical actions (*M.Collepardi*) - Corrosion of RCS promoted by carbonation (*L. Bertolini*) - Corrosion by chloride of RCS in maritime and highway works (*P. Pedeferri*) - Durability of concrete structures according to EN 206 (*M.Collepardi*) - Prescriptions of durable concrete structures by CMD software (*M.Collepardi*) - Long-term durability of RCS (*M.Collepardi*) - Influence of mineral additions on long term durability of RCS (*S. Collepardi*) - Holistic approach to the durability of RCS (*R. Khurana*) - Laboratory tests to detect mechanism of concrete damage (*S. Collepardi*)

Session 4. Special Concretes

10 June 2008: 10.30-17.30 and 11 June 2008: 8.30-17.30

or 16 September 2008: 10.30-17.30 and 17 September 2008: 8.30-17.30

Steam-cured concretes (*S. Collepardi*) - Concrete exposed to drying shrinkage (*R. Troli*) - Shrinkage-compensating concretes (*R. Troli*) - Concrete subjected to permanent loading: creep (*R. Troli*) - Silica fume in high performance concretes (*P. Fidjestol*) - High-strength concretes (*M. Collepardi*) - Structural lightweight concretes (*S. Collepardi*) - Self-compacting concretes (*S. Collepardi*) - Fibre-reinforced concretes (*R. Troli*) - High-strength and ductile fibre-reinforced concretes (*G. Martinola*) - Concrete exposed to fire (*M. Collepardi*) - Shotcrete applications (*M. Collepardi*) - Use of accelerating admixture in shotcrete applications (*B. Lindlar*) - Recicled concretes (*G. Moriconi*)

Session 5. Concrete Mix Design

12June 2008: 10.30-17.30 and 13 June 2008: 8.30-17.30

or 18 September 2008: 10.30-17.30 and 19 September: 8.30-17.30

Introduction to concrete mix design (*M.Collepardi*) - Different types of concrete mix design (*M.Collepardi*) - Influence of aggregate on concrete workability (*M.Collepardi*) - Influence of chemical admixture on concrete workability (*M.Collepardi*) - Influence of temperature and cement type on slump-loss (*M.Collepardi*) - Mix design of pumpable mixes (*M.Collepardi*) - Mix design as a function of compressive strength (*M.Collepardi*) - Exposure class of concrete according to EN 206 (*M.Collepardi*) - Mix design of durable concrete (*M.Collepardi*) - Drying shrinkage of concrete (*R. Troli*) - Mix design as a function of concrete drying shrinkage (*M. Collepardi*) - Creep of concrete (*R. Troli*) - Mix design as a function of concrete drying shrinkage (*M. Collepardi*) - Mix design of steam-cured concretes (*M. Collepardi*) - Aggregate particle size (*S. Collepardi*) - Combination of aggregates (*M. Collepardi*)

Session 6. Concrete Industrial Floors

14 June 2008: 9.30-17.30 or 20 September 2008: 9.30-17.30

Introduction to industrial floors (*R. Troli*) - Characterization of soils for concrete industrial floors (*S. Collepardi*) - Characteristics of concretes for industrial floors (*S. Collepardi*) - Classification of loading in service for industrial floors (*S. Collepardi*) - Classification of activities in industrial floors according to EN 1991 (*S. Collepardi*) - Assessment of tensions in concrete industrial floors (*S. Collepardi*) - Drying shrinkage of concrete in industrial floors (*M. Collepardi*) - Contraction joints in concrete industrial floors (*R. Troli*) - Insulation joints in concrete industrial floors (*R. Troli*) - Construction joints in concrete industrial floors (*R. Troli*) - Unproper execution of concrete industrial floors (*R. Troli*) - Concrete industrial floors exposed to chemical attacks (*R. Troli*) - Self-compacting concrete in industrial floors (*R. Troli*) - Shrinkage-compensating concrete in industrial floors (*R. Troli*)

ORVIETO: STORIA DELLA CITTA' ATTRAVERSO IL SUO NETTARE

<u>di</u> Cristina Collepardi, Archeologa in Orvieto



"Il vino è una sostanza di conversione, capace di rovesciare situazioni e condizioni, di estrarre dagli oggetti il loro contrario. Il suo potere filosofale viene dalla sua vecchia eredità alchimica, di trasmutazione o di creazione "

Roland Barthes

Ad Orvieto tutto profuma di uva e di vino perché la coltivazione della vite ne ha da sempre caratterizzato il paesaggio e l'economia: vigneti curati si dispongono intorno alla rupe in un disegno armonico dove le linee parallele dei filari si intersecano con quelle ondulate delle colline.

Per la città, dunque, il vino è un'importante risorsa,

una peculiarità distintiva che si protrae ininterrottamente nei secoli e a testimoniarlo sono l'archeologia, l'arte, la storia, l'artigianato e la letteratura, tanto che la produzione dell'Orvieto di qualità è stata apprezzata e celebrata nel tempo da poeti, papi, artisti e viaggiatori.

Si deve probabilmente ricondurre a Simone Prudenzani – poeta medievale del territorio orvietano, noto anche per i celebri *Sonetti alle vigne* – la suggestiva quanto distillata espressione "terre vineate" per indicare i terreni

della zona, un tempo coltivati a vigneto e all'epoca del Prudenzani abbandonati.

Qualche secolo più tardi, nel sonetto *Regole contro l'ubriacature* del 1835, Gioacchino Belli – poeta celebre per i suoi versi in dialetto romanesco – nomina espressamente "il vino bianco di Orvieto" e lo considera quello delle "occasioni importanti", sia per l'eccellente qualità, sia per il costo elevato.

Persino Sigmund Freud, in visita alla città nel settembre del 1897, in una cartolina indirizzata alla moglie, fa riferimento al vino di Orvieto, definendolo "celebre" e "simile al Porto". Ma prima ancora delle parole, il ruolo fondamentale del vino nella vita quotidiana e nei riti cultuali di Orvieto è attestato negli importanti dipinti delle tombe etrusche del territorio (seconda metà del IV sec. a. C.) e nella ricca varietà di ceramiche etrusche e greche destinate alla conservazione, alla mescita e alla degustazione della celebre bevanda.

Gli affreschi della tomba Golini I, conservati presso il Museo Archeologico Nazionale di Orvieto, riproducono le fasi preparatorie del banchetto etrusco dove la macellazione delle carni e l'accurata sistemazione delle bevande nei recipienti e dei cibi sulle mense da

parte dei servi – tra la frutta si individua facilmente anche un grappolo d'uva – affiancano il banchetto vero e proprio, presenziato da Ade e Persefone, allietato da suonatori di tibia e di cetra, con i partecipanti distesi sulle *klinai* lungo il fianco sinistro, così da lasciare libero il braccio e la mano destra per portare agevolmente alla bocca il cibo e le bevande. Recentissimi studi sembrerebbero anche accertare che la frequente posizione semidistesa sul fianco sinistro, assunta dai banchettanti e attestata in

moltissimi altri dipinti funerari etruschi, agevoli persino la digestione in quanto permetterebbe una maggiore espansione dello stomaco.

Dalle necropoli orvietane provengono anche pregevoli manifatture di buccheri etruschi e ceramica importata dalla Grecia allo scopo di contenere il vino, reperti che testimoniano in modo chiaro e ulteriore l'importanza che gli Etruschi conferivano a questa bevanda. Presso il Museo Faina – piacevolmente fruibile anche dai giovanissimi grazie al Museo dei Ragazzi, un servizio interattivo e dinamico che si snoda lungo l'intero percorso espositivo – sono infatti conservate *ollae* e anfore di raffinata tipologia, recipienti destinati a contenere vino in occasione di cerimonie aristocratiche o rituali. *Stamnoi* e *krateres* dipinti erano invece utili, poco prima della degustazione, per ossigenare, tagliare e mescolare il vino che con le *oinokoai* veniva agevol-





mente versato in *kylikes* e *kantharoi*, calici dipinti o decorati a cilindretto o a stampo, secondo la fantasia dei ceramisti e il gusto dei committenti.

