



# PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO

---



## DEFINIZIONI

---

PROVINO = singolo cilindro / singolo cubo

CAMPIONE (EN 12350-1) = Quantità prelevata da una massa di calcestruzzo, pari a 1,5 volte il necessario alle prove previste.

PRELIEVO (NTC cap. 11.2.4) = Consiste nel prelevare un campione di calcestruzzo sufficiente a confezionare un gruppo di n.2 provini (numero di provini necessario alle determinazioni richieste).

RESISTENZA DI PRELIEVO (NTC cap. 11.2.4) = Media delle resistenze di n.2 provini

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE (NTC cap. 11.2.5) = Verifica, sull'insieme di prelievi effettuati, delle prestazioni richieste.



## DEFINIZIONI

---

CLASSE DI RESISTENZA (NTC cap. 11.2.1) = Valore caratteristico di resistenza su cilindro ( $\varnothing = 150$  mm;  $h = 300$  mm) / cubo (150 mm  $\times$  150 mm)





RESISTENZA CARATTERISTICA "Rck" (NTC cap. 11.2.1) = Resistenza ad un determinato tempo di maturazione (28 gg) per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori.



# SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO (NTC cap. 11.2.1)

---

## PRESCRIVERE IL CALCESTRUZZO

- CLASSE DI ESPOSIZIONE (UNI 11104) 
- CLASSE DI RESISTENZA (Rck) (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C) 
- CLASSE DI CONSISTENZA (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C) 
- DIAMETRO MASSIMO DELL'AGGREGATO (ENV 1990-2-1) 
- MODALITA' DI MESSA IN OPERA (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C) 
- MODALITA' DI STAGIONATURA (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C) 

# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi 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, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa 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.

# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

## 2 Corrosione indotta da carbonatazione

Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.

XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.



## Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.

# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.



# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti <sup>1)</sup>		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.

# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>6 Attacco chimico**)</b>		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.
<p>*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione;</li> <li>- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.</li> </ul> <p>**)) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p>		

# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

Caratteristica chimica	Metodo di prova di riferimento	XA1	XA2	XA3
Mg <sup>2+</sup> mg/l	ISO 7980	≥300 e ≤1 000	>1 000 e ≤3 000	>3 000 fino a saturazione
<b>Terreno</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a)</sup> totale	EN 196-2 <sup>b)</sup>	≥2 000 e ≤3 000 <sup>c)</sup>	>3 000 <sup>c)</sup> e ≤12 000	>12 000 e ≤24 000
Acidità ml/kg	DIN 4030-2	>200 Baumann Gully	Non incontrato in pratica	
<p>a) I terreni argillosi con una permeabilità minore di 10<sup>-5</sup> m/s possono essere classificati in una classe inferiore.</p> <p>b) Il metodo di prova prescrive l'estrazione di SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> mediante acido cloridrico; in alternativa si può usare l'estrazione con acqua se nel luogo di impiego del calcestruzzo c'è questa pratica.</p> <p>c) Il limite di 3 000 mg/kg deve essere ridotto a 2 000 mg/kg se esiste il rischio di accumulo di ioni solfato nel calcestruzzo causato da cicli di essiccamento/bagnatura oppure suzione capillare.</p>				

# Classi di Esposizione Ambientale (UNI 11104)

	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 <i>a/c</i>	-	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 <sup>*)</sup>	C12/15	C25/30		C28/35	C32/40	C32/40	C35/45		C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30		28/35	28,35	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 <sup>a)</sup>					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati <sup>b)</sup>		

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, 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 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.



