



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



MIT  
MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Regione Lombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE  
COMMESSA

B 3 5

LIVELLO  
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.  
207/10

g

PROGRESSIVO  
ELABORATO

0 0 1

CATEGORIA  
OPERA

I T

NUMERO  
OPERA

0 1

REVISIONE

R 0

SCALA

===

IMPIANTO DI PRODUZIONE, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE IDROGENO  
ADEGUAMENTO IMPIANTO FERROVIARIO DI EDOLO  
Progetto Definitivo

Binari adibiti al rifornimento di idrogeno  
Stazione di Edolo  
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Giu. 2024	PRIMA EMISSIONE	S.Mele	R.Pantalena

FERROVIENORD

APPALTATORE

Progettista



REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
S.Mele	R.Pantalena	A.Fava	Giu. 2024
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
1.1. Documenti Correlati .....	4
1.2. Descrizione della forma e principali dimensioni dell'intervento.....	4
<b>2. AMBITO DELLA STAZIONE .....</b>	<b>4</b>
2.1. CAM – Criteri Ambientali Minimi .....	4
<b>3. CAMPIONATURE E PROTOTIPI.....</b>	<b>5</b>
3.1. Oggetto e finalità.....	5
3.2. Descrizioni della fornitura e/o lavorazione da campionare .....	5
3.3. Documentazione a corredo della campionatura e/o del prototipo .....	5
3.4. Prove e controlli .....	6
3.5. Marcatura CE .....	6
3.6. Relazione conclusiva con raccolta di tutta la documentazione .....	6
3.7. Modalità di approvazione delle campionature e/o del prototipo .....	7
3.8. Protezione delle opere eseguite.....	7
<b>4. ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO .....</b>	<b>8</b>
4.1. PAVIMENTAZIONI .....	8
4.1.1. <i>Pavimentazione banchina in autobloccanti</i> .....	8
<b>5. STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO GETTATE IN OPERA .....</b>	<b>9</b>
5.1. Normativa di riferimento.....	10
5.2. Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi.....	11
5.2.1. <i>Cemento</i> .....	11
5.2.2. <i>Inerti</i> .....	12
5.2.3. <i>Acqua di impasto</i> .....	15
5.2.4. <i>Aria intrappolata</i> .....	15
5.2.5. <i>Aria aggiunta o inglobata</i> .....	15
5.2.6. <i>Aria totale</i> .....	15
5.2.7. <i>Additivi, betoncini e malte speciali</i> .....	15
5.2.8. <i>Additivi aeranti fluidificanti</i> .....	16
5.2.9. <i>Additivi acceleranti di presa</i> .....	16
5.2.10. <i>Additivi ritardanti di presa</i> .....	17
5.2.11. <i>Additivi impermeabilizzanti</i> .....	17
5.2.12. <i>Additivi antiritiro ed espansivi</i> .....	18
5.2.13. <i>Consistenza</i> .....	18
5.2.14. <i>Resa</i> .....	18
5.2.15. <i>Omogeneità</i> .....	19
5.2.16. <i>Acqua essudata (bleeding)</i> .....	19
5.2.17. <i>Malte e betoncini a stabilità volumetrica</i> .....	19
5.2.18. <i>Malte sigillanti espansive a tenuta idraulica</i> .....	20
5.2.19. <i>Malte betoncini e boiacche da iniezione per riparazioni e consolidamenti</i> .....	20
5.3. Classificazione dei calcestruzzi .....	21
5.3.1. <i>Tipi e classi di calcestruzzo</i> .....	23
5.4. Controlli in corso d'opera .....	24

5.4.1.	<i>Granulometria degli inerti</i>	24
5.4.2.	<i>Resistenza dei conglomerati cementizi</i>	24
5.4.3.	<i>Controllo della lavorabilità</i>	25
5.4.4.	<i>Controllo del rapporto acqua/cemento</i>	25
5.4.5.	<i>Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio</i>	25
5.4.6.	<i>Controllo del contenuto in cloruri</i>	25
5.4.7.	<i>Acqua essudata (bleeding)</i>	25
5.4.8.	<i>Controllo del contenuto di aria</i>	26
5.4.9.	<i>Determinazione della massa volumica</i>	26
5.5.	<i>Durabilità dei conglomerati cementizi</i>	26
5.6.	<i>Tecnologia esecutiva delle opere</i>	26
5.6.1.	<i>Confezionamento dei conglomerati cementizi</i>	26
5.6.2.	<i>Trasporto e movimentazione</i>	27
5.6.3.	<i>Posa in opera</i>	28
5.6.4.	<i>Protezione e maturazione dei getti</i>	29
5.6.5.	<i>Riprese di getto</i>	29
5.6.6.	<i>Prevenzione delle fessure da ritiro plastico</i>	30
5.6.7.	<i>Maturazione accelerata con trattamenti termici</i>	31
5.6.8.	<i>Disarmo</i>	32
5.7.	<i>Giunti strutturali</i>	32
5.7.1.	<i>Giunti di costruzione nei getti</i>	32
5.8.	<i>Casseforme e impalcature</i>	34
5.8.1.	<i>Casseforme</i>	35
5.8.2.	<i>Casseforme per colonne e pareti con finitura faccia a vista</i>	37
5.8.3.	<i>Classificazione e finitura di superfici in calcestruzzo in opera</i>	38
5.8.4.	<i>Rimozione di casseforme</i>	38
5.9.	<i>Tolleranze di costruzione</i>	39
5.10.	<i>Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature</i>	40
5.11.	<i>Norme di misurazione delle opere in calcestruzzo in variante</i>	40
5.12.	<i>Armature per calcestruzzo armato</i>	41
5.12.1.	<i>Esclusione dell'utilizzo di acciaio B450A</i>	41
5.12.2.	<i>Generalità</i>	41
5.12.3.	<i>Acciaio per C.A</i>	42
5.12.4.	<i>Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento</i>	43
5.12.5.	<i>Acciaio inossidabile in barre ad aderenza migliorata</i>	43
5.12.6.	<i>Reti in barre di acciaio elettrosaldate</i>	43
5.12.7.	<i>Zincatura a caldo degli acciai</i>	43
5.12.8.	<i>Qualità degli acciai da zincare a caldo</i>	43
5.12.9.	<i>Zincatura a caldo per immersione</i>	44
5.12.10.	<i>Dispositivi di accoppiamento barre e di ancoraggio</i>	45
5.13.	<i>Trattamenti protettivi per strutture in C.A. e C.A.P.</i>	46
5.13.1.	<i>Protezione e maturazione dei getti</i>	46
<b>6.</b>	<b>MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE</b>	<b>47</b>
<b>7.</b>	<b>ARMAMENTO</b>	<b>50</b>
7.1.	<i>Descrizione interventi armamento edolo</i>	50
7.2.	<i>Normative di riferimento</i>	50
7.3.	<i>Tipologia dei materiali da impiegare</i>	53
7.4.	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i>	53

7.4.1. Rotaie.....	53
7.4.2. Traverse linea 230 V.....	54
7.4.3. Traverse speciali per Giunzioni Isolanti Incollate 2V G .....	54
7.4.4. Traverse speciali passacavi 230 GII.....	55
7.4.5. Particolare attacco Vossloh W14.....	57
7.4.6. Ballast e piattaforma.....	58
7.4.7. Giunti isolanti incollati.....	58
7.4.8. Canalette e cunicoli porta cavi prefabbricati.....	58
7.5. Modalità esecutive .....	58
7.5.1. Attività previste.....	58
7.6. Gestione dei materiali provenienti dagli interventi di armamento .....	59
7.6.1. Pietrisco.....	59
7.6.2. Rotaie e materiale metallico minuto .....	59
7.6.3. Traverse in C.A.P. e legno.....	59
7.7. Prescrizioni .....	59

## **1. PREMESSA**

Le indicazioni e prescrizioni di seguito esposte integrano la documentazione tecnica (capitolati) già in uso presso il gruppo FERROVIENORD.

Per tutto quanto non normato dal presente disciplinare edile si rinvia alle specifiche tecniche FERROVIENORD nonché alle relazioni ed ai grafici specialistici di settore, sulla base dei quali l'appaltatore in fase di gara ha:

- preso completa ed esauriente conoscenza dei luoghi e dei manufatti preesistenti;
- verificato, accettato e fatto proprio il progetto;
- formulato la propria offerta tenendo conto dei luoghi e delle preesistenze, del progetto definitivo da lui verificato e soprattutto tenendo conto nella propria offerta economica di tutti gli oneri necessari alla realizzazione delle opere.

Nel presente documento sono citate e specificate normative UNI che possono subire aggiornamenti nel corso dell'appalto. Si richiede pertanto di fare riferimento alla versione ultima delle presenti normative.

### **1.1. Documenti Correlati**

Per gli aspetti specialistici vedi relazioni tecniche e disciplinari descrittivi e prestazionali relativi agli elementi tecnici delle altre discipline a progetto.

### **1.2. Descrizione della forma e principali dimensioni dell'intervento**

Il presente progetto ha per oggetto la riqualificazione della Stazione di Edolo, capolinea della ferrovia Brescia-Iseo-Edolo. In particolare si fa riferimento alla prima fase funzionale del progetto definitivo.

## **2. AMBITO DELLA STAZIONE**

L'intervento relativo alla prima fase funzionale prevede la realizzazione di nuova banchina di servizio sulla quale saranno installati gli erogatori necessari al rifornimento dei treni a idrogeno, e sarà previsto, tra i binari di rifornimento e il binario di deposito, un muro in C.A. opportunamente dimensionato avente funzione di "paraschegge". La banchina sarà realizzata a quota +0.25 rispetto al p.f.

### **2.1. CAM – Criteri Ambientali Minimi**

La scelta di tutti i materiali e le soluzioni progettuali dovranno ottemperare al D.M. 23/06/2022 relativamente ai Criteri Ambientali Minimi. Particolare cura dovrà essere posta nel minimizzare i rifiuti in fase di costruzione optando per elementi di dimensioni tali da evitare sfridi in cantiere, seguendo l'orientamento già fornito in questa fase progettuale. Non potranno essere, in nessun modo, utilizzati componenti, prodotti e materiali contenenti sostanze "estremamente preoccupanti" di cui al "Authorization List" presente nel regolamento REACH. Dovranno essere impiegati componenti edilizi che siano sottoponibili, a fine vita, a disassemblaggio o demolizione selettiva.

### **3. CAMPIONATURE E PROTOTIPI**

#### **3.1. Oggetto e finalità**

La fornitura dei materiali dovrà essere preceduta dalla presentazione ed approvazione della campionatura dei materiali e dei prototipi delle parti più significative in numero minimo pari a tre. Rimane stabilito che l'Appaltatore non potrà in alcun modo provvedere alla fornitura di materiali, all'approntamento di manufatti ed alla lavorazione di opere che non risultino preliminarmente subordinate all'accettazione da parte della Direzione Lavori, o da altra persona dalla stessa delegata.

La rispondenza di ogni lavorazione o materiale ai requisiti tecnici e al livello prestazionale indicati nei documenti contrattuali (ovvero gli elaborati grafici, i capitolati speciali, le specifiche tecniche ecc.), non esimono l'Appaltatore dalla realizzazione, nei tempi e nei modi indicati nello Schema di contratto, di tali campionature e prototipi, essendo il parere della Direzione Lavori prevalente, vincolante e definitivo.

Le modalità di presentazione delle campionature e dei prototipi dovranno essere indicate nel Piano di Qualità redatto dall'Appaltatore ed accettato dalla Direzione Lavori e saranno corredate delle relative documentazioni tecniche atte a definire le caratteristiche e la qualità dei prodotti proposti.

Tali schede tecniche dovranno inoltre essere raccolte a cura dell'Appaltatore secondo quanto indicato nel Piano di Qualità e saranno in seguito inserite nel Piano di Manutenzione redatto dall'Appaltatore, secondo quanto definito dallo Schema di contratto.

La campionatura dovrà essere estesa a tutti le seguenti lavorazioni e/o opere compiute:

- pavimentazioni;
- corpi illuminanti;
- pitture e verniciature in genere.

Si precisa che la precedente elencazione non ha carattere limitativo né esaustivo, altri sistemi di finitura potranno essere soggetti a campionatura ed esame di prototipi se richiesto dalla Direzione Lavori.

Prima dell'inizio delle opere di finitura, la Direzione Lavori individuerà i locali ove ubicare i campioni ed eseguire i prototipi che l'Appaltatore è tenuto a realizzare in numero minimo pari a tre e presentare per l'approvazione da parte del Committente e della Direzione dei Lavori, secondo le scadenze desumibili dal cronoprogramma dei lavori e, comunque, prima dell'inizio delle relative lavorazioni in cantiere.

#### **3.2. Descrizioni della fornitura e/o lavorazione da campionare**

- Elaborati di riferimento.
- Materiali e ciclo del trattamento previsto in progetto
- Descrizione e ubicazione del campione e/o del prototipo
- Predisposizioni ed elementi particolari

Per una maggiore efficacia delle campionature si richiede di integrare le campionature delle finiture architettoniche con le campionature dell'illuminazione in modo da rendere un effetto più realistico dei campioni prodotti.

#### **3.3. Documentazione a corredo della campionatura e/o del prototipo**

La campionatura dovrà essere preceduta dalla presentazione di una specifica tecnica che illustri i materiali, le modalità di esecuzione delle lavorazioni e delle prove e dei controlli e fornisca la

raccolta di tutti i documenti a corredo della stessa, ivi incluse eventuali schede di sicurezza, come di seguito elencato:

- elaborati del progetto di dettaglio (grafici, descrittivi, di calcolo);
- specifiche tecniche, schede materiali, ivi incluse schede di sicurezza, indicanti le principali caratteristiche dei materiali ivi inclusi la classe di resistenza e reazione al fuoco, certificati ed omologazioni del fornitore;
- descrizione del ciclo della campionatura e/o del prototipo. Di preferenza dovrà essere fornito un cronoprogramma delle attività, e comunque la committenza dovrà essere informata delle attività con almeno una settimana di anticipo;
- modalità di approvazione della documentazione a corredo delle campionature e/o del prototipo. Verifica della completezza della documentazione prodotta e della rispondenza al PE.

### **3.4. Prove e controlli**

- Controlli sui materiali;
- Qualifica e notifica del fornitore;
- Certificato di provenienza dei materiali;
- Completezza della scheda tecnica del materiale (classe di reazione e resistenza al fuoco, peso specifico, etc);
- Certificazioni e omologazioni e marcatura CE ove previsto dalla direttiva 89/106/CEE e secondo quanto previsto dal regolamento europeo prodotti da costruzione UE 305/2011;
- Verifica di conformità al capitolato ed alle specifiche del fornitore;
- Controlli sulla posa in opera;
- Verifica esistenza delle prescrizioni per il montaggio;
- Verifica della corretta installazione;
- Verifica della presenza della dichiarazione di installazione conforme alle specifiche del fornitore, alle certificazioni/omologazioni e/o al capitolato;
- Prove di collaudo.

### **3.5. Marcatura CE**

Tutti i prodotti approvvigionati devono essere marcati CE in conformità al Regolamento UE Prodotti da Costruzione n° 305/2011 recepito dal legislatore italiano con D.Lgs. 106 del 2017, alla norma italiana DPR 21 aprile 1993 n° 246, ai Regolamenti Delegati UE n° 157/2014 e n° 574 e alle norme di conformità specifiche del prodotto.

L'appaltatore, per ogni prodotto approvvigionato, dovrà conservare e rilasciare alla DL i seguenti documenti:

- dichiarazione di preformata;
- documentazione di accompagnamento (marcatura CE);
- dichiarazione di corretta posa in opera
- dichiarazione in merito al rilascio di sostanze pericolose;
- manuale d'uso e manutenzione.

### **3.6. Relazione conclusiva con raccolta di tutta la documentazione**

A corredo della campionatura e/o del prototipo dovrà essere fornita una illustrazione che descriva in modo compiuto:

- elaborati grafici e di calcolo;
- fotografie e/o filmati delle fasi salienti della campionatura;

- schede tecniche certificati di fornitori e di esito delle prove eseguite, omologazioni
- relazione sulla base della documentazione allegata che attesti la rispondenza del campione/prototipo ai requisiti del progetto.

