

# REGIONE MOLISE COMUNE DI CAMPOBASSO



Provincia di Campobasso

Oggetto	<b>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA, MIGLIORAMENTO ANTISISMICO, ADEGUAMENTO TECNOLOGICO, IMPIANTISTICO E FUNZIONALE, PREVENZIONE INCENDI E CONTENIMENTO DEL CONSUMO ENERGETICO DELL'IMMOBILE TUTELATO SEDE DEL CONSERVATORIO DI MUSICA "LORENZO PEROSI" DI CAMPOBASSO - CUP: D39C18000070006 - PROGETTO ESECUTIVO -</b>	
Committente	<b>CONSERVATORIO DI MUSICA "LORENZO PEROSI"</b> Viale Principe di Piemonte, 2 - 86100 Campobasso	
<b>PS-00a</b>	Elaborati strutturali di progetto: <b>RELAZIONE SUI MATERIALI</b>	
Stato attuale	<input type="checkbox"/>	
Stato di progetto	<input type="checkbox"/>	
Scala:	-	
N. Prog. doc.		
Visti		
<small>E' vietata la riproduzione anche parziale dei contenuti, lo studio tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge</small>		
GRUPPO DI PROGETTAZIONE R.T.P.	<b>Ing. Nicola A. Di RENZO</b>  	<b>Ing. Carmine PIRONE</b>  
	<b>Arch. Fabio SPENSIERI</b>  	
Data:	IMPRESA ESECUTRICE	R.U.P.
<b>Novembre 2022</b>		
REVISIONI		
1	<b>Maggio 2023</b>	
2		
<b>SEDE R.T.P.</b>	C.da Colle delle Api (Zona Ind.) 86100 CAMPOBASSO - ITALY Tel. 0874-483398 Fax 0874-69616 e-mail: ing.nicoladirenzo@gmail.com	

---

# RELAZIONE SUI MATERIALI

<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>1. CALCESTRUZZO</b> .....	<b>3</b>
1.1 TIPOLOGIA.....	3
1.1.1 <i>Conglomerato cementizio</i> .....	3
1.2 CLASSE DI ESPOSIZIONE.....	4
1.3 COMPONENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	5
1.3.1 <i>Acqua</i> .....	5
1.3.2 <i>Legante idraulico</i> .....	5
1.3.3 <i>Aggregati</i> .....	5
1.3.4 <i>Aggiunte</i> .....	6
1.3.5 <i>Additivi</i> .....	6
1.4 REOLOGIA DEGLI IMPASTI E GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI.....	7
1.5 RAPPORTO ACQUA/CEMENTO .....	7
1.6 LAVORABILITÀ .....	7
1.7 ACQUA DI BLEEDING .....	8
1.8 CONTENUTO D'ARIA .....	9
1.9 POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO.....	9
1.10 CASSEFORME.....	10
1.11 STAGIONATURA .....	10
<b>2. ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO</b> .....	<b>11</b>
<b>3. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE</b> .....	<b>12</b>
3.1 TIPOLOGIA.....	12
3.2 IDENTIFICAZIONE .....	13
3.3 MARCATURA .....	14
3.4 POSIZIONE DELLE MARCATURE.....	14
3.5 STAMPIGLIATURA.....	14
3.6 LUNGHEZZA .....	14
3.7 GIUNTI A COMPRESSIONE .....	14
3.8 STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE IN CANTIERE.....	14
3.9 PRE-ASSEMBLAGGIO A PIÈ D'OPERA.....	15
3.10 MONTAGGIO IN CANTIERE .....	15
3.11 TAGLIO .....	15
3.12 CONTATTI D'APPOGGIO PER GIUNTI SOTTOPOSTI A COMPRESSIONE .....	15
3.13 IRRIGIDIMENTI .....	16
3.14 RADDRIZZAMENTO .....	16
3.15 RISCALDAMENTO.....	16
3.16 CONNESSIONI TEMPORANEE.....	16
3.17 MONTAGGIO .....	16
3.18 ALLINEAMENTO DELLE STRUTTURE.....	16
3.19 LIVELLAMENTO PILASTRI .....	17
3.20 CONTRO-FRECCHE TEORICHE PROGETTUALI .....	17
3.21 CONTRO-FRECCHE PER L'ASSESTAMENTO DEI GIUNTI.....	17
3.22 BULLONI PER PIASTRE DI BASE IN MANICOTTI.....	17
3.23 UNIONI SALDATE .....	17
3.24 PROCEDURA DI SALDATURA .....	17

---

3.25	SALDATURE PROVVISORIE E CONNESSIONI TEMPORANEE .....	17
3.26	SALDATURE DI TESTA .....	18
3.27	SALDATURE DI PERNI O CONNETTORI.....	18
3.28	TEST DI SALDATURA .....	18
3.29	RIMOZIONE DELLE SCORIE .....	18
3.30	FORI PER LE UNIONI BULLONATE .....	18
3.31	PREPARAZIONE DEGLI ELEMENTI DA IMBULLONARE.....	18
3.32	CONDIZIONI DEI BULLONI .....	19
3.33	RONDELLE .....	19
3.34	RONDELLE A SPESSORE VARIABILE .....	19
3.35	BLOCCAGGIO DEI BULLONI .....	19
3.36	LIMITI DI LUNGHEZZA.....	19
3.37	TIRAGGIO DEI BULLONI.....	19
3.38	CONNESSIONI CHE PERMETTONO MOVIMENTO - ASOLE.....	19
3.39	CONNETTORI CHIMICI .....	20
3.40	TIRAFONDI.....	20
3.41	PROTEZIONE DALLA CORROSIONE - ZINCATURA .....	20
<b>4.</b>	<b>FRP .....</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>MURATURE IN LATERIZIO.....</b>	<b>21</b>
<b>6.</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>21</b>
6.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	21
6.2	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO.....	22
6.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	23