Nell'antichità il vino era anche occasione ludica, in quanto costituiva l'elemento fondamentale per il gioco del kòttabos, di origine siciliana, ma diffuso anche in Magna Grecia e in alcune zone dell'Etruria durante i banchetti. Il gioco consisteva nel gettare con destrezza il residuo del vino rimasto nella coppa contro un catino - il cottabo - collocato ad una certa distanza, in modo da produrre un suono nel cadere. Un'altra variante prevedeva invece il lancio del vino contro alcuni gusci che galleggiavano sull'acqua contenuta nel bacino, gusci che, se colpiti con opportuna precisione e potenza, andavano affondati. Una buona mira era indispensabile anche per un'ulteriore versione dello stesso gioco, secondo cui il vino lanciato doveva abbattere un dischetto montato su una verga e sostenuto da un'apposita base che, colpita dalla caduta del dischetto, doveva risuonare. Sembra anche che la riuscita del gioco venisse interpretata come auspicio di amore corrisposto.



Kylix

Poco si conosce circa le proprietà organolettiche del vino antico, sembra tuttavia che la qualità dolce riscuotesse la preferenza dei consumatori, pertanto si procedeva alla raccolta dei grappoli solo quando gli acini erano raggrinziti, oppure il vino veniva dolcificato grazie all'aggiunta di miele. Maggiori informazioni si hanno invece circa la viticoltura, ampiamente attestata in Etruria nel VII sec. a. C., quando diminuiscono le importazioni di vino fenicio e greco ed aumentano le esportazioni di vino etrusco verso il Lazio, la Campania, la Sicilia orientale, la Sardegna, la Corsica, le coste meridionali della Francia e quelle sud-orientali della Spagna. L'ampia estensione dei traffici commerciali intrapresi è indice dell'intensa produzione vinicola etrusca, il cui uso continua copioso anche in epoca romana, come testimoniano le molte anfore vinarie recentemente rinvenute anche nei dintorni di Orvieto, presso il porto fluviale di Paliano.

Circa la coltivazione della *vitis vinifera* ulteriori conoscenze possono inoltre dedursi indirettamente dalle ville rustiche romane di epoca repubblicana, insediamenti ancora rintracciabili nel territorio grazie alla presenza di frammenti fittili visibili in superficie e relativi, per esempio, a dolia, grandi orci in terracotta che, come suggerisce Varrone, servivano per la fermentazione e lo stoccaggio del vino. Negli stessi siti la ricognizione di superficie permette di individuare anche frammenti di macine in pietra dura di origine vulcanica, arnesi agricoli necessari per la torchiatura.

La produzione e il commercio del vino continuano a caratterizzare l'economia e la storia di Orvieto anche nel Medioevo, tanto che gli artigiani attivi nel settore vinicolo si riuniscono nelle corporazioni dei *vinari* e degli *acquavitari* per salvaguardare la produzione e la vendita della loro mercanzia.

Nello stesso periodo anche le molteplici disposizioni statutarie relative alla tutela delle vigne testimoniano l'interesse della città per la coltivazione di questa pianta: già nel 1192 il Comune di Orvieto concede l'esenzione dalle tasse a quanti avessero piantato viti, mentre la Carta del Popolo – codice statutario del Comune medievale orvietano – nella sessantunesima rubrica descrive le pene da applicare a quanti avessero deturpato le vigne altrui, infliggendo una multa di quaranta soldi a chi si fosse introdotto furtivamente di giorno nelle piantagioni, con un innalzamento dell'ammenda a cento soldi se l'incursione fosse avvenuta di notte.

Per meglio salvaguardare la coltivazione della vite, nel 1295 i Consoli della città nominano persino dei *Custodi delle vigne*, cui viene affidato il compito di controllare le piantagioni, la produzione e l'andamento dei lavori agricoli. Il calendario delle attività scandisce da sempre i ritmi del territorio orvietano e si è mantenuto sostanzialmente invariato nei secoli. Nel Medioevo come ai giorni nostri, la vendemmia costituisce il momento più importante di tutta l'attività e la raccolta si effettua nei mesi di settembre e di ottobre; la potatura e la legatura delle viti avvengono tra gennaio e febbraio, mentre in primavera si provvede alla zappatura e alla



Patera etrusca

vangatura. A maggio si è soliti ripulire la vigna dalle erbacce e a giugno si zappa di nuovo per evitare che le graminacee infestino le viti. Con l'avvicinarsi della vendemmia si procede a liberare la vigna dai pampini inutili per favorire la maturazione dei grappoli, dai cui acini si ottiene il prezioso succo, la cui fermentazione avviene dopo circa quaranta giorni dalla raccolta.

Un ulteriore documento significativo è lo Statuto Colletta del 1334, che regolamenta nel territorio orvietano il commercio del vino ed impone su di esso una tassa variabile in base al luogo di produzione: un dazio più elevato penalizzava, pertanto, l'acquisto del vino importato, nel tentativo di favorire il consumo di quello locale

Nel XVI secolo a celebrare la notorietà e la fama



Anfora

del vino rosso di Orvieto o meglio di Sugano – caratteristico borgo medievale collocato dodici chilometri a sud-ovest della rupe – è il papa Paolo III Farnese, che, secondo quanto riportato dal suo bottigliere di fiducia Sante Lancerio, apprezzava tale rosso sia in inverno che in estate. Sembra inoltre che il pontefice, bevendo volentieri questo vino, soprattutto quando soggiornava ad Orvieto, se ne rifornisse anche in Vaticano, dove arrivava per mezzo di muli.

Per secoli l'abboccato caratterizza, tuttavia, la produzione orvietana ed è solo intorno alla metà del XIX secolo che viene realizzato un vino più secco, anche per soddisfare il gusto dei viaggiatori stranieri che in quel periodo visitano la città.

Tralci di vite e grappoli turgidi di uva sono scolpiti nei bassorilievi della facciata del Duomo di Orvieto con chiari riferimenti alla tradizione religiosa, che vede nella vite una delle tante piante rigogliose che crescono nell'Eden e nel vino identifica il sangue di Cristo. Ed è ancora il vino ad avere un ruolo significativo nella costruzione della Cattedrale poiché Luca Signorelli è ricompensato, come da contratto, anche con un'ingente quantità di vino (circa mille litri annui) per l'encomiabile lavoro artistico eseguito nella Cappella di San Brizio in Duomo.

Infine, anche la ceramica medievale – notevole per la quantità e per la peculiarità di alcune tipologie e di decorazioni caratteristiche – unisce in un ormai antico legame la città di Orvieto al vino. Nei "butti" dove progressivamente si è depositata la ceramica dismessa o nelle fornaci un tempo attive e ancora visitabili lungo l'attuale via della Cava nel quartiere medievale, sono state recuperate tazze in maiolica, boccali ad orlo



Duomo di Orvieto

trilobato, brocche dal caratteristico beccuccio espanso "a pellicano", vasellame su cui venivano dipinti motivi geometrici, vegetali, zoomorfi e fantastici nei caratteristici colori bruno e verde su smalto bianco, contenitori talvolta decorati anche con protomi o pigne a rilievo, secondo la peculiarità della fabbrica orvietana. Nelle fornaci medievali si registra, dunque, una produzione di ceramica in serie cui talvolta si affiancano esemplari unici e più ricercati, come l'originale coppa potoria Bevi se puoi, curiosa forma dal fondo piano, dotata di dieci beccucci all'altezza dell'orlo, con due anse tubolari, di cui una forata internamente. L'eccezionalità dell'oggetto consiste nell'ingegnoso sistema di fori comunicanti, concepiti in modo tale che era possibile bere soltanto da uno dei beccucci, qualora si fosse chiuso il foro sull'ansa del recipiente.

