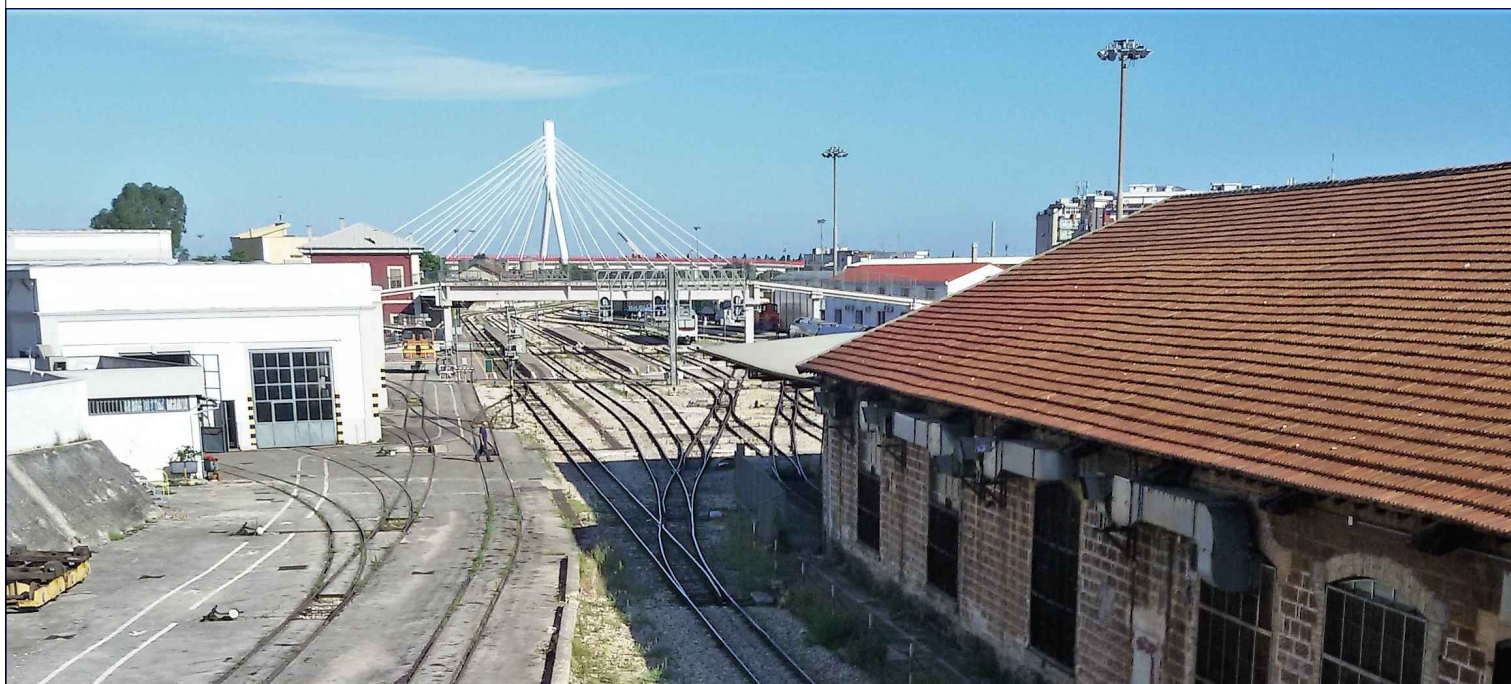




Ferrovie Appulo Lucane



## Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari Policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea

### B - DOCUMENTAZIONE TECNICO ECONOMICA

Capitolato speciale d'appalto

Norme Tecniche

		REV.	DATA	MOTIVO DELL'EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
ELAB.	<b>B-TAM-01-A</b>	A	26/01/2018	Prima emissione	Ing. F. CARATOZZOLO	Ing. M. LELLI	Ing. S. CIURNELLI
SCALA:	-						
DATA:	26/01/2018						

Ing. Stefano CIURNELLI  
Via D. Maestrini 9/2 - 06074 - Corciano (PG)

RESPONSABILE DEL PROGETTO  
Ing. Stefano CIURNELLI

COORDINAMENTO  
Ing. Matteo LELLI

ELABORAZIONI  
Ing. Francesco CARATOZZOLO

# Indice

<b>1. PREMESSE .....</b>	<b>8</b>
1.1 OGGETTO .....	8
1.2 FINALITA' .....	8
1.3 RESPONSABILITA'.....	9
1.4 CONTRADDIZIONI, PRIORITA', CHIARIMENTI .....	9
1.5 DEFINIZIONI .....	9
1.6 LEGGI E NORMATIVE .....	11
<b>2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>12</b>
2.1 Infrastruttura attuale .....	12
2.2 Quadro sintetico degli interventi .....	16
<b>3. MOVIMENTI DI TERRA.....</b>	<b>19</b>
3.1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI .....	19
3.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI .....	19
3.2.1 Diserbamento e Scotigliamento .....	19
3.2.2 Scavi .....	19
3.2.3 Rinterri .....	21
3.2.4 Rilevati .....	22
3.2.5 Rilevato ferroviario .....	23
3.2.6 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte.....	27
3.2.7 Rilevato Stradale.....	29
3.2.8 Trincee .....	30
3.2.9 Strato "Supercompattato" .....	31
3.2.10 Inerbimento.....	33
3.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI.....	33
3.4 CONTROLLI - PRESCRIZIONI GENERALI .....	35
3.5 CONTROLLI SUGLI SCAVI.....	36
3.5.1 Scavi a mano o a macchina .....	36
3.5.2 Scavi con esplosivi.....	37
3.6 CONTROLLI SUI RINTERRI.....	37
3.6.1 Controlli sui materiali .....	37
3.6.2 Controllo della densità secca.....	37
3.6.3 Controllo del modulo di deformazione .....	38
3.6.4 Controllo dello spessore degli strati.....	38
3.7 CONTROLLI SUI RILEVATI .....	38
3.7.1 Rilevati ferroviari.....	38