### **3.7. Modalità di approvazione delle campionature e/o del prototipo**

La campionatura si riterrà approvata solo a valle della verifica della completezza, esaustività e positività dei controlli sui materiali e sulla posa in opera e della rispondenza della campionatura/prototipo ai requisiti prestazionali ed estetici fissati dal Progetto.

Le prove ed i controlli dovranno essere svolti secondo le modalità indicate dalle normative vigenti e dovranno dare evidenza del rispetto delle specifiche di progetto; la documentazione completa dei test e delle prove effettuate, con riferimento alla normativa nazionale, regionale ed europea vigente, dovrà essere consegnata alla committenza.

La committenza, esaminata la documentazione fornita e visionato il prototipo della lavorazione, esprimerà la propria, insindacabile, valutazione. Solo le lavorazioni approvate dalla committenza potranno essere realizzate.

### **3.8. Protezione delle opere eseguite**

L'appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla difesa di tutte le opere eseguite. In caso di danneggiamento l'appaltatore dovrà a sua cura e spese ricostruire le parti danneggiate.



## 4. ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO

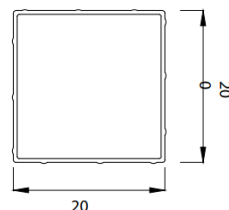
### 4.1. PAVIMENTAZIONI

#### 4.1.1. Pavimentazione banchina in autobloccanti

Pavimentazione costituita da masselli in calcestruzzo vibrocompresso delle dimensioni di mm 200x200 spessore mm 80, realizzato in calcestruzzo doppiostrato.

Lo strato di base è in calcestruzzo costituito da inerti selezionati naturali (granulometria 0/10) e cemento ad alta resistenza conforme alla UNI EN 197-1. Lo Strato di usura è di spessore  $\geq 4$  mm, realizzato con inerti naturali pregiati (granulometria 0/2), inerti selezionati di quarzo (granulometria 1/3), ossidi di ferro speciali per calcestruzzo e cemento ad alta resistenza conforme alla UNI EN 197-1.

Finitura liscia: finitura con strato superficiale antiusura al quarzo. Il massello si presenta con una superficie liscia e uniforme dall'alta resistenza all'abrasione.



Norma di riferimento	UNI EN 1338 - MASSELI IN CALCESTRUZZO PER PAVIMENTAZIONI
Finitura	LISCIA
Spessore (mm)	80
Peso teorico (kg/m <sup>2</sup> )	180
Classe d'uso raccomandata (SETRA-LCPC)	3A Carrabilità Media
Dimensioni Nominali [modulo] (cm)	20x20
Formati per piano di confezione	20x20
Impiego previsto	PAVIMENTAZIONI ESTERNE

SCHEMA TECNICO DI PRODOTTO	Revisione n°	2
	Data:	18/05/2021
CE		

#### CARATTERISTICHE TECNICHE COME DA NORMA

#### UNI EN 1338 - MASSELI IN CALCESTRUZZO PER PAVIMENTAZIONI

FORMA E DIMENSIONI (p.to 5.2)			PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE (p.to 5.3)	
Scostamenti consentiti rispetto alle dimensioni nominali	Lungh. e Largh. ± 2 mm	Spessore ± 3 mm	Carico di rottura per unità di lunghezza	≥ 250 N/mm
Differenza massima sulle diagonali	Classe 2K 3 mm)		Resistenza a trazione indiretta/flessione	≥ 3,6 MPa
Convessità massima	1,5 mm		Resistenza all'abrasione	Classe 4I (impronta ≤ 20 mm)
Cavità massima	1,0 mm		Emissioni di amianto	Assente
Superficie giunti (% di vuoto sul pieno)	2,0%		Conduktività termica	Non pertinente
Permeabilità	ND		Reazione al fuoco	Classe A1
			Comportamento al fuoco esterno	Soddisfacente
Resistenza allo scivolamento			Assorbimento d'acqua/resistenza al gelo-disgelo in presenza di sali disgelanti	Classe 3D
Slip/Skid - UNI 1338	USRV ≥ 60		Indice SRI medio (ASTM E 1980-01)	≥ 29 Grigio ≥ 29 Serizzo ≥ 56 Bianco
DIN 51097	Ang.>28° A+B+C			
DIN 51130	R13			
B.C.R.A.-D.M. n.236/89	μ > 0,70-0,85			

## **5. STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO GETTATE IN OPERA**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n° 1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI.

Le verifiche e le elaborazioni di cui sopra, in particolare, saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Gli elaborati di progetto dovranno indicare i tipi e le classi di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

L'Appaltatore sarà tenuto inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Appaltatore sarà tenuta a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Appaltatore i certificati dello studio preliminare di cui al punto precedente rilasciati da Laboratori Ufficiali ed aver effettuato gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, l'Appaltatore rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

I tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego, in via generale, sono definiti dal Progettista tenendo conto delle indicazioni riportate sul D.M. 17/01/2018 e dalle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

Sarà facoltà del Committente di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, campioni di materiale o di conglomerato per farli sottoporre ad esami di laboratorio.

Le prove convenzionali saranno eseguite in conformità alle norme vigenti.

Le strutture dovranno possedere idonee caratteristiche attuative di resistenza al fuoco secondo il D.M. del 16 febbraio 2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" e il D.M. del 9 marzo 2007, soprattutto quegli edifici in cui si svolgeranno attività comprese nell'elenco contenuto nel D.P.R. 151 del 01 Agosto 2011.

Le strutture dovranno essere realizzate secondo la normativa vigente.

Nella scelta dei conglomerati destinati a tali strutture e nell'esecuzione operativa, lo spessore di ricoprimento delle armature in acciaio saranno utilizzati tutti gli accorgimenti necessari per garantire le resistenze al fuoco necessarie, come previsto nel D.M. del 16 febbraio 2007.

L'adozione di tali accorgimenti, così come le prove su campioni preventivamente confezionati allo scopo, saranno oggetto di certificazione che l'Appaltatore dovrà produrre prima della posa dei componenti prefabbricati.

Il calcestruzzo, le casseforme ed il ferro di armatura avranno le caratteristiche e saranno impiegati come di seguito specificato.

La composizione della miscela del calcestruzzo sarà basata sui risultati di prove di laboratorio eseguite a cura e sotto la responsabilità dell'Appaltatore.

Quest'ultimo sarà tenuto a sottoporre preventivamente alla approvazione della Direzione Lavori la composizione degli impasti ed a concordare con essa durante il lavoro le eventuali variazioni; tali variazioni non potranno costituire comunque motivo per l'Appaltatore di richiesta di sovrapprezzo.

### **5.1. Normativa di riferimento**

Per le strutture in c.a. gettato in opera si farà riferimento alle seguenti normative:

- L. 05/11/1971, n. 1086 – *“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”*;
- D.M. 17/01/2018 – *“Aggiornamento delle norme Tecniche per le Costruzioni”*;
- UNI EN 206-1 (2001) – *“Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”*;
- UNI EN 11104 (2004) – *“Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”*.

Per le proprietà non definite nel D.M. 17 Gennaio 2018 si farà riferimento a:

- ENV 1992-1-1 (2004) – *“Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”*;
- ENV 1992-1-2 (2005) – *“Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio”*.

Altre norme di riferimento:

- UNI 6131 – *“Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito”*;
- UNI 7122:2008 – *“Calcestruzzo fresco -Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata”*;
- UNI 8520-8 – *“Aggregati per confezione di calcestruzzi -Parte 8: Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili”*;
- UNI 8656 – *“Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione -Classificazione e requisiti”*;
- UNI 8981-7 – *“Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo -Parte 7: Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo”*;
- UNI 9417 – *“Calcestruzzo fresco -Classificazione della consistenza”*;

- UNI 11307 – *“Prova sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro”*;
- UNI EN 197-1 – *“Cemento - Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni”*;
- UNI EN 206-1 – *“Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”*;
- UNI 11104 – *“Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”*;
- UNI 11201 – *“Prove sul calcestruzzo fresco -Determinazione del contenuto di acqua”*;
- UNI EN 450 – *“Ceneri volanti per calcestruzzo -Definizioni, requisiti e controllo di qualità”*;
- UNI EN 480-11 – *“Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione – Metodi di prova – Parte 11: Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di aria nel calcestruzzo indurito”*;
- UNI EN 934-2 – *“Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione -Additivi per calcestruzzo -Parte 2: Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura”*;
- UNI EN 1008 – *“Acqua d’impasto per il calcestruzzo – Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell’idoneità dell’acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell’industria del calcestruzzo, come acqua di impasto del cls”*;
- UNI EN 1744-1 – *“Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati -Parte 1: Analisi chimica”*;
- UNI ENV 13670-1 – *“Esecuzione di strutture di calcestruzzo”*.

## **5.2. Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi**

Le miscele dei conglomerati cementizi dovranno essere tali da rispettare sia le caratteristiche strutturali dei materiali descritte in questa specifica, sia le caratteristiche di finitura architettonica descritte nelle specifiche architettoniche. In nessun modo le miscele dovranno essere tali da inficiare la resistenza prescritta per i diversi elementi strutturali.

### **5.2.1. Cemento**

Per i manufatti in calcestruzzo armato, potranno essere impiegati unicamente cementi secondo quanto definito nel D.M. 17/01/2018.

In caso di ambienti aggressivi chimicamente, il progettista dovrà indicare il cemento da utilizzare.

L’Appaltatore deve avere cura di approvvigionare il cemento presso cementerie che operino con sistemi di qualità certificati.

Il cemento sarà conforme alla NORMA UNI EN 197-1 (vedi tabella allegata) con Marcatura **CE**, attestazione tipo 1+; sarà inoltre qualificato dopo presentazione di una relazione, a cura e spese dell'Appaltatore, con l'evidenza delle caratteristiche, certificazioni di autocontrollo e schede tecniche per produttore.

Il dosaggio del cemento dovrà essere fatto a peso.

Nel caso in cui esso venga approvvigionato allo stato sfuso, il relativo trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità ed il pompaggio del cemento nei silos deve essere effettuato in modo da evitare la miscelazione fra tipi diversi.

I silos dovranno garantire la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica, ciascun silo dovrà contenere un cemento di un unico tipo, unica classe ed unico produttore chiaramente identificato da appositi contrassegni.

Se approvvigionato in sacchi, dovrà essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto e in ambiente chiuso.

In ogni caso il cemento non potrà restare in deposito più di 90 giorni ed ogni 4 mesi si effettuerà lo svuotamento e la pulizia dei silos o dei depositi.

È vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo.

## CEMENTI EN 197-1

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)		Composizione (percentuale in massa) <sup>a)</sup>										Costituenti secondari
			Costituenti principali										
			Clinker K	Loppa di altoforno S	Fumi di silice D <sup>9)</sup>	Pozzolana naturale P	Pozzolana calcinata Q	Cenere volante silicea V	calcica W	Scisto calcinato T	Calcare L	LL	
CEM II	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla loppa	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla pozzolana	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Cemento Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
Cemento Portland composito <sup>9)</sup>	CEM II/A-M	80-94	6-20										0-5
	CEM II/B-M	65-79	21-35										0-5
CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Cemento pozzolanico <sup>9)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5
CEM V	Cemento composito <sup>9)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50			-	-	-	-	0-5

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari. c) Nei cementi Portland compositi CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi compositi CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati nella denominazione del cemento.

### 5.2.2. Inerti

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi alle Norme UNI EN 12620 e UNI 8520 e dovranno possedere marcatura CE.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche.

Non dovranno contenere i minerali dannosi:

- pirite;
- marcasite;
- pirrotina;
- gesso;
- solfati solubili.

A cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della D.L., dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI EN 932-3) presso un laboratorio ufficiale/autorizzato, l'assenza dei minerali indesiderati e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla D.L. e dall'Appaltatore.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI EN 933-3 parte 18, minore di 0,15 (per un diametro massimo  $D_{max}$  fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un diametro massimo  $D_{max}$  fino a 64 mm).

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà consentire di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, etc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, etc.).

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno tre pezzature, le cui pezzature saranno denominate secondo quanto previsto nella UNI EN 12620.

Le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche appartenenti alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, appartenenti alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

Le prove da effettuarsi per la qualifica degli aggregati e per il mantenimento della certificazione CE, oltre che le relative frequenze di prova sono quelle definite nella norma UNI EN 12620, come da tabella di seguito riportata:

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITA'
Gelività degli aggregati	Determinazione della resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1/07	Perdita di massa $\leq 4\%$ dopo 20 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	UNI EN 1097-2/08	Perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità degli inerti-Prova al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2/10	Perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI EN 1744-1/10	$SO_3 \leq 0,05\%$
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8/00	$ES \geq 80$ $VB \leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{gr}$ di fini
Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica	UNI EN 932-3/04	Assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI EN 1744-1/10	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: <ul style="list-style-type: none"> <li>metodo chimico</li> </ul> Potenziale attività delle miscele cemento aggregati: <ul style="list-style-type: none"> <li>metodo del prisma di malta</li> </ul>	UNI 8520 (parte 22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>UNI 8520 (parte 22 punto 4)</li> <li>UNI 8520 (parte 22 punto 5)</li> </ul>
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1/10	$Cl \leq 0,05\%$
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI EN 933-3/04	$C_f \geq 0,15$ ( $D_{\max} = 32 \text{ mm}$ ) $C_f \geq 0,12$ ( $D_{\max} = 64 \text{ mm}$ )
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla D.L. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8000 mc di aggregati impiegati.		

### **5.2.3. Acqua di impasto**

L'acqua di impasto dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con UNI EN 1008.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento.

Se l'acqua proviene da pozzo le suddette analisi dovranno essere effettuate ogni 3 mesi.

L'acqua dovrà essere dolce, limpida e non contenere tracce di cloruri e solfati né sostanze organiche od oli minerali che possano compromettere la presa e l'indurimento del calcestruzzo o diminuirne le caratteristiche di resistenza, impermeabilità e durabilità ovvero la conservazione dell'acciaio di armatura.

Non saranno utilizzate acque di riciclo.

### **5.2.4. Aria intrappolata**

Il calcestruzzo dovrà avere al momento del getto (allo stato fresco) un contenuto di aria intrappolata non superiore al 3%.

### **5.2.5. Aria aggiunta o inglobata**

Nel caso di calcestruzzi esposti ai cicli di gelo-disgelo, il contenuto di aria aggiunta dovrà essere rispondente a quanto specificato dalla UNI 11104 con fattore medio di spaziatura (spacing factor) di 0,3 mm rilevato in conformità alla norma UNI EN 480-11.

Questo calcestruzzo deve essere confezionato mediante l'aggiunta di additivi aeranti.

### **5.2.6. Aria totale**

È la quantità di aria misurata dal porosimetro e rappresenta la somma dell'aria intrappolata e di quella aggiunta. Questa non deve mai superare il 5%.

### **5.2.7. Additivi, betoncini e malte speciali**

Le loro caratteristiche dovranno essere verificate sperimentalmente in sede di qualifica/in corso d'opera dei conglomerati cementizi, esibendo inoltre, certificati di prova di laboratorio specializzato e/o qualificato dalla D.L. che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi, l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

È vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti come disarmanti.

Dovranno essere impiegati prodotti specifici, conformi alle norme UNI di riferimento per i quali è stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

Verrà fatto uso di opportuni additivi, allo scopo di modificare le proprietà del calcestruzzo, in modo tale da migliorare e rendere più facile ed economica la sua posa in opera, da rendere le sue prestazioni più adatte all'opera da eseguire e da migliorare la sua durevolezza.

Gli additivi da impiegarsi nei calcestruzzi potranno essere:

- fluidificanti;
- acceleranti di presa;
- ritardanti di presa;
- impermeabilizzanti.

I calcestruzzi di massa, i betoncini e le malte speciali da impiegarsi potranno essere:



- del tipo a stabilizzazione volumetrica;
- del tipo sigillante espansivo;
- del tipo per intonaci impermeabilizzanti.

Si potranno utilizzare, inoltre, malte, betoncini e boiacche da iniezione per riparazioni e consolidamenti.

Gli additivi ed il componente per calcestruzzo reoplastico dovranno essere usati dietro esplicita disposizione della Direzione Lavori, seguendo le istruzioni del Produttore per quanto riguarda dosature e modalità d'impiego.