Il profumo e il sapore del vino orvietano si possono facilmente percepire anche nelle tante cantine scavate nel tufo, cavità che, insieme ai pozzi e alle cisterne, ancora caratterizzano il labirintico sottosuolo di Orvieto, città che oggi continua a scorgere nel vino una ricchezza da valorizzare e da degustare con calma, un piacere che si è conservato intatto nel tempo.

 20 $_{\parallel}$ $_{\cdot}$





PER LE COSTRUZIONI (D.M. 14 GENNAIO 2008)



Silvia Collepardi, Francesca Simonelli e Roberto Troli Enco, Ponzano Veneto info@encosrl.it www.encosrl.it





1. INTRODUZIONE

In questo articolo sono esaminate le novità delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC, (rispetto al D.M. del 14 Settembre 2005) approvate con D.M. del 14 Gennaio 2008, pubblicato sulla G.U. del 29 Febbraio 2008 ed in vigore dal 5 Marzo 2008.

In particolare verranno esaminate le responsabilità delle seguenti figure nel settore delle costruzioni in calcestruzzo: il Committente, il Progettista, il Direttore dei Lavori, il Collaudatore, il Laboratorio Ufficiale, l'Appaltatore ed il Produttore di calcestruzzo preconfezionato.

2. VITA NOMINALE E CLASSI D'USO DEL-LA STRUTTURA (PAR. 2.4.1 E 2.4.2 NTC)

Secondo le nuove NTC (paragrafo 2.4.1) il Committente ed il Progettista, di concerto, sotto la loro responsabilità nei riguardi della pubblica incolumità, debbono dichiarare nel progetto la vita utile nominale della struttura. La scelta di questa importante caratteristica – che rappresenta un significativo cambiamento rignetto.

senta un significativo cambiamento rispetto alle precedenti norme di legge sulle costruzioni in c.a. – è facilitata dalla Tabella 2.4.I nel testo originale delle NTC unitamente alle indicazioni del paragrafo 2.4.2 sintetizzate nella seguente Tabella 1.

A parte le strutture provvisorie ed i componenti strutturali sostituibili di immediata interpretazione, le costruzioni vengono suddivise nelle due classi in base ai seguenti criteri:

- Classe d'uso I: edifici agricoli e costruzioni con presenza solo occasionale di persone
- Classe d'uso II: include le normali costruzioni viarie o ferroviarie la cui eventuale interruzione non provoca situazioni

di emergenza, le costruzioni per industrie con attività non pericolose, edifici e costruzioni con normali affollamenti, costruzioni senza funzioni pubbliche e sociali di rilevante importanza.

- Classe d'uso III: include costruzioni con affollamenti significativi in esercizio, reti ferroviarie e viarie le cui interruzioni possono provocare situazioni di emergenza, industrie con attività pericolosa per l'ambiente.
- Classe d'uso IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità; industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente; reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico; dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica; strutture di importanza strategica o pericolosità eccezionale (ad es. il MOSE a Venezia o il Ponte sullo Stretto di Messina o depositi per rifiuti radioattivi).

Tabella 1 - Vita nominale e classi d'uso della struttura

VITA		STRUTTURA		
NOMINALE, V _n (anni)		CLASSE D'USO	Coeff. d'uso,	
<10	1	provvisorie o temporanee in fase costruttiva	V _r =35 anni*	
>50 anni	2	Classe d'uso I: edifici agricoli o occupati occasionalmente da persone	0,7	
>50 anni Z		Classe d'uso II: dimensione, costo o rischio normale	1,0	
		Classe d'uso III: dimensione, costo o rischio alto	1,5	
>100 anni	3	Classe d'uso IV con dimensione, costo o rischio eccezio- nale	2,0	

^{*} Nelle verifiche sismiche si utilizzerà un periodo di riferimento V_=V_0•C_

Le NTC, pertanto, non escludono che in casi straordinari possano essere previste costruzioni con una vita utile maggiore di 100 anni, purché si valutino le azioni con appositi studi considerando periodi di riferimento (V_r) ai fini delle verifiche sismiche riportati in Tabella 1 (Tab.2.4.II delle NTC).

Se il Committente è una pubblica amministrazione, un ente pubblico o un'industria non avrà certo problemi nell'indicare al Progettista con quale Classe di costruzione debba essere identificata la struttura in corso di progettazione. Se il Committente è, invece, un privato o un'azienda non esperta nel settore delle costruzioni, si deve intendere che sia il Progettista ad intervistare il Committente per interpretarne la volontà circa la vita attesa di servizio in base alle esigenze espresse sull'attività destinata a queste costruzioni.

In ogni caso, alla scadenza della vita utile di servizio dichiarata in progetto valutata a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico, la struttura dovrà essere sottoposta ad una nuova valutazione della sicurezza così come descritto dettagliatamente nel cap. 8 delle NTC "Costruzioni esistenti".

Si può notare come da una parte sia fatto **obbligo** di dichiarare nel progetto l'appartenenza ad una Classe e ad un Livello di sicurezza, mentre dall'altra è lasciato alla libera **responsabilità del Progettista** la interpretazione sulla scelta di suddette caratteristiche.

3. VERIFICHE DI SICUREZZA E FUNZIONALITA' (STATI LIMITI ULTIMI E DI ESERCIZIO) E DI ROBUSTEZZA E SCELTA DEI MODELLI DI CALCOLO

Nel Capitolo 2 delle NTC sono descritte le strutture e gli elementi strutturali che devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione ordinaria affinché la loro sicurezza e la prevista funzionalità siano garantite nei confronti dell'insieme degli stati limite ed eventuali azioni eccezionali verosimili che si possano manifestare durante le vita nominale della struttura (punto 2.1 e 2.3 NTC) in funzione dell'uso e del tipo della struttura nonché delle conseguenze del danno o del collasso con riguardo a persone, beni e possibili turbative sociali. Le verifiche delle strutture andranno eseguite con il metodo degli stati limiti cosi' come definiti ai paragr. 2.2 e 4.1.2. E' ammessa ancora la verifica con il metodo semplificato alle tensioni ammissibili solo per edifici in classe d'uso 1 o 2 ricadenti in zona sismica 4 (§2.7) e di geometria semplice (§4.5.6.4).

In particolare, si definisce uno **stato limite ultimo** (§ 2.2.1 e 4.1.2.1 NTC) lo stato al superamento del quale si abbia collasso strutturale, perdita di equilibrio o comunque dissesti irreversibili con gravi conseguenze. Correlato alle verifiche agli stati limite Ultimi è anche la valutazione della sicurezza della struttura (punto 2.3 NTC).

La scelta di una determinata vita nominale e classe d'uso con un definito livello di sicurezza, comporterà da parte del progettista l'adozione diverse combinazioni (fondamentale, frequente, rara, ecc.) con diversi coefficienti sicurezza e diversi periodi di ritorno delle azioni di calcolo nelle verifiche degli Stati Limite Ultimi.