3.7.2	Corpo del rilevato .....	38
3.7.3	Rilevati a ridosso di opere d'arte .....	40
3.7.4	Rilevati stradali .....	41
3.8	CONTROLLI SULLE TRINCEE .....	41
3.8.1	Trincee ferroviarie .....	41
3.9	TRINCEE STRADALI .....	42
3.10	CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO .....	42
3.10.1	Rilevati e trincee ferroviarie .....	42
3.10.2	Controllo del modulo di deformazione .....	43
3.11	NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO .....	43
4.	OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	44
4.1	SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI .....	44
4.1.1	Scopo .....	44
4.1.2	Campo di applicazione .....	44
4.1.3	Oneri per l'esecuzione delle prove .....	44
4.1.4	Preavvisi .....	45
4.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	45
4.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	45
4.3.1	Cemento .....	45
4.3.2	Aggiunte: ceneri volanti e microsilice .....	46
4.3.3	Ceneri volanti .....	46
4.3.4	Microsilice (fumi di silice/silica fume) .....	46
4.3.5	Aggregati .....	46
4.3.6	Acqua d'impasto .....	47
4.3.7	Acciaio da cemento armato normale e da precompressione .....	47
4.3.8	Additivi .....	47
4.3.9	Additivi fluidificanti e superfluidificanti .....	48
4.3.10	Additivi aeranti .....	48
4.3.11	Additivi ritardanti .....	48
4.3.12	Disarmanti .....	49
4.3.13	Antievaporanti .....	49
4.4	CARATTERISTICHE DELLE MISCELE .....	49
4.4.1	Classi di resistenza .....	49
4.4.2	Granulometria degli aggregati .....	53
4.4.3	Rapporto acqua/cemento .....	54
4.4.4	Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio .....	54
4.4.5	Lavorabilità .....	55
4.4.6	Acqua essudata .....	55

4.4.7	Prescrizioni per la durabilità dei calcestruzzi .....	55
4.5	<b>CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA .....</b>	<b>56</b>
4.5.1	Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere .....	56
4.5.2	Cemento .....	56
4.5.3	Aggregati .....	57
4.5.4	Pesatura e miscelazione .....	57
4.5.5	Trasporto e scarico.....	58
4.5.6	Getto e maturazione del conglomerato cementizio .....	59
4.5.7	Stagionatura e Disarmo .....	62
4.5.8	Caratteristiche estetiche .....	63
4.5.9	Ripristini e stuccature .....	64
4.5.10	Tolleranze costruttive .....	64
4.5.11	Armature per c.a. ....	65
4.6	<b>PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA DEGLI IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO .....</b>	<b>65</b>
4.6.1	Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione .....	66
4.6.2	Controllo delle casseforme .....	66
4.6.3	Posizionamento delle armature .....	67
4.6.4	Esecuzione getto .....	67
4.7	<b>CASSEFORME .....</b>	<b>70</b>
4.7.1	Caratteristiche delle casseforme.....	71
4.7.2	Pulizia e trattamento .....	71
4.7.3	Giunti e riprese di getto .....	71
4.7.4	Legature delle casseforme e distanziatori delle armature .....	72
4.7.5	Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.....	72
4.7.6	Disarmo.....	72
4.8	<b>MAGRONI E MALTE .....</b>	<b>73</b>
4.8.1	Magroni .....	73
4.8.2	Malta di livellamento .....	73
4.8.3	Malte speciali per inghisaggi.....	73
4.8.4	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione.....	74
4.8.5	Caratteristiche della miscela fluida .....	74
4.8.6	Resistenza meccanica .....	75
4.8.7	Modalità di preparazione e iniezione .....	75
4.9	<b>ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P. ....</b>	<b>76</b>
4.9.1	Approvvigionamento dell'acciaio in barre .....	76
4.9.2	Controllo del peso e della sezione.....	76
4.9.3	Controllo di qualità .....	76
4.9.4	Giunzioni e saldature .....	77

4.9.5	Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.	77
4.9.6	Posizionamento delle armature di precompressione	77
4.9.7	Tesatura delle armature di precompressione	78
4.10	QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO	79
4.10.1	Pre-qualifica e qualifica all'impianto	80
	Studi preliminari di prequalifica	80
	Qualifica all'impianto	81
	Cemento:	82
	Sabbie:	82
	Aggregato grosso:	82
	Acqua di impasto:	82
	Calcestruzzo fresco:	83
	Calcestruzzo indurito:	83
4.10.2	Controlli in corso d'opera	83
4.11	PROVE DI CARICO	85
4.12	SPECIFICHE CONTROLLO QUALITA'	86
4.12.1	Opere in conglomerato cementizio	86
4.12.2	Confezionamento conglomerato cementizio	90
4.12.3	Prequalifica dei ferri d'armatura per calcestruzzo armato	105
4.12.4	Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio	106
4.12.5	Prefabbricati in cemento armato precompresso	110
4.13	ALLEGATI	114
4.13.1	ALLEGATO 1 : PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO	114
4.14	ALLEGATO 2: FORMULARIO DI VALUTAZIONE CAVE DI INERTI	115
4.15	ALLEGATO 3: FORMULARIO DI VALUTAZIONE IMPIANTI DI INERTI VAGLIATI E/O FRANTUMATI	118
4.16	ALLEGATO 4: PROCEDIMENTO DI TARATURA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO	119
4.17	APPENDICI	121
4.17.1	APPENDICE 1: CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI	121
4.17.2	APPENDICE 2: RIFERIMENTI NORMATIVI	125
5.	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	138
5.1	GENERALITÀ	138
5.2	MATERIALI	139
5.3	PRESCRIZIONI SULLE SALDATURE	139
5.4	COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI	142
5.4.1	Controllo di produzione in stabilimento	143
5.4.2	Controllo nei centri di trasformazione	143
5.4.3	Controlli di accettazione nei cantieri	144

5.4.4	COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE.....	144
5.5	MONTAGGIO.....	144
5.6	SPECIFICA DI CONTROLLO.....	146
5.6.1	DISPOSIZIONI GENERALI.....	146
5.6.2	IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO.....	146
5.7	PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO .....	148
6.	SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI .....	150
6.1	CAMPO DI APPLICAZIONE ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI .....	150
6.1.1	Campo di applicazione .....	150
6.1.2	Oneri.....	150
6.1.3	Controlli.....	151
6.1.4	Preavvisi .....	152
6.2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	152
6.3	PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI.....	152
6.3.1	Pavimentazione costituita da uno strato di miscela catalizzata e da uno strato di conglomerato bituminoso .....	152
6.3.2	Caratteristiche dei materiali .....	153
6.3.3	Confezionamento .....	154
6.3.4	Trasporto e posa in opera .....	155
6.3.5	Compattazione .....	155
6.3.6	Controlli delle lavorazioni.....	156
6.3.7	Prove in sito e criteri di accettazione .....	156
6.3.8	Conglomerato bituminoso .....	157
6.3.9	Indagini preliminari .....	157
6.3.10	Misto granulare cementato .....	158
6.3.11	Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato .....	158
6.4	PAVIMENTAZIONI STRADALI.....	159
6.4.1	Tipologie e caratteristiche delle pavimentazione.....	159
6.4.2	Caratteristiche dei materiali e modalità di miscelazione posa e controllo .....	161
6.4.3	Strato anticapillare .....	161
6.4.4	Strato di fondazione.....	161
6.4.5	Strati in conglomerato bituminoso (base, binder e usura) .....	162
6.4.6	Strato di base .....	163
6.4.7	Strato di collegamento (Binder) e Strato di usura .....	170
6.5	SUB-BALLAST .....	172
6.5.1	Sub-ballast in conglomerato bituminoso .....	172
6.5.2	Sub-ballast in misto cementato .....	179
6.6	CONTROLLI DI QUALITA'.....	183