# Classi di resistenza (L.G. Calcestruzzo Strutturale – S.T.C.)

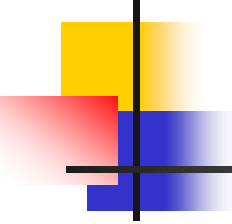
Classe di resistenza	fck [N/mm <sup>2</sup> ]	Rck [N/mm <sup>2</sup> ]	Categoria
C8/10	8	10	Non strutturale
C12/15	12	15	"
C16/20	16	20	Ordinario
C20/25	20	25	"
C25/30	25	30	"
C28/35	28	35	" (UNI 11104)
C30/37	30	37	"
C32/40	32	40	" (UNI 11104)
C35/45	35	45	"
C40/50	40	50	"
C45/55	45	55	"
C50/60	50	60	Alte prestazioni
C55/67	55	67	"
C60/75	60	75	"
C70/85	70	85	Alta resistenza
C80/95	80	95	"
C90/105	90	105	"
C100/115	100	115	"

# Classi di Consistenza (L.G. Calcestruzzo Strutturale – S.T.C.)

Classe di Consistenza	Abbassamento al Cono [mm]	Denominazione corrente
<b>S1</b>	10 ÷ 40	Umida
<b>S2</b>	50 ÷ 90	Plastica
<b>S3</b>	100 ÷ 150	Semifluida
<b>S4</b>	160 ÷ 210	Fluida
<b>S5</b>	> 210	Superfluida

In alternativa si indica un valore di riferimento dell'abbassamento, applicando le tolleranze seguenti:

<b>Valori di riferimento</b>	$\leq 40$ mm	50 ÷ 90 mm	$\geq 100$ mm
<b>TOLLERANZE</b>	$\pm 10$ mm	$\pm 20$ mm	$\pm 30$ mm



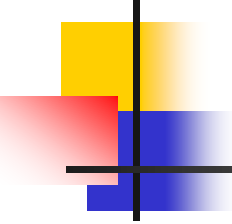
## Diametro Massimo dell'Aggregato (ENV 1990-2-1)

---

Come regola di base è corretto assumere che:

- $D_{max} < 0.25$  volte la dimensione minima (spessore) della struttura;
- $D_{max} < 1.25$  lo spessore del copriferro;
- $D_{max} <$  della minima distanza tra le barre di armatura

Sezione minima della struttura	Muri, travi e pilastri armati	Muri non armati	Solette molto armate	Solette poco armate o non armate
8 - 15 cm	12,5 – 19,0	25,0	12,5 – 19,0	19,0 – 37,5
15 - 30 cm	19,0 – 37,5	37,5	19,0 – 37,5	37,5 – 75,0
30 - 80 cm	25,0 – 75,0	75,0	25,0 – 75,0	75,0
80 cm	37,5 – 75,0	120,0	37,5 – 75,0	75,0 – 120,0