Gli additivi dovranno essere conformi alle specifiche UNI o ad altre specifiche applicabili.

Il Produttore di additivi deve esibire:

- risultati provenienti da un'ampia sperimentazione pratica sul tipo e la dose dell'additivo da usarsi;
- prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle vigenti disposizioni.

Il Produttore deve inoltre garantire la qualità e la costanza di caratteristiche dei prodotti forniti.

Il Produttore di additivi dovrà mettere a disposizione, su richiesta, propri Tecnici qualificati e specializzati nell'impiego, per la risoluzione dei vari problemi, in relazione alla migliore esecuzione delle opere.

Per il dosaggio, gli additivi in polvere saranno misurati in peso; quelli plastici o liquidi potranno essere misurati in peso od in volume con un limite di tolleranza del 3%.

#### **5.2.8. Additivi aeranti fluidificanti**

Al fine di migliorare la lavorabilità a pari contenuto d'acqua (o ridurre l'acqua di impasto a parità di lavorabilità), di incrementare le resistenze alle brevi e lunghe stagionature, di ridurre lo scarto quadratico medio migliorando l'omogeneità degli impasti, al calcestruzzo di qualsiasi tipo e per qualsiasi uso verrà aggiunto un additivo fluidificante atto ad incrementare le resistenze meccaniche, nella misura di 150/400 cm<sup>3</sup> per quintale di cemento.

Gli additivi fluidificanti verranno aggiunti all'impasto normale per ottenere un calcestruzzo reoplastico caratterizzato da una elevata lavorabilità, bleeding bassissimo, ottime resistenze meccaniche, elevata durevolezza e basso ritiro.

Come fluidificante può essere usato un additivo di tipo aerante a base di sostanze tensioattive che verrà impiegato nella misura dei 30 - 100 cm<sup>3</sup> per quintale di cemento.

Il dosaggio sarà fatto nella misura di litri 1,5 per quintale di cemento; dosaggi diversi sono possibili in relazione alle specifiche condizioni di lavoro. Detto componente dovrà impartire al calcestruzzo le seguenti caratteristiche:

a parità di rapporto a/c dovrà produrre un aumento di slump di 18÷:20 cm.

Questa caratteristica verrà determinata, partendo da un calcestruzzo avente slump iniziale di 2÷3 cm; per valori di slump da 20 a 25 cm dovrà presentare un bleeding (quantità di acqua essudata,) inferiore a 0,05 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>, il valore dello slump dopo un'ora di trasporto in autobetoniera, non dovrà ridursi più' del 50% (a temperatura ambiente di circa 20°C).

#### **5.2.9. Additivi acceleranti di presa**

Per l'esecuzione di getti nella stagione fredda, o nella prefabbricazione, o in tutte le situazioni in cui è richiesto uno sviluppo di resistenze molto elevate specialmente alle brevi stagionature, si potranno usare, su approvazione e/o ordine della Direzione Lavori, degli additivi acceleranti di

presa per ottenere bleeding bassissimo, elevata durevolezza e basso ritiro. L'additivo verrà mescolato nel calcestruzzo normale nella misura di litri 2,5 per quintale di cemento. Dosaggi diversi sono possibili in relazione alle specifiche condizioni di lavoro.

Detto componente impartirà al calcestruzzo, le seguenti caratteristiche:

- a parità di rapporto a/c dovrà produrre un aumento di slump di 18÷20 cm.

Questa caratteristica verrà determinata, partendo da un calcestruzzo avente slump iniziale di 2-3 cm; per valori di slump da 20 a 25 cm dovrà presentare un bleeding (quantità di acqua essudata,) inferiore a 0,05 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.

#### **5.2.10. Additivi ritardanti di presa**

Per l'esecuzione dei getti di grandi dimensioni, per getti in climi caldi, per lunghi trasporti, per calcestruzzo pompato e in genere nelle situazioni in cui è richiesta una lunga durata della lavorabilità, si userà un calcestruzzo caratterizzato da elevata lavorabilità, bleeding bassissimo, ottime resistenze meccaniche, elevata durevolezza e basso ritiro, un tale calcestruzzo sarà ottenuto aggiungendo al normale impasto, un componente per calcestruzzo reoplastico, nella misura di litri 1,5 per quintale di cemento; dosaggi diversi sono possibili in relazione alle specifiche condizioni di lavoro. Detto componente dovrà impartire al calcestruzzo le seguenti caratteristiche:

- a parità di rapporto a/c dovrà produrre un aumento di slump di 18÷20 cm. Questa caratteristica verrà determinata, partendo da un calcestruzzo avente slump iniziale di 2÷3 cm;
- per valori di slump da 20 a 25 cm dovrà presentare un bleeding (quantità di acqua essudata,) inferiore a 0,05 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>;
- il valore dello slump dopo un'ora di trasporto in autobetoniera a temperatura ambiente non dovrà ridursi di più di 2 cm.

#### **5.2.11. Additivi impermeabilizzanti**

Il calcestruzzo destinato a strutture che, in relazione alle condizioni di esercizio, dovranno risultare impermeabili, dovrà:

- presentare a 7 giorni un coefficiente di permeabilità inferiore a 10-9cm/sec;
- risultare di elevata lavorabilità, così da ottenere getti compatti e privi di porosità microscopica;
- presentare un bleeding estremamente modesto in modo da evitare la presenza di strati di calcestruzzo arricchiti d'acqua e pertanto porosi e permeabili.

Tali requisiti verranno ottenuti da calcestruzzi caratterizzati da elevata lavorabilità (Slump 20 cm), bleeding bassissimo, ottime resistenze meccaniche, elevata durevolezza e basso ritiro; per ciò si aggiungerà ad un normale impasto un superfluidificante capace di conferire caratteristiche reoplastiche al calcestruzzo, con almeno 20 cm di slump (in termini di cono di Abrams), scorrevole ma al tempo stesso non segregabile e avente lo stesso rapporto a/c di un calcestruzzo senza slump (2 cm), non additivato (caratteristica, questa, determinata secondo le UNI 7163-72, appendice E).

Il rapporto a/c deve essere da 0,42 a 0,44 in modo da conferire una perfetta impermeabilità ai getti (in corrispondenza di tale rapporto il coefficiente di Darcy deve essere dell'ordine di 10-12); tale rapporto, come dal punto precedente, deve permettere una messa in opera ottimale. Il superfluidificante deve essere in grado di conferire al calcestruzzo un tempo di lavorabilità di 1 ora alla temperatura di 20°C; dopo un'ora il valore dello slump non dovrà ridursi più del 50%. Sempre a riguardo dell'impermeabilità, il calcestruzzo dovrà presentare un bleeding (quantità d'acqua essudata) inferiore a  $0,05 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ , in modo da evitare la presenza di strati di calcestruzzo arricchiti d'acqua e pertanto porosi e permeabili.

#### **5.2.12. Additivi antiritiro ed espansivi**

La tecnica si basa su un'espansione volumetrica che viene indotta nel calcestruzzo, mediante una reazione chimica tra un agente espansivo e l'acqua.

Normalmente l'espansione indotta chimicamente si verifica durante i primi 2-7 giorni di vita del calcestruzzo per cui essa si sviluppa e termina molto più rapidamente delle contrazioni causate dalla perdita di umidità. Per questo motivo, affinché tale espansione iniziale possa essere vantaggiosamente utilizzata per compensare le contrazioni dovute al successivo ritiro igrometrico, essa deve essere adeguatamente contrastata e trasformata in una coazione di compressione che, nel tempo, compensa le trazioni prodotte dal ritiro igrometrico impedito.

Il vincolo più efficace per contrastare l'espansione iniziale naturalmente presente nella struttura è rappresentato dalle armature metalliche. In genere la percentuale di armatura necessaria ai fini statici è più che sufficiente a garantire un efficace contrasto per l'espansione.

Dovrà essere posta una cura aggiuntiva nel posizionare tali armature all'interno della sezione in modo tale da garantire un contrasto il più possibile uniforme nei confronti dell'espansione.

Il comportamento espansivo del calcestruzzo a ritiro compensato sarà valutato in base alla norma UNI 8148 mediante misura della variazione di lunghezza di un tondino d'acciaio annegato in un provino prismatico confezionato con il conglomerato espansivo, scassero al termine della presa (circa 6-8 ore dopo il confezionamento) e mantenuto in condizioni di stagionatura come previsto dalla norma citata.

Non sono disponibili documenti normativi o raccomandazioni nazionali o europee a riguardo della progettazione di elementi strutturali e non strutturali realizzati con calcestruzzo a ritiro compensato.

Tale argomento, però, viene approfonditamente trattato nel report dell'ACI (American Concrete Institute) numero 223-98 che sarà utilizzato come riferimento per ottenere le prestazioni prescritte.

Secondo questo documento il progetto della miscela a ritiro compensato dovrà includere le seguenti quattro fasi, il cui onere di esecuzione è in carico dell'Appaltatore.

#### **5.2.13. Consistenza**

Si fa riferimento ai punti 5.4.1 e 8.2.3 della norma UNI EN 206-1.

La verifica della consistenza richiesta deve essere eseguita o nella fase iniziale dello scarico, comunque dopo lo scarico di almeno 300 litri di calcestruzzo, oppure durante lo scarico, in presenza di evidenti variazioni di consistenza.

#### **5.2.14. Resa**

La rispondenza del volume di calcestruzzo dichiarato nel documento di trasporto si verifica mediante la seguente procedura (si potrà utilizzare una pesa pubblica o una privata concordata fra le Parti):

- determinazione della massa del calcestruzzo e del mezzo che lo trasporta o massa lorda ML in kg;
- determinazione della massa del mezzo o tara MT (in kg);
- la massa del calcestruzzo MC consegnato è data dalla relazione:  $MC = ML - MT$  (in kg);
- determinazione della massa volumica del calcestruzzo MV (in  $\text{kg/m}^3$ ) secondo UNI EN 12350-6;
- il volume del calcestruzzo consegnato VC in ( $\text{m}^3$ ) è pari a:  $VC = MC/MV$ . Il valore riscontrato deve rientrare nelle tolleranze previste dalla norma UNI EN 206-1.

#### **5.2.15. Omogeneità**

Il campione di calcestruzzo dovrà essere ottenuto mediante il confronto di due prelievi elementari effettuati approssimativamente in corrispondenza di 1/5 e 4/5 del volume di calcestruzzo scaricato dalla autobetoniera. La prova di omogeneità consiste nella verifica della consistenza e del trattenuto al setaccio con apertura di 4 mm.

La determinazione del trattenuto al setaccio con apertura di 4 mm si esegue nel modo seguente:

- la massa del campione deve essere superiore a 5.000 grammi;
- si deposita il campione sul setaccio e si procede alla vagliatura per via umida;
- si procede alla determinazione della massa del trattenuto;
- si calcola la media e la percentuale trattenuta dividendo la differenza in massa per il peso del campione e moltiplicando per 100.

#### **5.2.16. Acqua essudata (bleeding)**

Il controllo dell'acqua essudata va eseguito secondo la norma UNI EN 7122.

#### **5.2.17. Malte e betoncini a stabilità volumetrica**

Per gli inghisaggi di precisione di macchinari soggetti a severe sollecitazioni di fatica e/o ad ampi cicli di temperatura ed umidità, di motori, di alternatori, di generatori, di compressori e similari, per l'ancoraggio al calcestruzzo e per la sigillatura di strutture metalliche, di colonne, di piastre d'appoggio di ponti, di rotaie di gru, di perni e di zanche, verrà impiegata malta esente da ritiro, esente da aggregati metallici e da sostanze generatrici di gas, caratterizzata da elevatissime resistenze meccaniche, con espansione controllata che si sviluppi prevalentemente nella prima fase di indurimento, con bleeding minimo o nullo, con eccezionali caratteristiche di adesione al calcestruzzo indurito e con ampio intervallo di temperatura di impiego.

Tale malta, impastata col quantitativo d'acqua occorrente per ottenere uno spandimento alla tavola a scosse ASTM o DIN 1048 pari rispettivamente al 90% (consistenza plastica) e al 140% (consistenza fluida), dovrà presentare i valori minimi di resistenza a compressione pari a:

- 300 Kg/cm<sup>2</sup> (plastica) o 250 Kg/cm<sup>2</sup> (fluida) a 24 ore;
- 650 Kg/cm<sup>2</sup> (plastica) o 750 Kg/cm<sup>2</sup> (fluida) a 28 giorni;
- assenza di bleeding (UNI 7122-72);

- caratteristiche di espansività tali da produrre nella prova di espansione contrastata, eseguita secondo il procedimento UNI (documento di studio UNI, fascicolo UNICEMENTO N° 235 del gennaio 1979), una variazione di lunghezza dei provini a 7 giorni di almeno 0.03%.

Per quanto riguarda le dosature e le modalità di impiego del composto, si dovranno seguire esattamente le istruzioni del fornitore.

Quest'ultimo dovrà mettere a disposizione a richiesta, propri Tecnici specializzati nell'impiego di malte a stabilità espansiva per la risoluzione dei vari problemi tecnici in relazione alla migliore esecuzione delle opere.

#### **5.2.18. Malte sigillanti espansive a tenuta idraulica**

Per l'ancoraggio e la sigillatura di tubazioni e di inserti in strutture di calcestruzzo, per la realizzazione di collegamenti strutturali tra parti di strutture prefabbricate in calcestruzzo, verrà impiegata una malta esente da ritiro, esente da aggregati metallici e da sostanze generatrici di gas, caratterizzata da elevatissime resistenze meccaniche, con eccezionali caratteristiche di adesione al calcestruzzo indurito con ampio intervallo di temperatura di impiego.

Per le opere di cui al punto precedente, quando lo spessore della applicazione risulti elevato (da 5 a 20 cm) e quando l'entità dei getti sia tale da richiedere il controllo del calore di idratazione, verrà impiegato un betoncino di idonee caratteristiche ed esente da ritiro.

Per le opere suddette, ma in presenza di acque aggressive o di acqua di mare, si farà uso di prodotti specifici.

Le malte in questione, impastate col quantitativo d'acqua occorrente ad ottenere uno spandimento alla tavola a scosse ASTM o DIN 1048 pari rispettivamente al 90% (consistenza plastica) e al 140% (consistenza fluida), dovranno presentare i valori minimi di resistenza a compressione pari a:

- 300 kg/cm<sup>2</sup> (plastica) o 250 kg/cm<sup>2</sup> (fluida) a 1 giorno;
- 850 kg/cm<sup>2</sup> (plastica) o 750 kg/cm<sup>2</sup> (fluida) a 28 giorni (maturazione a 20°C);
- assenza di bleeding;
- caratteristiche di espansività tali da produrre nella prova di espansione contrastata eseguita secondo il procedimento UNI (contenuto nel documento di studio UNI, fascicolo UNICEMENTO N° 235 del gennaio 1979) una variazione di lunghezza dei provini a 7 giorni di almeno 0,03%.

Per quanto riguarda la dosatura e le modalità di impiego del composto si dovranno seguire strettamente le istruzioni del fornitore.

Quest'ultimo dovrà mettere a disposizione a richiesta, propri Tecnici specializzati nell'impiego di malte espansive per la risoluzione dei vari problemi tecnici in relazione alla migliore esecuzione delle opere.

#### **5.2.19. Malte betoncini e boiacche da iniezione per riparazioni e consolidamenti**

Per le riparazioni, i consolidamenti ed i ripristini di strutture (anche portanti) come travi, pilastri, solette, murature, si impiegheranno malte e betoncini o boiacche che, in vista delle suddette applicazioni, dovranno:

- risultare esenti da sostanze generatrici di gas e da aggregati metallici;

- presentare caratteristiche di espansività tali da produrre, nella prova di espansione contrastata eseguita secondo il procedimento UNI (contenuto nel documento di studio UNI, fascicolo UNICEMENTO N° 235 del gennaio 1979), una variazione di lunghezza dei provini a 7 giorni di almeno 0,03%;
- essere prive di bleeding;
- sviluppare su provini impastati con le quantità d'acqua indicate, le resistenze minime a compressione seguenti:

Consistenza	Malta	Betoncino	Boiaccia di iniezione	
	plastica	fluida	plastica	fluida
a 24 ore (Kg/cm <sup>2</sup> )	300	250	230	180
Rck a 28 giorni (Kg/cm <sup>2</sup> )	850	750	800	800
Acqua di impasto (Kg/sacco da 25 Kg)	3÷3,5	3,3÷3,5	3,5÷4	8

Le malte suddette andranno impiegate secondo le indicazioni fornite dal Produttore.