Si definisce invece **stato limite di esercizio** (§ 2.2.2. e 4.1.2.2 NTC) lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione di progetto dell'opera. Ancora una volta il **Progettista di concerto con il Committente deve definire gli stati limite di esercizio** al superamento del quale corrisponde la perdita di un particolare requisito ritenuti indispensabile per la funzionalità e la durabilità dell'opera (es. formazione di fessure nel calcestruzzo di apertura superiore ad un prefissato valore oppure deformazioni eccessive per l'efficienza della struttura).

Le NTC introducono, inoltre, il concetto di Robustezza (paragr. 2.1 NTC) intendendo con essa la capacità della struttura di sopportare danneggiamenti locali provocati da singoli eventi eccezionali (es, urto, scoppio, incendio per i quali vengono suggeriti al cap. 3 delle NTC dei modelli non probabilistici) senza subire un collasso totale ovvero con un degrado di prestazioni non sproporzionato alla causa che lo a provocato. Un esempio di scarsa robustezza può essere rappresentato dalle Torri Gemelle di New York che nel 2001 subirono un collasso di tutte le strutture ancorché esposte ad un evento straordinario ma non impossibile da prevedere quale l'impatto di un aereo in una localizzata parte della struttura

E' responsabilità del progettista individuare i possibili scenari prevedibili, la eventuale concomitanza con altre azioni variabili, la scelta degli strumenti per garantire la robustezza ad esempio aumentando l'iperstaticità e la duttilità della struttura, compartimentando la struttura oppure prevedendo delle barriere alle azioni a protezione della struttura. Ovviamente è sempre responsabilità del progettista effettuare la verifica strutturale a tali azioni.

Per ogni stato limite da verificare, il progetto richiede che vengano preliminarmente fissati dei modelli che
schematizzino le azioni, la geometria degli elementi
costruttivi, i materiali ed i terreni nonché dei modelli di calcolo per la trasformazione delle azioni (F) in
sollecitazioni (E, effetti delle azioni) e per le trasformazione delle proprietà dei materiali in capacità portanti della struttura (R, resistenza). Il Progettista ed
il Committente di concerto sono liberi di adottare i
modelli suggeriti dalle NTC nei cap. da 3 a 6, ovvero
altri modelli ricavabili da altre normative o da consolidata letteratura tecnica purché si dimostri che vengano
rispettati i livelli di sicurezza e di prestazioni attese de-



finiti nelle NTC.

Ancora una volta si deve intendere che se il Committente è un privato o un'azienda non esperta nel settore delle costruzioni, dovrà essere il Progettista ad intervistare il Committente per interpretarne la volontà circa le prestazioni attese dalla struttura.

Ovviamente, la responsabilità delle verifiche agli stati limiti (paragr. 2.2.3, 2.5.3, 2.6.2, 4.1.2.1 e 4.1.2.2 delle NTC) con i modelli definiti in fase di progetto è poi tutta del progettista. In particolare il progettista dovrà effettuare suddette verifiche agli stati limite sia in fase di progetto sulla base delle caratteristiche meccaniche dei materiali presunte da dati di letteratura, sulle ipotesi delle varie fasi costruttive e sulla caratterizzazione del terreno mediante indagini preliminari sia in fase di esecuzione e collaudo sulla base delle caratteristiche mec-

CLASSE DI

RESISTENZA

MOLTO

BASSA

BASSA

MEDIA

ALTA

MOLTO ALTA

caniche dei materiali e dei terreni misurate durante la realizzazione dell'opera.

4. DURABILITA' DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

E' questo un altro aspetto molto innovativo, se non addirittura rivoluzionario delle NTC (paragrafo 11.2.11 NTC), che coinvolge direttamente il Progettista nel

fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), lo spessore del copriferro e le regole di maturazione, per garantire la durabilità delle strutture per la vita attesa di servizio da lui stesso individuata di concerto con il committente.

Come al solito, queste *Norme Tecniche per le Costruzioni* mentre impongono al Progettista di stabilire i criteri di durabilità in base anche al sito dove sorgerà l'opera (classe di esposizione) ed alle condizioni di impiego, sono molto permissive nella scelta delle norme tecniche per controllare le specifiche di durabilità. Per esempio il Progettista **può** fare utile riferimento alle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104 per individuare la classe di resistenza capace di garantire la durabilità in funzione della classe di esposizione ambientale. Oppure può determinare la impermeabilità del calcestruzzo all'acqua adottando la norma UNI EN 12390-8 come criterio aggiuntivo per valutare la durabilità.

Come specificato al paragrafo 12 delle NTC, il Progettista **può** anche far riferimento alla letteratura tecnica consolidata o ad altre normative (per esempio

Eurocodici strutturali CEN, Norme UNI EN armonizzate, Istruzioni del Cons. Sup. dei LL.PP. o del CNR, Linee guida del Servizio Tecnico Centrale (STC) del Ministero LL.PP., altri codici internazionali quali quelli dell' ACI, American Concrete Institute o dell' ASCE, American Society of Civil Engineering) per la garanzia della durabilità delle struttura purché ne faccia esplicita menzione nel progetto.

5. SPECIFICHE DEL CALCESTRUZZO E CLASSI DI RESISTENZA

Nei paragrafi 4.1 e 11.2.1 le NTC precisano che il **Progettista** (**o il Direttore tecnico di stabilimento** per elementi prefabbricati in serie) **deve indicare** la resistenza convenzionale a compressione caratteristica misurata su provini cubici (\mathbf{R}_{ck}) nonché altre indicazioni

Tabella 2 - Classi di resistenza in funzione del tipo di costruzione

TIPOLOGIA DI COSTRUZIONE

Strutture non o poco armate (Fe<0.1%,

§4.1.11)

Strutture in c.a.

Strutture in c.a. e c.a.p.

Strutture in c.a. e c.a.p. con prove di pre-

qualifica su R_{ck} e altre grandezze

fisico-meccaniche

Strutture in c.a. e c.a.p. con autorizzazione

del Servizio Tecnico Centrale su parere del

Consiglio Superiore dei LL.PP.

R_{ck} (N/mm²)

R_{ck} ≥10

R_{ck} ≥20

55≥R_{-t}≥35

85≥R_{ck}>55

R_,>85

sulla composizione del calcestruzzo in funzione delle classi di esposizione e del requisito di durabilità delle opere. Oltre alla resistenza a compressione caratteristica (riferita a provini cubici maturati a 20°C per 28 giorni), il Progettista potrà indicare anche altri tempi di maturazione a cui riferire la resistenza cubica (ad es. la R neces-

(ad es. la R_c necessaria al momento della precompressione di un elemento in c a p.)

Un'interessante novità di queste *Norme Tecniche per le Costruzioni* in calcestruzzo (Tabella 4.1.II NTC) riguarda l'incremento della resistenza meccanica a compressione (R_{ck}) consentita per le costruzioni in c.a. e/o c.a.p., rispetto al precedente D.M. del Gennaio 1996. Nella Tabella 2 vengono mostrate le quattro classi di resistenza in funzione della tipologia di costruzioni.

Le **novità** rispetto alla precedente normativa nazionale consiste nella possibilità che il Progettista specifichi calcestruzzi ad alta classe di resistenza (con \mathbf{R}_{ck} fino a 85 N/mm²) purché prima dell'inizio dei lavori si verifichino, con prove di prequalifica, tutte le grandezze fisico-meccaniche che influenzano la resistenza e la durabilità.

6. REGOLE PER L'ESECUZIONE DEL PROGETTO

Un altro compito importante affidato al Progettista

(paragrafo 4.1.7 – 11.2.1 NTC) riguarda le regole esecutive (cautele da adottare per gli impasti, posa in opera, maturazione dei getti e disarmo degli elementi strutturali). Queste regole debbono essere descritte nel progetto tenendo conto della particolarità dell'opera, del clima e della tecnologia costruttiva.