# Diametro Massimo dell'Aggregato (ENV 1990-2-1)

Copriferro in funzione delle classi di esposizione

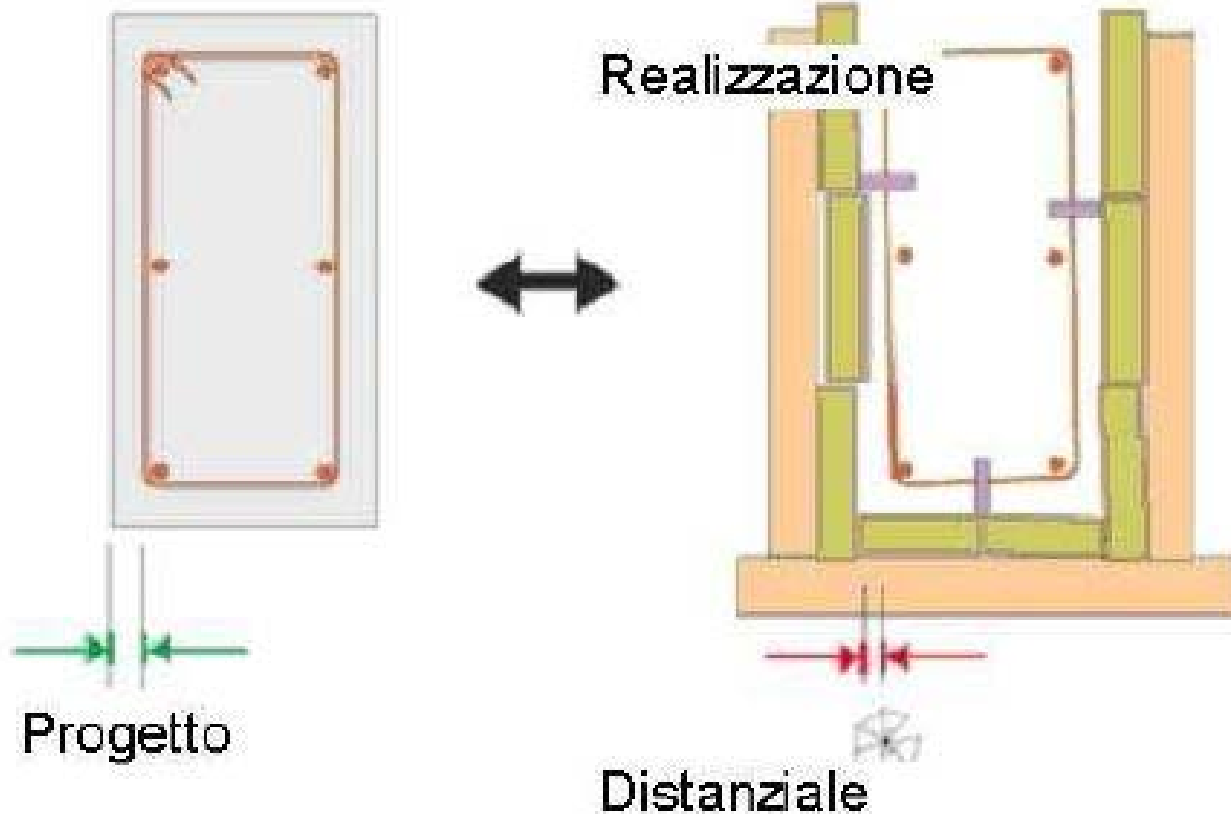
$$C_{nom} = C_{min} + h$$

$h$  = tolleranza di posizionamento = 10 mm (5 mm se garantita la spaziatura)

CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO ( $c_{min,dur}$ )			
	VITA UTILE 50 ANNI		VITA UTILE 100 ANNI	
	C.A.	C.A.P.	C.A.	C.A.P.
X0	10	10	20	20
XC1	15	25	25	35
XC2, XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XS1, XD1	35	45	45	55
XS2, XD2	40	50	50	60
XS3, XD3	45	55	55	65



# Modalità di messa in opera (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)



Controllo preliminare:

