

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI

Cemento, malte, calcestruzzi e cemento armato

La Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha dato la sua approvazione l'1 luglio 2016.

La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 14 luglio 2016.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.



INDICE

0		INTRODUZIONE	1
1		SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	1
2		RIFERIMENTI NORMATIVI	1
3		TERMINI E DEFINIZIONI	3
4		CLASSIFICAZIONE	3
4.1		Classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente	3
	prospetto 1	Classi di esposizione	4
4.2		Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito	5
	prospetto 2	Classi di resistenza a compressione	5
5		REQUISITI DI BASE PER I MATERIALI COMPONENTI	6
5.1		Cemento	6
5.2		Aggiunte	6
	prospetto 3	Regole d'uso delle aggiunte per l'applicazione del concetto del valore k	7
5.3		Aggregati	7
	prospetto 4	Massima percentuale di sostituzione dell'aggregato grosso con aggregato grosso riciclato in funzione della tipologia di aggregato, della classe di resistenza e della classe di esposizione	8
5.4		Additivi	8
6		REQUISITI DEL CALCESTRUZZO	8
6.1		Requisiti relativi alle classi di esposizione	8
	prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo	10
6.2		Requisiti per il calcestruzzo fresco	11
7		SPECIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO	11
7.1		Generalità	11
7.2		Specifica del calcestruzzo a prestazione garantita	12
7.3		Specifica del calcestruzzo a composizione richiesta	12
8		CONTROLLO DELLA CONFORMITÀ PER LA RESISTENZA A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA	13
	prospetto 6	Frequenza minima di campionamento per valutare la conformità	13
9		CONTROLLO DI PRODUZIONE	13
	prospetto 7	Controllo delle attrezzature	14
	prospetto 8	Procedimenti di controllo di produzione e delle proprietà del calcestruzzo	15
APPENDICE	A	VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ATTACCO DEL GELO IN RAPPORTO ALLE CONDIZIONI CLIMATICHE DEL TERRITORIO ITALIANO	17
(informativa)			
A.1		Premessa	17
A.2		Parametri climatici	17
A.3		Classificazione del rischio potenziale di attacco da gelo/disgelo	18
	figura A.1	Schema dei livelli di rischio	19
A.4		Mappatura climatica del territorio italiano	19
	prospetto A.1	Individuazione delle aree climatiche	19
	figura A.2	Le nove aree climatiche in cui è stato suddiviso il territorio italiano	20
	prospetto A.2	Distribuzione dei valori di temperatura minima assoluta (°C) espressi in termini di valori estremi (ϵ_3 , ϵ_1), di valori del I e III quartile (Q_I e Q_{III}) e di mediana nelle aree climatiche considerate. Valori medi del quinquennio 2005-2009	21



prospetto	A.3	Valori medi delle mediane delle escursioni termiche giornaliere (°C) nelle aree climatiche considerate. Valori medi del quinquennio 2005-2009.....	21
figura	A.3	Mappatura dei giorni con temperature < 0°C.....	22
A.5		Mappatura del rischio potenziale di attacco del gelo.....	22
prospetto	A.4	Classificazione del livello di rischio per aree climatiche.....	23
APPENDICE (normativa)	B	REQUISITI AGGIUNTIVI PER LA PRESCRIZIONE E LA CONFORMITÀ DI CALCESTRUZZO PER LAVORI GEOTECNICI PARTICOLARI <i>[Riferimento UNI EN 206:2014, Annex D]</i>	24
B.1		Cemento.....	24
B.2		Rapporto acqua/cemento.....	24
B.3		Calcestruzzo fresco.....	24
prospetto	B.1	Valori prestabiliti per spandimento alla tavola a scosse e abbassamento al cono.....	24
prospetto	B.2	Valori prestabiliti di spandimento.....	24
APPENDICE (informativa)	C	ESEMPI DI SPECIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA	25
C.1		Calcestruzzo destinato alla realizzazione di plinti di piccole dimensioni.....	25
C.2		Calcestruzzo destinato alla realizzazione di pontile in zona marina a clima temperato.....	25
C.3		Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture e infrastrutture di ponte situate in zona a clima rigido e sottoposte a trattamenti con sali disgelanti a base di cloruro.....	25
APPENDICE (informativa)	D	RIFERIMENTI LEGISLATIVI	26
		BIBLIOGRAFIA	27



INTRODUZIONE

La EN 206 è stata elaborata dal Comitato Tecnico CEN/TC 104 "Calcestruzzo e prodotti collegati" tenendo conto delle esigenze, delle condizioni ambientali e la pratica d'uso dei diversi Paesi europei.

La norma non contiene tutte le disposizioni necessarie per la specificazione e produzione del calcestruzzo. Di conseguenza necessita di un documento di applicazione nazionale costituito dalla presente norma che tiene conto della pratica d'uso consolidata del calcestruzzo in Italia. Nella presente norma sono riportate le disposizioni complementari alla UNI EN 206 come previsto nei punti e nei paragrafi indicati nell'appendice informativa M della UNI EN 206:2014.

In Italia esiste una normativa cogente che disciplina la progettazione, la realizzazione, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in calcestruzzo e che include anche specifiche per il calcestruzzo e prescrizioni per il controllo di qualità. Fra i documenti tecnici ad essa correlati esistono le Linee Guida sul calcestruzzo.

Un quadro di riferimento per la legislazione e linee guida è riportato in appendice D.

Il controllo di produzione del calcestruzzo è trattato dalla UNI EN 206. Il controllo di accettazione, finalizzato a verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare, è regolamentato dalla normativa nazionale cogente.

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma riguarda le disposizioni complementari per l'applicazione in Italia della UNI EN 206. La presente norma si applica al calcestruzzo per strutture gettate in situ, strutture prefabbricate e componenti strutturali prefabbricati per edifici e strutture di ingegneria civile. Il calcestruzzo può essere confezionato in cantiere, preconfezionato o prodotto in un impianto per componenti di calcestruzzo prefabbricato.

Per quanto riguarda i tipi di calcestruzzo coperti dalla presente norma, si fa riferimento allo scopo e campo di applicazione della UNI EN 206.

La normativa italiana definisce dei requisiti per alcune tipologie di calcestruzzi specifici quali i calcestruzzi fibrorinforzati con fibre di acciaio secondo la UNI 11039-1 e i calcestruzzi leggeri con argilla e scisti espansi secondo la UNI 7548-1.

RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 7087	Calcestruzzo - Determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo
UNI 7548-1	Calcestruzzo leggero con argilla o scisti espansi - Definizione e classificazione
UNI 8146	Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Idoneità e relativi metodi di controllo
UNI 8520-2	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Requisiti
UNI 9606	Cementi resistenti al dilavamento della calce - Classificazione e composizione
UNI 9156	Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione
UNI 11013	Aggregati leggeri - Argilla e scisto espanso - Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale



UNI 11039-1	Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione
UNI 11417-1	Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 1: Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive
UNI 11201	Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua
UNI EN 197-1	Cemento – Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni
UNI EN 206:2014	Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI EN 450-1	Ceneri volanti per calcestruzzo Parte 1: Definizione, specifiche e criteri di conformità
UNI EN 934-1:2008	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Requisiti comuni
UNI EN 934-2	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura
UNI EN 1992-1-1	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 12350-2	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono
UNI EN 12350-4	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 4: Indice di compattabilità
UNI EN 12350-5	Prova sul calcestruzzo fresco – Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse
UNI EN 12350-7	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione
UNI EN 12350-8	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 8: Calcestruzzo autocompattante - Prova di spandimento e del tempo di spandimento
UNI EN 12350-9	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 9: Calcestruzzo autocompattante - Prova del tempo di efflusso
UNI EN 12350-10	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 10: Calcestruzzo autocompattante - Prova di scorrimento confinato mediante scatola ad L
UNI EN 12350-11	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 11: Calcestruzzo autocompattante - Prova di segregazione mediante setaccio
UNI EN 12350-12	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 12: Calcestruzzo autocompattante - Prova di scorrimento confinato mediante anello a J
UNI EN 12390-1	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 1: Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme
UNI EN 12390-3	Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini
UNI EN 12390-7	Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito
UNI EN 12390-8	Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione
UNI EN 12390-13	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione
UNI EN 12390-11	Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 11: Determinazione della resistenza ai cloruri del calcestruzzo, diffusione unidirezionale
UNI EN 12620	Aggregati per calcestruzzo
UNI EN 13055-1	Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione



UNI EN 13263-1	Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità
UNI EN 14216	Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi speciali a calore di idratazione molto basso
UNI EN 14647	Cemento alluminoso - Composizione, specificazioni e criteri di conformità
UNI EN 15167-1	Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità
UNI EN 15743	Cemento sovrasolfatato - Composizione, specifiche e criteri di conformità
UNI CEN/TR 16563	Principi della procedura di durabilità equivalente
UNI CEN/TS 12390-9	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 9: Resistenza al gelo-disgelo – Scagliatura
UNI CEN/TS 12390-10	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 10: Determinazione della resistenza relativa alla carbonazione del calcestruzzo
UNI CEN/TR 15177	Prova di resistenza al gelo-disgelo del calcestruzzo - Deterioramento interno strutturale
CEN/TR 16639	Use of k-value concept, equivalent concrete performance concept and equivalent performance of combinations concept
ASTM 173	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method

3**TERMINI E DEFINIZIONI**

Ai fini della presente norma si applicano i termini e le definizioni della UNI EN 206.