---

## PREMESSA

L'impiego dei materiali per la realizzazione degli interventi è subordinata alla qualità e alle caratteristiche meccaniche utilizzate nella relazione di calcolo. La loro scelta sarà conforme alle prescrizioni indicate nelle **NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI di cui al D.M. 17/01/2018 - G.U. 42 del 20 febbraio 2018, suppl. ordinario**. Tutti i materiali strutturali devono essere:

**IDENTIFICATI** univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili delle NTC 2018;

**QUALIFICATI** sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure di cui alle NTC 2018;

**ACCETTATI** dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

## 1. CALCESTRUZZO

### 1.1 Tipologia

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. dovranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità *CE* che soddisfino i requisiti previsti dalla norma *UNI EN 197-1:2006*. Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, per limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, saranno utilizzati cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma *UNI EN 197-1:2006*. Per le strutture armate e non, sia in elevazione che in fondazione, si prescrive l'utilizzo di conglomerato cementizio per uso strutturale come definito al §4.1 delle *NTC2018*. Il conglomerato cementizio è identificato mediante la resistenza convenzionale a compressione uniassiale caratteristica misurata su cubi  $R_{ck}$ . Per le strutture armate, si prescrive l'impiego delle seguenti tipologie di calcestruzzo:

#### 1.1.1 Conglomerato cementizio

- Classe di esposizione (*UNI EN 206-1:2006*): **XC2**
- Diametro massimo inerte: 20 mm (8 mm per i solai)
- Copriferro: >30 mm
- Classe di resistenza: valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni (EN 206)  $f_{ck} \geq 25$  MPa (Eurocodice 2 C25/30).
- Classe di consistenza: **S3**

## 1.2 Classe di esposizione

Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006.

Classe di esposizione UNI 9858	Classe di esposizione UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
<b>1) ASSENZA DI RISCHIO DI CORROSIONE O ATTACCO</b>						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/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.	-	C 12/15	-
<b>2) CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE</b>						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su 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.						
2 a	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.	0.60	C 25/30	-
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0.60	C 25/30	-
5 a	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.	0.55	C 28/35	-
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto e umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0.50	C 32/40	-
<b>3) CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI ESCLUSI QUELLI PROVENIENTI DALL'ACQUA DI MARE</b>						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0.55	C 28/35	-
4 a 5 a	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenete cloruri (Piscine).	0.50	C 32/40	-
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	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.	0.45	C 35/45	-
<b>4) CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI PRESENTI NELL'ACQUA DI MARE</b>						
4 a 5 b	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.	0.50	C 32/40	-
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.	0.45	C 35/45	-
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alla marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi e onde del mare.	0.45	C 35/45	-
<b>5) ATTACCO DEI CICLI DI GELO/DISGELO CON O SENZA DISGELANTI *</b>						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia e al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0.50	C 32/40	-
3	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.	0.50	C 25/30	3
2 b	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.	0.50	C 25/30	3
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo e 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.	0.45	C 28/35	3
<b>6) ATTACCO CHIMICO **</b>						
5 a	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.	0.55	C 28/35	-
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0.50	C 32/40	-
5 c	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 liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di carico industriali.	0.45	C 35/45	-
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.						
**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.						

---

## 1.3 Componenti del conglomerato cementizio

### 1.3.1 Acqua

Per il confezionamento degli impasti deve impiegarsi esclusivamente acqua limpida, priva di sali e cloruri, non aggressiva, conformi alla *UNI EN 1008:2003*, in quantità tale da ottenere un impasto di buona lavorabilità e consistenza variabile tra fluido e plastico (S2-S5), ma comunque non inferiore ai 180 l/mc.

### 1.3.2 Legante idraulico

Per il confezionamento degli impasti devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, in particolare *L. 26/05/1965 n. 595* e *norma armonizzata EN 197-1* e dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme *EN 197-1 ed EN 197-2*. È escluso l'impiego di cementi alluminosi. Il legante deve risultare costituito da cemento tipo 425 o superiori.

### 1.3.3 Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, devono possedere marcatura CE secondo *D.P.R. 246/93* e successivi decreti attuativi. Per il confezionamento degli impasti deve essere utilizzata sabbia in quantità di  $0.46 \div 0.57$  mc con grani assortiti di grandezza variabile da 0 a 7 mm e ghiaia o pietrisco in quantità di  $0.65 \div 0.79$  mc con elementi assortiti di dimensioni fino a 30 mm.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- a. il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO<sub>3</sub> da determinarsi con la procedura prevista dalla *UNI-EN 1744-1 punto 12*) dovrà essere inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se questo è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- b. il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con *UNI-EN 1744-1 punto 11*) deve essere < 0.1%;
- c. non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla *UNI 8520-22*, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della *UNI 8520 parte 2*.

Gli inerti costituenti l'aggregato saranno provenienti da rocce non gessose prive di elementi gelivi e friabili, scevri di sostanze estranee quali materie organiche, melmose, terrose e di salsedine, avranno un'umidità del  $2 \div 3\%$  e conformi alla parte armonizzata della norma europea *UNI EN 12620*.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del *DPR n. 246/93* è indicato nella tabella seguente:

SPECIFICA TECNICA EUROPEA DI RIFERIMENTO	USO PREVISTO	SISTEMA DI ATTESTAZIONE DELLA CONFORMITÀ
Aggregati per calcestruzzo <i>UNI EN 12620-13055-1</i>	<i>Calcestruzzo strutturale</i>	2+

Il sistema 2+ (*certificazione del controllo di produzione in fabbrica*) deve essere eseguito così come specificato *all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n. 246/93*.

Gli aggregati leggeri devono essere conformi alla parte armonizzata della *norma Europea UNI EN 13055*. Il sistema di attestazione della conformità è analogo al caso precedente.