Come è consuetudine di queste NTC, mentre viene fatto esplicito **obbligo di descrivere** nel progetto queste **regole esecutive**, si lascia alla **libertà** del progettista la possibilità di far **riferimento a norme** nazionali o internazionali **per i dettagli esecutivi**: nel caso specifico il Progettista **potrà** fare utile riferimento alla norma **UNI EN 13670-1** "Esecuzione di strutture in calcestruzzo – Requisiti comuni". Ciò non esclude tuttavia che il Progettista possa far riferimento a raccomandazioni estere collaudate come per esempio quelle dell'*American Concrete Institute*.

7. CONTROLLO SUI MATERIALI PER IL CONFEZIONAMENTO C.A. E C.A.P.

Una importante novità (paragr. 11.1 NTC) relativamente ai controlli su materiali e prodotti utilizzati è che il **Servizio Tecnico Centrale** attiverà un **sistema di vigilanza** presso i **cantieri ed i luoghi di lavorazione** per verificare la corretta applicazione delle disposizioni descritte al cap. 11 delle NTC.

7.1 Il controllo della qualità dei componenti il conglomerato cementizio (paragrafo 11.2.9 NTC)

E' **responsabilità del produttore** delle materie prime distribuire materiali o prodotti che siano conformi alle specifiche tecniche europee e/o nazionali in vigore. Nei casi in cui sia prevista la marcatura CE (es. Cementi, Aggregati, Additivi) la relativa attestazione deve essere consegnata alla Direzione Lavori. Anche se non espressamente richiamato dalle NTC, per i prodotti soggetti a obbligo di marcatura CE secondo norme europee armonizzate, tale obbligo deve essere rispettato e, in caso di contrasto con alcune parti delle NTC, i requisiti previsti dalla **marcatura CE** risulteranno **prevalenti** su quelli delle NTC (paragr. 11.1 NTC). Il Direttore lavori potrà comunque eseguire i controlli di accettazione sulle caratteristiche indicate in Tab. 11.2.IV delle NTC. Si segnala come novità la **possibilità** di utilizzare anche aggregati provenienti da processo di riciclo conformi alla UNI EN 12620, nelle quantità percentuali massime indicate dalla stessa NTC in Tabella 11.2.IV. Il loro utilizzo è consentito purché sia certificata la conformità alla UNI EN 12620 con controlli di produzione giornalieri e ogni 100 ton, e comunque a condizione che la miscela di conglomerato cementizio venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Si segnala a tale proposito che con la Circolare del 15 luglio 2005, n. 5205 il Ministero dell'Ambiente ha reso note le disposizioni per attuare nel settore edile,

stradale e ambientale il D.M. 203/2003, cioè il Decreto che impone alle Pubbliche Amministrazione di soddisfare il proprio fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota non inferiore al 30% di prodotti ottenuti da materiale riciclato i quali devono essere inseriti in sede di formulazione dei capitolati d'appalto delle opere pubbliche.

7.2 Il controllo della qualità del calcestruzzo (paragrafi da 11.2.2 a 11.2.7 NTC)

Secondo le nuove NTC (paragrafo 11.2.2) il controllo della qualità del calcestruzzo si articola in tre fasi:

- Valutazione preliminare della resistenza (paragr. 11.2.3 NTC) da eseguire prima dell'inizio dei lavori a cura dell'**Appaltatore**, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, per identificare la composizione della miscela conforme alla R_{ck} del progetto; l'Appaltatore rimane responsabile anche in caso in cui le prove di prequalifica siano delegate a terzi e che il materiale sia fornito da un produttore di calcestruzzo preconfezionato. A tale proposito le NTC riservano uno specifico paragrafo (11.2.8) proprio alle prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (altrimenti detto preconfezionato). Gli impianti di produzione di calcestruzzo preconfezionato dovranno possedere un sistema di controllo di produzione di fabbrica (in aggiunta o in integrazione al tradizionale sistema di gestione di qualità aziendale secondo UNI EN 9001) conforme alle Linee Guida del calcestruzzo strutturale del Min. dei LL.PP. e certificato da un terzo organismo indipendente accreditato secondo procedure analoghe a quelle attualmente adottate per la marcatura CE di altri prodotti da costruzione con sistema di attestazione 2+. Prima dell'inizio della fornitura il Direttore dei Lavori dovrà acquisire copia della certificazione del controllo di processo produttivo. Successivamente il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare che ogni fornitura in cantiere di calcestruzzo preconfezionato sia accompagnato da documenti che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica e a rifiutare le eventuali forniture non conformi. Il DL dovrà comunque poi eseguire le prove di accettazione.
- Controllo di accettazione (paragr. 11.2.5 delle NTC) da effettuare a cura del Direttore dei Lavori in corso d'opera al momento del getto del componente strutturale per verificare la cosiddetta; il Direttore dei Lavori (o un suo tecnico di fiducia) deve procedere al prelievo dei campioni indicando in apposito verbale (novità rispetto al precedente DM del '96) la data del prelievo, la posizione e le date di getto delle strutture interessate da ciascun prelievo, le sigle identificative dei provini e le rispettive resistenza caratteristiche di progetto. Il Direttori dei Lavori deve poi sottoscrive-

 14





re la domanda di prove (pena la non validità del certificato) presso un Laboratorio Ufficiale riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti secondo art. 59 DPR n° 380/2001 (punto 11.2.5.3 NTC), facendo nella esplicito riferimento ai dati riportati nel verbale di prelievo che poi dovranno comparire anche nel certificato di prova. Le prove di resistenza meccanica dovranno essere effettuate secondo le norme UNI EN 121390-1 e UNI EN 12390-2 per la stagionatura dei provini e secondo la UNI EN 12390-3 e 4 per la determinazione della resistenza meccanica, adottando i controlli di tipo A (punto 11.1.5.1 NTC) o **B*** (punto 11.2.5.2 NTC) per il calcolo della resistenza caratteristica. Nel caso di produzione di elementi prefabbricati la figura del Direttore Lavori è sostituita in questa fase dal **Direttore tecnico di Stabilimento**. In caso di esito negativo dei controlli di accettazione il DL deve procedere con una verifica della struttura in opera come descritto al paragr. 11.2.6 delle NTC relativo ai controlli sul calcestruzzo messo in opera.

- Prove complementari (parag. 11.2.7 delle NTC) possono essere richieste dal Direttore dei Lavori a eventuale completamento delle prove di accettazione per stimare la resistenza in particolari fasi della costruzione (diverse dai 28gg) o in particolari condizioni di utilizzo (temperature molto diverse da 20°C).

Nel caso di elementi prefabbricati in serie (controllata o qualificata) le figure del Progettista e del Direttore lavori sono sostituite fino alla fase di consegna a pié d'opera dal Progettista e dal Direttore tecnico di produzione secondo le responsabilità e attività descritte in dettaglio ai paragrafi 4.1.10.3 e 11.8 elle NTC. E' poi responsabilità del Direttore Lavori dell'opera verificare la conformità di tutti i documenti che il prefabbricatore deve obbligatoriamente consegnare: attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale, certificazione d'origine del prodotto, estratto del registro di produzione, certificati di prova del laboratorio ufficiale, istruzioni per il trasporto e montaggio, elaborati firmati con istruzioni per il corretto impiego e manutenzione dei manufatti (paragr. 11.8.5 NTC).