4**CLASSIFICAZIONE****4.1****Classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente**

[Riferimento UNI EN 206:2014 punto 4.1]

Nella prescrizione del calcestruzzo è di fondamentale importanza per garantire la vita di servizio prevista delle strutture, individuare l'ambiente e la sua aggressività, a cui si trova esposto.

Per l'individuazione dell'ambiente di esposizione la norma include un sistema standardizzato di classi che ha come riferimento le condizioni climatiche del continente europeo. Le classi di esposizione cui fare riferimento in Italia sono riportate nel prospetto 1.

La prima colonna identifica la classe con una sigla in lettere. Con l'eccezione della classe X0, ogni classe è articolata in sottoclassi, 3 o 4 a seconda dei casi, contraddistinte da una numerazione crescente con l'incremento dell'aggressività ambientale.

La seconda colonna descrive l'ambiente con riferimento agli agenti aggressivi (corrosione delle armature, degrado per effetto del gelo o attacco chimico) e alle condizioni termo-igrometriche. Nella terza colonna sono riportati esempi di comuni situazioni del calcestruzzo che tipicamente rappresentano le condizioni di esposizione della specifica classe.

E' importante rilevare che, qualora sia presente più di una aggressione, è necessario indicare tutte le classi in cui ricade la struttura (o una sua parte); le prescrizioni da assegnare al calcestruzzo per la resistenza alle azioni aggressive saranno quelle corrispondenti alla classe più gravosa.

Per quanto riguarda l'azione di specifici agenti aggressivi (acque dilavanti, solfati, cloruri, acqua di mare, gelo/disgelo) utili indicazioni, basate sull'esperienza nazionale, sono fornite dalla UNI 11417-1.

prospetto 1 **Classi di esposizione**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono corrispondere le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: ambiente molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
Nel caso in cui il calcestruzzo che contiene armatura o altri inserti metallici sia esposto all'aria ed all'umidità, l'esposizione deve essere classificata come segue:		
XC1	Permanentemente secco, acquoso o saturo d'acqua	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria bassa. Calcestruzzo permanentemente immerso in acqua o esposto a condensa.
XC2	Prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco	Calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Calcestruzzo di strutture di contenimento acqua. Calcestruzzo di molte fondazioni.
XC3	Moderata o alta umidità dell'aria	Calcestruzzo in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità dell'aria da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua	Calcestruzzo in esterni con superfici soggette a alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Calcestruzzo ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ad acqua contenente cloruri da origini diverse da quelle dell'acqua di mare, inclusi i sali disgelanti, l'esposizione deve essere classificata come segue:		
XD1	Moderata umidità dell'aria	Calcestruzzo esposto all'azione aggressiva dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali.
XD2	Prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco	Calcestruzzo per impianti di trattamento acque o esposto ad acque contenenti cloruri, per esempio acque industriali o di piscine.
XD3	Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua	Calcestruzzo esposto a spruzzi di soluzioni di cloruri, per esempio derivanti da sali disgelanti. Per esempio su impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali. Calcestruzzo di opere accessorie stradali (muri di sostegno), parti di ponti, pavimentazioni stradali o industriali o di parcheggi.
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ai cloruri dell'acqua di mare o a salsedine trasportata dall'acqua, l'esposizione deve essere classificata come segue:		
XS1	Aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo per strutture in zone costiere.
XS2	Acqua di mare	Calcestruzzo di parti di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Aree soggette a marea, moto ondosio, spruzzi di acqua di mare	Calcestruzzo di opere portuali, per esempio banchine, moli, pontili. Calcestruzzo di opere di difesa marittima, per esempio barriere frangiflutti, dighe foranee.

prospetto 1 **Classi di esposizione (Continua)**

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono corrispondere le classi di esposizione
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti		
Nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto ad un significativo attacco da cicli di gelo/disgelo, purché bagnato, l'esposizione deve essere classificata come segue:		
XF1	Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo, in assenza di agente disgelante	Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo.
XF2	Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo in presenza di agente disgelante	Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria.
XF3	Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo in assenza di agente disgelante	Calcestruzzo di elementi orizzontali in edifici dove possono aver luogo accumuli d'acqua.
XF4	Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Calcestruzzo di elementi orizzontali, di strade o pavimentazioni, esposti al gelo ed ai sali disgelanti oppure esposti al gelo in zone costiere.
6 Attacco chimico^{*)}		
Nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto ad attacco chimico derivante da acque sotterranee o dal terreno, l'esposizione deve essere classificata come segue:		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo	Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo	Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo	Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014
^{*)} Acque reflue con caratteristiche chimiche nei limiti indicati nel prospetto 2 della UNI EN 206:2014 e prive di altri aggressivi chimici sono classificabili con le classi di esposizione per l'attacco chimico da parte delle acque del terreno. L'acqua di mare per quanto riguarda l'attacco chimico è da considerare un ambiente moderatamente aggressivo.		

4.2**Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito***[Riferimento UNI EN 206:2014, punto 4.3.1]***4.2.1****Classi di resistenza**

Oltre alle classi di resistenza a compressione riportate nel prospetto 12 della UNI EN 206:2014, per il calcestruzzo normale e pesante si può prendere in considerazione la seguente classe già in uso riportata nel prospetto 2.

prospetto 2 **Classi di resistenza a compressione**

Classe di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck,cyl}$ N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica minima $f_{ck,cub}$ N/mm ²
C32/40	32	40

4.2.2**Prove**

Ai fini del controllo di conformità, fatta eccezione per i controlli di accettazione, con riferimento al punto 5.5.1.1 della UNI EN 206:2014, è ammesso l'utilizzo di provini cubici aventi lato di 100 mm tenendo in considerazione le prescrizioni della UNI EN 12390-1 per quanto riguarda il diametro massimo dell'aggregato, D_{max} . Il produttore deve fornire una idonea documentazione circa la correlazione tra le resistenze valutate su provini cubici aventi lato di 100 mm e di 150 mm.

5 REQUISITI DI BASE PER I MATERIALI COMPONENTI

5.1 Cemento

[Riferimento UNI EN 206:2014 punto 5.1.2]

L'idoneità generale per l'impiego nel calcestruzzo è stabilita per i cementi comuni conformi alla UNI EN 197-1. L'idoneità per l'impiego nel calcestruzzo per strutture massive (per esempio sbarramenti di ritenuta) è stabilita per i cementi speciali a calore di idratazione molto basso conformi alla UNI EN 14216.

L'idoneità all'impiego nel calcestruzzo esposto ad aggressione da parte dei solfati presenti nel terreno naturale o nelle acque del terreno è stabilita per i cementi conformi alla UNI EN 197-1 e alla UNI 9156.

I cementi conformi alla UNI EN 197-1 possono essere qualificati secondo UNI 9606 come cementi resistenti al dilavamento della calce.

Non sono riconosciuti idonei per l'impiego nel calcestruzzo i cementi alluminosi conformi alla UNI EN 14647 e i cementi sovrasolfatati conformi alla UNI EN 15743.

Nota La UNI 11417-1 fornisce raccomandazioni per la scelta dei cementi da impiegare nei calcestruzzi esposti all'attacco di determinati agenti aggressivi (acque dilavanti, solfati, cloruri, acqua di mare, gelo/disgelo).

5.2 Aggiunte

[Riferimento UNI EN 206:2014 punto 5.1.6]

L'idoneità come aggiunte di tipo II è stabilita per le ceneri volanti silicee conformi alla UNI EN 450-1, per i fumì di silice conformi alla UNI EN 13263-1 e per la loppa d'altoforno granulata macinata conforme alla UNI EN 15167-1.

5.2.1 Ceneri volanti silicee

Il contenuto di incombusto delle ceneri volanti può influire in modo non prevedibile sul contenuto di aria inglobata per effetto degli additivi aeranti nei calcestruzzi soggetti all'azione del gelo-disgelo.

Nel caso si impieghino ceneri volanti in calcestruzzi ad alte prestazioni (C50/60-C60/75) e in calcestruzzi ad alta resistenza (C70/85-C100/115) sono raccomandate ceneri di categoria A di perdita al fuoco.