6.6.1	Specifiche di controllo qualità per il Sub-ballast .....	183
6.6.2	Specifiche di controllo qualità per pavimentazioni stradali .....	187
6.6.3	Controlli in corso d'opera .....	189
6.7	APPENDICE 1: RIFERIMENTI NORMATIVI.....	193
<b>7.</b>	<b>ARMAMENTO FERROVIARIO .....</b>	<b>201</b>
7.1	Pietrisco per massicciata ferroviaria.....	201
7.2	Traverse e organi di attacco .....	201
7.3	Rotaie.....	203
7.4	Deviatoi .....	204
7.5	Saldature .....	205
7.5.1	Saldatura alluminotermica.....	205
7.5.2	Saldatura elettrica a scintillio .....	205
7.6	Picchettazioni .....	205
7.6.1	Rilievo e picchettazione su base assoluta .....	205
7.6.2	Curve Planimetriche.....	206
7.6.3	Raccordi altimetrici .....	206
7.7	Tolleranze di costruzione .....	207
7.7.1	Scartamento Del Binario .....	207
7.7.2	Collocazione Del Binario Rispetto Ai Picchetti .....	207
7.7.3	Scartamento .....	207
7.7.4	Livello Trasversale .....	207
7.7.5	Allineamento .....	207
7.7.6	Sghembo .....	208
<b>8.</b>	<b>TUBAZIONI.....</b>	<b>209</b>
8.1	GENERALITA' .....	209
8.2	FISSAGGIO DELLE TUBAZIONI .....	209
8.3	TUBAZIONI IN CALCESTRUZZO .....	209
8.3.1	Norme generali.....	209
8.3.2	Riferimento a norme e regolamenti .....	210
8.3.3	Tipo di cemento, dosaggio.....	211
8.3.4	IMPERMEABILITA' DELL'ACQUA (riferimento DIN 4032) .....	211
8.3.5	GARANZIE PER LA TENUTA .....	212
8.3.6	GUARNIZIONI IN GOMMA.....	212
8.3.7	CONTROLLI E COLLAUDI .....	213
8.3.8	PROVE .....	214
8.4	TUBAZIONI IN MATERIE PLASTICHE .....	215
8.4.1	TUBAZIONI IN PVC .....	215

---

8.4.2	TUBAZIONI IN PEAD .....	218
8.5	PROVA IDRAULICA DEI COLLETTORI DI RETE NERA FUNZIONANTI A PELO LIBERO E A PRESSIONE .....	223
8.5.1	COLLETTORI A PELO LIBERO.....	224
8.5.2	CONDOTTE IN PRESSIONE .....	225



# 1. PREMESSE

## 1.1 OGGETTO

Nell'ambito degli interventi di potenziamento infrastrutturale della propria rete, le Ferrovie Appulo Lucane (FAL) intendono realizzare una serie di interventi finalizzati a rendere possibile la circolazione a doppio binario nella tratta compresa tra Bari Scalo e Bari Policlinico e funzionale la fermata di Bari Policlinico.

A tale scopo FAL ha previsto la realizzazione di:

- modifiche all'impianto ACEI di Bari Scalo, preservandone tuttavia l'attuale schema di principio I-0/19;
- modifiche al piano del ferro di Bari Scalo e il completamento dell'intervento di raddoppio di binario tra Bari Scalo e Policlinico (opere d'armamento);
- adeguare l'impianto di smaltimento delle acque di piazzale.

Il presente Capitolato Tecnico ha per oggetto tutte le lavorazioni e le forniture necessarie alla realizzazione degli interventi di modifica del piano del ferro di Bari Scalo e di completamento del raddoppio del binario (solo opere d'armamento) nella tratta Bari Scalo – Bari Policlinico.

Il presente Capitolato Tecnico è parte integrante del contratto di appalto con l'APPALTATORE.

Le varie sezioni del Capitolato hanno per oggetto le prescrizioni tecniche generali e particolari riguardanti le opere da realizzare.

## 1.2 FINALITA'

Questo Capitolato stabilisce le normative e gli standards da osservare, le prescrizioni generali e particolari che dovranno essere attese, i requisiti tecnici minimi richiesti, le specifiche e le modalità d'impiego dei materiali da utilizzare.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'APPALTATORE, ma non limitative.

Pertanto è chiaramente inteso che è obbligo dell'APPALTATORE eseguire e ultimare compiutamente il suo Scopo del Lavoro completo in ogni sua parte, in conformità a tutti gli elaborati di progetto.

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle leggi e alle Norme e regolamenti vigenti in Italia, come applicabili, salvo il caso in cui questo Capitolato preveda requisiti tecnici o standards qualitativi più elevati di quelli minimi previsti dalle normative tecniche in materia.

### 1.3 RESPONSABILITA'

Fermo restando il diritto della Committente di provvedere, direttamente o attraverso organismi delegati, alla:

- verifica ed approvazione di documentazione progettuale, calcoli, relazioni, certificati, etc;
- effettuazione di prove e collaudi su materiali, manufatti ed opere realizzate;

l'APPALTATORE, solidalmente al progettista ed all'esecutore dei lavori, resterà totalmente responsabile relativamente a quanto, a titolo indicativo ma non limitativo, di seguito elencato:

- validità e completezza del progetto;
- esecuzione delle opere nel rispetto del progetto, delle regole d'arte e dei patti contrattuali;
- rispetto delle leggi e norme vigenti;
- danni, direttamente od indirettamente derivati dalle operazioni di realizzazione delle opere, causati alla Committente, agli organismi operanti per conto della stessa, a terzi, al proprio personale ed a quello dei suoi appaltatori e fornitori.

E' pertanto espressamente inteso ed accettato dall'APPALTATORE che le verifiche, le approvazioni, le prove ed i collaudi effettuati dalla Committente e dagli organismi da questa delegati, non solleveranno in alcun modo e ad alcun titolo le responsabilità dell'APPALTATORE.