- ✓ Casseforme
- ✓ Armature
- ✓ Disarmante

## Modalità di messa in opera (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

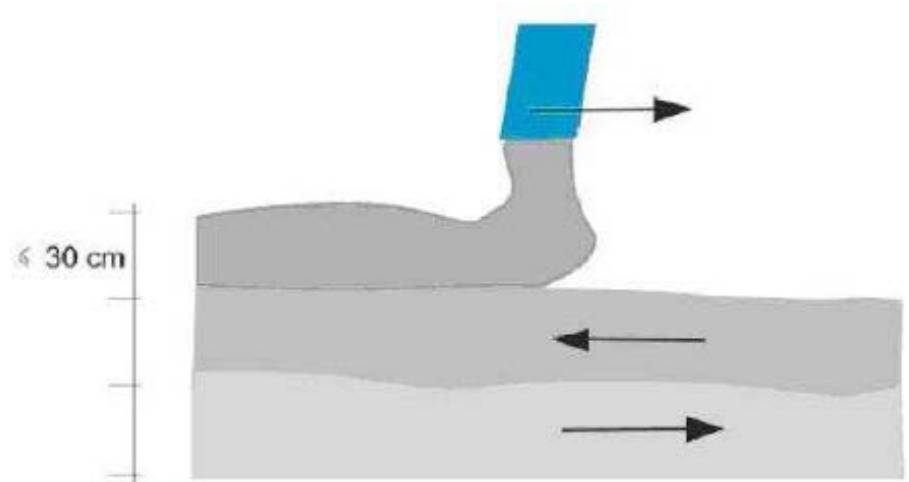
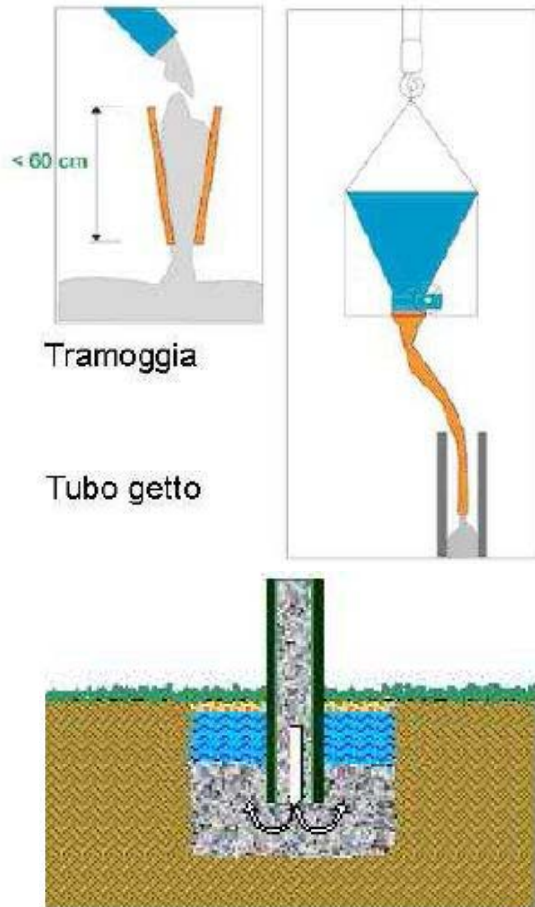


Segregazione dovuta alle errate operazioni di getto

# Modalità di messa in opera (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

Accorgimenti per prevenire la segregazione

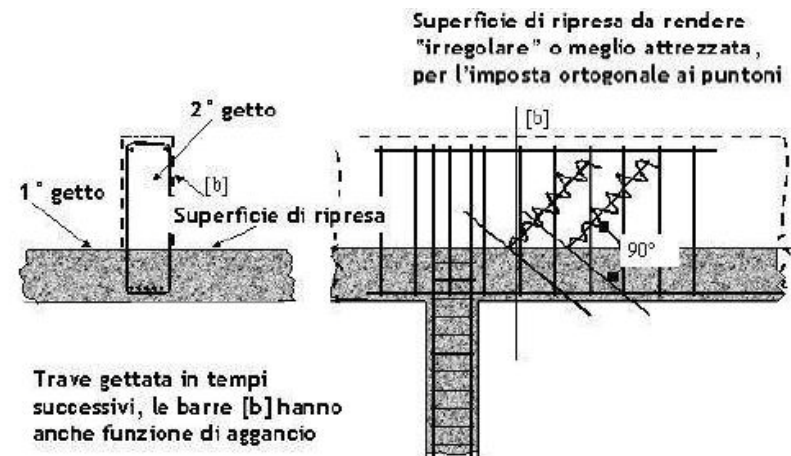
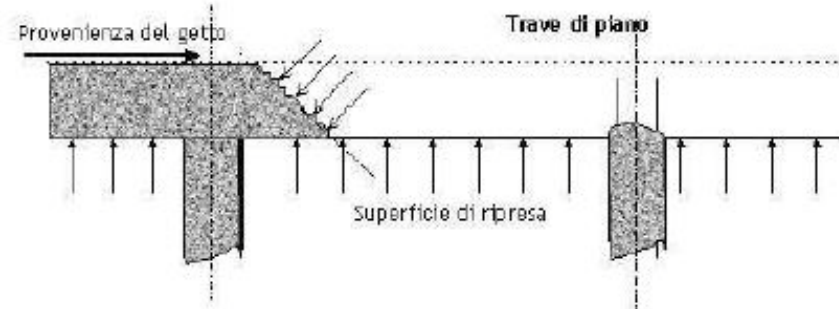
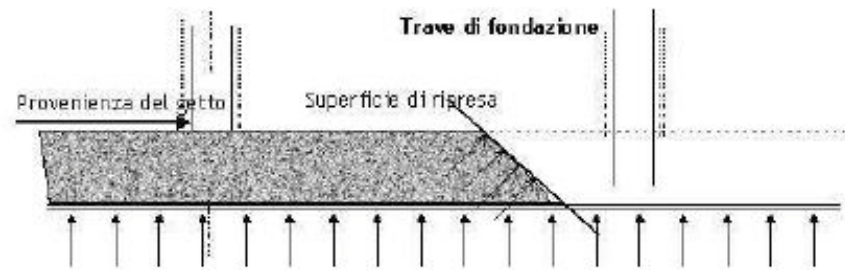
- ✓ Utilizzo di un tubo getto
- ✓ Altezza di caduta libera < 50÷80 cm
- ✓ Spessore dello strato < 30 cm