5.2.2 Uso delle aggiunte

È stabilita l'idoneità del concetto del valore k per le ceneri conformi alla UNI EN 450-1, per il fumo di silice conforme alla UNI EN 13263-1 e per la loppa d'altoforno granulata macinata conforme alla UNI EN 15167-1, come definito nel punto 5.2.5.2.1 della UNI EN 206:2014.

Il prospetto 3 riporta i valori di k che devono essere applicati per calcolare il rapporto acqua/(cemento + k aggiunta) e il contenuto minimo di (cemento + k aggiunta), in funzione del tipo e classe di resistenza del cemento e classe di esposizione. I tipi di cemento riportati sono quelli previsti dalla UNI EN 206 ovvero quelli per i quali sono disponibili in ambito italiano dati sperimentali.

prospetto 3 **Regole d'uso delle aggiunte per l'applicazione del concetto del valore k**

Aggiunta tipo II		<i>k</i>	Denominazione del tipo di cemento (UNI EN 197-1)	Rapporto in massa aggiunta/cemento ^{a)}	Rapporto acqua/cemento	Requisiti aggiuntivi
Ceneri volanti UNI EN 450-1	0,4	CEM I	≤ 0,33	-	-	
		CEM II/A	≤ 0,25			
	0,2 ^{b)}	CEM III/A CEM IV/A (P) CEM V/A (S-P)	≤ 0,25	-	Classe di resistenza del cemento: 32,5 N 32,5 R 42,5 N 42,5 R	
Fumi di silice UNI EN 13263-1 ^{e)}	Classe 1 ^{c)}	2,0	CEM I CEM II/A ^{d)}	≤ 0,11	≤ 0,45	-
		2,0			>0,45	Tutte le classi di esposizione tranne XC e XF
		1,0				Classi di esposizione XC e XF
Loppa d'altoforno granulata macinata UNI EN 15167-1		0,6	CEM I CEM II/A	≤ 1,0	-	-

a) E' consentito utilizzare un rapporto aggiunta/cemento maggiore, ma in tali casi non si può tener conto del quantitativo di aggiunta eccedente il limite specificato ai fini del calcolo del rapporto massimo acqua/(cemento+*k* aggiunta) e del contenuto minimo di (cemento + *k* aggiunta).

b) Il valore riportato deriva da sperimentazioni nazionali su ceneri volanti di categoria A.

c) Il quantitativo di cemento non deve essere ridotto più di 30 kg/m³ al di sotto del contenuto minimo di cemento richiesto per la classe di esposizione pertinente (prospetto 5).

d) Eccetto cemento Portland composito ai fumi di silice.

e) Per i fumi di silice di classe 2 non sono stabilite dalla presente norma regole per l'uso del concetto del valore *k*.

5.2.3**Concetti prestazionali per l'uso delle aggiunte**

Non sono stabilite dalla presente norma regole d'uso per l'applicazione dei principi di calcestruzzo a prestazione equivalente (ECPC) e di prestazione equivalente di combinazioni di cemento (EPCC) di cui nella CEN/TR 16639, fino a disponibilità di specifiche tecniche applicabili a livello nazionale.

5.3**Aggregati**

[Riferimento UNI EN 206:2014 punto 5.1.3]

L'idoneità è stabilita per:

- aggregati naturali normali, aggregati pesanti e loppa d'altoforno raffreddata in aria conformi alla UNI 8520-2 ed alla UNI EN 12620;
- aggregati leggeri conformi alla UNI EN 13055-1. La UNI 11013 definisce una procedura di prova per la valutazione delle proprietà degli aggregati leggeri in calcestruzzo.
- aggregati di recupero definiti nei punti 3.1.2.14 e 3.1.2.15 e utilizzati in conformità al punto 5.2.3.3 della UNI EN 206:2014;
- aggregati industriali e riciclati conformi alla UNI 8520-2 ed alla UNI EN 12620.

Le massime percentuali in massa di sostituzione dell'aggregato grosso con aggregato grosso riciclato in relazione alla sua tipologia, alla classe di esposizione e alla classe di resistenza nel calcestruzzo a prestazione garantita sono definiti nel prospetto 4.



prospetto 4 **Massima percentuale di sostituzione dell'aggregato grosso con aggregato grosso riciclato in funzione della tipologia di aggregato, della classe di resistenza e della classe di esposizione**

Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione													
			Classe di esposizione													
			X0	XC1 XC2 XC3	XC4	XS1	XS2 XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 XF3 XF4	XA1	XA2	XA3	
Tipo A	Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ , Ra ₁ , FL ₂ , Rg ₁ .	≥C12/15 ≤C20/25	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-	-	
		≤ C30/37	30%	30%	-	-	-	20%	-	-	-	20%	20%	-	-	
		≤ C45/55	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione													
			Classe di esposizione non applicabile													
Tipo A	Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ , Ra ₁ , FL ₂ , Rg ₁ .	C8/10	≤ 100%													
Tipo B	Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀ , Ra ₅ , FL ₂ , XRg ₂ .															

Rc: calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo e malta;
Ru: aggregati non legati, aggregati naturali, aggregati legati con leganti idraulici;
Rb: frammenti di mattoni o tegole in argilla, frammenti di mattoni silicei, frammenti di calcestruzzo aerato non galleggiante;
Ra: materiali bituminosi;
Rg: vetro;
FL: materiale lapideo galleggiante (in volume);
X: altri materiali: coesivi (argilla e terra); metalli ferrosi e non ferrosi; gesso, plastica e gomma, legno non galleggiante.

Negli stabilimenti di prefabbricazione, qualificati ai sensi della Legislazione vigente¹⁾, è consentito il riutilizzo interno di calcestruzzo come aggregato grosso, sino ad un valore massimo del 10% dell'aggregato grosso per il confezionamento di calcestruzzo della stessa classe di quello di origine, e del 15% dell'aggregato grosso per il confezionamento di calcestruzzo di classe minore di quello di origine.

5.4 Additivi

[Riferimento UNI EN 206:2014 punto 5.1.5]

L'idoneità generale è stabilita per additivi conformi alla UNI EN 934-2.

Gli additivi non inclusi nella UNI EN 934-2 devono essere conformi ai requisiti generali della UNI EN 934-1 e ai requisiti specificati dalle pertinenti norme nazionali applicabili.

Nota La UNI EN 934-1:2008 fornisce i requisiti generali appropriati nel prospetto 1, punti 5 e 6.

Gli agenti espansivi non metallici per impasti cementizi, devono soddisfare i requisiti della UNI 8146 "Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Idoneità e relativi metodi di controllo".

6 REQUISITI DEL CALCESTRUZZO

6.1 Requisiti relativi alle classi di esposizione

[Riferimento UNI EN 206:2014, punto 5.3.2]

Il prospetto 5 fornisce i valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo in relazione alle classi di esposizione definite nel punto 4.1.

I valori per il rapporto massimo acqua/cemento, il contenuto minimo in cemento e la classe minima di resistenza si applicano a tutte le classi di esposizione e devono essere soddisfatti contemporaneamente ed indipendentemente gli uni dagli altri.

1) Alla data di pubblicazione della presente norma è in vigore il Decreto Ministero delle Infrastrutture "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (14 gennaio 2008).

I valori sono basati sul presupposto di una vita utile di progetto prevista per la struttura di 50 anni e sono riferiti alle seguenti condizioni:

- cementi di classe 32,5 e 42,5 conformi al punto 5.1;
- aggregato avente dimensione massima del granulo compresa fra 20 mm e 32 mm;
- uso di additivi riduttori d'acqua nei normali dosaggi.

Per il cemento di classe 52,5 devono essere rispettati i limiti del prospetto 5 relativi al rapporto acqua/cemento e al dosaggio minimo di cemento, mentre i valori di resistenza minima devono essere opportunamente elevati.

Nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive o di calcestruzzi speciali i requisiti prestazionali e di composizione devono essere verificati e reconsiderati nei riguardi delle classi di esposizione.

Per esempio, nei casi in cui sia fondamentale per la durabilità della struttura limitare il rischio da fessurazione per gradiente termico in getti massivi o per ritiro, potrebbe rendersi necessario derogare ai limiti sul dosaggio minimo di cemento o nel primo caso riferirsi ad una resistenza caratteristica minima specificata a tempi più lunghi rispetto ai 28 d. In tali casi, la resistenza del conglomerato all'azione degli agenti aggressivi indicati nel prospetto 5, oltre che in termini di resistenza meccanica comunque garantita, potrebbe essere verificata tramite un confronto diretto delle prestazioni raggiunte nelle prove descritte nella UNI EN 12390-8, UNI CEN/TS 12390-9 o UNI CEN TR 15177 o UNI 7087, UNI CEN/TS 12390-10, UNI EN 12390-11, rispetto a quelle di un calcestruzzo di riferimento conforme ai limiti di composizione e proprietà indicati nel prospetto 5. Per tale valutazione si può anche fare riferimento ai principi della procedura della durabilità equivalente descritti nella UNI CEN/TR 16563.