### 1.4 CONTRADDIZIONI, PRIORITA', CHIARIMENTI

Nei casi in cui un argomento risulti trattato in più sezioni del capitolato, in caso di discordanza avrà prevalenza di norma la indicazione contenuta nella sezione specifica in relazione all'opera di cui trattasi. Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che dovesse essere riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione della DIREZIONE LAVORI per i chiarimenti e/o la risoluzione alla luce dell'atto contrattuale.

### 1.5 DEFINIZIONI

A completamento dei termini definiti nel contratto d'appalto di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente Capitolato e nei documenti in esso richiamati.

- **Committente:**

Indica la Società che ha affidato all'APPALTATORE le attività per la realizzazione delle opere più dettagliatamente definite nel contratto e negli elaborati grafici allegati al contratto medesimo.

- **Contratto:**

Il rapporto contrattuale, intercorrente tra la Committente e l'APPALTATORE, e cioè il contratto d'appalto e i relativi allegati.

- **Controllo Qualità (C.Q.)**

L'insieme di tutte le prescrizioni ed attività che permettono di rilevare e misurare le caratteristiche di una parte dell'impianto, di un procedimento, di un servizio, verificandola a fronte di parametri e valori precedentemente specificati, che è necessario porre in essere per consentire il raggiungimento dei requisiti di qualità delle opere, richiesti dal progettista in accordo alle necessità della Committente e delle leggi applicabili.

- **APPALTATORE**

Il soggetto affidatario di tutte le prestazioni, forniture e lavori oggetto del contratto.

- **Esecutore**

La struttura operativa dell'APPALTATORE o del Subappaltatore che esegue i lavori per conto e sotto la responsabilità dell'APPALTATORE.

- **Piano Controllo Qualità (P.C.Q.):**

Il documento che esplicita, per le differenti tipologie di lavorazioni, in forma organica ed eventualmente sequenziale, il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire, i responsabili degli stessi, le fasi vincolanti.

- **Piano di Qualità:**

Documento che precisa le modalità operative, le risorse e le sequenze di attività che influenzano la qualità delle forniture e dei lavori oggetto del contratto.

- **Prova:**

Forma di verifica a cui è soggetta una parte d'opera per determinare la sua capacità a soddisfare prescrizioni e/o prestazioni specificate.

- **Responsabile:**

L'incaricato della gestione di una funzione o più di una unità operativa, responsabile verso la funzione gerarchicamente superiore dei risultati e della qualità delle attività a lui demandate.

Egli è anche responsabile della efficiente ed efficace gestione delle risorse a lui assegnate.

- **Specifica di C.Q.:**

---

Documento che identifica le prescrizioni di C.Q. a cui debbono ottemperare le parti costituenti l'opera.

- **DIREZIONE LAVORI:**

Termine equivalente a: DIREZIONE LAVORI ai sensi delle Leggi vigenti.

## **1.6 LEGGI E NORMATIVE**

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle leggi e disposizioni legislative in vigore.

Inoltre l'APPALTATORE dovrà rispettare le prescrizioni e adempiere agli obblighi delle normative riportate nelle singole sezioni del presente Capitolato.

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

### 2.1 Infrastruttura attuale

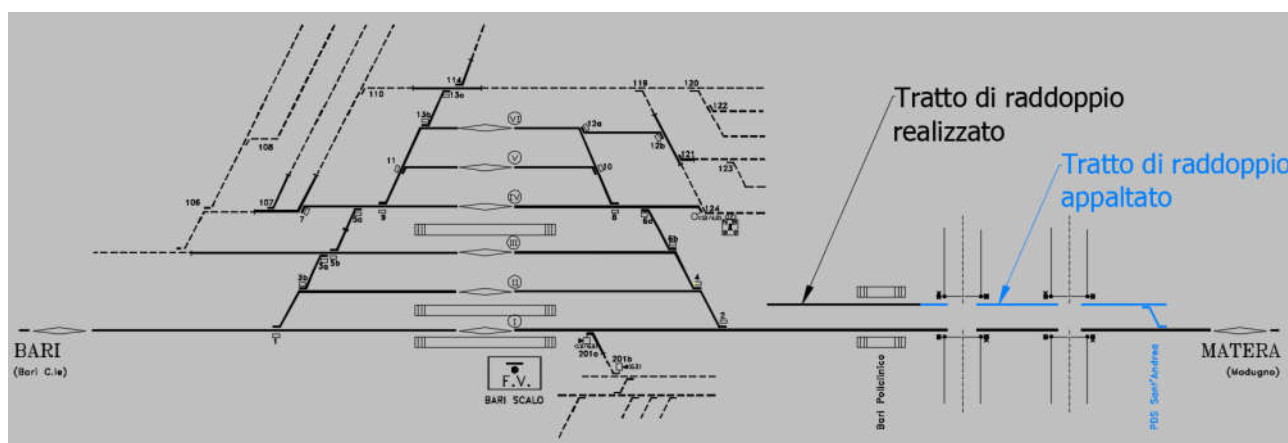
La linea Bari-Matera delle Ferrovie Appulo Lucane è storicamente costituita da una ferrovia a binario unico, scartamento ridotto (950 mm) e trazione diesel e che risale da Bari fino ad Altamura e da qui, lasciata la linea che prosegue verso Gravina e Avigliano Lucania, arriva fino a Matera.

Nella tratta compresa tra la stazione di Bari Scalo e la fermata di Policlinico, nel 2016 si è concluso la prima fase dell'intervento volto al raddoppio della linea, comprendente:

- la predisposizione/adeguamento dei marciapiedi di fermata a Bari Policlinico;
- la preparazione della sede ferroviaria;
- il rifacimento del sovrappasso stradale di Via Pietrocola;
- la posa provvisoria del binario di raddoppio tra il sovrappasso di Via Pietrocola (km 2+035) e Bari Policlinico (km 2+526);
- l'allacciamento provvisorio del binario di corsa unico in uscita da Bari Scalo con il futuro binario Pari della tratta Bari Scalo – Bari Policlinico.

Nel 2017 è stato inoltre appaltato l'intervento di estensione del raddoppio oltre Bari Policlinico fino Bari Policlinico, dove verrà realizzato un nuovo Posto di Scambio per il passaggio da doppio a semplice binario e viceversa.

In Figura 1 è riportato lo schema funzionale della linea allo stato attuale, con l'evidenziazione del tratto di raddoppio già realizzata e di quello appaltato e procinto di essere cantierizzato tra Policlinico e Sant'Andrea.