### 1.3.4 Aggiunte

Eventuali aggiunte in quantità tale da non modificare negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio devono soddisfare i requisiti della norma *EN 450* e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla *UNI EN 206-1* punto 5.1.6 e punto 5.2.5 ed *UNI 11104* punto 4.2.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

### 1.3.5 Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono avere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto, ai requisiti imposti dai prospetti della norma *UNI EN 934* (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

È onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste e per valutare eventuali effetti indesiderati.

Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà ricorrere all'uso di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dall'azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative *UNI EN 206* e *UNI 11104*.

Segue uno schema riassuntivo per le classi di additivo in funzione delle classi di esposizione.

	<b>R<sub>ck</sub> min</b>	<b>a/c max</b>	<b>WR/SF*</b>	<b>AE*</b>	<b>HE*</b>	<b>SRA*</b>	<b>IC*</b>
<b>X0</b>	15	0,60					
<b>XC1 XC2</b>	30	0,60	×				
<b>XF1</b>	40	0,50	×		×	×	
<b>XF2</b>	30	0,50	×	×	×	×	×
<b>XF3</b>	30	0,50	×	×	×	×	
<b>XF4</b>	35	0,45	×	×	×	×	×
<b>XA1 XC3 XD1</b>	35	0,55	×			×	×
<b>XS1 XC4 XA2 XD2</b>	40	0,50	×			×	×
<b>XS2 XS3 XA3 XD3</b>	45	0,45	×			×	×

\* *WR/SF*: fluidificanti/superfluidificanti, *AE*: Aeranti, *HE*: Acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali), *SRA*: additivi riduttori di ritiro, *IC*: inibitori di corrosione.

Nell'esecuzione dei getti si prescrivono le seguenti norme:

1. Vibratura accurata di tutti i getti;
2. L'interruzione e la ripresa dei getti si effettuerà nelle zone non sollecitate;
3. Nel caso la temperatura scendesse al disotto di +1 °C o in presenza di venti particolarmente caldi, i getti dovranno essere interrotti.

---

## 1.4 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai §§ 1.5 e 1.6 che seguono. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (lavorabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste dal progettista.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di  $\frac{1}{4}$  della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

## 1.5 Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla relazione seguente:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add} + a_{gh}$$

dove:

$a_{aggr}$  quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

$a_{add}$  aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3l/m<sup>3</sup>) o le aggiunte minerali in forma di *slurry*;

$a_{gh}$  aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di *chips* di ghiaccio;

$a_m$  aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

Nella quale:

$c$  dosaggio per m<sup>3</sup> di impasto di cemento;

$c_v$  dosaggio per m<sup>3</sup> di impasto di cenere volante;

$f_s$  dosaggio per m<sup>3</sup> di impasto di fumo di silice;

$K_{cv}$  ;  $K_{fs}$  coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104.

## 1.6 Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta .



Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato, la lavorabilità al momento del getto sarà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione, secondo le indicazioni riportate nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo alla *UNI-EN 206-1* dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo sarà definita mediante il valore dell'abbassamento al *cono di Abrams (UNI-EN 12350-2)* che definisce la classe di consistenza; i valori dell'abbassamento al cono sono rilevabili nella tabella seguente:

CLASSE DI	ABBASSAMENTO	DENOMINAZIONE	CAMPO DI APPLICAZIONE
S1	Da 10 a 40	Umida	Cordoli, marciapiedi
S2	Da 50 a 90	Plastica	Forti pendenze
S3	Da 100 a 150	Semifluida	Scale, coperture inclinate rampe
S4	Da 160 a 210	Fluida	Muri, solai, travi pilastri
S5	Oltre 220	Superfluida	Strutture sottili, scarso interfero

Non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore a **S3**.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta sarà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere, a discrezione della D.L.:

- a. respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- b. accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

### **1.7 Acqua di bleeding**

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma *UNI 7122*.

---

## 1.8 Contenuto d'aria

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma *UNI EN 12350-7* basata sull'impiego del *porosimetro*. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato dalla Direzione Lavori in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF: strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti.

## 1.9 Posa in opera del conglomerato

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti a evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al disotto dei +1° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33° C.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti a evitare la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso. Per la compattazione del getto saranno adoperati vibratori a parete o a immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione a immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto, nel calcestruzzo ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione sarà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 4.1).

Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato.

CLASSE DI CONSISTENZA	TEMPO MINIMO DI IMMERSIONE DELL'AGO NEL CALCESTRUZZO (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere a una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) sarà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

---

## 1.10 Casseforme

Si prescrive l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati che dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti a essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che, dopo il disarmo, non si presentino sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma *UNI 8866*. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

## 1.11 Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- a. la permanenza entro casseri del conglomerato;
- b. l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di *curing*);
- c. l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- d. la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- e. la creazione attorno al getto di un ambiente mantenuto saturo di umidità, con fogli di polietilene o altro;
- f. la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia o altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali. Al fine di assicurare alla struttura una corretta stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e

---

dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Nel caso di superfici orizzontali non cassate (pavimentazioni, platee di fondazione, ecc.) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici saranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.

## 2. ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- a. barre d'acciaio tipo B450C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$ ), rotoli tipo B450C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ );
- b. prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 16 \text{ mm}$  per il tipo B450C;
- c. reti elettrosaldate ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ) tipo B450C;
- d. tralicci elettrosaldati ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ) tipo B450C.

Tutti gli acciai utilizzati come armatura per cemento ordinario o precompresso devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende il processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme *UNI EN 9001* e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme *UNI EN 45012*. Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il *Servizio Tecnico Centrale*, dalla quale risulta in modo inequivocabile il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del *Servizio Tecnico Centrale*. Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.2.6 e controllati con le modalità riportate ai §§ 11.3.2.10, 11.3.2.11 e 11.3.3.5 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*. Deve essere utilizzato acciaio per c.a. laminato a caldo denominato B450C caratterizzato da:

$$f_{y,nom} \geq 450 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{t,nom} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

Questo deve inoltre rispettare i requisiti di cui al § 11.3.2 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018– Tabella 11.3.Ib*.