<u>7.3 Controllo della resistenza del calcestruzzo delle</u> struttura (paragrafo 11.2.6 NTC)

Nel caso in cui le resistenze meccaniche dei prelievi eseguiti in corso d'opera (resistenza potenziale) non soddisfino i criteri di accettazione per la R_{ck} prevista in progetto, oppure nel caso in cui sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo rispetto alle prove di prequalifica oppure sulla validità stessa dei controlli di accettazione qualità del calcestruzzo delle strutture il **Direttore**

Lavori o il Collaudatore devono procedere alla valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera (resistenza strutturale) attraverso prove non distruttive (per esempio mediante sclerometria, misura della velocità delle onde ultrasoniche o estrazione di tasselli post inseriti secondo UNI EN 12504-1, 2 e 3) o distruttive consistenti dell'estrazione dalla struttura di provini cilindrici noti come "carote". Per tali valutazioni, le NTC indicano anche come documento di riferimento le "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive" emanate dal STC (paragr. 11.2.6 delle NTC).

Nel caso di esecuzione di misure di resistenza a compressione su carote (f_{c strutt}), la norma UNI EN 12504-2 (prelievo esame e prove di compressione su carote) e la UNI EN 13 791 (valutazione della resistenza a compressione su calcestruzzo messo in opera) raccomandano di eseguire carote con altezza(h)/diametro(d)=1 nel caso in cui il risultato voglia essere confrontato direttamente con un cubo di lato h, ovvero carote con h/d=2 qualora si debba far riferimento a provini cilindrici di uguali dimensioni. Diversamente, nel caso si utilizzi una carota con h/d =2, per tener conto della diversa geometria (cilindrica nella carota e cubica nei provini di accettazione), la corrispondente resistenza cubica (R) su cubo di lato pari ad h andrà calcolata mediante l'equazione [1.1] riportata al punto 11.2.10.1 delle NTC ripresa dalle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale:

$$R_{ak} = f_{ak} / 0.83$$
 [1.1]

A causa del differente grado di compattazione e della diversa stagionatura del calcestruzzo in opera rispetto a quelli realizzabili per un provino, il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come **resistenza strutturale**) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come **resistenza potenziale**). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto (paragr. 11.2.6 NTC).

$$R_{cm strutt} \ge 0.85 R_{cm prog}$$
 [1.2]

A tale proposito, l'ultima versione delle NTC contiene ancora delle incertezze che, almeno in parte, sembra verranno chiarite nella circolare esplicativa di imminente pubblicazione:

1) Nel testo delle NTC non viene esplicitamente indicato il numero minimo di carote o di equivalenti prove non distruttive da effettuare nella zona della struttura oggetto di indagine per ricavare un valore di resistenza meccanica a compressione rappresentativo. Nella circolare esplicativa, riprendendo quando indicato al punto 10.3 delle "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", si parla di almeno 3 carote per ricavare un semplice valor medio (f_{cm opera}). Nel caso si voglia calcolare anche un valore caratteristico in opera, le Linee Guida riprendono quanto indicato nella UNI EN 13791:2008 "Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo" e cioè:

Se il numero di carote è maggiore o eguale a 15, la resistenza caratteristica in opera $f_{ck \ opera}$ è il valore inferiore tra:

$$f_{ck \text{ opera}} = f_{cm \text{ opera}} -1,48s$$
 (con s= scarto quadratico medio)

$$f_{ck \text{ opera}} = f_{cmin \text{ opera}} + 4$$

Se il la numerosità è compresa tra 4 e 14, la resistenza caratteristica $f_{ck\ opera}$ è il valore inferiore tra:

$$f_{ck \text{ opera}} = f_{cm \text{ opera}} - k$$
 $f_{ck \text{ opera}} = f_{cmin \text{ opera}} + 4$
con k pari a:
5 per n° di carote da 10 a 14
6 per n° di carote da 7 a 9

7 per n° di carote da 3 a 6

2) L'unico riferimento rintracciabile nelle NTC relativamente alla resistenza media di progetto necessaria per il confronto dell'equazione [1.2] è al punto 11.2.10.1. delle NTC dove, riferendosi a provini cilindrici, si parla di f_{cm prog} = f_{ck prog.} + 8 N/mm² (mutuato dall'Eurocodice 2). Pertanto, utilizzando la correlazione di cui in [1.1], si ottiene R_{cm prog} = R_{ck prog.} + 9,64 N/mm². Se così è, si può facilmente dimostrare con un esempio che, in alcuni casi, la resistenza media richiesta alla struttura diviene per assurdo uguale o superiore a quella dei provini dello stesso calcestruzzo prelevati per i controlli di accettazione.

Esempio:

Sia in fase di **progetto** R $_{\rm ck\ prog.}$ =30 N/mm² e quindi R $_{\rm cm}$ =30+9,64 \approx 40 N/mm²;

In fase di controllo di **accettazione**, per i provini prelevati al momento del getto ("resistenza potenziale") dovrà essere:

 $R_{cm pot} > 30+3,5=33,5 \text{ N/mm}^2 \text{ se si adotta un controllo}$ di tipo A, oppure

 $R_{cm pot} > 30+1,4*s N/mm^2$ se si adotta un controllo di tipo B, ad es. per s=4 si avrà $R_{cm pot} > 35,6N/mm^2$

La resistenza media in opera determinata mediante

la rottura di carote con h/d=1 ($f_{cm strut}$ h/d=1) è accettabile, invece, se raggiunge il valore di 0,85*40= 34 N/mm², che per assurdo è maggiore di quella richiesta ai provini compattati a rifiuto e stagionati in condizioni standard nel caso di controllo di tipo A o comunque di poco inferiore (circa il 5%) a quanto previsto per i provini nel caso di controllo di tipo B.

Tutto ciò è in contrasto con quanto detto nello stesso paragrafo 11.2.6 delle NTC: "...Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio....".

Più corretta sembra allora l'indicazione riportata nella UNI EN 13791:2008, e ripresa anche nella prossima circolare esplicativa, di confrontare l' $R_{\rm ck}$ ricavata dalle carote con l'85% della $R_{\rm ck}$ di progetto.

Al di là delle incertezze sopra illustrate, rimane il fatto che, nel caso in cui la resistenza della struttura (media o caratteristica) risulti inferiore all'85% di quella di progetto (media o caratteristica), possono sorgere problemi circa la responsabilità di questa non *conformità* al dato progettuale. Le possibili situazioni possono essere così riassunte:

- se la R_{cm} misurata attraverso il controllo di accettazione su provini cubici risulta maggiore o eguale al valore di progetto deve ovviamente escludersi che la qualità del materiale sia la causa della non conformità del calcestruzzo in opera; conseguentemente, in caso di fornitura del conglomerato cementizio da parte di terzi (preconfezionatore) questi non sono responsabili della eventuale non conformità; in questo caso solo l'Appaltatore può essere coinvolto come responsabile della non conformità dovendosi attribuire questa ad una non corretta messa in opera o inadeguata stagionatura;
- se la *R*_{cm} misurata attraverso il controllo di accettazione, risulta inferiore a quella di progetto, il fornitore di calcestruzzo viene coinvolto nella non conformità e conseguentemente nelle eventuali operazioni di consolidamento o anche di demolizione e rifacimento stabilite dal Direttore dei Lavori. Se nonostante la Rcm dei provini risulti inferiore al valore di progetto, ma la fcm strutt (h/d=1) risulta maggiore di 0.85 Rcm prog, il Direttore dei Lavori può non eseguire alcun consolidamento; occorre tuttavia stabilire la dequalificazione commerciale della fornitura di calcestruzzo.

Nella successive Tabelle 1 e 2 si riportano alcuni esempi di non conformità rilevabili dai controlli di accettazione e/o dai controlli in opera.