**Figura 1. Schema funzionale della tratta**

Sotto il profilo dell'armamento, la tratta oggetto del presente progetto si caratterizza come segue.

- Piazzale di Bari Scalo:
- I binari della porzione centralizzata del piazzale (tratto continuo in Figura 1) sono realizzati con armamento da 36 kg/m e traverse in legno, posati su massicciata ferroviaria; sia l'armamento

che la massicciata sono giunti alla fine del loro ciclo di vita utile e necessitano di urgenti interventi di manutenzione straordinaria.



**Figura 2. Piazzale di Bari Scalo, a destra il marciapiede del primo binario prima del suo innalzamento a +490 mm dal piano del ferro**

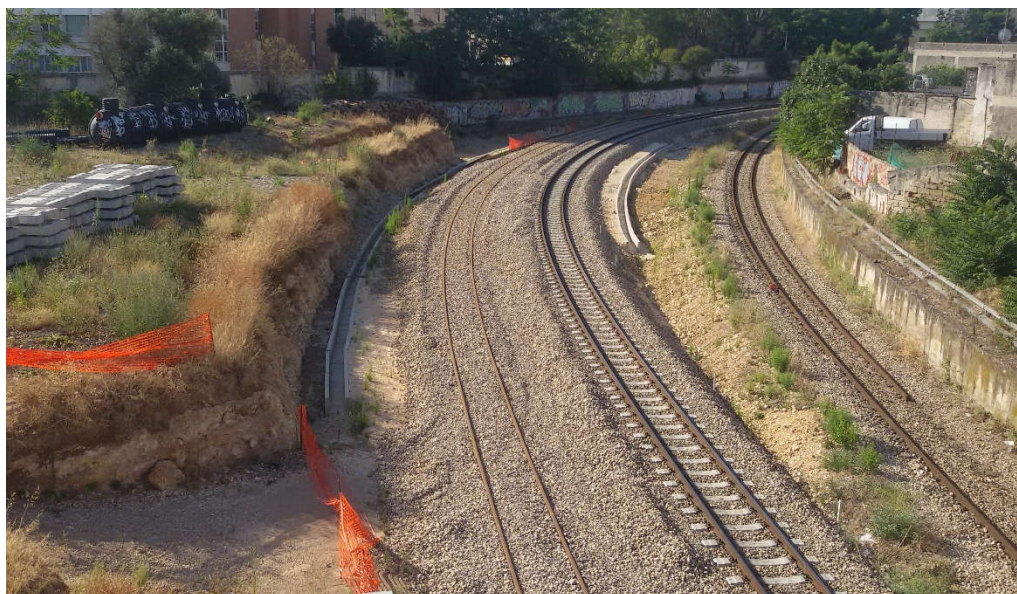
- I binari della porzione non centralizzata del piazzale posta a sud dell'attuale binario di più corretto tracciato (tratteggiato nella parte inferiore di Figura 1) sono realizzati con armamento da 36 kg/m o più leggero e traverse in legno, posati su massicciata ferroviaria; le rotaie dotate di controrotaie e l'intera porzione di piazzale è carrabile grazie alla presenza di una pavimentazione a raso in conglomerato bituminoso; sia l'armamento che la massicciata sono giunti alla fine del loro ciclo di vita utile e necessitano di urgenti interventi di manutenzione straordinaria.





**Figura 3. Porzione non centralizzata del piazzale a sud dell'attuale binario di più corretto tracciato**

- Binari di linea tra Bari Scalo e Bari Policlinico:
- Il binario di corsa attuale presenta rotaie da 36 kg/m e traverse monoblocco in c.a.p. (in un breve tratto, prima del sottopasso, biblocco) posate su massicciata ferroviaria; nel tratto realizzato in variante durante la prima fase dei lavori di raddoppio, la massicciata è stata realizzata ex-novo in quell'occasione, nelle restanti tratte necessità di risanamento; le rotaie da 36 kg/m presenti in tutta la tratta sono a fine ciclo di vita utile e necessitano di rinnovo che dovrà essere fatto con profilati da 50 kg/m imponendo anche il rinnovo delle traverse.



**Figura 4. Tratta Bari Scalo – Bari Policlinico, a destra il binario di corsa dismesso dopo la variante di tracciato realizzata nella prima fase dell'intervento di raddoppio, al centro il binario di corsa attuale e futuro binario Pari, a sinistra il futuro binario Dispari in posa provvisoria**



**Figura 5. Fermata Policlinico, a sinistra il binario di corsa attuale e futuro binario Pari, a destra il futuro binario Dispari in posa provvisoria**

- Il binario di raddoppio, realizzato in posa provvisoria nella prima fase dei lavori, presenta rotaie da 50 kg/m e traverse monoblocco in c.a.p. posate su massicciata ferroviaria realizzata ex-novo in fase di realizzazione.

I marciapiedi di Policlinico e quello a servizio del primo binario (lato FV) di Bari Scalo, sono stati oggetto di interventi per portarne il piano di calpestio a +490 mm dalla quota di progetto del piano del ferro (così da essere a raso con la quota di incarozzamento del materiale rotabile Stadler).





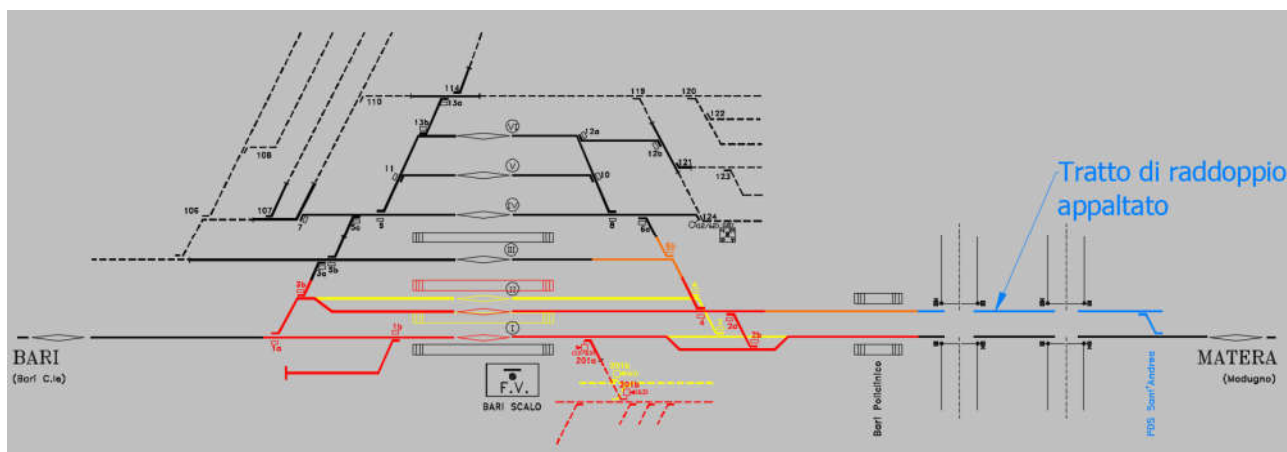
**Figura 6. Marciapiede del I binario di Bari Scalo nella attuale configurazione (H 490)**