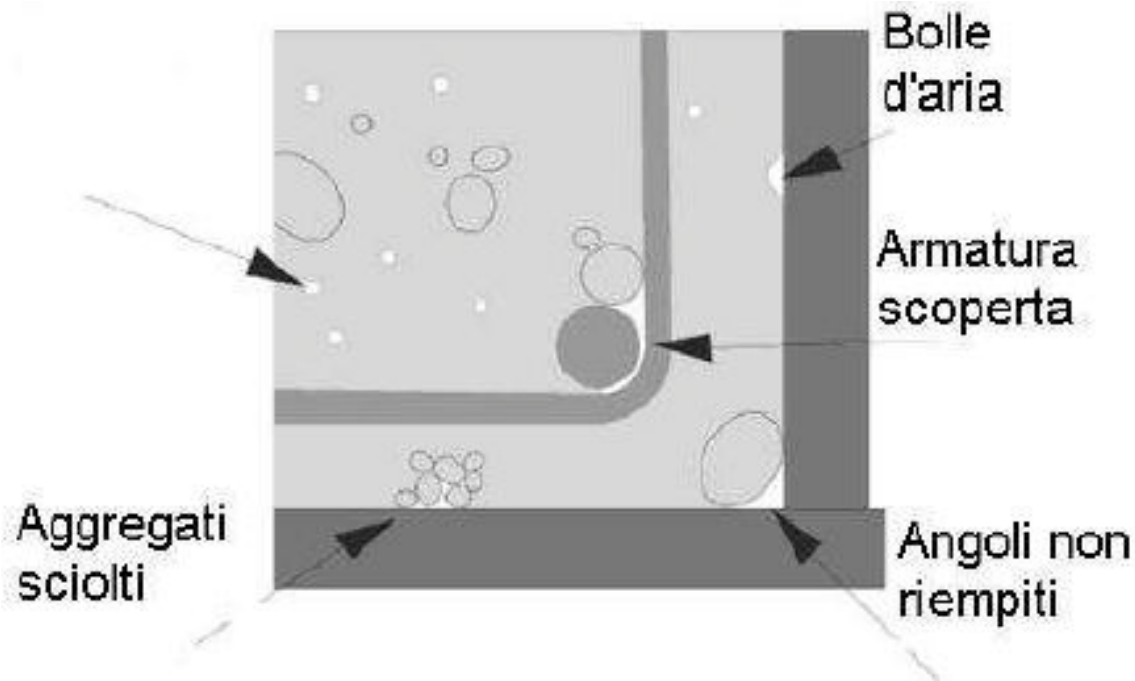
# Modalità di messa in opera (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

## Riprese di getto

- ✓ Evitare le riprese
- ✓ Scarifica e pulizia della superficie
- ✓ Superficie di ripresa ortogonale alla compressione