Tra le **novità** relative alle **altre proprietà fisicomeccaniche** (paragr. 11.2.10.2 e 11.2.10.3 NTC) stimabili, in assenza di diretta sperimentazione secondo le procedure normalizzate in vigore, mediante formule sperimentali si segnalano le seguenti variazioni rispetto

^{*}Rispetto al precedente DM del 96 il controllo di tipo **B** è diventato "**obbligatorio**" e non più "possibile" per le costruzioni con più di 1500m³.

Soluzioni di Durabilità





	CLASSE DI ESPOSIZIONE XC Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
CLASSE DI ESPOSIZIONE XD Corrosione delle armature indotta dai cloruri			
	CLASSE DI KANANI	Corrosione delle armature indotta dai cloruri dell'acqua di mare	
CLASSE DI ESPOSIZIONE XA Attacco chimico		Attacco chimico	
CLASSE DI ESPOSIZIONE X F Attacco dei cicli gelo/disgelo		Attacco dei cicli gelo/disgelo	



www.calcestruzzi.it



Tabella 1: Casistiche di non conformità nei controlli di accettazione (R_{cm}) e in opera ($R_{cm str}$) per cls con R_{ckpr} = 30 MPa (R_{cmpr} =40 MPa)

Controllo tipo A provini (in MPa)	Controllo su carote con h/d=1 (in MPa)	Implicazioni strutturali	Implicazioni legali
R _{cm} =37>35.6 R _{ck} =31.4>30	$R_{cm str} = 35 > 34 = 0.85 \cdot R_{cmpr} = 0.85 \cdot 40$	Nessun altra verifica	Nessuna infrazione
R _{cm} =37>35.6 R _{ck} =31.4>30	$R_{cm str} = 32 < 34 = 0.85 \cdot R_{cm} = 0.85 \cdot 40$	Nuova verifica sicurezza con R _{ck} ridotta	Non conformità impresa
R _{cm} =33<35.6 R _{ck} =24.4<30	R _{cm str} =29<34= 0.85•R _{cmpr} =0.85•40 R _{cm str} >28= 0.85•R _{cm} =0.85•33	Nuova verifica sicurezza con R _{ck} ridotta	Non conformità fornitore cls
R _{cm} =33<35.6 R _{ck} =24.4<30	$R_{cm str} = 27 < 34 = 0.85 \cdot R_{cmpr} = 0.85 \cdot 40$ $R_{cm str} < 28 = 0.85 \cdot R_{cm}$ $= 0.85 \cdot 33$	Nuova verifica sicurezza con R _{ck} ridotta	Non conformità fornitore cls e impresa

Tabella 2: valutazione delle non conformità in assenza dei controlli di accettazione per cls con R_{chor} = 30 MPa (R_{cmor}>40 MPa)

Controllo tipo A provino (in MPa)	Controllo su carote con h/d=1 (in MPa)	Implicazioni strutturali	Implicazioni legali
Non eseguito	$R_{cm str} = 35 > 34 = 0.85 \cdot R_{cmpr} = 0.85 \cdot 40$	Nessun altra verifica	Inadempienza DL e impresa
Non eseguito	$R_{cm str} = 30 < 34 = 0.85 \cdot R_{cmpr} = 0.85 \cdot 40$	Nuova verifica sicurezza con R _{ck} ridotta	Inadempienza DL e impresa; impossibile attribuire resp. R _{cmstr} a fornitore di cls o impresa*

*Per tutelare il suo operato l'impresa deve formalizzare per iscritto l'inadempienza del DL ed eseguire i prelievi alla consegna del cls in contraddittorio con il fornitore di cls. D'altra parte, in assenza di DL, è opportuno che il fornitore di cls verifichi che i provini prelevati in contraddittorio con l'impresa vengano confezionati correttamente e conservati provviso-riamente in cantiere in ambiente adeguato in attesa di essere consegnati al laboratorio ufficiale.

al precedente DM del '96:

- Resistenza a trazione diretta:
- per classi di resistenza < C50/60: $\mathbf{f_{ctm}}$ (N/mm²)= 0.30 $^3\sqrt{f_{ck}}^2$ =0,26 $^3\sqrt{R_{ck}}^2$ anziché 0.27 $^3\sqrt{R_{ck}}^2$
- per classi di resistenza > C50/60: \mathbf{f}_{ctm} (N/mm²)= 2.12 ln [1+ \mathbf{f}_{cm} /10]
- Modulo elastico statico secante $\mathbf{E}_{\rm c}$ (N/mm²)= 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 20803 [R_{cm}/10]^{0.3} anziché 5700 $\sqrt{R}_{\rm ck}$
- Ritiro igrometrico e deformazione viscosa calcolati con le nuove formule riportate ai punti 11.2.10.6 e 11.2.10.7 molto simili a quelle presenti nell'Eurocodice. 2 UNI ENV 1992-1-1

7.4 Il controllo della qualità dell'acciaio per c.a. (paragrafo 11.3.2 NTC) e c.a.p. (paragrafo 11.3.3 NTC)

Secondo le nuove NTC il controllo della qualità dell' acciaio per c.a. e c.a p. si articola in tre fasi:

- Controllo di produzione di fabbrica e relativa procedura di qualifica, da parte del Servizio Tecnico Centrale (paragr. NTC 11.3.1 in generale, 11.3.2.1 per c.a, 11.3.3.5.2 per c.a.p.). In questa fase le prove di qualifica sono condotte sia internamente all'impianto di produzione sotto il controllo di una laboratorio ufficiale, sia presso il laboratorio ufficiale stesso e sono soggette ad una procedura di qualificazione con revisione semestrale da parte del Servizio Tecnico Centrale. La qualifica comporta l'emissione di un attestato di qualificazione in cui vengono dichiarati i valori caratteristici dei vari requisiti geometrici e prestazionali richiesti dalle NTC per le diverse tipologie di prodotto (paragr. NTC da 11.3.2.1 a 11.3.2.5 per c.a., 11.3.3.2 e 11.3.3.5.2 per c.a.p.). A tal proposito la principale variazione rispetto al precedente DM è costituita dalla nuova classificazione e definizione dei limiti di accettazione per gli acciai da c.a. (solo acciaio a.m. nei 2 tipi B450C e B450A). Ad ogni fornitura, identifi-

cata dal N° del documento di trasporto, il Ricevente (Direttore di stabilimento di un impianto di prefabbricazione o il Responsabile di un Centro di trasformazione o assemblaggio o il Direttore Lavori per forniture direttamente in cantiere) prima della messa in opera dovrà verificare suddetta documentazione di qualifica.

- Controllo di accettazione da effettuare, entro 30 gg dalla data di consegna del materiale, a cura del Direttore di Stabilimento nel caso di forniture ad un impianto di prefabbricazione (paragr. 1.3.3.5.4 NTC) o del Responsabile di un Centro di trasformazione o assemblaggio (paragr. NTC 11.3.2.6, e 11.3.2.10.3 per c.a. e 11.3.3.5.3 per c.a.p.) o del Direttore Lavori per forniture direttamente in cantiere (paragr. NTC 11.3.2.10.4 per c.a. e 11.2.3.5.4 per c.a.p.) presso un Laboratorio Ufficiale. Le modalità di richiesta prova ed emissione dei certificati da parte

29



del laboratorio ufficiale sono identiche a quelle già descritte per il calcestruzzo. Nel caso di certificazione effettuata dall'impianto di prefabbricazione o da un centro di trasformazione, questi saranno tenuti a fornire al Direttore dei Lavori dell'opera i certificati delle prove eseguite, copia della propria obbligatoria certificazione qualità, copia della autorizzazione alla propria produzione da parte del Servizio Tecnico Centrale nonché eventuale marcatura aggiuntiva che identifichi anche il centro di trasformazione.