La durabilità delle strutture è vincolata anche al rispetto dei valori di copriferro previsti nella UNI EN 1992-1-1 per le corrispettive classi di esposizione.

Il limite superiore del contenuto d'aria previsto per le classi di esposizione al gelo deve essere il 4% in più rispetto al valore minimo. Per quanto riguarda l'influenza del contenuto di incombusto delle ceneri volanti sul contenuto d'aria inglobata, vedere punto 5.2.1.

In appendice A è riportata una guida per la valutazione del rischio di attacco del gelo in rapporto alle condizioni climatiche italiane.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37	C30/37,	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m^3) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}					
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{c)}		

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{upper} > 20\text{mm}$; per D_{upper} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{upper} tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

6.2

Requisiti per il calcestruzzo fresco

(Riferimento UNI EN 206:2014, punto 5.4.2)

Quando è richiesta la determinazione del contenuto d'acqua efficace e del rapporto acqua/cemento mediante analisi si applica la UNI 11201.

L'appendice B specifica dei requisiti aggiuntivi, validi in Italia, per calcestruzzo per opere geotecniche particolari.

7

SPECIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO

(Riferimento UNI EN 206:2014 punto 6.2 e punto 6.3)

7.1

Generalità

La specificazione del calcestruzzo richiede una attenta valutazione dei requisiti del calcestruzzo, allo stato fresco e indurito, al fine di garantire il raggiungimento della vita nominale prevista per la struttura. Per vita nominale si intende il tempo durante il quale le strutture e/o i materiali conservano le loro prestazioni iniziali mantenendo il livello di sicurezza e di efficienza funzionale di progetto, per qualsiasi azione e condizione ambientale prevista.

In particolare il prescrittore deve tener conto:

- dell'applicazione del calcestruzzo fresco e indurito;
- delle condizioni di maturazione;
- delle dimensioni della struttura (sviluppo di calore);
- delle azioni ambientali a cui il calcestruzzo è esposto;
- della vita nominale di progetto;
- dei requisiti per l'aggregato esposto o per le finiture lavorate del calcestruzzo;
- tutti i requisiti che hanno effetto sulle caratteristiche dimensionali degli aggregati;
- delle restrizioni all'uso di materiali componenti di idoneità stabilita, per esempio in conseguenza delle classi di esposizione.

Il calcestruzzo è specificato come calcestruzzo a prestazione garantita con riferimento alle classi di proprietà indicate nel punto 4 della UNI EN 206:2014, ai requisiti relativi alle classi di esposizione e alle metodologie di prova allo stato fresco ed indurito indicati nei punti 5.3, 5.4 e 5.5 della UNI EN 206:2014.

In alternativa è specificato come calcestruzzo a composizione richiesta mediante prescrizione della composizione con riferimento al punto 6.3 della UNI EN 206:2014.

Le basi della prescrizione del calcestruzzo in entrambi i casi devono fare riferimento o a prove iniziali secondo l'appendice A della UNI EN 206:2014 o a informazioni derivate da esperienze di lungo termine nella specifica classe di esposizione con calcestruzzi aventi costituenti e composizioni confrontabili.

Le prove iniziali devono essere di responsabilità del produttore per il calcestruzzo a prestazione garantita, del prescrittore per il calcestruzzo a composizione richiesta.

Per il calcestruzzo a composizione richiesta il prescrittore deve assicurare, mediante adeguata documentazione di supporto, che la specifica del calcestruzzo sia conforme ai principi generali della UNI EN 206 e che la composizione specificata consenta di raggiungere le prestazioni desiderate allo stato fresco ed indurito.

Il produttore di calcestruzzo è tenuto a garantire quanto contenuto nelle prescrizioni pertanto, nel caso di calcestruzzo a composizione richiesta, il produttore non può fornire alcuna garanzia in merito alle prestazioni.

7.2

Specifica del calcestruzzo a prestazione garantita

[Riferimento UNI EN 206:2014 punto 6.2]

La specificazione del calcestruzzo a prestazione garantita, all'atto del progetto, deve essere caratterizzata almeno mediante:

- il requisito di conformità ai principi generali della UNI EN 206 e della presente norma;
- la classe di esposizione ambientale (punto 4.1 della presente norma);
- la classe di resistenza a compressione (punto 4.2.1 della UNI EN 206:2014 e punto 4.2 della presente norma);
- la classe di consistenza (punto 4.2.1 e 4.2.2 della UNI EN 206:2014);
- il diametro massimo dell'aggregato espresso come $D_{upper}^{2)}$ e D_{lower} (punto 3.2 della UNI EN 206:2014);
- la classe di massa volumica o il valore di riferimento per la massa volumica per il calcestruzzo leggero;
- il valore di riferimento per la massa volumica per il calcestruzzo pesante;
- la classe di contenuto in cloruri nel caso di armature pre o post-tese incorporate.

Il prescrittore può, inoltre, fissare prescrizioni aggiuntive derivanti da condizioni particolari. Una lista di possibili prescrizioni aggiuntive è riportata al punto 6.2.3 della UNI EN 206:2014. Caratteristiche tecniche necessarie per la progettazione come il ritiro, il modulo di elasticità (vedere UNI EN 12390-13) e lo scorrimento viscoso possono essere richieste in casi particolari (per esempio quando siano utilizzati costituenti non convenzionali quali aggregati industriali o di riciclo).

La scelta della classe di consistenza dipende dalle modalità di getto, dalla tipologia di struttura da realizzare, ecc.

Il diametro massimo dell'aggregato è funzione delle caratteristiche geometriche dell'elemento strutturale, della tipologia di armatura, delle modalità di getto.

Per alcuni esempi di prescrizione del calcestruzzo a prestazione garantita si rimanda all'appendice C.

7.3

Specifica del calcestruzzo a composizione richiesta

[Riferimento UNI EN 206:2014, punto 6.3]

La specificazione del calcestruzzo a composizione richiesta, all'atto del progetto, deve essere caratterizzata almeno mediante:

- il requisito di conformità ai principi generali della UNI EN 206 e della presente norma;
- tipo e classe e dosaggio di cemento;
- rapporto a/c prestabilito o classe di consistenza;
- dimensione massima dell'aggregato, D_{upper} , D_{lower} e ogni limitazione per la categoria granulometrica;
- tipo e quantità di additivi, aggiunte e fibre se presenti.

Per quanto riguarda la scelta della classe di consistenza, della dimensione massima dell'aggregato, D_{upper} , D_{lower} , valgono le indicazioni contenute nel punto 7.2.

Il prescrittore può, inoltre, fissare prescrizioni aggiuntive derivanti da condizioni particolari. Una lista di possibili prescrizioni aggiuntive è riportata al punto 6.3.3 della UNI EN 206:2014.

2) Il "diametro massimo" utilizzato in Italia per la specifica del calcestruzzo corrisponde al D_{upper} (punto 3.2 della UNI EN 206:2014) e non al D_{max} (punto 3.2 della UNI EN 206:2014) che è, invece, un valore effettivo fornito dal produttore e che dovrà essere $\leq D_{upper}$ e $\geq D_{lower}$.

8

CONTROLLO DELLA CONFORMITÀ PER LA RESISTENZA A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA

[UNI EN 206:2014, punto 8.2.1.2 – prospetto 17, nota d)]

Per l'applicazione delle procedure di controllo di conformità ai sensi della UNI EN 206 sono applicate le frequenze di campionamento di cui al prospetto 6 della presente norma.

prospetto 6

Frequenza minima di campionamento per valutare la conformità

Produzione	Frequenza minima di campionamento		
	Primi 50 m ³ di produzione	Metri cubi successivi ai primi 50 m ³ di produzione ^{a)} , la frequenza maggiore indicata:	
		Calcestruzzo con certificazione del controllo di produzione	Calcestruzzo prodotto durante le procedure di ottenimento della certificazione del controllo di produzione
Iniziale (fino a quando si ottengono almeno 35 risultati di prova)	3 campioni	1 ogni 200 m ³ o 1 ogni 3 giorni di produzione ^{c) d)}	1 ogni 150 m ³ o 1 per giorno di produzione ^{c) d)}
Continua ^{b)} (quando sono disponibili almeno 35 risultati di prova)	-	1 ogni 400 m ³ o 1 ogni 5 giorni di produzione ^{c) d)} o 1 per mese solare	-
<p>a) Il campionamento deve essere distribuito nel corso della produzione e non si dovrebbe effettuare più di 1 prelievo ogni 25m³.</p> <p>b) Quando lo scarto tipo degli ultimi 15 o più risultati di prove eccede i limiti superiori di s_u, secondo il prospetto 19 della UNI EN 206:2014, la frequenza di campionamento deve essere aumentata a quella richiesta per la produzione iniziale per i successivi 35 risultati di prova.</p> <p>c) O qualora vi siano più di 5 giorni di produzione in 7 giorni solari consecutivi, uno per settimana solare.</p> <p>d) Per giorno di produzione si intende un giorno solare nel quale siano stati prodotti più di 10 m³ di calcestruzzo.</p>			

9

CONTROLLO DI PRODUZIONE

9.1

Procedimenti di controllo di produzione

[Riferimento UNI EN 206:2014, punto 9.9 – punto 10]

I costituenti, l'attrezzatura, i procedimenti di produzione e il calcestruzzo devono essere controllati riguardo alla loro conformità alle specifiche del calcestruzzo e ai requisiti della presente norma nonché della UNI EN 206.