---

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio. Ai fini della qualificazione dell'aderenza si osserverà quanto previsto al § 11.3.2.10.4 – *Prove di Aderenza delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

Sia le barre che le reti utilizzate devono soddisfare quanto previsto al § 11.3.2.4 - *Caratteristiche dimensionali e di impiego* e al § 11.3.2.5 – *Reti e Tralicci elettrosaldati* delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*, in particolare i nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la *UNI EN ISO 15630-2* pari al 25% della forza di snervamento della barra. Tale resistenza al distacco delle saldature del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore.

La saldabilità deve essere certificata mediante analisi chimica effettuata su colata e su prodotto finito controllando che il quantitativo di carbonio equivalente e la presenza di impurità sia contenuta nei limiti previsti al § 11.3.2.6 – *Saldabilità* - Tabella 11.3.II delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura. I valori minimi da adottare devono essere conformi alle prescrizioni contenute nell'Eurocode EN 1992 – §8.3 – *Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate*. Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti a una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'*aerosol marino*.

Per tutto quanto non esplicitamente indicato nella presente relazione o riportato nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018* si rimanda alla *Circolare Esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21/01/2019 n.7* – “*Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*”.

### **3. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE**

#### **3.1 Tipologia**

Per la realizzazione delle strutture metalliche si prescrive l'utilizzo di acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per gli acciai laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldature), e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati). Questi riceveranno marcatura CE prevista dalla *Direttiva 89/106/CEE – Prodotti da costruzione (CPD)* recepita in Italia dal *DPR 21/04/1993 n. 246* così come modificato dal *DPR 10/12/1997 n. 499* e saranno certificati con sistema di attestazione della conformità 2+ così come definito al § 11.1 delle *NTC 2018*.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, per la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle UNI EN ISO 377/1999, UNI 552/1986, EN 10002-1/2004 e UNI EN 10045-1/1992.

Per la realizzazione delle cerchiature e delle piattabande sarà utilizzato acciaio del tipo **S275** come indicato nelle tavole esecutive e così come definiti al § 11.3.4.1 – *Generalità* delle *NTC 2018*.

Gli acciai utilizzati, saranno caratterizzati dalle seguenti caratteristiche tensionali:

$$S275 \quad f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2 \quad f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tutti gli acciai dovranno avere composizione chimica conforme con quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, così come definite al § 11.3.2.6 delle NTC 2018.

Così come previsto al § 11.3.4.5 – *Processo di saldatura* delle NTC 2018 le saldature degli acciai dovranno avvenire secondo i procedimenti codificati dalla norma UNI EN ISO 4063/2001. I saldatori nei procedimenti manuali e semi-automatici dovranno essere qualificati secondo la UNI EN 287-1/2004. I saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificatamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Nella esecuzione delle saldature dovranno essere rispettate le norme Uni EN 1011/2005 parti 1-2.

I bulloni usati saranno conformi alla norma UNI EN ISO 4016/2002 e UNI 5592/1968. Si prescrive l'uso di bulloni costituiti da viti di **classe 8.8** e dadi di **classe 8** secondo la UNI EN ISO 898-1/2001 con le seguenti proprietà di resistenza:

$$f_{yb} = 649 \text{ N/mm} \quad f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$$

### 3.2 Identificazione

Il prodotto fornito dall'Appaltatore deve presentare una marchiatura, dalla quale risulti in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento di produzione, al tipo di acciaio e al suo grado qualitativo. Il marchio dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP., Servizio Tecnico Centrale. La mancata marchiatura o la sua illeggibilità anche parziale, comporterà il rifiuto della fornitura. L'Appaltatore dovrà fornire al Direttore dei Lavori (DL) i certificati relativi alle prove di qualificazione e alle prove periodiche di verifica della qualità; da tali certificati dovrà risultare chiaramente:

- il nome dell'azienda produttrice, lo stabilimento e il luogo di produzione
- il certificato di collaudo secondo UNI EN 10204:2005
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale
- gli estremi dell'ultimo attestato di deposito conseguito per le prove teoriche di verifica della qualità
- la data di prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato (non anteriore a tre mesi dalla data di ispezione in cantiere)
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto
- i risultati delle prove eseguite in stabilimento o presso un laboratorio ufficiale

- 
- h. l'analisi chimica, che per prodotti saldabili, dovrà soddisfare i limiti raccomandati dalla UNI 5132
  - i. le elaborazioni statistiche previste dagli allegati del D.M. 17.01.2018.

Il D.L. potrà chiedere di eseguire dei prelievi di campioni di materiali da sottoporre a ulteriori prove.

### **3.3 Marcatura**

L'Appaltatore deve contrassegnare e documentare e garantire che tutti i materiali vengano utilizzati secondo quanto specificato.

### **3.4 Posizione delle marcature**

Le marcature devono essere in posizione tale da non essere nascosti da altri materiali successivamente alla messa in opera.

### **3.5 Stampigliatura**

Qualora l'acciaio dovesse essere sabbiato, trattato con acidi, spruzzato o galvanizzato dovrà essere contrassegnato con marchiatura a bassa pressione. I marchi devono essere di profondità adeguata per evitarne la cancellazione. La sabbiatura, ove necessaria, deve essere fatta secondo le norme Svedesi SS 05-59-00.

### **3.6 Lunghezza**

Gli elementi che hanno entrambe le estremità preparate per contatto a compressione, come per esempio puntoni o colonne, non devono scostarsi dalla lunghezza prevista per più di 1 mm.

Gli elementi che non hanno le estremità preparate per contatti a compressione, e che devono essere collegati ad altre parti metalliche della struttura, non devono discostarsi dalla lunghezza prestabilita per più di 2 mm se di lunghezza totale pari o inferiore a 10 m, e 4 mm per elementi più lunghi di 10 m.