## **2.2 Quadro sintetico degli interventi**

Il progetto è finalizzato a completare il raddoppio della tratta Bari Scalo-Bari Policlinico così da rendere possibile la circolazione a doppio binario nella tratta e funzionale la fermata di Bari Policlinico. In particolare gli obiettivi degli interventi sull'armamento sono:

- la riconfigurazione della radice sud (lato Policlinico) del piano del ferro di Bari Scalo per consentire l'allacciamento di entrambi i binari del tratto di raddoppio;
- migliorare la potenzialità della linea e consentire adeguate condizioni di sicurezza nella circolazione ferroviaria tra Bari Centrale e Bari Policlinico, rendendo indipendenti i movimenti di ingresso a Bari Scalo da Bari Centrale e da Policlinico;
- garantire la compatibilità del piano del ferro di progetto con la configurazione dell'impianto di Bari Scalo prevista per il medio/lungo (oggetto di Studio di Fattibilità redatto da FAL);
- garantire il più corretto interfacciamento possibile tra banchine di stazione e binario a Policlinico
- ripristinare adeguate condizioni di sicurezza nella circolazione prevedendo gli interventi di manutenzione straordinaria dell'armamento imposte dalle attuali condizioni di usura su tutte le tratte di binario interessate dai lavori.

In Figura 7 è riportato lo schema funzionale degli interventi previsti sull'armamento.



**Figura 7. Schema funzionale degli interventi previsti sull'armamento: in rosso i tratti di binario di nuova realizzazione o oggetti di rinnovo, in arancione quelli soggetti a spostamenti trasversali e/o alzamenti a sé stanti e in giallo quelli demoliti e non rinnovati per effetto di varianti rispetto al piano del ferro attuale. In blu l'ulteriore tratto di raddoppio già appaltato e non oggetto della presente progettazione.**

Nel dettaglio gli interventi previsti comprendono:

- Interventi sulla prima linea di Bari Scalo (di corretto tracciato per il futuro binario di corsa Pari)
  - Demolizione dei manufatti interferenti con il tracciato di progetto (canalina del dimesso impianto a fili, cordolo di delimitazione della parte pavimentata del piazzale in prossimità del ponte di Via Pietrocola);
  - rimozione armamento esistente, sostituzione totale massiciata e posa armamento nuovo, secondo la geometria di progetto, dal km 1+604 (punta scambi deviatoio 1b) al km 2+063, in variante di tracciato dal km 1+898 al km 2+063;
  - ripristino della passatoia di stazione;
  - realizzazione di un tronchino di salvamento lato Bari Centrale, con punta scambi del relativo scambio al km 1+701.
- Interventi sulla seconda linea di Bari Scalo (di più corretto tracciato per il futuro binario di corsa Dispari)
  - demolizione del marciapiede di stazione attualmente presente tra I e II binario;
  - rimozione armamento esistente, sostituzione totale massiciata e posa armamento nuovo, secondo la geometria di progetto, dal km 1+613 (vertice geometrico deviatoio 1b) al km 2+063, in variante di tracciato dal km 1+645 al km 2+063;
  - costruzione di un nuovo marciapiede di stazione tra il II e il III binario.
- Interventi sulla terza linea di Bari Scalo:
  - spostamento trasversale a sé stante, contenuto entro il valore massimo di 20 cm, della tratta terminale lato Policlinico, compreso il deviatoio terminale, per adeguamento dell'allineamento del deviatoio 6b esistente alla nuova geometria di progetto del deviatoio 4.
- Interventi ai binari di Bari Scalo posti a sud dell'attuale binario di corsa resi necessari per effetto della variante di tracciato prevista per la prima linea tra il km 1+898 e il km 2+063

- demolizione pavimentazione a raso, rimozione armamento esistente, sostituzione totale massicciata, posa armamento nuovo con profili controrotaia, secondo la geometria di progetto, e ripristino pavimentazione a raso fino al raccordo con i binari esistenti dell'officina carrelli.
- Realizzazione di una comunicazione Pari/Dispari alla radice sud di Bari Scalo
- Interventi sul futuro binario Pari tra Bari Scalo e Bari Policlinico:
  - rinnovo a sé stante del binario, con sostituzione dell'attuale con armamento nuovo da 50 kg/m, e riposizionamento del binario secondo la geometria di progetto, dal km 2+063 al km 2+196;
  - rinnovo del binario con armamento da 50 kg/m, risanamento della massicciata mediante asportazione totale e riposizionamento del binario secondo la geometria di progetto, dal km 2+196 al km 2+526 (fine intervento per il binario Pari).
- Interventi sul futuro binario Dispari tra Bari Scalo e Bari Policlinico:
  - spostamento trasversale a sé stante, fino ad un massimo di 45 cm, del binario realizzato in posa provvisoria nella fase già realizzata dei lavori di raddoppio, dal km 2+063 al km 2+200;
  - alzamento a sé stante fino ad un massimo di 15 cm del binario realizzato in posa provvisoria nella fase già realizzata dei lavori di raddoppio, dal km 2+063 al km 2+506 (fine intervento per il binario Dispari).

Tenuto conto che la linea FAL Bari-Matera è utilizzata giornalmente per l'effettuazione di circa 10.000 spostamenti, il 65% dei quali hanno origine o destinazione la stazione di Bari Centrale, è evidente l'importanza di garantire anche durante la realizzazione degli interventi di progetto la continuità del servizio.

I lavori saranno quindi eseguiti, per quanto possibile, senza interruzione del servizio ferroviario ma concentrando le lavorazioni su singoli binari che sia possibile, alternativamente, porre in "fuori esercizio" e prevedendo le attività sui binari di circolazione nelle fasce di interruzione della circolazione notturna e del fine settimana (la domenica il servizio ferroviario è soppresso)

## **3. MOVIMENTI DI TERRA**

### **3.1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Trincee

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

### **3.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

#### **3.2.1 Diserbamento e Scoticismo**

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua. Nell'esecuzione dei lavori l'APPALTATORE dovrà attenersi a quanto segue:

- a) Il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.
- b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.
- c) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.
- d) Il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica autorizzata a propria cura e spese e, se idoneo, riutilizzato per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura di scarpate.