Il controllo deve essere tale da rilevare i cambiamenti significativi che influenzano le proprietà e da intraprendere le azioni correttive appropriate.

Per le attrezzature deve essere predisposto un programma dei controlli che rispetti le frequenze minime riportate nel prospetto 7.

prospetto 7 **Controllo delle attrezzature**

	Attrezzatura	Ispezione/prova	Scopo	Frequenza minima
1	Cumuli, contenitori, etc.	Ispezione visiva	Accertare la conformità ai requisiti	Una volta alla settimana
2	Attrezzatura di pesatura	Ispezione visiva delle prestazioni	Accertare che l'attrezzatura di pesatura sia nella corretta condizione di pulizia e di funzionamento	Ogni giorno
3		Prova dell'attrezzatura di pesatura	Soddisfare i requisiti del punto 9.6.2.2 della UNI EN 206:2014	All'installazione Annuale e comunque ogni 50.000 m ³ prodotti per sistema di pesatura (o catena metrica)
4	Dosatore degli additivi (inclusi quelli montati sulle autobetoniere)	Ispezione visiva della prestazione	Accertare che l'attrezzatura di misurazione sia nella corretta condizione di pulizia e di funzionamento	Primo utilizzo della giornata per ciascun additivo
5		Prova dell'apparecchiatura di misurazione e completamento dello scarico	Soddisfare i requisiti del punto 9.6.2.2 della UNI EN 206:2014	All'installazione Annuale In caso di dubbio
6	Misuratore d'acqua e dosatore d'acqua sull'autobetoniera	Prova dell'attrezzatura di misurazione	Soddisfare i requisiti del punto 9.6.2.2 della UNI EN 206:2014	All'installazione Annuale In caso di dubbio
7	Attrezzatura per la misurazione in continuo del contenuto d'acqua degli aggregati	Confronto fra la quantità effettiva e la lettura del misuratore	Accertare i valori corretti	All'installazione Mensile In caso di dubbio
8	Sistema di dosaggio	Ispezione visiva	Accertare che l'attrezzatura di dosaggio funzioni correttamente	Ogni giorno
9		Confronto (mediante un metodo idoneo in base ai sistemi di dosaggio) della massa effettiva dei costituenti nell'impasto con la massa prestabilita e, in caso di registrazione automatica dell'impasto, con la massa registrata.	Soddisfare i requisiti del punto 9.7 della UNI EN 206:2014	All'installazione In caso di dubbio Periodicamente ^{a)} dopo l'installazione
10	Apparecchiatura di prova	Taratura secondo le norme nazionali pertinenti o EN	Controllare la conformità	Periodicamente ^{a)} Per l'apparecchiatura di prova della resistenza, almeno una volta all'anno
11	Miscelatori (comprese autobetoniere)	Ispezione visiva con eventuale verifica dell'entità dell'usura per la regolazione degli organi di miscelazione	Controllare l'usura dell'attrezzatura di miscelazione	Ogni 2 000 m ³ prodotti e/o trasportati e comunque trimestrale
a) La frequenza dipende dal tipo di attrezzatura, dalla sua sensibilità all'uso e dalle condizioni di produzione dell'impianto.				

I controlli sulle proprietà del calcestruzzo devono essere eseguiti con le frequenze riportate nel prospetto 8.

prospetto 8 **Procedimenti di controllo di produzione e delle proprietà del calcestruzzo**

	Tipo di prova	Controllo/prova	Scopo	Frequenza minima
1	Proprietà del calcestruzzo a prestazione garantita	Prova iniziale (vedere appendice A della UNI EN 206:2014)	Fornire prova che le proprietà specificate sono soddisfatte dalla composizione proposta con adeguato margine	Prima di utilizzare una nuova composizione di calcestruzzo
2	Contenuto d'acqua degli aggregati fini	Sistema di misurazione in continuo, prova di essiccamento o equivalente	Determinare la massa a secco di aggregato e di acqua da aggiungere	Se non di continuo, ogni giorno; in base alle condizioni locali e atmosferiche possono essere richieste prove più o meno frequenti
3	Contenuto d'acqua degli aggregati grossi	Prova di essiccamento o equivalente	Determinare la massa a secco di aggregato e di acqua da aggiungere	Mensile o con frequenza maggiore in base alle condizioni locali e atmosferiche
4	Contenuto d'acqua del calcestruzzo fresco	Controllo della quantità d'acqua aggiunta ^{a)}	Fornire dati per il rapporto acqua/cemento	Ad ogni impasto o carico
5	Contenuto in cloruri del calcestruzzo	Determinazione iniziale mediante calcolo	Assicurare che non sia superato il contenuto massimo di cloruri	In occasione delle prove iniziali In caso di un aumento del contenuto di cloruri dei costituenti
6	Consistenza	Ispezione visiva	Per confronto con l'aspetto normale	Ad ogni impasto o carico
7		Prova di consistenza secondo le UNI EN 12350-2, UNI EN 12350-4 o UNI EN 12350-5	Per valutare il raggiungimento dei valori di consistenza specificati e controllare per esempio eventuali cambiamenti del contenuto d'acqua	Ogni giorno per ogni famiglia di calcestruzzi Quando si sottopone a prova il contenuto d'aria In caso di dubbio in seguito a ispezione visiva
8		Prova di consistenza secondo la UNI EN 12350-8		Almeno una volta al giorno Quando si sottopone a prova la resistenza a compressione (stessa frequenza) Quando si sottopone a prova il contenuto d'aria In caso di dubbio in seguito a ispezione visiva
9	Viscosità del calcestruzzo	UNI EN 12350-8 o UNI EN 12350-9	Per valutare il raggiungimento dei valori di consistenza dichiarati	Quando si effettuano le prove iniziali Prima di utilizzare una nuova composizione di calcestruzzo In caso di una modifica nei costituenti In caso di dubbio in seguito a ispezioni visive o alla prova di spandimento al cono di Abrams
10	Capacità di attraversamento	UNI EN 12350-10 o UNI EN 12350-12	Per valutare il raggiungimento dei valori di consistenza dichiarati	Quando si effettuano le prove iniziali Prima di utilizzare una nuova composizione di calcestruzzo In caso di una modifica nei costituenti In caso di dubbio in seguito a ispezioni visive o alla prova di spandimento al cono di Abrams
11	Resistenza alla segregazione	UNI EN 12350-11	Per valutare il raggiungimento dei valori di consistenza dichiarati	Quando si effettuano le prove iniziali Prima di utilizzare una nuova composizione di calcestruzzo In caso di una modifica nei costituenti In caso di dubbio in seguito a ispezioni visive o alla prova di spandimento al cono di Abrams
12	Massa volumica del calcestruzzo fresco	Prove della massa volumica in accordo alla UNI EN 12350-6	Per calcestruzzo leggero e pesante per la supervisione del controllo di dosaggio e massa volumica	Ogni giorno
13	Contenuto di cemento del calcestruzzo fresco	Controllo della massa di cemento dosato ^{a)}	Controllare il contenuto di cemento e fornire i dati del rapporto acqua/cemento	Ad ogni impasto o carico
14	Contenuto di aggiunte del calcestruzzo fresco	Controllo della massa di aggiunte dosate ^{a)}	Controllare il contenuto di aggiunte e fornire dati del rapporto acqua/cemento (vedere 5.4.2 della UNI EN 206:2014)	Ad ogni impasto o carico

prospetto 8 **Procedimenti di controllo di produzione e delle proprietà del calcestruzzo (Continua)**