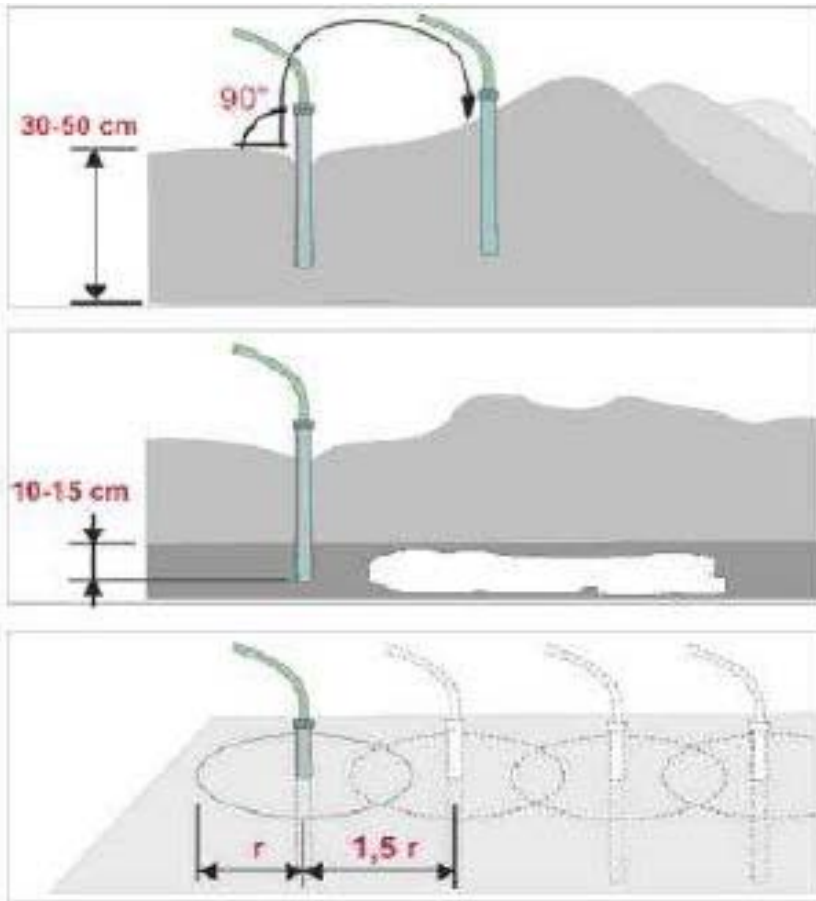
## Modalità di messa in opera (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)



Il calcestruzzo appena colato nella cassaforma contiene vuoti e bolle d'aria.

Per ottenere le proprietà desiderate, oltre che una buona adesione alle barre d'armatura, bisogna compattare il calcestruzzo fresco "a rifiuto".

## Modalità di messa in opera (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)



Compattazione del calcestruzzo  
mediante vibrazione interna:

- ✓ Posizione dell'ago sempre verticale
- ✓ Profondità di immersione pari all'ultimo strato + 15 cm nello strato sottostante se ancora fresco
- ✓ Raggio d'influenza  $0,2 \div 0,6$  m
- ✓ Tempo  $5 \div 30$  sec (consistenza, forma, armatura)



## Modalità di stagionatura (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

---

L'acqua d'impasto è indispensabile alla fase di **idratazione** del calcestruzzo. Durante questa fase il materiale sviluppa le proprietà fisico-meccaniche che lo rendono un materiale resistente e durabile.

Per contro, se l'idratazione non si completa in modo corretto, otterremo un calcestruzzo poroso, vulnerabile e poco resistente.

Per ottenere una buona idratazione è necessario adottare delle azioni per **proteggere** e **stagionare** il getto.



## Modalità di stagionatura (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

---

Dal momento in cui il calcestruzzo è stato messo in opera, la nostra attenzione è rivolta a:

- ✓ evitare l'interruzione dell'idratazione
- ✓ ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1 ÷ 7gg)
- ✓ far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura
- ✓ ottenere un'adeguata compattezza e durabilità della superficie
- ✓ migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione)
- ✓ evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.