Particolare cura dovrà porsi nella preparazione del supporto, che dovrà essere esente da materiale incoerente, pulito e mantenuto saturo per almeno 24 ore prima dell'applicazione.

Dopo l'esecuzione dei getti si dovrà provvedere alla maturazione dei medesimi, mantenendoli bagnati per almeno 24 ore mediante irrigazione o teli di juta bagnati o altro idoneo procedimento ed applicandovi successivamente un apposito stagionante.

### 5.3. Classificazione dei calcestruzzi

L'Appaltatore è tenuto all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica", nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 17/01/2018).

Lo studio, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nei calcoli statici delle opere, dovrà essere fornito prima dell'inizio dei getti.

Tale studio dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

In particolare, nella relazione di qualificazione dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$ ,
- classe di esposizione per la durabilità delle opere,
- classe di consistenza,
- classe di contenuto in cloruri,
- diametro massimo dell'aggregato,
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi,
- modulo elastico secante a compressione, ove previsto dal progettista, (UNI 6556)
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI EN 12350-7:2002)
- ritiro idraulico, se necessario in funzione della classe di esposizione della miscela (UNI 11307:2008)
- resistenza ai cicli gelo-disgelo, se necessario in funzione della classe di esposizione della miscela (UNI 7087:2002)
- impermeabilità, se necessario in funzione della classe di esposizione della miscela (UNI ISO DIS 7032)

Inoltre, si dovrà sottoporre all'esame della Direzione Lavori:

- i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- la certificazione FPC del quale deve essere dotato l'impianto di betonaggio secondo quanto previsto nel D.M. 17/01/2018;
- i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Appaltatore, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti, di cui alla tabella 3.1.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, soddisfi i criteri di accettazione contenuti nel D.M. 17/01/2018.

Il numero di campioni e le metodologie di prova saranno quelle stabilite dal D.M. 17/01/2018, ferma restando la facoltà della D.L. di disporre eventuali prove aggiuntive che ritenesse necessarie.

L'esame e la verifica, da parte della D.L. dei certificati dello studio preliminare, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla D.L., essa Appaltatore rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera.

Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI EN 206-1, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà comunque essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1.

I Valori limite dei Calcestruzzi ed i requisiti minimi secondo la UNI EN 206 sono indicati nella tabella A di seguito allegata.

Si riportano di seguito le tabelle A e B estratte dalla UNI EN-206:

**UNI 11104 : 2004**

**UNI EN-206: Valori limite 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
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 <sup>1</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/m³)	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 <sup>2</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>3</sup>		

<sup>1)</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.

**Tabella A**

Classe di consistenza	Abbassamento (mm)	Denominazione corrente
<b>S1</b>	da 10 a 40	Umida
<b>S2</b>	da 50 a 90	Plastica
<b>S3</b>	da 100 a 150	Semifluida
<b>S4</b>	da 160 a 210	Fluida
<b>S5</b>	> 210	Superfluida

**Tabella B**

Per cls ad alta resistenza meccanica, reodinamici, pompabili, specialmente se con consistenza SCC, è da prevedere l'utilizzo, in adeguata quantità, di fillers reattivi contenenti silici attivi atti a consentire la reologia utile e le resistenze meccaniche alle brevi e lunghe stagionature. Particolarmente per questi calcestruzzi sono indispensabili anche gli additivi superfluidificanti policarbossilati dell'ultima generazione per l'ottenimento di reologie fluide, reodinamiche, pompabili a lunga distanza ed altezza, anche autocompattanti, con bassissimi rapporti A/C e lunghissimo mantenimento della consistenza iniziale (fino a 90 minuti ed oltre). I formulati devono essere adattati alle condizioni climatiche ambientali in modo da rendere sufficientemente costanti le caratteristiche nell'arco di tutte le stagioni.

**5.3.1. Tipi e classi di calcestruzzo**

Le strutture gettate in opera, salvo diversa richiesta della DL, saranno realizzate come descritto nell'elaborato specifico.

N°	Elemento strutturale	Classe di esposizione	Classe di resistenza	Rapporto a/c max	Minimo contenuto di cemento	Tipo di cemento	Classe di consistenza	Diametro max inerti [mm]	Copri ferro minimo [mm]
1	Calcestruzzo magro	X0	C12/15	-	-	CEM I-V	S4	-	-
2	Fondazioni	XC2	C25/30	0.60	300	CEM III-V	S4	32	50
3	Solaio scala sottopasso e muri	XC4+XF1	C32/40	0.50	340	CEM III-V	S4	25	50
4	Solai FV	XC3	C30/37	0.60	300	CEM III-V	S4	25	30



#### **5.4. Controlli in corso d'opera**

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, per l'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento, ad eccezione delle determinazioni chimiche che dovranno essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale.

##### **5.4.1. Granulometria degli inerti**

Gli inerti oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate dovranno appartenere a classi granulometricamente diverse e mescolati nelle percentuali richieste formando miscele granulometricamente costanti tali che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, aria inglobata, permeabilità e ritiro.

La curva granulometrica dovrà, in relazione al dosaggio di cemento, garantire la massima compattezza al conglomerato cementizio.

Il diametro massimo dell'inerte dovrà essere scelto in funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche dei casseri, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera.

Per quanto riguarda la tipologia di prove e la loro frequenza occorre far riferimento a quanto indicato al paragrafo nella corrente sezione.

##### **5.4.2. Resistenza dei conglomerati cementizi**

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, dovranno essere osservate le prescrizioni previste nel D.M. 17/01/2018 cap. 11.2.

Nel caso che il valore della resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) ottenuta sui provini assoggettati a prove nei laboratori di cantiere risulti essere inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la D.L. potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata in attesa dei risultati delle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali/autorizzati.

Qualora anche dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali/autorizzati risultasse un valore della  $R_{ck}$  inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, ovvero una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, occorre procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine.

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la  $R_{ck}$  è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica trovata.

Nel caso in cui la  $R_{ck}$  non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di

quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Appaltatore se la  $R_{ck}$  risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Nel caso in cui la D.L. richieda il prelievo di campioni da strutture già realizzate e stagionate, questo prelievo da eseguire in contraddittorio potrà avvenire secondo le indicazioni riportate nel D.M. 17/01/2018 al p.to 11.2.6.

Nel caso di calcestruzzo gettato con sequenze stratigrafie differenti in base alle esigenze architettoniche, sarà necessario provvedere alla verifica delle capacità meccaniche di ciascuno strato secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Sarà necessaria la verifica di resistenza e delle proprietà del calcestruzzo a cavallo tra due strati con caratteristiche differenti. Il numero e la posizione dei provini saranno determinati in base alle disposizioni della D.L.

#### **5.4.3. Controllo della lavorabilità**

La lavorabilità del conglomerato cementizio fresco sarà valutata con la misura all'abbassamento al cono di Abrams (slump) in mm secondo la Norma UNI EN 12350, tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni.

Per la classe di consistenza S2 i valori di abbassamento dovranno essere compresi tra 50 e 90 mm ( $\pm 10$  mm).

Per la classe di consistenza S5 i valori di abbassamento dovranno essere superiori a 220 mm ( $- 10$  mm).

#### **5.4.4. Controllo del rapporto acqua/cemento**

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi secondo le norme UNI EN 1097-6 (condizione di inerte "saturo a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto) ed UNI 11201.

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI 11201, e non dovrà discostarsi di  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Il rapporto a/c dovrà essere controllato anche in cantiere, almeno una volta alla settimana, tale rapporto non dovrà scostarsi più del  $\pm 0.02$  da quello teorico di qualifica.

#### **5.4.5. Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio**

L'omogeneità del conglomerato cementizio, per ogni miscela utilizzata, all'atto del getto, dovrà essere verificata vagliando ad umido due campioni, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadrata da 4 mm.

La percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio dei due campioni non dovrà differire più del 10%, inoltre lo slump degli stessi prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm. Il controllo dell'omogeneità dovrà essere effettuato in cantiere almeno 1 volta al mese.

#### **5.4.6. Controllo del contenuto in cloruri**

La classe di contenuto in cloruri deve essere prescritta dal Progettista in conformità alla norma UNI EN 206-1. I valori misurati nei campioni prelevati dovranno essere conformi alle indicazioni progettuali.

#### **5.4.7. Acqua essudata (bleeding)**

La quantità di acqua essudata deve essere non superiore a 0.1% dell'acqua di impasto. La prova deve essere eseguita in accordo con la norma UNI 7122.

#### **5.4.8. Controllo del contenuto di aria**

La prova del contenuto di aria dovrà essere effettuata ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante.

Essa verrà eseguita con il metodo UNI EN 12350-7.

Tale contenuto dovrà essere determinato con le cadenze previste nella Norma UNI EN 206-1 (ogni qualvolta è utilizzato l'aerante: ogni giorno, al 1° impasto).

#### **5.4.9. Determinazione della massa volumica**

Tale controllo dovrà essere eseguito su conglomerato cementizio fresco, secondo quanto stabilito dalle Norme UNI EN 12350-6.

### **5.5. Durabilità dei conglomerati cementizi**

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

Il progettista, dovrà accertare mediante analisi opportune in accordo con quanto stabilito nel D.M. 17/01/2018 par. 11.2.11, la presenza e la concentrazione di agenti aggressivi, ed in caso di esito positivo indicare le eventuali prescrizioni che il conglomerato cementizio dovrà soddisfare al fine di evitare la conseguente degradazione.

La D.L. potrà prescrivere l'effettuazione di prove per la determinazione del grado di impermeabilità del calcestruzzo.

In particolare, ai fini di preservare le armature da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, il copriferro minimo da prevedere, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice della barra più vicina, non dovrà essere inferiore a 30 (trenta) mm e comunque come indicato dal progettista.

Tale prescrizione dovrà essere applicata anche a tutte le strutture prefabbricate e/o precomprese eventualmente presenti.

### **5.6. Tecnologia esecutiva delle opere**

#### **5.6.1. Confezionamento dei conglomerati cementizi**

Il confezionamento dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguito con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori. Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione, dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati. La dosatura effettiva degli aggregati totali dovrà essere realizzata con precisione del 3%, mentre quella del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori. Il dispositivo di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovrà essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale). Si dovrà disporre all'impianto, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di

tabelle riportanti le pesate cumulative dei componenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione della variazione di umidità della sabbia. Gli inerti dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie. La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco. Gli inerti dovranno essere stoccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di deposito dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti. Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati. I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica. Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare. Le betoniere dovranno essere accuratamente e completamente vuotate dopo ogni impasto. Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da garantire un impasto omogeneo. Per quanto non specificato, vale la Norma UNI EN 206-1 ed UNI 11104. L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera). Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore. Tuttavia, se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna. La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio. L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla D.L., anche se non previsti negli studi preliminari. In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Appaltatore, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo. La produzione e il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso in cui la temperatura ambiente scenda al di sotto di 5°C, a meno che sia garantita una temperatura dell'impasto appena miscelato non inferiore a +8°C. I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di -5 °C. Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera.

#### **5.6.2. Trasporto e movimentazione**

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo e, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Lo scarico dei componenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga scaricata prima del cemento e degli altri aggregati. Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione di efficacia dovuta sia all'accumulo di conglomerato indurito o legante che per l'usura delle lame.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla sulla quale dovranno essere riportati:

- data;
- classe di resistenza;
- classe di consistenza;
- classe di esposizione;
- tipo e dosaggio cemento;
- rapporto acqua/cemento;
- dimensione massima dell'aggregato;
- i metri cubi trasportati;
- l'ora di partenza dall'impianto di confezionamento;
- la struttura a cui è destinato;
- report di carico.

L'Appaltatore dovrà esibire detta documentazione alla D.L.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico.

La lavorabilità dell'impasto sarà controllata durante le fasi di scarico in opera.

Dovrà essere controllata la lavorabilità dell'impasto anche allo scarico della prima betoniera (di ciascun getto/impianto/miscela).

Se durante i controlli effettuati l'abbassamento eccede l'intervallo previsto dalla UNI EN 206-1 ma è ricompreso nelle tolleranze previste dalla norma dovrà essere eseguita una seconda prova sulla medesima betoniera: la differenza fra i risultati delle due prove non dovrà essere maggiore di 5 cm e comunque non dovrà superare quanto specificato dalla UNI EN 206-1, salvo l'uso di particolari additivi.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore dello "slump" dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore ai 90 minuti, a meno che si attesti il mantenimento della lavorabilità anche durante la fase di qualifica delle miscele con effettuazione di prove tecnologiche atte a costruire la curva consistenza/tempo.

È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

### **5.6.3. Posa in opera**

Il calcestruzzo deve essere posizionato e compattato entro 60 minuti dalla miscelazione nell'impianto di betonaggio. Ogni getto deve essere correttamente unito a quello precedente e deve essere tale da garantire la non formazione di giunti freddi. Il getto di calcestruzzo deve essere eseguito in modo continuo in corrispondenza delle riprese di getto. Il calcestruzzo deve essere accuratamente compattato mediante compressione o vibrazione e lavorato bene in

prossimità di tutti i giunti strutturali e delle riprese di getto, dei giunti di impermeabilizzazione, delle armature e contro elementi in calcestruzzo indurito esistenti. Deve essere evitata una vibrazione scarsa o eccessiva e i vibratorii non devono provocare il movimento delle casseforme. Tutta la posa e la compattazione del calcestruzzo devono essere effettuati sotto adeguata supervisione e nel minor tempo possibile dopo la miscelazione.

Il conglomerato cementizio non dovrà presentarsi segregato. A tal fine potrebbe rendersi necessario l'utilizzo di tubo getto, soprattutto per i getti realizzati con sequenza di strati di miscele differenti.

#### **5.6.4. Protezione e maturazione dei getti**

Il clima si definisce freddo quando la temperatura risulta inferiore a 278 K (5 °C). Quando si esegue il getto a basse temperature, tutte le superfici in calcestruzzo devono essere immediatamente coperte con materiale isolante idoneo adeguatamente fissato per evitare correnti sotto lo stesso. Il riscaldamento deve essere fornito dove richiesto per mantenere una temperatura minima nel calcestruzzo posato a 5°C durante l'indurimento. Si dovrà controllare comunque che la temperatura del conglomerato cementizio appena miscelato non sia inferiore a +8 °C e che non siano ghiacciate o innevate le superfici di fondo o di contenimento del getto e delle casseforme.

La temperatura dell'impasto non dovrà superare i 29 °C. Per getti massivi (superiori a 400 mc) dovrà essere specificato in una apposita procedura la temperatura massima del cls. Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori. È tassativo l'obbligo di adottare adeguati sistemi di protezione delle superfici esposte. Per i tempi di rimozione dei casseri si dovrà rispettare quanto previsto nella Norma UNI EN 206.

Dopo l'ultimazione del getto, sarà necessario che il calcestruzzo venga mantenuto umido per almeno 10 giorni e protetto dall'azione del sole, del vento secco, dell'acqua e delle scosse meccaniche. Il metodo di protezione del getto, finalizzati al mantenimento delle condizioni richieste per la stagionatura, dovrà essere approvato dal Direzione Lavori e del risultato sarà esclusivo responsabile l'Appaltatore. Al fine di ridurre l'insorgere di tensioni derivanti da differenze di temperatura all'interno della massa di calcestruzzo, il getto delle fondazioni sarà effettuato in unica soluzione e verrà protetto per 5 giorni con teli termoisolanti o con pannelli in polistirolo e foglio di polietilene. La posa dei teli o dei pannelli verrà effettuata in modo da non generare danno alla superficie del getto. Qualora la temperatura scenda sotto i -5 °C, si potranno proteggere i getti con coperture in teli impermeabili e riscaldatori a vapore o ad aria calda umidificata. La stagionatura umida di tutti gli elementi gettati in opera deve essere protratta per almeno 10 giorni dal getto. Le casseforme in acciaio utilizzate nelle stagioni calde devono essere protette allo stesso modo.

Le modalità di stagionatura (curing) non dovranno in alcun modo alterare (colore e finitura) le caratteristiche superficiali dei getti faccia a vista.