	Tipo di prova	Controllo/prova	Scopo	Frequenza minima
15	Contenuto di additivi nel calcestruzzo fresco	Controllo della massa o volume di additivo dosato ^{a)}	Controllare il contenuto di additivi	Ad ogni impasto o carico
16	Rapporto acqua/cemento del calcestruzzo fresco	Mediante calcolo o mediante metodo di prova (vedere punto 6.2 della presente norma)	Valutare il raggiungimento del rapporto acqua/ cemento specificato	Ogni giorno, dove specificato, o ogni mese, in caso di dubbio
17	Contenuto d'aria del calcestruzzo fresco, se specificato	Prova secondo la UNI EN 12350-7 per calcestruzzo normale e pesante; Prova secondo ASTM C 173 per calcestruzzo leggero	Valutare il raggiungimento del contenuto specificato di aria inglobata	Per calcestruzzi contenenti aria inglobata: i primi impasti o carichi di ogni giorno di produzione fino allo stabilizzarsi dei valori, successivamente ogni 300 m ³ di produzione aerata
18	Temperatura del calcestruzzo fresco	Misurazione della temperatura	Valutare il raggiungimento della temperatura minima di 5 °C o del limite specificato	In caso di dubbio Quando è specificata una temperatura: - ogni 300 m ³ prodotti - a ogni impasto o carico in cui la temperatura è vicina al limite
19	Massa volumica del calcestruzzo leggero o pesante indurito	Prova secondo la UNI EN 12390-7 ^{b)}	Valutare il raggiungimento della massa volumica specificata	Quando è specificata la massa volumica, la stessa frequenza della prova di resistenza a compressione
20	Prova di resistenza a compressione su provini di calcestruzzo prodotti mediante stampi	Prova secondo la UNI EN 12390-3	Valutare il raggiungimento della resistenza specificata	Quando è specificata la resistenza a compressione, la stessa frequenza del controllo di conformità, vedere 8.1 e 8.2.1 della UNI EN 206:2014
a)	Qualora non si utilizzi un sistema di registrazione automatico e si eccedano le tolleranze di dosaggio per l'impasto o il carico, registrare le quantità dell'impasto nel registro di produzione.			
b)	Può essere sottoposta a prova anche in condizioni di saturazione, qualora sia stabilita una correlazione con la massa volumica dopo essiccamento in stufa.			

A.1

Premessa

A differenza delle altre tipologie di attacco del calcestruzzo derivanti dall'esposizione ambientale per le quali è abbastanza semplice, sulla base delle informazioni fornite dal prospetto 1, individuare la corretta classe di esposizione, nel caso dell'attacco del gelo la classe di esposizione non è facilmente definibile. Questa difficoltà deriva dalla non immediata disponibilità di informazioni climatologiche a livello del microclima del luogo in cui è ubicata la struttura, da aspetti progettuali che possono influire sul grado di umidità del calcestruzzo e dall'orientamento azimutale delle diverse superfici che delimitano la struttura.

In considerazione del fatto che le condizioni climatologiche locali costituiscono comunque il presupposto perché possa svilupparsi un attacco da parte del gelo, è stato ritenuto utile redigere questo allegato informativo con lo scopo di fornire una guida basata su dati climatologici relativi al territorio italiano, per stimare il rischio potenziale che un calcestruzzo possa esposto a degrado per azione del gelo.

A.2

Parametri climatici

Al fine di poter effettuare una corretta valutazione del rischio potenziale di esposizione ai cicli di gelo/disgelo sono forniti alcuni elementi informativi di base sui principali parametri climatici che governano l'azione del gelo sul calcestruzzo.

A.2.1

Temperatura minima media

Durante la fase di congelamento la soluzione contenuta nei pori del calcestruzzo è soggetta a un abbassamento crioscopico dovuto a due contributi:

- il primo, pari a 2°C - 4°C , è da ascrivere alla presenza dei sali disciolti;
- il secondo, molto più rilevante, è dovuto a fenomeni di adsorbimento capillare, tanto più intensi quanto è minore il diametro dei pori.

Nel processo di congelamento dell'acqua contenuta nel sistema poroso del calcestruzzo si evidenziano tre intervalli significativi di temperatura:

intervallo 0°C , -5°C : all'interno di tale intervallo solo il 30% della porosità è interessato al processo di congelamento; in realtà se si considera anche la prima componente dell'abbassamento crioscopico dovuta alla presenza di sali, si può ritenere che le tensioni interne generate durante il processo di congelamento siano molto ridotte.

intervallo -5°C , -10°C : all'estremo inferiore dell'intervallo il processo di congelamento interessa circa l'80% della porosità del calcestruzzo; la rilevante estensione della frazione volumetrica dei pori interessati al congelamento e la ripetitività dell'azione generata dalle alternanze di gelo/disgelo, può comportare una accentuazione del danno;

$T < -10^{\circ}\text{C}$: a temperature progressivamente minori di -10°C la porosità, ove ha luogo il processo di congelamento, aumenta raggiungendo il 94% a -20°C . Questa temperatura rappresenta in genere il limite inferiore del ciclo termico adottato dai metodi di prova della resistenza al gelo del calcestruzzo.

A.2.2

Escursione termica giornaliera

Sono da considerare particolarmente rischiose escursioni termiche che partendo da temperature maggiori (sia pure di poco) di 0°C , si estendono fino a temperature oltre i -10°C . In questi casi si può parlare di veri e propri cicli di gelo e disgelo che, a prescindere dal numero di ripetizioni, sono potenzialmente gravosi per il calcestruzzo.

A.2.3**Gradiente termico**

All'aumentare del gradiente di raffreddamento (a temperature minori di 0 °C) aumenta la tensione interna di trazione generata durante il processo di congelamento.

In realtà i gradienti termici medi si attestano su valori molto bassi (0,1 – 0,5) °C/h rispetto a quelli ritenuti rischiosi (> 1 °C/h). In alcuni casi non si possono tuttavia escludere a priori fasi di raffreddamento che possono raggiungere gradienti più elevati nel caso per esempio di strutture esposte a Sud e/o a correnti di aria molto fredda.

A.2.4**Numero di cicli di gelo/disgelo**

L'attacco da gelo è un fenomeno che avviene progressivamente per effetto di sollecitazioni di trazione ripetute secondo meccanismi simili a quelli del degrado per fatica. Nella fattispecie, col progredire delle alternanze di gelo/disgelo possono aprirsi nuove porosità con dimensioni crescenti ove peraltro l'acqua può congelare a temperature via via anch'esse crescenti. Col progredire delle alternanze di gelo/disgelo può quindi innescarsi un vero e proprio meccanismo di accumulo del danno analogo a quello che si riscontra nei fenomeni di fatica.

Tale parametro gioca un ruolo fondamentale nella valutazione del potenziale rischio di danno da gelo/disgelo e la sua valutazione non può essere disgiunta da quella riferita ai parametri considerati in precedenza, in particolare la temperatura minima media e l'escursione termica.

A.2.5**Umidità relativa dell'aria**

Il contenuto d'acqua nei pori del calcestruzzo ha un ruolo essenziale sull'innescio dei fenomeni di danno da gelo/disgelo. Il grado di saturazione minimo ritenuto normalmente pericoloso per il calcestruzzo è pari a circa 85%. In un clima molto umido il grado di saturazione del calcestruzzo può superare il valore limite oltre il quale il potenziale rischio di degrado da gelo aumenta notevolmente.

A.3**Classificazione del rischio potenziale di attacco da gelo/disgelo**

Dalla numerosità e complessità dei fattori climatici, spesso interagenti, sopra elencati, si può comprendere la difficoltà di procedere ad una classificazione rigorosa del rischio di attacco da gelo/disgelo. La mappatura del territorio secondo tale classificazione non può quindi che avere un carattere indicativo che sarà di volta in volta valutato attentamente in relazione alle reali condizioni di esposizione locali.

Ciò premesso i due parametri che si ritiene abbiano in generale un peso prevalente nella classificazione del rischio sono:

- a) la temperatura minima media giornaliera;
- b) il numero di alternanze di gelo/disgelo annuale.

Non risultano fonti dirette che permettano di individuare, sia pure sommariamente, la distribuzione di quest'ultimo parametro sul territorio nazionale; tuttavia in prima approssimazione, e cautelativamente, il numero di cicli annuale può essere stimato in base al numero di giorni/anno in cui si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- la temperatura minima media (T_{\min} , media) ≤ -5 °C;
- l'escursione termica $\geq 0,8 \times (T_{\min}$, media).

Tali informazioni sono generalmente ricavabili sulla base dei dati rese disponibili dalle Agenzie di Raccolta dei dati meteo presenti sul territorio italiano (ARPA, SCIA-ISPRA, Servizio Meteorologico dell'Aeronautica).