## Modalità di stagionatura (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

---

Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3 - 7 gg)
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica
- mettere in opera coperture umide
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti)

NOTA: I prodotti filmogeni di protezione "curing" non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso



## Modalità di stagionatura (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

---

Prima della messa in opera:

- ✓ saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno (oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante)
- ✓ la temperatura del calcestruzzo  $< 30^{\circ}\text{C}$ .

Durante la messa in opera:

- ✓ barriere frangivento temporanee
- ✓ protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole
- ✓ ridurre il tempo fra messa in opera e inizio della stagionatura protetta



## Modalità di stagionatura (Linee Guida CLS Strutturale S.T.C)

---

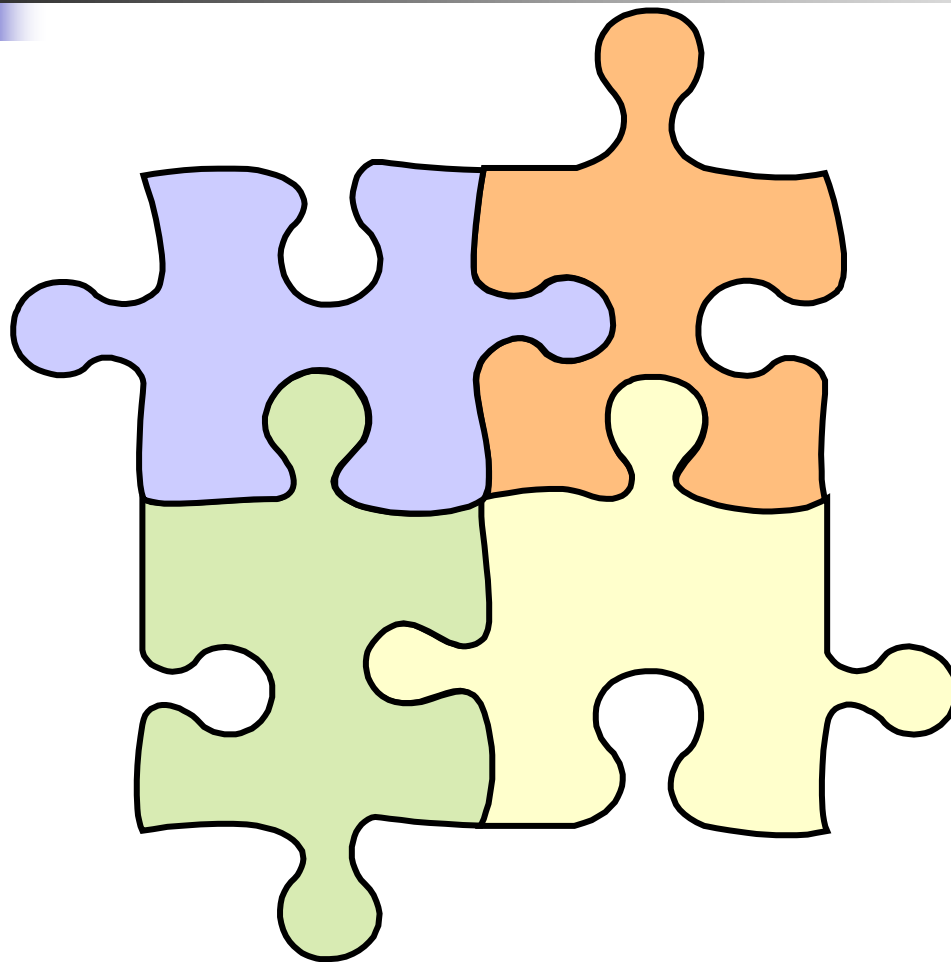
✓ Dopo la messa in opera:

- ✓ minimizzare l'evaporazione immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura
- ✓  $T_{max}$  all'interno delle sezioni = 70 °C
- ✓  $\Delta T_{max}$  fra l'interno e l'esterno = 20 °C
- ✓  $\Delta T_{max}$  fra il calcestruzzo fresco e altri elementi della struttura = 15 °C
- ✓ è compito della Direzione Lavori specificare ispezione e controllo.



# Grazie per l'attenzione

---



Buona  
sinergia a  
tutti