#### **5.6.5. Riprese di getto**

Nel caso in cui le riprese di getto non siano mostrati nei disegni, l'Appaltatore deve presentare per approvazione proposte per la loro posizione prima dell'inizio del getto del calcestruzzo. Il numero di tali giunti deve essere ridotto al minimo compatibilmente con le ragionevoli precauzioni contro il restringimento. Devono essere ad angolo retto rispetto alla direzione generale dell'elemento e devono tenere in debito conto le forze di taglio e altre sollecitazioni.

Le interruzioni di possono essere verticali o orizzontali. Nel primo caso la faccia di giunzione del primo getto di calcestruzzo deve terminare contro un pannello di arresto opportunamente predisposto per il passaggio delle armature. Nel caso di interruzioni orizzontali, il calcestruzzo deve essere rasato. Se non diversamente specificato, i giunti di costruzione devono essere piani.

Il film superficiale del primo calcestruzzo posizionato deve essere rimosso mediante spazzolatura dopo la presa del calcestruzzo ma prima che dell'indurimento per esporre gli aggregati e lasciare una superficie irregolare. Immediatamente prima di riprendere il getto, la superficie del giunto irruvidita deve essere accuratamente pulita e liberata dalla boiaccia e quindi rivestita con uno strato sottile di malta cementizia ben lavorata nella superficie. Prestare particolare attenzione alla compattazione del calcestruzzo vicino alla ripresa di getto per garantire la perfetta adesione con la vecchia superficie.

#### **5.6.6. Prevenzione delle fessure da ritiro plastico**

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Appaltatore dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Appaltatore, al momento del loro approvvigionamento.

Per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, in particolare, è fatto obbligo di applicare sistematicamente il curing del cls (come sopra definito).

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5-1,5 kg/m<sup>3</sup>.

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario, come previsto dal D.M. del 2018 al punto 4.1.2.2.4, non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Nella tabella 4.1.IV (riportata nel par. 4.1.2.2.4.5 del D.M. 17/01/2018) sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione:

**Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Nella tabella i valori limite di apertura delle fessure -  $w_d$  - sono pari a:

- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$
- $w_2 = 0.3 \text{ mm}$
- $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive (par. 4.1.2.2.4.3 D.M. 17/01/2018) in relazione a quanto indicato nella tabella 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera.

In casi particolari la D.L. potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

#### **5.6.7. Maturazione accelerata con trattamenti termici**

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare.

In particolare, si dovrà controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella che si otterrebbe con maturazione naturale.

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K (30 °C);
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h (°C/h), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;



- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (60 °C);
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 15 °C;
- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI EN 12390-2.

#### **5.6.8. Disarmo**

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

La rimozione dell'armatura di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le resistenze tali da non compromettere la stabilità, l'integrità e la funzionalità del manufatto sia nella fase provvisoria che in quella definitiva.

In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche.

Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

La D.L. potrà prescrivere che le murature di calcestruzzo vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione.

In tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentirne l'adattamento e l'ammorsamento.

Per i calcestruzzi, dovrà essere evitato lo shock termico causato dalla differenza di temperatura tra il calcestruzzo e l'ambiente al momento del disarmo. Ove necessario, dovranno essere utilizzate idonee guaine termiche protettive.

### **5.7. Giunti strutturali**

#### **5.7.1. Giunti di costruzione nei getti**

La posizione dei giunti di costruzione e delle riprese di getto delle strutture in calcestruzzo semplice e armato dovrà essere sottoposta alla preventiva approvazione della Direzione Lavori. È fatto esplicito obbligo che il getto di tutte le strutture orizzontali (per esempio platee, solai, travi), che per necessità strutturali debbono garantire un comportamento perfettamente monolitico, sia privo di riprese.

Qualora l'interruzione del getto superi le 8 ore occorrerà, prima di versare lo strato successivo, scalpellare, sabbiare e lavare la superficie di ripresa e stendervi uno strato di 1-2 cm di malta

formata dal medesimo impasto della classe di calcestruzzo del getto al quale saranno tolti gli inerti grossi.

### **5.8. Casseforme e impalcature**

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché in ogni punto della struttura la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianza sulle facce in vista del getto.

La superficie esterna dei getti in conglomerato cementizio dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie od altro che ne pregiudichi l'uniformità e la compattezza e ciò sia ai fini della durabilità dell'opera che dell'aspetto estetico.

Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati in precedenza.

Le parti componenti i casseri dovranno risultare a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

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

I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto. Se verranno impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e, qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante in quantità controllata nel qual caso la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora sia prevista la realizzazione di conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore. Tutte le casseforme e le relative impalcature di sostegno dovranno consentire di ottenere la tessitura e la finitura superficiale del calcestruzzo come richiesto dalle specifiche tecniche architettoniche.

L'Appaltatore avrà facoltà di proporre soluzioni tecniche alternative per la realizzazione di alcune parti dell'edificio, sotto l'esplicito vincolo di garantire e semmai migliorare, il livello di qualità minimo descritto nelle soluzioni di progetto. Le soluzioni tecniche alternative proposte dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori prima di essere messe in opera.

L'Appaltatore sottoporrà preventivamente all'approvazione della Direzione Lavori le tipologie di casseforme ed impalcature, come pure le modalità esecutive, che intende adottare, fermo restando l'esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione, l'esecuzione di tali attrezzature provvisoriale e la loro rispondenza a tutte le norme di legge, tecniche ed alle circolari ministeriali e d'istruzioni per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni che in ogni modo possono riguardarle.

L'Appaltatore fornirà prima dell'aggiudicazione dell'appalto i nominativi delle Società produttrici di casseforme ed impalcature di sostegno a cui farà riferimento; le referenze di tali produttori costituiranno elemento di giudizio favorevole per la valutazione dell'offerta.

I sistemi di casseforme e le impalcature dovranno essere atti a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo e delle relative specifiche tecniche.

Il progetto delle attrezzature provvisoriale dovrà tenere conto delle condizioni richieste per i paramenti delle pareti e per gli intradossi degli impalcati, in modo particolare della tessitura, dei tipi di finitura superficiale del calcestruzzo, delle tolleranze e dei difetti locali di finitura del calcestruzzo.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle attrezzature provvisoriale l'Appaltatore è tenuto a rispettare tutte le norme tecniche e tutte le prescrizioni relative alla sicurezza, che in ogni modo possono riguardarle.

Le casseforme e i puntellamenti devono essere concepiti per:

- dare al calcestruzzo la forma richiesta;
- permettere di ottenere la finitura e l'aspetto superficiale richiesto;
- supportare la struttura fino a quando questa diventi autoportante.

Le casseforme e i puntellamenti devono essere progettati e realizzati in modo da:

- sopportare effettivamente le sollecitazioni applicate durante l'esecuzione delle opere;
- lasciare alle strutture la libertà di deformazione eventualmente necessaria in corso d'esecuzione;
- rispettare le tolleranze dimensionali prescritte per le strutture.

#### **5.8.1. Casseforme**

Le casseforme devono rimanere rigide durante il posizionamento e il getto del calcestruzzo. Devono essere progettate per resistere alla peggiore combinazione di peso proprio, armature e pressione idrostatica del calcestruzzo e carichi di vento e neve.

Devono essere fissate perfettamente allineate e con la forma e le dimensioni reali del lavoro finito mostrato sul disegno.

Le cravatte utilizzate per fissare e allineare le casseforme non devono essere completamente passanti attraverso parte di una struttura a meno che non siano progettate in modo tale che le loro estremità inglobate nel getto abbiano un copriferro almeno uguale a quello richiesto per armature. Le fessure nel calcestruzzo alle estremità dalla cravatta devono essere efficacemente sigillate con malta cementizia.

Le casseforme devono essere progettate in modo da essere facilmente smontate e rimosse dal calcestruzzo fessurato senza creare danni. Ove necessario, la cassaforma deve essere costruita in modo tale che la forma dell'intradosso, opportunamente supportata su appositi puntelli, possa essere mantenuta in posizione per i periodi che possono essere richiesti per la maturazione del getto o indicati nelle Specifiche.

La parte superiore delle casseforme deve essere prevista su superfici in calcestruzzo in cui la pendenza superi 1:2.5. Tutti gli spigoli devono essere smussati a 5 x 5 mm se non diversamente indicato sui disegni.

Prima di ogni utilizzo, la cassaforma deve essere attentamente esaminata e pulita e le superfici di contatto in calcestruzzo della cassaforma devono essere trattate con un agente disarmante adatto. Si deve prestare attenzione per evitare il contatto dell'agente disarmante con le armature. Quando una superficie di calcestruzzo deve essere permanentemente esposta, deve essere utilizzato lo stesso agente disarmante per tutta la superficie. Nel caso in cui alla superficie di calcestruzzo debba essere applicata una finitura, si dovrà prestare attenzione per garantire la compatibilità dell'agente disarmante con la finitura.

Non potranno iniziare operazioni di getto prima del sopralluogo e dell'approvazione del Direttore dei Lavori.

### **5.8.2. Casseforme per colonne e pareti con finitura faccia a vista**

Dove espressamente indicato negli elaborati grafici le strutture verticali in opera (pilastri e setti) sono da realizzarsi con finitura faccia a vista secondo le caratteristiche di finitura e le relative tolleranze descritte nelle specifiche tecniche architettoniche. Tali strutture non saranno oggetto di una successiva applicazione di tinteggiatura o trattamenti superficiali ad esclusione di trattamento idrorepellente.

Le casseforme dovranno essere eseguite con un sistema a travi componibili modulari di grande superficie costituito da:

- rivestimento dei pannelli in modo da ottenere la superficie architettonica richiesta;
- orditura di travi di legno;
- correnti modulari metallici;
- componenti di collegamento;
- componenti di stabilizzazione a controventi;
- componenti di sollevamento;
- passerelle di servizio e di protezione;
- componenti per operare in sicurezza.

È previsto l'utilizzo di pannelli di rivestimento delle casseforme di grandi dimensioni (ad. es PERI FinPly Maxi) in modo da rendere pressoché invisibili i giunti di accostamento.

I pannelli dovranno essere opportunamente scelti in modo da evitare la formazione di bolle superficiali.

I pannelli di rivestimento opportunamente irrigiditi senza impronte di viti di fissaggio tra rivestimento e orditura dovranno avere dimensioni secondo quanto previsto dagli elaborati grafici architettonici e dovranno assicurare la resistenza e la stabilità dimensionale sotto le azioni che questi possono sopportare in servizio tenendo conto delle condizioni richieste per i paramenti in calcestruzzo e dell'incidenza sulla qualità della finitura superficiale.

Altre impronte non previste nel progetto architettonico dovranno essere autorizzate.

I singoli pannelli di rivestimento della cassaforma dovranno essere ben accostati in modo che non abbiano a presentare, dopo il disarmo, difetti di forma o difetti superficiali.

Eventuali giunti delle unità di cassaforma a grande superficie dovranno essere eseguiti in conformità a quanto previsto dagli elaborati grafici architettonici di conseguenza le indicazioni riportate sui disegni di utilizzazione delle casseforme dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Eventuali scanalature superficiali dovranno essere coerenti al progetto architettonico.

La finitura superficiale del calcestruzzo, ottenuta dopo il disarmo della cassaforma, è una finitura diretta di alto livello qualitativo di aspetto liscio, di colore rispondente alle specifiche architettoniche con evidenziati i giunti fra le unità di cassaforma a grande superficie secondo quanto evidenziato dagli elaborati grafici.

I pannelli di rivestimento dovranno essere fissati direttamente all'orditura irrigidente a travi di orditura secondaria o su supporto d'adequato spessore in funzione dell'azione della pressione massima esercitata dal calcestruzzo fresco sulla cassaforma.

Le tolleranze di costruzione dovranno essere conformi alle prescrizioni della norma DIN 18202. Per quanto riguarda le tolleranze di planarità delle superfici in calcestruzzo faccia a vista dovranno essere rispettati i limiti relativi al Gruppo 7 riportati nella Tabella 3.

La costipazione del calcestruzzo potrà avvenire sia dall'interno mediante vibrazione ad immersione, sia dall'esterno con vibratori applicati alla cassaforma. Conseguentemente le casseforme dovranno essere dimensionate per sopportare correttamente le sollecitazioni dovute a tutte le operazioni di vibrazioni del calcestruzzo.

Le unità di casseforme dovranno essere collegate tramite i correnti metallici con giunzioni che allineino i moduli della cassaforma.

La scansione dei pannelli di rivestimento delle casseforme dovrà corrispondere alla posizione delle riprese di getto (dove previste) per evitare il più possibile la formazione di imperfezioni sulla superficie del calcestruzzo.

Le casseforme a travi componibili modulari dovranno essere corredate da passerelle di servizio e di protezione ed integrate da tutti i componenti per l'utilizzazione in sicurezza della stessa quali i puntelli di stabilizzazione, la botola e le scale d'accesso fra i vari impalcati di calpestio, accessori di sollevamento e reti di protezione.

Le unità di cassaforma dovranno avere la possibilità di essere sovrapposte rapidamente e con facilità, preferibilmente senza dover forare le travi del sistema di cassaforma tramite componenti di connessione.

Devono essere considerati gli andamenti più sfavorevoli delle pressioni, tenendo conto di tutte le condizioni particolari del manufatto da gettare.

Il dimensionamento finale della cassaforma sia per la fase di getto e maturazione, sia per la fase di sollevamento ed installazione è a carico dell'Appaltatore.

Le presenti indicazioni sono da considerarsi aggiuntive rispetto a quanto indicato al paragrafo 6.9.1.

### **5.8.3. Classificazione e finitura di superfici in calcestruzzo in opera**

Per la tipologia di finitura da prevedersi per ciascun elemento strutturale far riferimento alle specifiche tecniche architettoniche.

### **5.8.4. Rimozione di casseforme**

Le casseforme devono essere rimosse solo con il permesso della Direzione Lavori e deve essere effettuato sotto la supervisione di una persona competente. Durante la rimozione è necessario prestare molta attenzione per evitare urti o inversioni di tensione nel calcestruzzo.

Nei casi in cui la Direzione Lavori consideri premature le proposte dell'Appaltatore per la rimozione di casseforme, sia a causa del tempo o per qualsiasi altra ragione, può ordinare di ritardare tale rimozione.

Nonostante l'approvazione dato dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore è il responsabile per qualsiasi eventuale lesione alla struttura e qualsiasi danno conseguente o causato dalla rimozione di casseforme.

I seguenti periodi minimi (fare riferimento a BS 8000: Sezione 2.2) per il normale calcestruzzo confezionato con cemento Portland devono essere rispettati prima dello scassero.

Laddove si utilizzino additivi o altri tipi di cemento, possono essere applicati periodi più lunghi o più brevi soggetti all'approvazione della Direzione Lavori. I periodi indicati qui di seguito non si applicano nei casi in cui vengono utilizzati indurimenti accelerati o casseforme scorrevoli. In entrambi i casi, le proposte per lo scassero devono essere concordate con la D.L.

Tipi di casseforme	Normale Cemento Portland	
	Temperatura media all'ombra	
	7°C	16°C
Rivestimento verticale di pilastri, muri travi larghe	24 ore	12 ore
Casseforme per solai	6 giorni	4 giorni
Puntelli per solai	15 giorni	10 giorni
Casseforme per travi	15 giorni	10 giorni
Puntelli per travi	21 giorni	14 giorni

La resistenza e la stabilità strutturale devono essere in ogni caso garantite con eventuali sistemi di ripuntellamento delle strutture.

### 5.9. Tolleranze di costruzione

La struttura in calcestruzzo deve essere costruita con una precisione tale da consentire il corretto assemblaggio di componenti e installazioni e deve essere compatibile con la finitura. L'accuratezza del lavoro deve rientrare nelle tolleranze indicate nei disegni o specificate altrove e, in assenza di altri requisiti, deve essere conforme alle seguenti:

- tutte le dimensioni di posa +/- 5 mm
- sezioni di elementi in calcestruzzo +5mm/-0 mm
- superficie di fondazioni controterra +/-10 mm
- estradosso fondazioni, +/-10 mm
- estradosso solette (misurato una estensione di 5 m) +/-5 mm
- verticalità di pilastri e muri sul singolo interpiano +/-10 mm
- verticalità di pilastri e muri sull'intera altezza dell'edificio dall'estradosso fondazioni +/-15 mm
- superficie interna di vani ascensore sul singolo interpiano +/-5 mm
- superficie interna di vani ascensore sull'intera altezza dell'edificio dall'estradosso delle fondazioni: +/-10 mm



•

#### **5.10. Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature**

L'Appaltatore avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti.