### **3.7 Giunti a Compressione**

L'interspazio tra giunti da assemblare durante la fabbricazione, la cui performance dipende da contatto a compressione, non deve eccedere 0.75 mm e deve essere inferiore a 0.25 mm su 50% della lunghezza di contatto della sezione.

### **3.8 Stoccaggio e movimentazione in cantiere**

Le strutture in acciaio saranno disposte in una zona di stoccaggio separata rispetto a quella degli altri materiali di cantiere. Tale zona sarà tenuta opportunamente pulita. L'appaltatore avrà cura di verificare prima del montaggio che non vi siano residui terrosi o altre impurità/scorie sulla superficie dei profili. Qualora vi fosse presenza di sporco, questo dovrà essere rimosso a mezzo spazzolatura.

Tutti gli elementi strutturali in acciaio portati in cantiere e *stoccati* prima della messa in opera devono essere adeguatamente protetti e supportati in modo da essere sollevati dal terreno.

I contrassegni dei vari pezzi devono essere visibili quando le parti sono stoccate. L'appaltatore dovrà usare la massima cura nelle operazioni di imballaggio del materiale e in particolare nel maneggiare e trasportare le strutture metalliche in modo tale da evitare qualunque danno alle strutture stesse e agli strati protettivi.

---

### **3.9 Pre-assemblaggio a piè d'opera**

Tutti i pre-assemblaggi delle strutture saranno effettuati su banchi sollevati da terra opportunamente predisposti dall'appaltatore. Le zone di pre-assemblaggio, se non diversamente concordato con la DL, dovranno essere allestiti all'esterno del perimetro dell'edificio finito.

La DL alla consegna dei lavori indicherà all'appaltatore le aree previste per i pre-assemblaggi. I pre-assemblaggi saranno eseguiti secondo il programma di montaggio e tutto il materiale pre-assemblato dovrà essere immagazzinato in aree buffer, opportunamente predisposte. Tutto il materiale immagazzinato nelle aree Buffer dovrà essere sequenzializzato secondo il programma di installazione.

Qualora non fosse possibile prevedere aree di cantiere sufficienti a permettere il pre-assemblaggio delle strutture in cantiere, tale operazione dovrà essere eseguita dall'appaltatore presso le sue officine, o in altro luogo concordato e accessibile alla DL. Il materiale dovrà giungere in cantiere già sequenzializzato secondo il programma di montaggio.

### **3.10 Montaggio in cantiere**

È fatto obbligo all'Appaltatore delle opere prima di redigere l'offerta di appalto, di effettuare una visita in cantiere per accertare le condizioni operative legate al montaggio. In tale occasione dovrà essere redatto un *Verbale di visita*. Durante la visita preliminare in cantiere saranno individuate le seguenti aree:

- area di stoccaggio;
- area di pre-assemblaggio;
- area di montaggio (sollevamento).

Il tutto in relazione all'effettiva operatività generale. È fatto obbligo all'appaltatore di verificare i tracciamenti degli ancoraggi alle strutture in c.a. prima dell'inizio della fase di montaggio. Non sarà in alcun caso accettato reclamo relativo a errori di tracciamento dall'esecutore delle opere civili.

### **3.11 Taglio**

L'acciaio andrà tagliato con un sistema automatico o semi-automatico. Il taglio manuale o a fiamma andrà utilizzato unicamente quando non è possibile l'impiego di macchinario automatico o semi-automatico, e solo con l'approvazione della DL.

Non è consentito l'utilizzo di equipaggiamento per taglio con dispositivi a caldo senza previa approvazione della DL. Qualora si eseguissero tagli a fiamma, i bordi di tutte le piastre tagliate andranno levigati per rimuovere scorie, segni, depositi, irregolarità e indurimenti eccessivi.

Andranno inoltre rimosse bave, spigoli vivi e bordi irregolari a mezzo di molatura.

### **3.12 Contatti d'appoggio per giunti sottoposti a compressione**

I giunti sottoposti a compressione avranno superfici di contatto preparate per ottenere un piano di giunzione adeguato. Sarà possibile utilizzare limatura, taglio o altri sistemi equivalenti approvati dalla DL. Le superfici destinate a giunzioni a contatto devono essere ad angolo retto rispetto all'asse nominale dell'elemento stesso. Angoli diversi saranno accettati solo se indicati e annotati nei disegni di carpenteria. Non occorre effettuare alcuna preparazione aggiuntiva su superfici destinate a essere conglobate in letti di malta come le piastre per fondazioni oppure quelle di attacco di strutture metalliche a quelle di cls.



---

### **3.13 Irrigidimenti**

I fazzoletti di irrigidimento saranno tagliati e levigati per assicurare un contatto preciso lungo i bordi delle flange.

### **3.14 Raddrizzamento**

Non deve essere effettuato alcun raddrizzamento del materiale che possa provocare alterazioni delle sue caratteristiche fisiche o chimiche e di conseguenza una non conformità con i requisiti specificati per il materiale al momento della fornitura. Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore deve fornire alla DL per approvazione, e includere nella propria *Dichiarazione di Metodo*, le procedure che intende adottare per eventuali interventi di raddrizzamento di elementi strutturali.

### **3.15 Riscaldamento**

Non deve essere effettuato alcun riscaldamento del materiale che possa provocare una alterazione delle sue caratteristiche e di conseguenza una non conformità ai requisiti specificati per il materiale al momento della fornitura.

### **3.16 Connessioni temporanee**

Dopo il loro utilizzo, l'Appaltatore deve rimuovere ogni eventuale connessione temporanea impiegata per attuare il suo metodo di fabbricazione o messa in opera. La rimozione degli elementi temporanei deve avvenire nel rispetto dei regolamenti in materia e con una procedura concordata ed approvata dalla DL.

### **3.17 Montaggio**

Qualunque siano le sequenze di montaggio, l'appaltatore deve tenere conto del comportamento statico della struttura nelle configurazioni parziali e delle sollecitazioni prodotte in fase di sollevamento redigendo apposita relazione di calcolo. Dovrà inoltre essere definito il tipo di sottofondo adatto sia al passaggio dei mezzi, sia a un corretto pre-montaggio delle strutture.