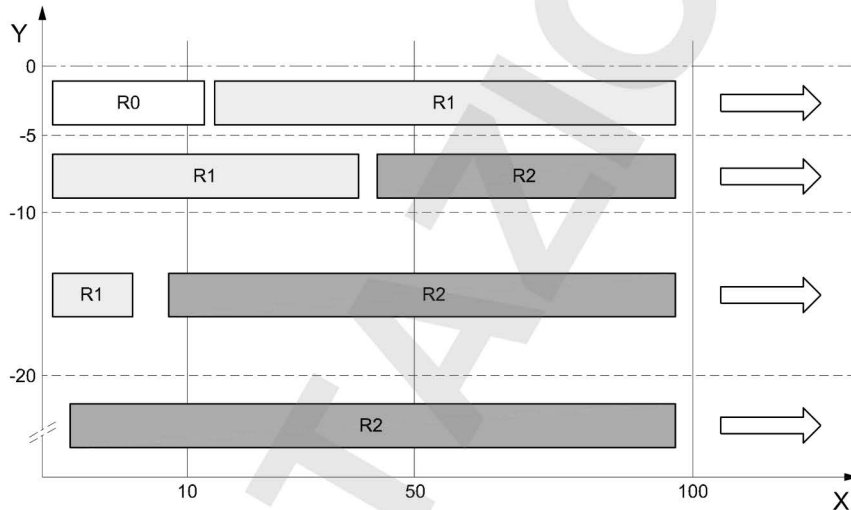
Per quanto esposto si ritiene possibile individuare tre classi di rischio di esposizione all'azione del gelo/disgelo in relazione ai parametri considerati nei punti (a) e (b) secondo lo schema di figura A.1.

figura A.1

Schema dei livelli di rischio

Legenda

- X = N cicli/anno stimati
- Y = T_{\min} °C
- R0 = rischio nullo
- R1 = rischio moderato
- R2 = rischio elevato



A.4

Mappatura climatica del territorio italiano

La rappresentazione su mappa di parametri climatici, quali quelli elencati in precedenza, non è stata semplice a causa della notevole eterogeneità della distribuzione dei dati resi disponibili dalle differenti reti di stazioni meteo e della variegata orografia del territorio nazionale e, non ultimo, dalla mancanza di dati relativi ad aree anche di notevole estensione.

E' risultato utile fare riferimento alle 9 aree climatiche in cui è stato suddiviso il territorio italiano (prospetto A.1 e figura A.2):

prospetto A.1

Individuazione delle aree climatiche

1	Regione Alpina e Prealpina	6	Medio Tirreno
2	Pianura Padana	7	Medio Adriatico e Basso Adriatico
3	Alto Adriatico	8	Basso Tirreno, Calabria Tirrenica e Sicilia
4	Appennino	9	Sardegna
5	Versante Ligure e Alto Tirreno		

figura

A.2

Le nove aree climatiche in cui è stato suddiviso il territorio italiano**Legenda**

Alpi e prealpi
Pianura Padana
Alto Adriatico
Appennino
Versante Ligure e Alto Adige
Medio Tirreno
Medio e Basso Adriatico
Basso Tirreno, Calabria Tirrenica e Sicilia
Sardegna



Fonte: <http://www.scia.isprambiente.it/Documentazione/report2006.pdf>

Le aree climatiche sopraindicate si differenziano per valori significativamente diversi dei parametri meteo che, oltre ai valori di temperatura o di escursione termica prendono in considerazione anche dati di piovosità, di umidità relativa ecc.

Ai fini della mappatura dei parametri inerenti la valutazione del rischio da gelo sono stati considerati i valori medi delle mediane della distribuzione della temperatura minima, del I e III quartile della stessa distribuzione, delle escursioni termiche giornaliere e del numero di giorni per anno durante i quali la temperatura minima rimane minore di 0 °C.

Di seguito sono riportati i dati di distribuzione statistica ricavati dalle banche dati statistiche rese disponibili da SCIA ISPRA per le aree climatiche sopra indicate.

Nel prospetto A.2 sono riportati i dati di distribuzione statistica della temperatura minima nelle 9 aree climatiche considerate. Si può osservare che in generale la distribuzione delle temperature è relativamente concentrata nell'intorno definito dai due quartili (Q_I , Q_{III}) con eccezione dell'area 1 (Alpi e Prealpi) ove, peraltro anche la differenza fra i due valori estremi (ε_s , ε_i), è molto accentuata.

prospetto A.2

Distribuzione dei valori di temperatura minima assoluta ($^{\circ}\text{C}$) espressi in termini di valori estremi (ε_s , ε_i), di valori del I e III quartile (Q_I e Q_{III}) e di mediana nelle aree climatiche considerate. Valori medi del quinquennio 2005-2009

Area	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ε_s	0	-1	0	-1	4	5	4	7	5
Q_I	-7	-6	-6	-5	0	0	1	2	1
Mediana	-12	-8	-7	-7	-3	-3	-2	1	-2
Q_{III}	-15	-9	-9	-9	-5	-5	-4	-1	-3
ε_i	-25	-12	-12	-16	-10	-8	-7	-8	-8

Nell'area 4 (Appenninica) è degna di nota la moderata differenza fra due quartili (Q_I , Q_{III}) a fronte della differenza piuttosto elevata fra i due valori estremi (ε_s , ε_i). In entrambi i casi è opportuno segnalare che il rischio di raggiungere estremi di temperatura piuttosto lontani dal valore mediano è piuttosto elevato.

L'analisi dei dati statistici relativi alla distribuzione delle escursioni termiche giornaliere non evidenzia sostanziali differenze fra le 9 aree climatiche (prospetto A.3). I valori più elevati di escursione termica si riscontrano più frequentemente nell'area 2 (Pianura Padana) mentre quelli più contenuti si registrano nell'area Appenninica.

prospetto A.3

Valori medi delle mediane delle escursioni termiche giornaliere ($^{\circ}\text{C}$) nelle aree climatiche considerate. Valori medi del quinquennio 2005-2009

Area	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mediana	9	11	10	7	8	10	9	9	10

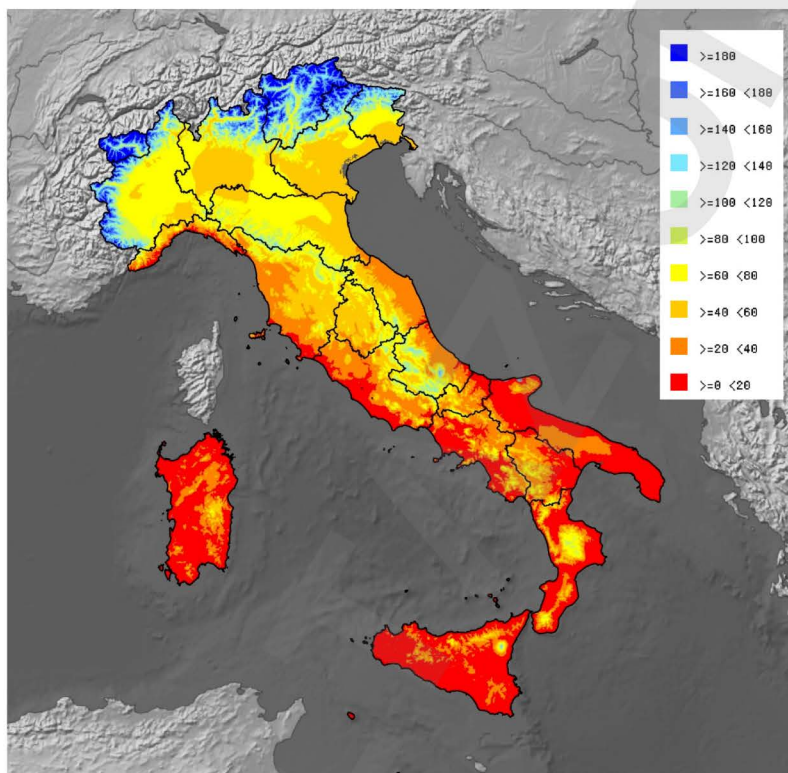
Considerando due fasi di permanenza alle temperature massima e minima della durata di circa due ore ciascuna e nella ipotesi di gradienti di raffreddamento e di riscaldamento simmetrici, sulla base dei dati di escursione termica riportati nel prospetto A.2 è possibile calcolare i gradienti termici medi giornalieri. I valori medi così calcolati si attestano intorno a ($0,3 - 0,5$) $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ senza apprezzabili variazioni tra un'area e l'altra. Sulla base di tali rilievi si evince che i gradienti termici reali, per la loro modesta entità, non sembrano influenzare significativamente l'esposizione al rischio da gelo, anche se, così come sottolineato in precedenza, non può essere trascurato nel caso particolari esposizioni della struttura in calcestruzzo. Occorre in ogni caso sottolineare che i valori medi delle mediane sono sufficientemente elevati per soddisfare generalmente la condizione ($\geq 0,8 \times T_{\text{min, media}}$), evidenziata in precedenza, ritenuta necessaria per considerare il ciclo termico come un vero e proprio ciclo di gelo disgelo.