Nel caso di armatura per c.a. (paragr. NTC 11.3.2.10.3), come nel vecchio DM, per ogni fornitura dovranno essere prelevati 3 spezzoni marcati di uno stesso diametro scelto all'interno di un gruppo di diametri di produzione omogenea. La novità è che i valori minimi ottenuti dalle prove di resistenza ed allungamento dovranno superare i valori limite riportati nelle NTC nella tabella del paragrafo 11.2.2.10.3 che si ammettono inferiori a quelli caratteristici richiesti dalle stesse NTC per le verifiche in produzione (analogamente a come la $R_{\rm c}$ in sito deve essere $> 0.85~R_{\rm ck}$). Nel caso di esito negativo si dovrà procedere con ulteriori prove su 10 provini i cui risultati medi dovranno in questo caso superare i valori caratteristici.

Nel caso di armatura per c.a.p. (paragr. NTC 11.3.3.5.3 e 11.3.3.5.4) dovranno essere prelevati 3 saggi (nel vecchio DM erano 10) da ogni fornitura di massimo 90t (30 t nel caso di lotto di spedizione diretta in cantiere). I corrispondenti valori medi di f_{pt} , f_{py} , $f_{p(1)}$ e $f_{p(0.1)}$ (e non più $f_{p(0.2)}$ del DM '96) non dovranno risultare inferiori a quelli caratteristici garantiti dal produttore. Nel caso di esito negativo si dovrà procedere con prove supplementari su almeno 10 saggi con limiti di accettazione più severi.

Prove complementari (paragr. NTC 11.3.2.6, 11.3.2.10.3, 1.3.3.5.4) possono essere richieste dal Direttore Lavori in aggiunta a quelle già eseguite dal centro di trasformazione o dall'impianto di prefabbricazione nel caso di fornitura indiretta.

8. COMPITI DEL COLLAUDATORE

Nel paragrafo 4.1.10 e nel Capitolo 9 sono descritte le responsabilità del Collaudatore. Egli è addetto al controllo dei **documenti** attestanti il possesso delle necessarie **autorizzazioni**, la denuncia di inizio lavori, eventuali variazioni in corso d'opera nonché alla verifica della relazione del DL a fine lavori.

Il Collaudatore **deve esaminare il progetto** dell'opera ed in particolare i livelli di sicurezza e di durabilità adottati in relazione alla vita utile di progetto dichiarata, i modelli geologico, dei materiali, delle azioni e di calcolo adottati, nonché le verifiche numeriche condotte nei calcoli strutturali dal progettista ed i piani di manutenzione previsti. Nelle varie fasi costruttive dell'opera e degli elementi strutturali principali, sia costruiti in opera che prefabbricati, il Collaudatore deve ispezionare l'opera alla presenza del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore confrontando il progetto con la costruzione realizzata. Egli deve controllare le certificazioni dei controlli di accettazione su materiali e prodotti, i risultati delle indagini geotecniche, eventuali prove aggiuntive richieste dal DL, il registro delle non conformità curandosi che ognuna di queste ultime sia stata risolta. In caso contrario, o comunque in caso di dubbio sulla sicurezza o sulla durabilità dell'opera, il collaudatore potrà richiedere di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, **indagini supplementari** (es. prove di carico, prove in sito, monitoraggio della struttura) che lo convincano sulla sicurezza, durabilità e collaudabilità della struttura.

Il Collaudatore **può** predisporre un programma di **prove di carico** da sottoporre all'accettazione del Progettista, del Direttore Lavori e del Costruttore. Le prove di carico, della cui attuazione è responsabile il Direttore Lavori, dovranno essere condotte con azioni pari ai valori massimi di progetto solo quando i materiali abbiano raggiunto le resistenze attese e la struttura la configurazione finale. Il Collaudatore **deve** successivamente **esaminare i risultati** di suddette prove di collaudo. Il **giudizio** sull'esito delle prove è **completa responsabilità del Collaudatore**.

9. CONCLUSIONI

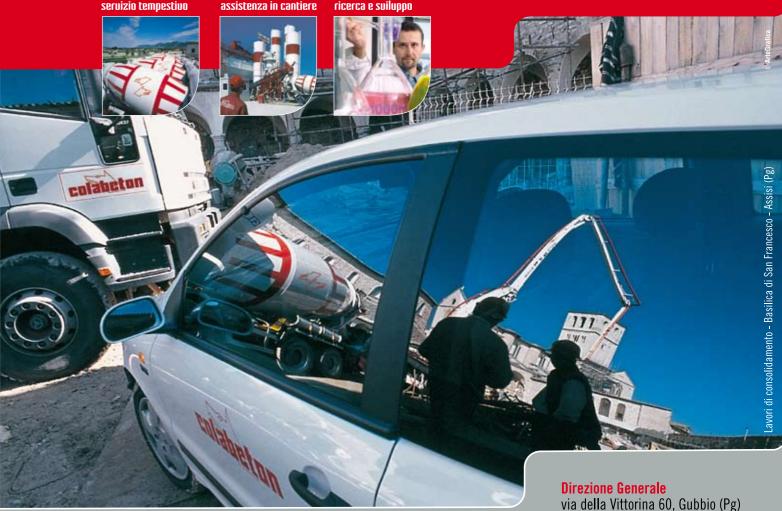
Nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con D.M. del 14.01.2008 ci sono molte e significative novità circa le responsabilità attribuite ai vari attori nel campo delle costruzioni in calcestruzzo.

Le più importanti e le più innovative riguardano gli obblighi del Progettista che, oltre al calcolo struttura-le degli elementi, deve dare indicazioni sulla posa in opera, sulla stagionatura e sulle caratteristiche del calcestruzzo; in particolare, deve indicare il valore della $R_{\rm ck}$ che tenga conto anche della durabilità della struttura in relazione all'ambiente dove sorge l'opera e la vita di servizio precisata nel progetto.

Accanto a questi **obblighi** le Norme Tecniche per le Costruzioni lasciano al Progettista la responsabilità di scegliere se far riferimento anche ad altra letteratura tecnica consolidata o ad altre normative internazionali.

Insomma le nuove NTC dichiarano **chi deve fare** che cosa, ma lasciano aperta la scelta sul **come fare**, ovvero sostituiscono una **impostazione** essenzialmente **prestazionale** a quella prevalentemente **prescrittiva** delle precedenti normative.





Colabeton progetta, realizza e distribuisce calcestruzzi durabili a prestazione garantita e una vasta gamma di prodotti speciali.

Oltre 150 impianti di betonaggio completamente informatizzati distribuiti su tutto il territorio nazionale. Una capillare rete commerciale integrata dai laboratori di area per la ricerca e lo sviluppo dei prodotti con un servizio tecnologico centrale che è punta avanzata e base dell'innovazione tecnologica. Tra i leader del calcestruzzo in Italia c'è Colabeton.

t.+39 075 92401 f.+39 075 9273965

Numero Verde 702102

www.colabeton.it info@colabeton.it

Tecnos® **azur**

Teach your concrete how to flow Leading edge performance control

Tecnos® **azursc** 20 Tecnos® **azurs** 2

Superfluidificanti policarbossilati per la riduzione del ritiro

Tecnos® **azur** cb

Superfluidificanti policarbossilati per calcestruzzi autocompattanti a bassissimo rapporto acqua/cemento e con eccezionale mantenimento della lavorabilità

Tecnos® **azur** PF

Superfluidificanti policarbossilati per calcestruzzi a rapidissimo indurimento anche senza vapore

Tecnos® **azur** PAV

Superfluidificanti policarbossilati per la rapida finitura dei pavimenti in cls

TECNOCHEM TECNOECO