### **3.18 Allineamento delle strutture**

Tutte le parti strutturali saranno allineate, non appena sia possibile, dopo il loro assemblaggio.

Le connessioni permanenti tra i vari membri non saranno realizzate fino a quando la struttura non sia stata sufficientemente allineata, livellata, messa a piombo e connessa temporaneamente.

L'Appaltatore dovrà garantire che i vari componenti non vadano fuori squadra durante la messa in opera o l'allineamento del resto della struttura.

Occorrerà prendere in dovuta considerazione gli effetti della temperatura sulla struttura e sugli strumenti di misurazione quando vengono effettuate misure per il tracciamento, la messa in opera e l'edificazione, e per tutti i successivi controlli dimensionali.

---

### **3.19 Livellamento pilastri**

Il livellamento e la messa a piombo dei pilastri avverrà utilizzando piastre piane e cuneiformi in acciaio di adeguata grandezza, resistenza e rigidità. Laddove i piatti di livellamento vengano lasciati in posizione per essere successivamente conglobati nella malta, questi devono essere posizionati in modo tale da essere completamente racchiusi e ricoperti dal getto.

### **3.20 Contro-frecce teoriche progettuali**

La geometria mostrata nei disegni del *Progetto Esecutivo* corrisponde alla struttura indeformata e al netto delle preformature. Il *Progetto Costruttivo* dovrà considerare le strategie appropriate per un'eventuale preformatura (pre-camber). I pre-camber richiesti sono indicati sui disegni del *Progetto Esecutivo*.

### **3.21 Contro-frecce per l'assestamento dei giunti**

Potrà prevedersi un'ulteriore e adeguata preformatura contro gli assestamenti di tipo irreversibile, per tenere in considerazione il cumulativo assestamento delle giunzioni presenti nella struttura di copertura.

### **3.22 Bulloni per piastre di base in manicotti**

I bulloni di ancoraggio delle piastre di base vanno collocati a conveniente distanza dalle superfici che limitano lateralmente la struttura in c.a. alla quale sono ancorate. La lunghezza di ancoraggio deve rispettare quanto prescritto dal *DM 17.01.2018*. La distribuzione in pianta dei bulloni di base, posizionati in manicotti eventualmente cementati, non deve deviare dall'indicazione sui disegni per più di 5 mm.

### **3.23 Unioni saldate**

Le saldature e gli acciai per strutture saldate devono essere conformi alle raccomandazioni contenute nelle *UNI 5132*. Le saldature devono essere fatte sotto la direzione di tecnici saldatori che abbiano qualifiche appropriate, e che abbiano certificazione di procedura secondo le *UNI 4634*.

### **3.24 Procedura di saldatura**

Le procedure di saldatura devono essere conformi alle raccomandazioni delle *UNI 5132*.

Per l'esecuzione dei giunti saldati in opera e/o a piè d'opera, dovrà essere garantito un avvicinamento delle parti all'interno delle tolleranze ammesse per ciascun tipo di saldatura. Dovranno essere quindi previsti i necessari supporti del materiale di apporto in accordo con la preparazione dei lembi.

Si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per un perfetto allineamento delle parti da saldare. Le saldature non dovranno essere levigate salvo ove esplicitamente indicato sui disegni. Le procedure di saldatura e le sequenze di fabbricazione devono essere tali da ridurre al minimo la distorsione.

### **3.25 Saldature provvisorie e connessioni temporanee**

Le saldature provvisorie e quelle relative alle giunzioni temporanee, necessarie per fabbricazione e/o messa in opera, devono essere conformi ai regolamenti citati, e dovranno essere rimosse in modo da non danneggiare le opere permanenti. Il metodo di rimozione deve essere sottoposto all'approvazione della DL.

---

### **3.26 Saldature di testa**

Dove possibile, saranno utilizzate piastre di sostegno per assicurare pieno spessore/riempimento della gola alle estremità. Tali piastre dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- a. le caratteristiche meccaniche e fisiche devono essere identiche a quelle del materiale da saldare;
- b. le piastre devono essere preparate nello stesso modo delle parti da unire;
- c. dopo il completamento della saldatura, le piastre devono essere rimosse tramite taglio.

Le superfici alle quali erano attaccate devono essere smussate, smerigliate e ispezionate per verificare l'assenza cricche.

### **3.27 Saldature di perni o connettori**

Ove previsto, i perni di rotazione o scorrimento dovranno essere installati secondo quanto prescritto dal produttore sia per i materiali, che per le procedure e dispositivi accessori.

### **3.28 Test di saldatura**

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa appaltatrice dovrà condurre una serie di prove di saldatura su perni/connettori per verificare l'adeguatezza del sistema di saldatura e dell'equipaggiamento proposto. Le prove devono essere effettuate utilizzando lo stesso materiale e le procedure previste per i lavori. Nelle prove devono essere testati almeno il 10% dei connettori. Nell'ipotesi di saldatura in sito dei connettori, all'inizio di ciascun turno, vanno fatte almeno due prove di saldatura per ciascun saldatore.

### **3.29 Rimozione delle scorie**

Si procederà alla rimozione delle scorie con leggere martellature, spazzole metalliche o altri metodi che non deformino la superficie della saldatura.

### **3.30 Fori per le unioni bullonate**

Tutti i fori saranno punzonati e alesati a meno che non sia diversamente concordato con la DL.

Salvo diverse indicazioni riportate sui disegni, i fori per bulloni normali devono avere un diametro uguale a quello del bullone, maggiorato di 1,0 mm fino al diametro 20 mm, e di 1,5 mm per diametri maggiori di 20 mm. Per le piastre di fondazione si accetta una tolleranza leggermente maggiore.