Il numero di giorni N_g (per anno) durante i quali la temperatura rimane sotto zero, dato quest'ultimo reso disponibile da SCIA - ISPRA, è riportato nella figura A.3. I dati riportati in figura sono valori medi del decennio 2004-2013.

Questo parametro N_g , come riportato nel punto A.3, è stato sostanzialmente considerato come un indice della durata delle alternanze cicliche.

Dalla figura A.3 si evidenzia una discreta corrispondenza gli intervalli di N_g e le 9 aree climatiche rappresentate in figura A.2; un'analisi più dettagliata rivela tuttavia l'esistenza di alcune isole all'interno delle mappature riportate in figura A.3, che si differenziano dall'area circostante per intervalli di N_g apprezzabilmente diversi. Si nota infatti che nell'area 2 (Pianura Padana), è presente un'area centrale caratterizzata da valori di N_g compresi fra 40-60, mentre l'area padana che la circonda è caratterizzata da valori di N_g (60 - 80) più elevati. Le medesime considerazioni valgono per l'area climatica 5 (Versante Ligure ed Alto Tirreno), anche in questo caso si è ritenuto opportuno distinguere il Versante Ligure (N_g 0 - 20) dall'Alto Tirreno (N_g 20 -40). Ulteriori enucleazioni di specifiche aree con N_g diversi rispetto all'area circostante, non sono consentite dalla risoluzione delle mappa.

figura A.3 Mappatura dei giorni con temperature < 0°C



Fonte: Franco Desiato (ISPRA – Settore clima e meteorologia applicata)

A.5

Mappatura del rischio potenziale di attacco del gelo

Tenendo presente le considerazioni espresse nel punto A.4, nel prospetto A.4 sono riportate le classificazioni del rischio potenziale di attacco del gelo per le 9 aree climatiche già individuate in precedenza con l'ulteriore sub ripartizione delle aree 2 e 5 in due meso-aree.

Accanto a ciascuna (meso) area è riportato, cautelativamente, il valore della mediana della temperatura minima (prospetto A.2) e il corrispondente intervallo di Ng. A ciascuna (meso) area è stato infine associato il livello di rischio stimato.

E' opportuno sottolineare che la valutazione basata sui parametri climatologici riguarda il rischio potenziale del danno da gelo/disgelo, il rischio diventa reale quando il tenore di umidità del calcestruzzo supera un valore di soglia. Non a caso la presente norma classifica il grado di severità dell'esposizione al gelo in relazione al grado di saturazione del calcestruzzo.



prospetto A.4

Classificazione del livello di rischio per aree climatiche

Aree Climatiche		3° quartile Q _{III}	Ng/anno	Livelli di Rischio	
1	Alpi e Prealpi	-15	160 - 180	R2	Elevato
2,a	Pianura Padana	-9	60 - 80	R2	Elevato
2,b	Centro Padana	-9	40 - 60	R1	Medio
3	Alto Adriatico	-9	40 - 60	R1	
4	Appennino	-9	60 - 80	R2	Elevato
5,b	Versante Ligure	-5	0 - 20	R0	Nulla
5,a	Alto Tirreno	-5	20 - 40	R0/R1 ^{*)}	Medio
6	Medio Tirreno	-5	0 - 20	R0	Nulla
7	Medio Adriatico e Basso Adriatico	-4	0 - 20	R0	
8	Basso Tirreno Calabria tirrenica e Sicilia	-1	0 - 20	R0	
9	Sardegna	-3	0 - 20	R0	
*) a seconda della distanza dalla costa.					

**APPENDICE**
(normativa)**B REQUISITI AGGIUNTIVI PER LA PRESCRIZIONE E LA CONFORMITÀ DI
CALCESTRUZZO PER LAVORI GEOTECNICI PARTICOLARI**
*[Riferimento UNI EN 206:2014, Annex D]***B.1****Cemento***[Riferimento UNI EN 206:2014, punto D.2.1 (3)]*

I cementi CEM IV e CEM V conformi alla UNI EN 197-1 sono riconosciuti in Italia idonei per l'impiego in applicazioni geotecniche.

B.2**Rapporto acqua/cemento***[Riferimento UNI EN 206:2014, punto D.3.3]*

Il rapporto a/c deve essere specificato in funzione della classe di esposizione ambientale con riferimento al prospetto 5 "valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo".

Il rapporto a/c non può essere in alcun caso maggiore di 0.60

B.3**Calcestruzzo fresco***[Riferimento UNI EN 206:2014, punto D.3.4]*

Per i lavori geotecnici particolari la consistenza del calcestruzzo fresco deve essere specificata in base ai valori predefiniti riportati nel prospetto B.1 tenendo conto delle specifiche condizioni di impiego e di messa in opera.

La tolleranza associata ai valori specificati di spandimento alla tavola a scosse e di abbassamento al cono è di ± 30 mm.

prospetto B.1

Valori prestabiliti per spandimento alla tavola a scosse e abbassamento al cono

Spandimento alla tavola a scosse UNI EN 12350-5 (mm)	Abbassamento al cono UNI EN 12350-2 (mm)	Tolleranza in mm
500	140	± 30
560	180	± 30
620	220	± 30

E' consentito l'utilizzo di calcestruzzo autocompattante (SCC) specificato in base ai valori di spandimento predefiniti nel prospetto B.2, determinati secondo UNI EN 12350-8. La tolleranza sui valori di spandimento, specificati è di ± 50 mm.

prospetto B.2

Valori prestabiliti di spandimento

Spandimento secondo UNI EN 12350-8 (mm)	Tolleranza in mm
600	± 50
700	± 50
800	± 50

APPENDICE C ESEMPI DI SPECIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA
(informativa)

C.1 Calcestruzzo destinato alla realizzazione di plinti di piccole dimensioni

Plinti di altezza non maggiore di 1,5 m a contatto con terreno non aggressivo (secondo i limiti contenuti nel prospetto 2 della UNI EN 206:2014) e non esposti a gelo-disgelo.

Requisiti di base:

- classe di esposizione XC2
- classe di resistenza a compressione C25/30
- classe di consistenza S4
- D_{upper} 32 mm, D_{lower} 20 mm

Requisiti aggiuntivi:

- classe di contenuto in cloruri Cl 0,4
- aria intrappolata $\leq 3,0\%$

C.2 Calcestruzzo destinato alla realizzazione di pontile in zona marina a clima temperato

Requisiti di base:

- classe di esposizione XC4+XS3
- classe di resistenza a compressione C35/45
- classe di consistenza S5
- D_{upper} 25 mm, D_{lower} 16 mm
- cemento resistente all'acqua di mare

Eventuali requisiti aggiuntivi:

- classe di contenuto in cloruri Cl 0,2
- aria intrappolata $\leq 3,0\%$

C.3 Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture e infrastrutture di ponte situate in zona a clima rigido e sottoposte a trattamenti con sali disgelanti a base di cloruro

Requisiti di base:

- classe di esposizione XC4 + XF2 + XD3
- classe di resistenza a compressione C35/45
- classe di consistenza S5
- D_{upper} 25 mm, D_{lower} 16 mm

Eventuali requisiti aggiuntivi:

- aria inglobata $> 4,0\%$
- classe di contenuto in cloruri Cl 0,2
- aggregati non gelivi F1/F2, MS18/MS25.

APPENDICE
(informativa)**D RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

Alla data di pubblicazione della presente norma sono in vigore i seguenti Regolamenti Legislativi.

- [1] Linee guida sul calcestruzzo strutturale (dicembre 1996) - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.
- [2] Linee guida su calcestruzzi strutturali ad alta resistenza ($75 \text{ N/mm}^2 < R_{ck} \leq 115 \text{ N/mm}^2$) (luglio 2001) - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.
- [3] Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato (marzo 2003) - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.
- [4] Decreto Ministero delle Infrastrutture "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (14 gennaio 2008).
- [5] Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP – "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [6] Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive (febbraio 2008). - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.

BIBLIOGRAFIA

UNI 8520-22

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali





NORMA
ITALIANA

**Calcestruzzo - Specificazione, prestazione,
produzione e conformità - Specificazioni
complementari per l'applicazione della EN 206**

UNI 11104

LUGLIO 2016

Concrete - Specification, performance, production and conformity -
Additional provisions for the application of EN 206

La norma contiene le specificazioni complementari per
l'applicazione in Italia della EN 206.

TESTO ITALIANO

La presente norma sostituisce la UNI 11104:2004.

ICS 91.100.30