L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Appaltatore stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

#### **5.11. Norme di misurazione delle opere in calcestruzzo in variante**

I lavori saranno appaltati a corpo secondo la formula "chiavi in mano" sulla base dell'importo forfettario indicato nella lettera d'offerta, derivante dall'analisi dei costi che l'Appaltatore dichiara di aver esperito e accettato.

Tutti i lavori inerenti all'appalto saranno eseguiti dall'Appaltatore in conformità alle prescrizioni e condizioni stabilite nel presente capitolato e negli elaborati di progetto, tenuto conto, peraltro, che dette prescrizioni hanno carattere indicativo e non limitativo, in quanto è qui reso noto che l'Appaltatore si obbliga espressamente ad un'esecuzione a perfetta regola d'arte, nel rispetto delle vigenti norme di Legge, per fornire un complesso perfettamente funzionante.

La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di introdurre nelle opere oggetto dell'appalto quelle varianti che a suo insindacabile giudizio ritenga opportune, fino alla concorrenza di un quinto dell'importo dell'appalto e senza che perciò l'Appaltatore appaltatrice possa pretendere compensi all'infuori del pagamento a conguaglio dei lavori eseguiti in più o in meno.

Non sono riconosciute varianti al progetto esecutivo, prestazioni e forniture extra contrattuali di qualsiasi genere, eseguite senza preventivo ordine scritto del Direttore dei Lavori.

Qualunque reclamo o riserva che l'Appaltatore si credesse in diritto di opporre, deve essere presentato per iscritto al Direttore dei Lavori prima dell'esecuzione dell'opera oggetto della contestazione. Non sono prese in considerazione domande di maggiori compensi su quanto stabilito in contratto, per qualsiasi natura o ragione, qualora non vi sia accordo preventivo scritto prima dell'inizio dell'opera oggetto di tali richieste.

Sono ammesse, da parte dell'Appaltante e nel suo esclusivo interesse, le varianti, in aumento o in diminuzione, finalizzate al miglioramento dell'opera e alla sua funzionalità, sempre che non comportino modifiche sostanziali e siano motivate da obiettive esigenze derivanti da circostanze sopravvenute e imprevedibili al momento della stipula del contratto.

Qualora fossero introdotte delle varianti, la misurazione delle opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, saranno computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.

Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto, il pompaggio e la vibratura.

Il ferro tondo per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo nonché la rete elettrosaldata sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi, i distanziatori, i dispositivi di ripresa di getto anche quando costituiti da manicotti che dovranno essere e del tipo approvato e la posa in opera dell'armatura stessa.

## **5.12. Armature per calcestruzzo armato**

### **5.12.1. Esclusione dell'utilizzo di acciaio B450A**

Non è consentito in alcun modo l'impiego di acciaio di tipo B450A.

### **5.12.2. Generalità**

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello o similari; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Copriferro ed interferro dovranno essere realizzati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p. contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche D.M. 17/01/2018 emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore al valore indicato dal progettista.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere pari al valore indicato dal progettista e comunque non inferiore a 40mm.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; dovranno essere eseguite legature doppie incrociate con filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm oppure con il cosiddetto "spaghetto", tali da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

In alternativa per le legature potranno essere effettuate delle saldature con apporto di materiale (di puntatura e non di forza) tali da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. Le saldature dovranno essere effettuate da personale qualificato (dotato di relativo patentino) e dovranno essere caratterizzate da specifica relazione dell'Appaltatore descrittiva delle relative modalità e con individuazione degli schemi di saldatura. Le puntature non dovranno in ogni caso superare il 50% degli incroci, salvo differenti disposizioni progettuali.

L'Appaltatore dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto. Qualora non fosse rispettato il copriferro previsto, la Direzione Lavori avrà il diritto di interrompere i getti e di far demolire le parti eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

È a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

### **5.12.3. Acciaio per C.A**

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086 ed al D.M. 17/01/2018

Caratteristiche di impiego:

- acciaio per armatura calcestruzzo: Tipo B450C
- limite di snervamento:  $f_y > 450$  MPa
- limite di rottura:  $f_t > 540$  MPa

Per gli opportuni controlli da parte della D.L., l'Appaltatore dovrà documentare di ogni partita di acciaio che entra in cantiere la provenienza, la qualità e il peso complessivo di tondini per ogni parte d'opera.

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle Norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e consentire alla D.L. di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dalla certificazione di cui al D.M. 17/01/2018, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto nel D.M. citato.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. 17/01/2018.

Rimane comunque salva la facoltà del D.L. di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

L'unità di collaudo per acciai in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max di 30 t.

Durante i lavori, per ogni lotto di fornitura, dovranno essere prelevati non meno di tre campioni di 1 metro di lunghezza cadauno ed inviati a Laboratori Ufficiali ai sensi della L. 1086/71 secondo quanto previsto nel D.M. 17/01/2018.

In caso di risultati sfavorevoli di dette prove, il complesso di barre, al quale si riferisce il campione sarà rifiutato e dovrà essere allontanato dal cantiere.

Per il controllo del peso effettivo da ogni unità di collaudo, dovranno essere prelevate delle barre campione.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte, modificando i disegni di progetto e dandone comunicazione alla D.L., barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

L'unità di collaudo per acciai per c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 t spedito in un'unica volta e composta da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

Rimane comunque salva la facoltà della D.L. di disporre di eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

**5.12.4. Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento**

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

Nel caso che i certificati di prova diano esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 17/01/2018.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

**5.12.5. Acciaio inossidabile in barre ad aderenza migliorata**

Gli acciai inossidabili dovranno rientrare nelle categorie di cui al D.M. 17/01/2018, e dovranno rispettare tutte le caratteristiche fisiche, tecnologiche e meccaniche ivi previste.

Dovranno inoltre essere del tipo austenitico (ivi compresi gli acciai austenitici all'Azoto) o austenitico-ferritico.

Per tali acciai il produttore dovrà fornire l'attestato di deposito rilasciato dal Servizio Tecnico del C.S. LL PP attraverso prove certificate da Laboratori Ufficiali, documentazione comprovante che tali acciai siano del tipo austenitico (ivi compresi gli acciai austenitici all'Azoto) o austenitico-ferritico, e precisato gli specifici provvedimenti di saldatura che dovranno essere utilizzati in cantiere o in officina.

Per i controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre si procederà secondo le indicazioni del D.M. 17/01/2018.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova, nonché l'accettazione della partita, sono analoghe a quelle riportate nella presente sezione.

L'uso di detto acciaio deve essere previsto rigorosamente in progetto, e giustificato alla luce delle situazioni ambientali, nonché concretamente motivato.

**5.12.6. Reti in barre di acciaio elettrosaldate**

Le reti saranno in barre del tipo B450C, controllate in stabilimento, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel D.M. 17/01/2018.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiama quanto previsto nel D.M. 17/01/2018.

**5.12.7. Zincatura a caldo degli acciai**

Quando previsto in progetto gli acciai in barre e le reti in barre di acciaio elettrosaldate dovranno essere zincate a caldo.

**5.12.8. Qualità degli acciai da zincare a caldo**

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04% oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Gli acciai ad aderenza migliorata dovranno inoltre avere garanzia di saldabilità e composizione chimica conforme ai valori di cui al Prospetto I della Norma UNI EN 10080 per gli acciai di qualità Fe B 400 S e Fe B 500 S.

### **5.12.9. Zincatura a caldo per immersione**

#### ***5.12.9.1. Trattamento preliminare***

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

#### ***5.12.9.2. Immersione in bagno di zinco***

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%. Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m<sup>2</sup> di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85  $\mu$ m  $\pm$  10%.

Seguirà il trattamento di cromatazione, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.

#### ***5.12.9.3. Finitura ad aderenza del rivestimento***

Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere.

Dovrà essere aderente alla barra in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.

#### ***5.12.9.4. Verifiche***

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso massimo di 30 t.

Oltre alle prove previste dai precedenti punti, dirette a verificare la resistenza dei materiali, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del precedente punto.

La Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Appaltatore ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura.

In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le partite saranno rifiutate e l'Appaltatore dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo Aupperle) secondo la Norma UNI EN 1460:1997.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a 610 g/m<sup>2</sup> +10% la partita sarà accettata.

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se anche per questi ultimi il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a 610 g/m<sup>2</sup> -10% la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo Preece).

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni.

Se dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata ma verrà applicata una penale al lotto che non possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Appaltatore sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla medesima.

#### *5.12.9.5.Certificazioni*

Il produttore, oltre ai controlli sistematici, con prove di qualificazione e di verifica della qualità, previste dalle Norme di cui al D.M. 17/01/2018 dovrà presentare per ogni partita la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

#### *5.12.9.6.Lavorazione*

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera.

Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bicomponente dello spessore di 80-100 micron.

#### **5.12.10. Dispositivi di accoppiamento barre e di ancoraggio**

Qualora sia previsto negli elaborati di progetto, o per necessità particolari, l'utilizzo di elementi per la ripresa di getto e la continuità delle barre di armatura di tipo meccanico a manicotto o simili, essi saranno annegati direttamente nel getto di calcestruzzo, e sarà compreso nei prezzi l'onere per la loro fornitura e posa in opera.

Qualora sia prevista negli elaborati di progetto la posa in opera di bulloni di ancoraggio per macchinari e strutture, essi saranno annegati direttamente nel getto di calcestruzzo, e sarà compreso l'impiego di dime in ferro o in altro materiale scelto dalla D.L. per l'esatto posizionamento.

Sarà pure compresa la posa degli eventuali manicotti in tubo di ferro zincato od in altro materiale scelto dalla D.L., l'esecuzione di eventuali saldature ai ferri di armatura o di altro tipo di fissaggio alle strutture; sarà infine compresa l'assistenza durante il getto, per il perfetto e preciso ancoraggio dei bulloni.

Per l'ancoraggio di macchine o di altre strutture, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, è previsto l'impiego di betoncino o di malta di cemento le cui caratteristiche sono indicate nei precedenti paragrafi.

Per creare l'alloggiamento dei bulloni di ancoraggio, di zanche, ecc., l'Appaltatore provvederà al tracciamento, alla fornitura, alla posa ed al fissaggio di cassette in legno ed in lamierino di ferro di qualsiasi forma richiesta, nonché alla loro rimozione a getto ultimato; gli oneri derivanti sono compresi nel prezzo di appalto e nei prezzi unitari del betoncino o della malta più sopra menzionati.

### **5.13. Trattamenti protettivi per strutture in C.A. e C.A.P.**

Per la protezione di strutture in c.a. e c.a.p. si applicheranno i criteri di cui alla UNI 1504.

La protezione delle testate dei cavi di precompressione dovrà essere realizzata con materiali le cui caratteristiche soddisfino i parametri minimi definiti dalla UNI 1504.

Per le opere in c.a. e c.a.p. per le quali sia prevista l'applicazione di sistemi protettivi al fine di ridurre l'insorgere di fenomeni che possano portare ad un degrado accelerato del calcestruzzo o fenomeni di corrosione si farà uso di protettivi elastici conformi alla UNI 1504.

Le modalità di applicazione dei prodotti sopramenzionati saranno quelle definite dalle schede tecniche in cui sono riportate le tipologie di eventuali primer di sottofondo, il numero di mani per garantire una completa ed efficiente copertura, le tecniche di applicazione (a pennello, a rullo o a spruzzo) e gli spessori totali.

I prodotti da utilizzare dovranno essere preventivamente qualificati da D.L. Le caratteristiche verranno accertate mediante prelievo in loco di campioni con la frequenza pari ad almeno 1 prelievo per wbs sui quali verranno riefettuate le prove previste al fine di garantire i valori minimi previsti in tabella. Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori specializzati. In corso d'opera sul prodotto applicato verranno inoltre accertati spessori minimi e caratteristiche di adesione mediante l'effettuazione di idonee prove con la frequenza di almeno 1 prova per ciascuna parte d'opera di ogni WBS (ad es. pile, conci, pulvini, baggioli, velette, ecc.).

Per i ripristini delle strutture in c.a. e c.a.p. si applicheranno i criteri definiti dalla UNI 1504.

#### **5.13.1. Protezione e maturazione dei getti**

La protezione e la cura del calcestruzzo devono essere considerate come lavori di fondamentale importanza. Il calcestruzzo deve essere protetto durante la prima fase di indurimento dagli effetti nocivi del gelo, del vento, della pioggia e degli effetti di essiccazione del vento, del sole e delle alte temperature. La protezione deve essere applicata prima possibile. Nel caso di solai, la protezione deve essere posizionata non appena il calcestruzzo si è indurito a sufficienza per evitare danni alla superficie. Nel caso di altre superfici, deve avvenire entro mezz'ora dalla rimozione della cassaforma.

Sono consentiti i seguenti metodi di protezione:

- a) tranne che per le superfici sulle quali il calcestruzzo deve essere successivamente incollato, il calcestruzzo può essere vulcanizzato mediante l'applicazione di una membrana di polimerizzazione liquida approvata, applicata secondo le istruzioni del produttore. Sulle superfici orizzontali, la membrana indurente deve essere applicata immediatamente dopo aver posizionato il calcestruzzo e sulle superfici verticali immediatamente dopo aver rimosso la cassaforma;
- b) coprire il calcestruzzo con fogli di polietilene, insieme a spruzzi continui di acqua;
- c) nei climi freddi, dove è richiesto l'isolamento, questo deve essere fornito dall'uso di apposite coperture isolanti impermeabili;
- d) nei casi in cui la cassaforma in acciaio viene utilizzata a temperature elevate, deve essere protetta allo stesso modo di cui al precedente punto (1). L'acqua fredda non deve essere spruzzata su una faccia di calcestruzzo calda appena scassata;

e) in sezioni di calcestruzzo spesse, dove le dimensioni in tutte le direzioni superano 900 mm, l'Appaltatore deve fornire isolamento al calcestruzzo fresco per garantire che la differenza di temperatura tra la parte più calda e quella più fredda del calcestruzzo non superi i 20°C; In nessun caso la protezione e la maturazione dei getti dovranno alterare o danneggiare la finitura superficiale prescritta per i singoli elementi.

## **6. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure indicate nel §11 delle NTC;
- qualificati sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure indicate nel §11 delle NTC;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;
- materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il fabbricante abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
- materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

Al fine di dimostrare l'identificazione, la qualificazione e la tracciabilità dei materiali e prodotti per uso strutturale, il fabbricante, o altro eventuale operatore economico (importatore, distributore o mandatario come definiti ai sensi dell'articolo 2 del Regolamento UE 305/2011), secondo le disposizioni e le competenze di cui al Capo III del Regolamento UE n.305/2011, è tenuto a fornire copia della sopra richiamata documentazione di identificazione e qualificazione (casi A, B o C), i cui estremi devono essere riportati anche sui documenti di trasporto, dal fabbricante fino al cantiere, comprese le eventuali fasi di commercializzazione intermedia, riferiti alla specifica fornitura.

Nel redigere la "Dichiarazione di Prestazione" e la documentazione di qualificazione, il fabbricante si assume la responsabilità della conformità del prodotto da costruzione alle prestazioni dichiarate. Inoltre, il fabbricante dichiara di assumersi la responsabilità della



conformità del prodotto da costruzione alla “Dichiarazione dei Prestazione” o alla documentazione di qualificazione ed a tutti i requisiti applicabili.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché – qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione (caso B) o del Certificato di Valutazione Tecnica (caso C). I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all’impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell’entrata in vigore delle presenti norme tecniche, fino al termine della loro validità.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell’ambito dell’accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l’idoneità all’uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l’uso specifico e dai documenti progettuali, con particolare riferimento alla Relazione sui materiali, di cui al §10.1 delle NTC.

La mancata rispondenza alle prescrizioni sopra riportate comporta il divieto di impiego del materiale o prodotto.