Nel caso si verifichi uno spostamento dei fori dal loro allineamento tra due flange, non è consentito allargare i fori stessi o distorcere il metallo per ottenere l'allineamento. Per bulloni e i fori di ventilazione nelle sezioni cave i fori saranno sigillati per evitare l'ingresso di umidità. Qualora le metodologie da utilizzare non fossero specificate negli elaborati di progetto, esse saranno definite dall'Appaltatore che le illustrerà nella propria dichiarazione di metodo.

### **3.31 Preparazione degli elementi da imbullonare**

Per tutti gli assemblaggi con bulloni, il grado di resistenza della combinazione bullone – dado – rondella deve rispettare quanto previsto o raccomandato nei relativi *standard*.

---

### **3.32 Condizioni dei bulloni**

L'assemblaggio dei bulloni, immediatamente prima l'installazione, deve essere in condizioni tali che il dado ruoti liberamente sul bullone.

### **3.33 Rondelle**

Ogni unione bullonata deve contenere almeno una rondella posta sotto la parte che viene ruotata.

### **3.34 Rondelle a spessore variabile**

Le rondelle saranno utilizzate sotto le teste dei bulloni o dadi che poggiano su superfici inclinate di 3° o più gradi dal piano ad angolo retto con l'asse del bullone.

### **3.35 Bloccaggio dei bulloni**

I dadi utilizzati in giunzioni soggette a vibrazioni o a sollecitazioni inverse saranno opportunamente bloccati. Qualora le metodologie da utilizzare non fossero specificate negli elaborati di progetto, esse saranno definite dall'impresa appaltatrice che le illustrerà nella propria dichiarazione di metodo.

### **3.36 Limiti di lunghezza**

La lunghezza del bullone deve essere tale che sia visibile almeno un filetto sopra al dado dopo il tiraggio. Inoltre, almeno un filetto, oltre a quello finale, dovrà essere libero tra il dado e la parte non filettata del bullone.

### **3.37 Tiraggio dei bulloni**

Le coppie di serraggio saranno conformi alle raccomandazioni contenute nell'Eurocodice 3. Il serraggio non dovrà mai essere spinto oltre il limite nominale per non compromettere la capacità dell'unione. La tolleranza sulle coppie di serraggio è del 10%.

### **3.38 Connessioni che permettono movimento - asole**

Nel caso in cui siano indicati sui disegni dei fori asolati per permettere il movimento, il giunto deve essere assemblato in modo tale da consentire il movimento desiderato o prescritto.

Le connessioni con asole saranno realizzate utilizzando il seguente metodo:

- a. il foro asolato deve essere di diametro maggiore rispetto a quello non asolato;
- b. deve essere utilizzato un bullone del tipo a testa larga, con una rondella elastica sotto la testa, la quale poggia sulla superficie di contatto della parte non asolata;
- c. una rondella piatta deve essere messa sotto il dado e questo deve essere serrato sulla parte non asolata.

È fatto severo divieto all'appaltatore di praticare asole alle connessioni laddove non siano specificatamente prescritte dal progetto. Nel caso in cui questo divieto non fosse rispettato, la DL ordinerà l'immediata sostituzione dei pezzi in questione.

---

### **3.39 Connettori chimici**

Ove specificato sugli elaborati di progetto, l'uso di connettori con resine chimiche è consentito purché le specifiche e modalità richieste dal produttore siano seguite scrupolosamente.

La scelta del tipo appropriato di connettore chimico, se non indicato sugli elaborati di progetto, sarà fatta dall'Impresa appaltatrice in base ai carichi e alle funzioni che il connettore deve assolvere, previa approvazione della DL.

### **3.40 Tirafondi**

Durante le fasi di installazione tutti i bulloni di base dovranno essere assicurati saldamente in posizione. Durante tutte le fasi di costruzione tutti i bulloni, filettature e dadi dovranno essere protetti per prevenire danni, corrosione e contaminazione. Le cavità formate per alloggiare i bulloni di base dovranno essere mantenute libere e pulite da corpi estranei.

### **3.41 Protezione dalla corrosione - Zincatura**

Per le membrature metalliche (acciaio) si prevede un sistema di protezione per zincatura per immersione a caldo secondo UNI 5744/66. I sistemi di protezione dovranno essere preceduti dalla preparazione delle superfici, consistente in:

- a. sgrassaggio
- b. lavaggio
- c. decapaggio
- d. lavaggio
- e. flussaggio
- f. essiccamento.

La preparazione, inoltre, dovrà prevedere:

- a. preparazione del supporto metallico con pulizia di sabbiatura al grado *Sa21/2* secondo *SSPC-SP10/63*; procedura da effettuarsi esclusivamente con stato iniziale dell'acciaio *A, B, C, D* secondo *standard fotografico SIS 055900/67*. Raggiungere il grado di preparazione *A21/2, B21/2, C21/2, D21/2*. Qualora il supporto metallico non dovesse rispondere allo standard fotografico di cui sopra, esso dovrà essere portato a quello stato prima della preparazione successiva;
- b. preparazione del supporto metallico con pulizia di sabbiatura a metallo bianco al grado *Sa3* secondo *SSPC-SP5/63*; procedura da effettuarsi esclusivamente con stato iniziale dell'acciaio *A, B, C, D* secondo *standard fotografico SIS 055900/67*. Raggiungere il grado di preparazione *ASa3, Bsa3, Csa3*.
- c. Quantità minima di zinco:
- d. 500 g/m<sup>2</sup> per profilati, tubi, piatti, ecc.;
- e. 375 g/m<sup>2</sup> per dadi e bulloni.

Lo zinco da impiegare nel bagno dovrà essere almeno di qualità Zn 99.9 secondo *UNI 2013/74*. Lo strato di zinco dovrà presentarsi uniforme ed esente da incrinature, scaglie, scorie e analoghi difetti. Esso dovrà aderire tenacemente alla superficie del metallo base. Il controllo sarà effettuato in base alla *CEI 7-6*. Sulle parti filettate, dopo la zincatura, non si dovranno effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo

---

utensile a eccezione della filettatura dei dadi. Dopo la zincatura, i dadi dovranno potersi avvitare agevolmente ai rispettivi bulloni e le rosette elastiche, gli spinotti, i colletti filettati e i bulloni non dovranno aver subito deformazioni o alterazioni delle loro caratteristiche meccaniche.