Al termine dei lavori che interessano gli elementi strutturali, il Direttore dei Lavori predispone, nell’ambito della Relazione a struttura ultimata di cui all’articolo 65 del DPR.380/01, una sezione specifica relativa ai controlli e prove di accettazione sui materiali e prodotti strutturali, nella quale sia data evidenza documentale riguardo all’identificazione e qualificazione dei materiali e prodotti, alle prove di accettazione ed alle eventuali ulteriori valutazioni sulle prestazioni.

Il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici potrà effettuare attività di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, ai sensi dell’art. 11 del DPR 246/93 ovvero del Capo VIII del Regolamento UE 305/2011.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:

- laboratori di prova notificati ai sensi del Capo VII del Regolamento UE 305/2011;
- laboratori di cui all’art. 59 del DPR 380/2001;
- altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, previo nulla osta del Servizio Tecnico Centrale.

Qualora si applichino specifiche tecniche europee armonizzate, ai fini della marcatura CE, le attività di certificazione di prodotto o del controllo di produzione in fabbrica e di prova dovranno essere eseguite dai soggetti previsti dal relativo sistema di valutazione e verifica della costanza delle prestazioni, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, applicabile al prodotto.

I fabbricanti di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di

produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

Qualora il fabbricante non sia stabilito sul territorio dell'Unione Europea, questi dovrà nominare un mandatario stabilito sul territorio dell'Unione autorizzato ad agire per conto del Fabbricante in relazione ai compiti indicati nel mandato, nel rispetto dell'articolo 12 del Regolamento (UE) n. 305/2011.

Il richiamo alle specifiche tecniche armonizzate, di cui al Regolamento UE 305/2011, contenuto nella presente norma deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato. Il richiamo alle specifiche tecniche volontarie UNI, EN e ISO contenute nella presente norma deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata. Con successivo provvedimento si aggiornano periodicamente gli elenchi delle specifiche tecniche volontarie UNI, EN ed ISO richiamate nella presente norma.

## **7. ARMAMENTO**

### **7.1. Descrizione interventi armamento edolo**

Il progetto definitivo dell'armamento relativo a questa prima fase funzionale è limitato tra le progressive km 102+754 e km 102+916 (fine intervento) e riguarda i binari I e II.

Il suddetto intervento darà la possibilità ai treni a idrogeno di fare sosta e rifornimento, grazie alla realizzazione di una nuova banchina di servizio a quota +25 cm da PF.

Soltanto il primo binario, una volta superata la banchina antistante il fabbricato viaggiatori, si allarga per poter inserire gli impianti di erogazione.

Per realizzare il nuovo progetto della stazione di Edolo saranno demoliti il tratto di binario che collega i binari I e II lato ovest, compresi i due scambi e i tratti di binari I e II a partire dalla pk 102+754.

L'intervento dell'armamento comprende la costruzione dei nuovi binari con rotaie 60 UNI e traverse monoblocco in c.a.p., pietrisco per massicciata ferroviaria di nuova fornitura, inoltre anche l'esecuzione del rilievo dei binari esistenti e lo studio geometrico del tracciato.

Per i nuovi binari per che non subiscono un significativo spostamento planimetrico, è previsto il rinnovamento e risanamento della massicciata con scavo spinto a una profondità pari a 25cm.

Per i nuovi binari costruiti su nuova sede è prevista la realizzazione di nuovi piani di regolamento per alloggiare tale sovrastruttura.

Nell'intervento è previsto, al fine di agevolare l'attraversamento della sede ferroviaria, l'utilizzo di traverse passa cavi necessarie per il funzionamento degli impianti di segnalamento e di traverse RFI-230/240 2V G per il sostegno dei GII.

### **7.2. Normative di riferimento**

- Lettera circolare F.S. n. 51 del 25 maggio 1956 n. L. 5/1S.55/2/20528: Nuova distribuzione degli appoggi nei binari ed unificazione di tipi di posa;
- Circolare F.S. n. 19 del 5 marzo 1959 n. L. C/5/2/20528: Regularizzazione dello spartito delle traverse nei lavori all'armamento;
- Circolare n. 287 del 9 maggio 1978 n. L. 4.24/114072: Precauzioni durante la stagione estiva. Prescrizioni di esecuzione dei lavori d'armamento in rapporto alle temperature e relativa Appendice n. 1 del 25/7/1979 n. L. 4.24/126804;
- Istruzione F.S. n. 60/c del 10 luglio 1968 n. L.SA. 12/125268/334: Armamento dei binari – Cassette per la manovra a mano degli scambi e relativa Appendice n. 1 del 31/1/1970 n. L.SA. 12/103238/442;
- Istruzione F.S. n. 60/E del 28 febbraio 1969 n. L.SA. 12/109317: Armamento dei binari – Dispositivi d'immobilizzazione degli aghi degli scambi;
- Istruzione F.S. n. 60/G dell'8 settembre 1969 n. L.SA. 12/131065: Armamento dei binari – Dispositivo d'immobilizzazione di emergenza degli aghi degli scambi;
- Circolare F.S. n. 30 del 2 maggio 1958 n. L.C. 5.1/29138: Armamento tipo 60 UNI e suo impiego;
- Circolare F.S. n. 114 del 19 dicembre 1959 n. L.C. 5.2/1/124404: Lavori all'armamento;
- Istruzione F.S. n. 60/a del 15 maggio 1963 n. L.SA. 47115: Armamento dei binari – Dispositivi per giunzioni provvisorie;

- Istruzione n. 1-6.0 – S.SE/A.01/1309 del 3.10.1988: Scambi su traversoni in c.a.p.;
- Appendice n. 1 alla istruzione n. 1 “Scambi su traversoni in c.a.p.” S.SE/A-002037 del 19/7/1989;
- Istruzione TC.C/A/011131-008-63 del 4/2/1992: Istruzione tecnica per le giunzioni incollate di rotaie e per gli incollaggi dei cuori monoblocco in acciaio fuso al Mn per deviatori – Fabbricazione – Posa in opera e connessi provvedimenti per il binario;
- Circolare TC.C/S/91/001673 – 87270000 del 16/4/1991: Standardizzazione materiali d’armamento;
- Disegno F.S. n. 9373 relativo alla traversa UB c.a.p. tipo 60E;
- Disegno F.S. n. 9194 relativo all’ancoraggio in ghisa sferoidale marca AP6;
- Disegno F.S. n. 8286 relativo a doppio attacco elastico;
- Disegno PANDROL Ltd 3739/1/c relativo al fermaglio E2039;
- Disegno F.S. n. 9140 relativo alla piastrina isolante marca PIP 63;
- Disegno F.S. n. 9139 relativo alle piastre sottorotaia marca PGS 13;
- Disegno F.S. n. 9283 relativo alle piastre sottorotaia marca PGS 20;
- Disegno F.S. n. 9281 relativo alle piastre sottorotaia marca PGS 19;
- Disegno F.S. n. 9278 relativo all’ancoraggio in ghisa sferoidale marca AP7;
- Disegno PANDROL 1370 relativo al fermaglio PR401 A;
- Disegno F.S. n. 9279 relativo alla piastra di acciaio marca 60S1;
- Disegno F.S. n. 9280 relativo alla piastrina isolante marca PIP 64;
- Disegno F.S. n. 8690 relativo a chiavardini marca CK1;
- Disegno DB LOTKU 184 relativo a ramponi VOSSLOH marca MUSKL3;
- Disciplinare tecnico per la progettazione e la fornitura in opera di armamento di tipo innovativo (divisione tecnologia e sviluppo di sistema 10/12/1991);
- Lettera circolare I/SC.AM.04/1984/02854 del 17 marzo 1996 alla circolare TC.C/S/91/001673 – 8727 del 16/4/91 “Standardizzazione materiali d’armamento”;
- Istruzione F.S. n. 60/a del 15 maggio 1963 n. L.SA. 47115 “Armamento dei binari – dispostivi per giunzione provvisoria”;
- Circolare L. 4213-338-6.5 del 25/10/86 “Scartamento del binario” e 1° appendice TC.C/A-ES.I/A-63-17 del 22/9/92 alla circolare L. 4213-338-6.5 del 25/10/1986;
- Istruzione n. 62 b dell’11/5/73 “Armamento – calibro F.S. 69 per il controllo delle grandezze fondamentali del binario”;
- Istruzione tecnica TC.T/TC.C/ES.I/18/505 del 12.10.92 “Applicazioni di connessioni elettriche alle rotaie e agli apparecchi del binario”;
- Norme tecniche ed. aprile 1993 per la saldatura in opera di rotaie, eseguita con i procedimenti alluminotermico e elettrico a scintillio;
- Circolare n. 1/6.7 – S.SE/A.03/418 del 10.6.88 “Abilitazione per l’esecuzione di saldature alluminotermiche delle rotaie per il personale dipendente da imprese appaltatrici”;
- Circolare P.MI/U.04/1/6.5 del 2 luglio 88 “Saldatura elettrica a scintillio delle rotaie mediante l’impiego della macchina semovente”;
- Specifica tecnica S.OC/A.W/R.S ed. 1/1991 per forniture di lunghe barre di rotaie composte mediante saldatura elettrica;
- Specifica tecnica S.OC/A.W/R ed. 1/91 per forniture di rotaie e barre per aghi di acciaio per linee ferroviarie;

- Istruzione TC.C/A/011131-008-53 del 4/2/92 “Istruzione tecnica per le giunzioni incollate di rotaie e per gli incollaggi dai cuori monoblocco in acciaio fuso al mn per deviatori – fabbricazione – posa in opera e connessi provvedimenti per il binario”;
- Disegno F.S. n. 9711 scambio semplice dx e sx S60 UNI/1200/0,074. Tale disegno si riferisce a scambi con cuore a punta fissa;
- Condizioni tecniche per la fornitura di scambi del tipo 60 UNI con cuori monoblocco di acciaio fuso al Mn – edizione aprile 1982;
- Specifiche tecniche I.IN/SC.AM-II-D-6 ed. settembre 1994 per la fornitura di cuori monoblocco in acciaio fuso al manganese;
- Prescrizione tecnica S.SE/A.02 II – D – 5b – edizione aprile 1989 per la fabbricazione e per il collaudo di aghi grezzi per armamento tipo 60 UNI composti da barra forgiata (o stampata) a caldo saldata alla rotaia (per scambi 170/0,12; 250/0,12; 400/0,074; 400/0,094; 1200/0,040; 1200/0,055 e scambi intersezione 170/0,12; sp. e dp.);
- Specifiche di fornitura per traverse di legno, legnami per scambi e legnami per ponti – ed. settembre 95;
- Immobilizzatori d’ago universali DI TCAR SF AR 06 001 A;
- Circolare n. 91-6.8 del 11 maggio 1966 libretto modello L. 94 per il controllo degli apparecchi di binario in opera;
- Disegno F.S. n. 9020 immobilizzatore d’ago universale I.A. 60 U3;
- Disegno F.S. n. 9592 immobilizzatore punta mobile I.P.M. 60U – 1;
- Disegno F.S. n. 9599 immobilizzatore punta mobile;
- Istruzione 60 f – L.SA 11/111613 del 25 marzo 1969 “Armamento dei binari – rosette elastiche”;
- Circolare L. 41.344.5.9 n. 120859 del 28/9/87 “Sicurezza del binario nei confronti dello svio – valore limite dello sghembo del binario”;
- Circolare L. 41-343-7.1 del 28 aprile 1987 “Velocità massima d’orario” e Dispaccio di servizio FS 00619 del 1/7/88 (appendice alla circolare L. 41-343-7.1 del 28 aprile 1987);
- Circolare n. 287/6.5 del 9 maggio 1978 n. L. 4.24/114072 “Precauzioni durante la stagione estiva. Prescrizioni di esecuzione dei lavori d’armamento in rapporto alle temperature” e appendice n. 1 del 25/7/79 n. L. 4.24/126804 alla circolare n. 287/6.5 del 9 maggio 1978 n. L. 4.24/114072;
- Circolare n. 63 L. 5/2/59629 del 27 giugno 1959 “Esecuzione dei lavori di manutenzione in corrispondenza dei binari con rotaie di lunghezze normali e con lunghe rotaie saldate (l.r.s.) – Prescrizioni in sicurezza in rapporto alla temperatura ambiente della rotaia”;
- Specifica tecnica per la fornitura di fermaglio elastico marca E1/2039 per traverse tipo FS V 35 P II-.M-11 (Ed. Dic. 1998);
- Specifica tecnica per la fornitura di cuscinetti elastici per deviatori 60 UIC.II.D.4E (ed. Gen. 1999);
- Cuscinetti elastici autolubrificanti DI/T/009/161 (ed. Gen. 1999);
- Specifica tecnica per la fornitura di chiodi completi di collare e rosetta piana, a bloccaggio irreversibile, per il montaggio di giunti isolanti incollati II-M-22 (ed. Feb. 1999);
- Specifiche tecniche per la fornitura di paraurti ad azione frenante (DI TCAR SF AR 01 001A – ed. Luglio 1999);
- Specifiche tecniche per la fornitura di piastre per controrotaie UIC 33 per deviatori ferroviari armamento 60 UIC;

- Specifica tecnica RFI: Linee guida per la realizzazione e manutenzione dei binari su base assoluta con tracciati riferiti a punti fissi in coordinate topografiche (RFI TCAR ST AR 01 002A - ed. dicembre 2001);
- Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguita con i procedimenti alluminotermico e scintillio RFI TCAR ST AR 07 001 A;
- Procedura Operativa Subdirezionale RFI: Criteri per la valutazione tecnica del materiale d'armamento tolto d'opera e classificabile come "usato servibile" (RFI DMA PS IFS 002 B).

Nel caso in cui due o più elaborati di riferimento trattino lo stesso argomento, verrà preso in considerazione l'elaborato emesso alla data più recente.

Inoltre, dovranno essere prese a riferimento e rispettati i contenuti di tutte le circolari, disposizioni, specifiche tecniche / specifiche di prodotto / fornitura RFI, anche se non espressamente elencate, per dare completamente realizzato l'intervento a regola d'arte.

### **7.3. Tipologia dei materiali da impiegare**

L'armamento sarà di tipo tradizionale su ballast con scartamento di 1435 mm, con rotaie di acciaio qualità R260, profilo 60E1, rispondenti all'Allegato A della norma EN 13674-1:2011 ed alla Specifica Tecnica RFI TCAR SP AR 02 001 A, e traverse in C.A.V.P. da m 2,30 con attacco Vossloh W14, scartamento 1435 mm, sezione della massicciata di tipo A, e G.I.I. prefabbricati in stabilimento.

Il pietrisco di tipo tenace con granulometria 31-51 sarà rispondente al dettato della Specifica Tecnica RFI DINIC SF AR 04 001 A "Pietrisco per Massicciata Ferroviaria".

Le traverse saranno del tipo RFI 230 con attacco Vossloh W14, scartamento 1435 mm e rispondenti alla Specifica Tecnica di Prodotto RFI TCAR SP AR 03 002 C e traverse cave in corrispondenza degli attraversamenti cavi per gli enti ferroviari.

### **7.4. Caratteristiche dei materiali da impiegare**

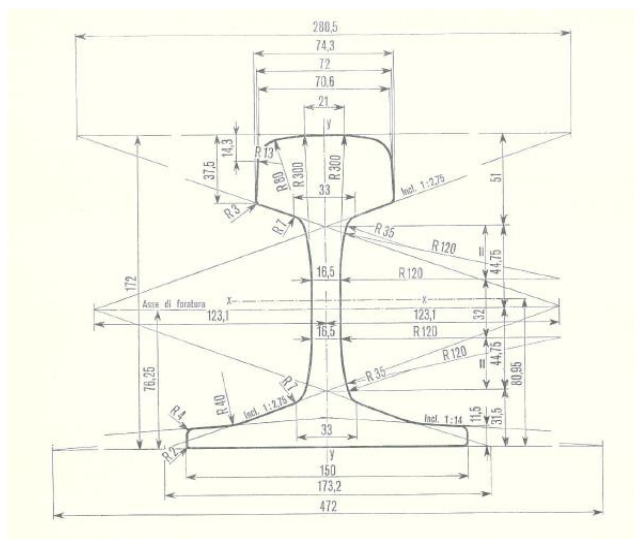
#### **7.4.1. Rotaie**

L'armamento sarà costituito da rotaie di qualità R260 e profilo 60E1 rispondenti all'Allegato A della norma EN 13674-1:2011 ed alla Specifica Tecnica di Prodotto RFI TCAR SP AR 02 001 A ed eventuali successive.