#### 4. FRP

Le caratteristiche tecniche della fibra in carbonio utilizzata saranno:

- *resistenza ultima a trazione: 2.800 MPa*
- *modulo elastico a trazione: 190 GPa*
- *allungamento a rottura: 1.4%*
- *spessore equivalente: 0.381 mm*

#### 5. MURATURE IN LATERIZIO

Le murature portanti saranno realizzate con blocchi semipieni in laterizio alleggerito in pasta tipo *Poroton* serie *P800* o equivalente per murature portanti, con spessori variabili come indicato negli elaborati grafici, aventi peso specifico apparente pari a circa 820 kg/mc e percentuale di foratura inferiore al 45%, conforme con quanto previsto nelle N.T.C. 2018. Nella tabella seguente sono riassunte le principali caratteristiche dei blocchi da adoperare:

Percentuale di foratura del laterizio	≤ 45%
Peso specifico apparente del laterizio	820 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza caratteristica del singolo bloccoportante in direzione dei fori	$f_k$ 10,0 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica del singolo blocco per carico in direzione ortogonale alla direzione dei fori	$f_{bk}$ 2.5 N/mm <sup>2</sup>
Potere fonoisolante a 500 Hz	R <sub>w</sub> 46* dB
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Resistenza al fuoco	REI 120
Trasmittanza termica periodica Y <sub>IE</sub> (D.P.R. 59/2009, articolo 4)	0.4131 W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza della parete U secondo UNI EN 1745	0,918 W/m <sup>2</sup> K
Conducibilità termica equivalente (λ <sub>eq</sub> ) secondo UNI EN 1745	0,228 W/mK
Resistenza alla diffusione al vapore (μ)	10 adim.
Permeabilità al vapore (δ)	20x10 <sup>-12</sup> kg/msPa

#### 6. CONTROLLI

##### 6.1 Conglomerato cementizio

Il controllo di qualità del conglomerato viene eseguito in accordo con quanto previsto al § 11.2.2 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*. Il conglomerato deve essere prodotto in controllo di qualità con lo scopo di monitorare l'effettiva rispondenza delle caratteristiche meccaniche con quanto definito in sede di progetto.

Si eseguiranno in cantiere **Controlli di Accettazione** durante l'esecuzione dell'opera contestualmente al getto del relativo componente strutturale e successive **Prove complementari** a completamento delle prove di accettazione (se ritenuto utile e/o necessario dalla direzione lavori) eseguite presso laboratori ufficiali di cui *all'art. 59 del DPR n. 380/2001*.

---

Durante l'esecuzione dei getti saranno prelevati dagli impasti provini da sottoporre a prova. Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri e alla presenza della Direzione Lavori, il calcestruzzo necessario per il confezionamento di un gruppo di 2 provini. La resistenza del prelievo sarà data dalla media delle resistenze a compressione dei due provini e tale valore costituisce valore di riferimento mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo si farà riferimento a quanto indicato nelle norme *UNI EN 12390-1* ed *UNI EN 12390-2*. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo si farà riferimento a quanto indicato nella *UNI EN 12390-4*.

Per costruzioni con meno di 1500 m<sup>3</sup> di getto, è possibile eseguire un **controllo tipo A** riferito a un quantitativo di miscela omogeneo non maggiore di 300 m<sup>3</sup>.

Ogni controllo di accettazione è rappresentato da n.3 prelievi, ciascuno dei quali eseguiti su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulterà pertanto un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto.

Per ogni giorno di getto andrà comunque effettuato almeno un prelievo (fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi è consentito derogare all'obbligo del prelievo giornaliero per getti inferiori a 100 m<sup>3</sup>).

Il controllo di accettazione è positivo e conseguentemente il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla tabella 11.2.I del § 11.2.5 – *Controllo di accettazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

Qualora la resistenza dei provini prelevati durante il getto non soddisfi i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista in fase di progetto, e/o su richiesta della direzione lavori, potranno essere eseguite prove non distruttive, da non intendersi sostitutive dei controlli di accettazione, in accordo con il § 11.2.6 – *Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

La direzione lavori si fa carico degli obblighi previsti al § 11.2.5.3 – *Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*.

## **6.2 Acciaio per calcestruzzo armato**

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle *UNI EN ISO 15630-1* e *UNI EN ISO 15630-2*.

I controlli di accettazione in cantiere devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al § 11.3.2.10.4 – *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo al § 11.3.2.3 – *Accertamento delle proprietà meccaniche delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti a uno stesso diametro, sono riportati al § 11.3.2.10.3 – *Controlli nei centri di trasformazione* e § 11.3.2.12 – *Accettazione in cantiere delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018*. Se i tre risultati validi

---

della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato uniforme. In caso contrario, salvo ulteriore indagine, il lotto deve essere respinto.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura della Direzione Lavori che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

### **6.3 Acciaio per carpenteria metallica**

Sugli acciai impiegati sarà effettuato, a cura e discrezionalità della direzione lavori, un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 T, come previsto al § 11.3.2.12 – *Controlli di accettazione in cantiere* delle NTC 2018.

Per le forniture di elementi lavorati provenienti da un centro di trasformazione, a discrezione della Direzione lavori, i controlli in precedenza indicati potranno essere effettuati presso il medesimo centro di trasformazione. In tal caso, il prelievo dei campioni potrà essere effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori.

I campioni così controllati, saranno identificati ed etichettati dal Direttore dei Lavori e inviati presso un laboratorio ufficiale di prove sui materiali accompagnati da apposita richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei lavori stesso.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al § 11.3.3.5.3 delle *NTC 2018*.