Le rotaie, fornite in barre di lunghezza commerciale (36 m), scevre da saldature, saranno saldate a formare la lunga rotaia saldata (L.R.S.), mediante saldature con procedimento alluminotermico.

Per quanto concerne le regolazioni termiche, i G.I.I. e le eventuali serraglie di cui si rendesse necessario l'inserimento, sono previste saldature con procedimento alluminotermico.

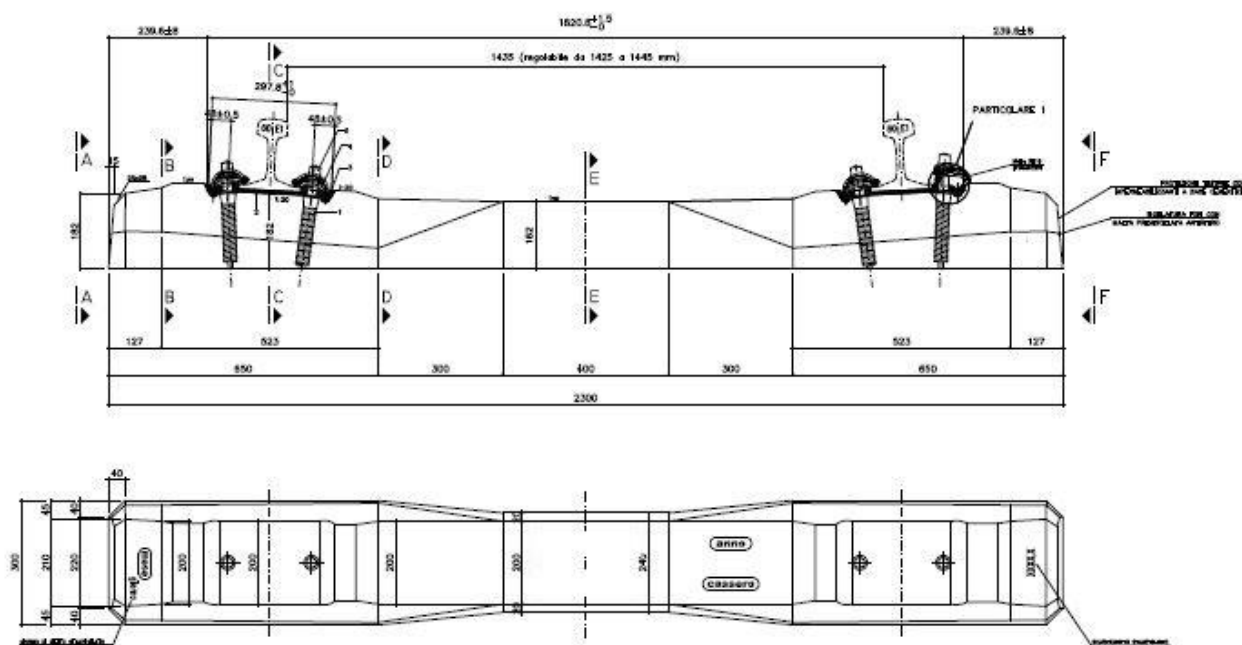
La posa delle rotaie avverrà con giunzioni sfalsate a 12 m.



#### 7.4.2. Traverse linea 230 V

Saranno impiegate traverse in C.A.V.P. tipo RFI 230 V con attacco Vossloh, rispondenti alla Specifica Tecnica di Prodotto RFI TCAR SP AR 03 002 C ed eventuali modifiche / integrazioni, posate con modulo 6/10, le cui principali caratteristiche sono:

- Lunghezza mm 2300;
- altezza della sezione sottorotaia mm 182;
- peso traversa (compreso organi attacco di 1° e 2° livello)Kg 248.

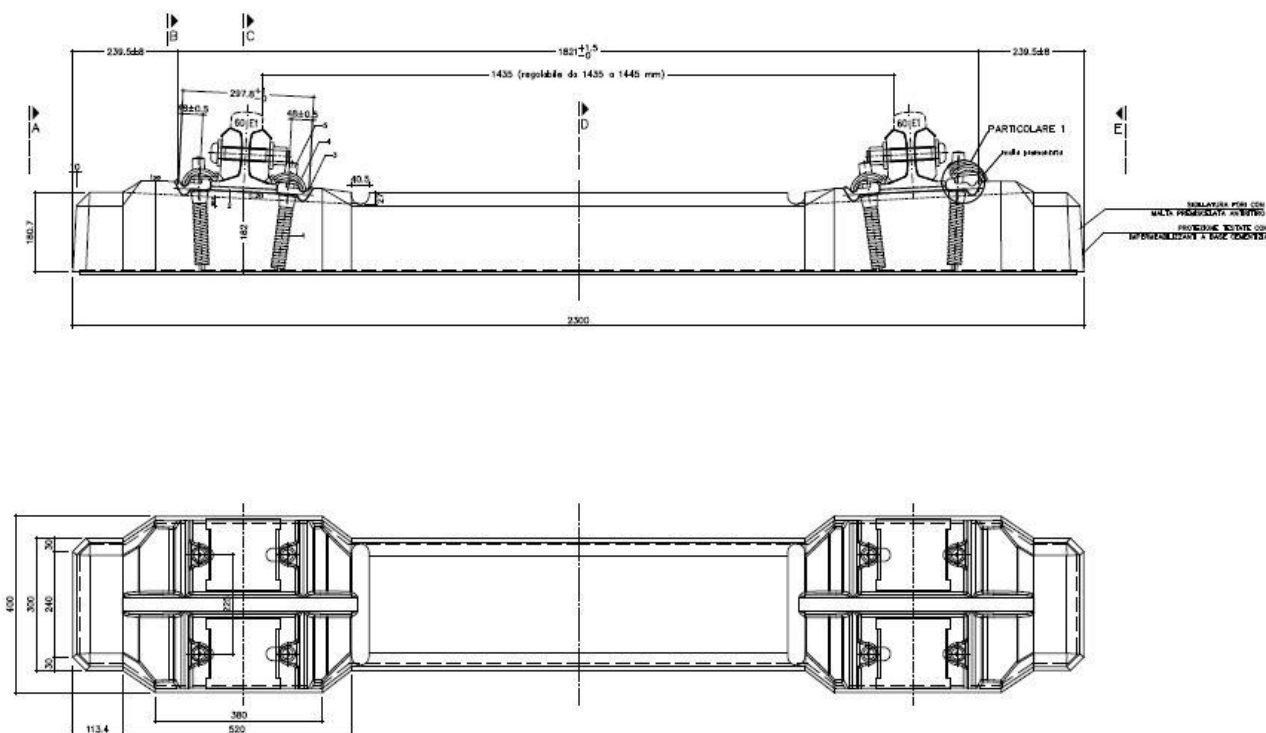


### 7.4.3. Traverse speciali per Giunzioni Isolanti Incollate 2V G

In corrispondenza delle Giunzioni Isolanti Incollate, per il sostegno delle stesse, dovranno essere installate traverse speciali per giunzioni isolanti in C.A.V.P. tipo RFI 230 2V G, rispondenti alla

Specifica RFI DTC STS A 0011 P 2014 2031 ed eventuali modifiche / integrazioni, le cui caratteristiche salienti sono:

- Lunghezza mm 2300;
- altezza della sezione sottorotaia mm 182;
- peso traversa (compreso organi attacco di 1° e 2° livello) Kg 347.

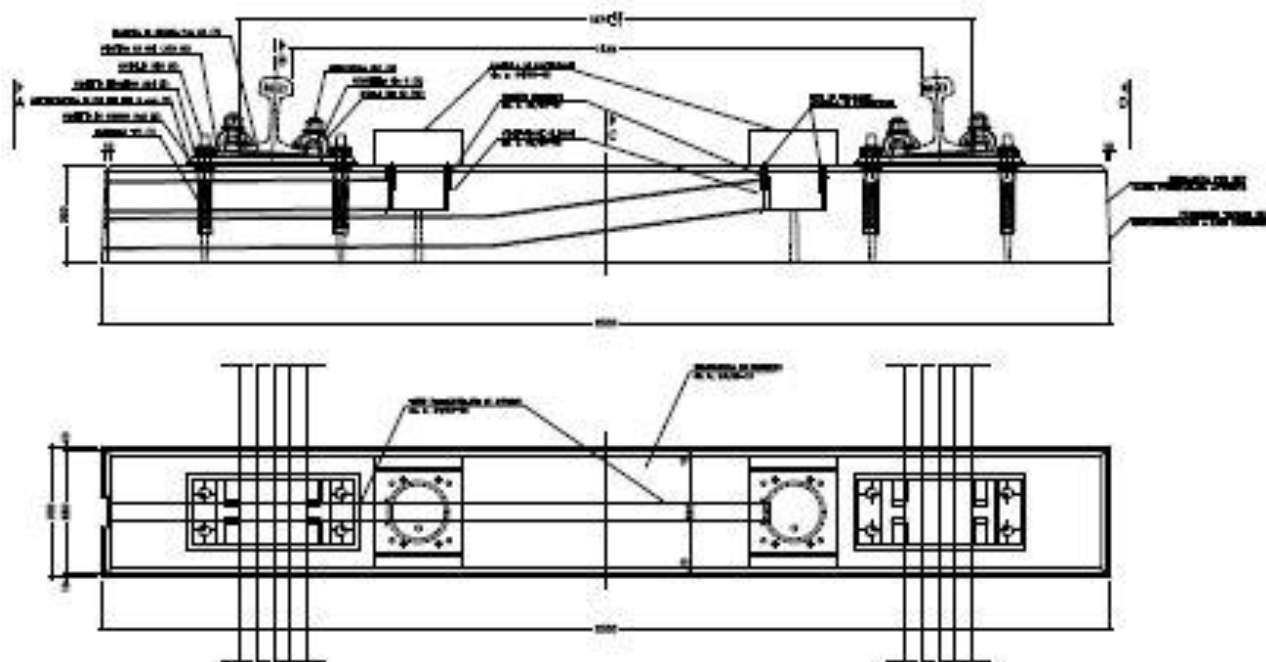


#### **7.4.4. Traverse speciali passacavi 230 GII**

Per l'alloggiamento di tutti i cavi destinati all'impiantistica di segnalamento dovrà essere inoltre previsto l'utilizzo, in corrispondenza delle Giunzioni Isolanti Incollate, di traverse speciali passacavi in C.A.V.P. tipo RFI 230 GII, rispondenti alla Specifica RFI STF RFI TCAR SF AR 03 002 E, autorizzate all'uso con lettera DTC STS A 0011 P 2014 0000235 ed eventuali modifiche / integrazioni, le cui caratteristiche salienti sono:



- Lunghezza mm 2300;
- altezza della sezione sottorotaia mm 220;
- peso traversa (compreso organi attacco di 1° e 2° livello) Kg 369.



### 7.4.5. Particolare attacco Vossloh W14



#### **7.4.6. Ballast e piattaforma**

Il ballast costituente la massicciata dovrà essere di tipo tenace con granulometria 31-51 corrispondente alla 1° categoria e rispondente alla Specifica RFI DINIC SF AR 04 001 A "Pietrisco per massicciata ferroviaria".

Lo spessore della massicciata, da misurarsi in corrispondenza della rotaia più vicina al piano di regolamento, al di sotto del piano inferiore della traversa, non dovrà essere inferiore a 35 cm.

Analogamente l'unghiatura dovrà rispettare i requisiti necessari per la formazione della LRS.

Laddove si rendesse necessario ricostituire il piano di piattaforma, o in presenza di inquinamenti localizzati, al di sotto dello spessore di 35 cm, misurato dal piano inferiore delle traverse ricambiate, verrà steso uno strato ben livellato e costipato dello spessore di 10 cm formato da detrito con adeguata granulometria come sub-ballast.

Il pietrisco dovrà essere preventivamente lavato per rimuovere eventuale pulviscolo e dovrà essere privo di sostanze che siano ritenute pericolose per l'ambiente e nocive per la salute dei lavoratori.

#### **7.4.7. Giunti isolanti incollati**

Gli spezzoni da impiegarsi per la realizzazione delle G.I.I. dovranno essere di qualità R260 profilo 60E1 e lunghezza non inferiore a 3,00 m ciascuno. Gli stessi saranno accoppiati di testa tra loro, mediante incollaggio, ad ottenere una lunghezza complessiva della G.I.I. pari a 6,00 m, secondo quanto previsto dalla Specifica RFI TCAR SF AR 07 002 B ed eventuali modifiche / integrazioni.

Gli attacchi dei G.I.I. dovranno essere dotati di dispositivi di serraggio antisvitamento tipo Tracksure o chiodato in luogo degli elementi tradizionali.

#### **7.4.8. Canalette e cunicoli porta cavi prefabbricati**

Poiché le canalette porta cavi collocate a raso, lateralmente al binario di linea, potrebbero in alcuni casi interferire con l'attività di risanamento della massicciata, saranno spostate e ricollocate nella loro posizione, non interferente con il piede della massicciata ferroviaria, al termine dei lavori di livellamento del binario a cura e spese dell'Appaltatore.

Dovranno essere sostituiti con coperchi e canalette di nuova fornitura, gli elementi che dovessero a qualsiasi titolo risultare danneggiati.

### **7.5. Modalità esecutive**

#### **7.5.1. Attività previste**

Tutti i lavori previsti nel progetto sono articolati in differenti attività, atte a garantirne la perfetta esecuzione nel rispetto delle vigenti normative ed entro i limiti delle tolleranze ammesse.

Le principali attività riguardano:

- Adeguamento altimetrico;
- formazione della massicciata nella prevista sezione e corretto posizionamento plano-altimetrico del binario, mediante livellamento con macchine rinalzatrici pesanti agenti a vibrocompressione;
- posa di traverse e rotaie;
- saldatura con i prescritti procedimenti delle rotaie;
- inserimento secondo normativa delle G.I.I.;
- regolazione delle tensioni interne delle rotaie;

- lavori accessori e di completamento.

Per l'effettuazione di tutti lavori oggetto del progetto, siano essi di demolizione che di costruzione, dovranno essere utilizzati idonei macchinari.

Le modalità esecutive sopra descritte sono focalizzate ad ottenere la realizzazione di una sovrastruttura rispondente ai migliori standard ottenibili riguardo a caratteristiche geometriche e stabilità, così da ridurre ai minimi termini l'incidenza di interruzione del servizio, derivante dalla necessità di interventi di ripristino delle originarie condizioni geometriche.

## **7.6. Gestione dei materiali provenienti dagli interventi di armamento**

Gli interventi all'armamento ferroviario, come già precedentemente illustrati, comportano lo smaltimento oppure il recupero dei materiali costituenti la sovrastruttura ferroviaria, come da indicazioni riportate nelle specifiche relazioni ambientali.

### **7.6.1. Pietrisco**

Per quanto riguarda il pietrisco, per la valutazione relativa alla gestione del materiale sono stati presi in considerazione i seguenti riferimenti normativi:

- Decreto legislativo 152/2006 e smi;
- DPR 120/2017;
- Legge 98/2013;
- Pronuncia di compatibilità ambientale, D.d.u.o. 5/10/2012 n. 8776, con particolare riferimento al punto 3.

### **7.6.2. Rotaie e materiale metallico minuto**

Rotaie lavorate, rotaie e materiale minuto non riutilizzabili, dovranno essere recuperati e depositati in apposite cataste/cumuli su aree indicate dalle FERROVIENORD.

### **7.6.3. Traverse in C.A.P. e legno**

Le traverse in C.A.P. e le traverse ed i traversoni in legno dovranno essere allontanati dai cantieri a cura dell'Appaltatore e conferiti ad idonei impianti di smaltimento.

## **7.7. Prescrizioni**

Per l'effettuazione di tutti i lavori e le forniture richieste, nonché per i riferimenti relativi a termica e geometria nelle opere del presente progetto, si farà riferimento esclusivamente alle prescrizioni contenute nella tariffa AM, o in assenza alle specifiche disposizioni e circolari RFI.

La documentazione sopra citata è da ritenersi valida anche come specifica tecnica relativa ai materiali da utilizzarsi.