#### **3.2.2 Scavi**

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino nelle seguenti categorie:

- terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura;

- terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione;
- terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato;
- materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensione non superiore ad un metro cubo, non cementati.

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc. Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa, ovvero con presenza di cemento, di consistenza litoide, nelle fessure. Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nell'esecuzione dei lavori di scavo l'APPALTATORE dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. L'appaltatore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato in maniera adeguata;
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal PCQ, prima di procedere a fasi di lavoro successive. Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'APPALTATORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove in sito ed analisi di laboratorio.
- Provvedere a propria cura e spese allo smaltimento in discarica autorizzata del materiale scavato non riutilizzato e/o non riutilizzabile;
- Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che l'APPALTATORE intendesse riutilizzare, purché idoneo. E' inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, eventualmente indicate dalla DIREZIONE LAVORI, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali.
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.

- Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad aggotamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'APPALTATORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancata realizzazione di idonei drenaggi dovranno essere immediatamente rimediati dall'APPALTATORE a sue spese.
- Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'APPALTATORE:
  - i. Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
  - ii. Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
  - iii. Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
  - iv. Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

### 3.2.3 Rinterri

Per rinterri si intendono:

- la bonifica di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo o mediante il trattamento degli stessi con calce;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzi, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nell'effettuazione dei rinterri l'APPALTATORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- La bonifica del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.
- La bonifica dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classifica UNI 10006:
- A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
- A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm. (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm. (materiale sciolto).

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce. Si prevede pertanto la stabilizzazione a calce o a cemento del corpo ferroviario in rilevato. Previo scotico del terreno esiste lungo l'area di sedime del rilevato e compattazione del piano di posa, si procederà alla stesa in sito, delle terre provenienti dagli scavi con idonei macchinari, per strati non superiori a 30 cm. La stabilizzazione dovrà essere eseguita con la stesa e la miscelazione di ossido ed idrossido di calcio micronizzato oppure di cemento, in idonea percentuale in peso rispetto alla terra. Si rimanda al punto 2.4.4 per il trattamento delle terre stabilizzate.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata CNR-BU n. 69) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.

- Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al relativo punto debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'APPALTATORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (UNI 10006). Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione profondo questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto.
- Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.
- Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
- La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'APPALTATORE, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

### 3.2.4 Rilevati

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato ferroviario e stradale, ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale o ferroviaria per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.

Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

- piano di posa del rilevato - la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;

- corpo del rilevato - opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre, compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- primo strato di rilevato o strato anticapillare – primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;
- ultimo strato del rilevato o strato supercompattato - ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast.
- terra trattata con calce – miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (vedi relativo punto).

### 3.2.5 Rilevato ferroviario

Tutti i rilevati, sia che si impostino sul piano di campagna o che si addossino a rilevati esistenti, dovranno essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità.

- Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna, andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al relativo punto (rinterri).
- Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto. Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al relativo punto (rinterri).
- Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche:

- assortimento granulometrico:	- %passante
- 25 mm	- 100%
- 4 mm	- ≤ 20%



- 2 mm	- ≤ 10%
Equivalente in sabbia >70.	

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'APPALTATORE, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.

Questo strato dovrà essere protetto inferiormente con uno strato di geotessile avente le caratteristiche definite dal progetto.

In ogni caso, il geotessile dovrà:

- apparire uniforme;
- non avere superficie liscia;
- essere resistente agli agenti chimici ed alle cementazioni abituali in ambienti naturali;
- essere imputrescibile ed atossico;
- avere buona resistenza alle alte temperature;
- essere isotropo;
- avere resistenza a trazione, misurata secondo la normativa CNR su provino da 500 x 100 mm, maggiore o uguale a 18 kN/m;
- essere risvoltato alle estremità e ricoprire superiormente lo strato di anticapillare per almeno 3 m su ciascun lato.

Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

- Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla norma UNI 10006, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti agli stessi gruppi. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7. Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo quanto detto al relativo punto. L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI e comunque rispettare quanto indicato al relativo punto. Lo spessore dello strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito.

- Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 25 cm così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.
- Nel caso di impiego di rocce tufacee, la formazione del corpo dei rilevati, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm, mediante l'impiego di rulli a piedi di pecora. Non dovranno essere impiegati materiali di natura argillo-scistosa o comunque alterabili o molto fragili che non conservino nel tempo la granulometria originaria. Non verranno perciò accettate rocce di origine chimica che non abbiano completato il processo di diagenesi a meno di esplicita approvazione della D.L., che deve sentire in proposito i progettisti, dopo l'esecuzione di specifiche prove che devono essere proposte dall'APPALTATORE ed approvate dalla DL stessa. Il materiale, la cui dimensione sia compresa fra 7,1 e 25 cm, deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato. Deve poi risultare un accurato intasamento dei vuoti in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compatta. Quando materiali di caratteristiche assai differenti, quali ghiaia o sabbia, sono estratti da fonti diverse, tali materiali dovranno essere depositati in strati alterni per la larghezza complessiva del rilevato. La DIREZIONE LAVORI può, se lo ritiene necessario e vantaggioso per il lavoro, ordinare che tali materiali siano mescolati.
- In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 G.U. =  $D60 / D10$  dovrà essere  $\geq 15$ .
- Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (CNR-UNI 10008) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di  $\pm 2\%$  dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.
- Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, AA2-6, A2-7, A3 ed A4. Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo. Ogni strato dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca almeno pari al 95% della densità della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69); prima di porre in opera un altro strato. In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'APPALTATORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5 e A2-7, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI. Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro  $D = 600$  mm. La densità

AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma CNR-B.U. n.69 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

- Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0,60. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico (K) risultasse inferiore a 0.60, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate
- lo spessore massimo di ciascuno strato

Sulla scorta del valore del coefficiente K così ottenuto, verrà individuato un rango compreso tra  $\pm 10\%$  del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniquale volta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.6, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova. Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

- La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
- Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel relativo paragrafo
- Le eventuali banche laterali antirifiuto dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e modalità costruttive del corpo del rilevato.

- Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente. Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.
- L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al relativo paragrafo
- Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Appaltatore.
- In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

### **3.2.6 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte**

#### **3.2.6.1 Rilevato-Viadotto**

Qualora non diversamente previsto dal progetto, a ridosso delle spalle dei viadotti, per graduare con continuità la rigidezza del sottofondo dal rilevato all'opera d'arte al di sotto del piano di piattaforma longitudinalmente all'asse della ferrovia, il rilevato dovrà essere costituito come nel seguito indicato a partire dalla spalla:

- gli strati di subballast e supercompattato saranno continui fino al muro paraghiaia;
- la zona di rilevato che insiste sulla zattera di fondazione sarà costituita da misto cementato avente le caratteristiche indicate sotto;
- dalla proiezione del filo più interno della zattera, al livello dell'intradosso dello strato supercompattato, il misto cementato sarà proseguito per 1 m all'interno del rilevato e quindi degraderà a 45° per un'altezza di 3 m quando le spalle sono più alte di 4 m e fino alla quota di estradosso della fondazione della spalla quando la stessa è più bassa di 4 m;
- per le spalle più alte di 4 m, al di sotto del volume di misto cementato il rilevato sarà

- costituito da materiale del gruppo A1 fino all'estradosso dello strato anticapillare;
- successivamente per una lunghezza di 4 m al livello di intradosso del supercompattato e degradando all'interno del corpo del rilevato con pendenza 3/2 (3 orizzontale / 2 verticale) il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale volume sarà previsto rilevato standard.

Il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3.5% e 4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 1.5 e 4 MPa, per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi.

L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume. Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata. La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0.2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere. Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore massimo (materiale sciolto) di 30 cm; La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

### **3.2.6.2 Rilevato-Scatolare**

Quando le strutture scatolari hanno copertura inferiore a 2.50 m (distanza piano ferro-estradosso soletta superiore) andranno trattate le zone di rilevato adiacenti alle strutture scatolari nel modo descritto nel seguito:

- immediatamente a ridosso della struttura sarà prevista una zona costituita da misto cementato, delle caratteristiche sopra definite, per la lunghezza di un metro a partire dall'estradosso della soletta superiore e successivamente degradando a 45° all'interno del corpo del rilevato. Tale volume di misto cementato sarà realizzato fino alla quota del piano di campagna quando l'estradosso della soletta superiore si trova a quota inferiore a + 4.00 m dal p.c., mentre avrà un'altezza di 3.00 m quando la soletta si trova a quota maggiore a 4.00 m;
- successivamente sarà previsto un volume di rilevato costituito da materiale del gruppo A1 fino a 5 m oltre il filo della struttura misurati a livello del supercompattato. La scarpa di tale zona di rilevato avrà pendenza 3/2 all'interno del corpo del rilevato. Nella zona sovrastante la soletta superiore dello scatolare fino all'intradosso del supercompattato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1.
- oltre tale zona sarà prevista la realizzazione di un rilevato così come prescritto al relativo punto.

Quando la distanza fra intradosso supercompattato ed estradosso soletta è inferiore a 20 cm, nella zona sovrastante lo scatolare sarà aumentato lo spessore di supercompattato fino ad appoggiarsi sullo scatolare. Quando invece non è possibile garantire la continuità del supercompattato a causa di bassi ricoprimenti, il misto cementato andrà a coprire lo scatolare ed il supercompattato sarà interrotto ad un metro di distanza dai piedritti. Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore massimo (materiale sciolto) di 30 cm; La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

### 3.2.7 Rilevato Stradale

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto.
- per la realizzazione del corpo del rilevato è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intero corpo del rilevato ad esclusione dello strato supercompattato;
- la densità secca sugli strati finiti del corpo del rilevato dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.
- L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al relativo paragrafo

### **3.2.8 Trincee**

#### **3.2.8.1 Trincee ferroviarie**

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al relativo punto. Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica (Norme UNI EN 13242/2008, UNI EN 13285/2004, UNI ISO EN 14688-1/2003). Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto. In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80 MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa. Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al relativo punto, con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, deve essere di 40 MPa. Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel relativo paragrafo

#### **3.2.8.2 Trincee stradali**

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al relativo punto. Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) della classifica (Norme UNI EN 13242/2008, UNI EN 13285/2004, UNI ISO EN 14688-1/2003). Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto. In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 50 MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa. Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al relativo punto, con valore minimo del modulo di 20 MPa. Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel relativo paragrafo

### 3.2.9 Strato “Supercompattato”

#### 3.2.9.1 Strato “supercompattato” per rilevati e trincee ferroviarie

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1,A2-4 e A3 o una miscela di materiali granulari con l'eventuale aggiunta di legante naturale passante al setaccio 0.4 UNI.

Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- dimensione non superiore a 71 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
  - granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) (Norme UNI EN 13242/2008, UNI EN 13285/2004, UNI ISO EN 14688-1/2003) Strati di fondazione con le relative limitazioni e tolleranze;
  - perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (CNR-BU n 34), eseguita sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
  - equivalente in sabbia (CNR-BU n. 27), misurato sulla frazione passante al crivello 5, compreso tra 25 e 65. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di variare il limite superiore dell'equivalente in sabbia in funzione delle caratteristiche del materiale. Con coefficiente di disuniformità maggiore di 7. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso, anche se la miscela contiene più del 60% in massa di elementi frantumati, la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo punto .
- b) Indice di portanza CBR (UNI-EN 13286-47/2008), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25, non minore di 50.
- La miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (Norme UNI EN 13242/2008, UNI EN 13285/2004, UNI ISO EN 14688-1/2003).
- c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.
- d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.
- e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1/2005) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di  $\pm 2\%$  dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.
- f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di
- g) ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Appaltatore.
- h) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i



materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100-x}{da} + \frac{x}{pc}}$$

dove:

dc = densità corretta;

da = densità AASHTO modificata;

x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

pc = Massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.

- i) Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm e' compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.
- j) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.
- k) Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

### 3.2.9.2 Strato supercompattato per rilevati e le trincee stradali

La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2 e A3, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7.
- In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n.

146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.

- L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.
- Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Appaltatore.

### **3.2.10 Inerbimento**

L'inerbimento verrà realizzato con uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 30 cm, da stendere a cordoli orizzontali, opportunamente costipati, e ricavando, se necessario, gradoni di ancoraggio. La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, sì da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà anche provvedere all'inerbimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL. Per le scarpate dei rilevati ferroviari e stradali, l'inerbimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

## **3.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI**

- a) In merito all'individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'APPALTATORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI un'esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori. Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'APPALTATORE presentare anche un'analoga documentazione relativa alle cave di pre-stito.
- b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI;
- c) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.
- d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore

a 1.5 m. da opere preesistenti. A ridosso dei manufatti l'APPALTATORE dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

- e) Sarà cura dell'APPALTATORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste dalla "Specifica di Controllo Qualità", così come quelle integrative che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.
- f) Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'APPALTATORE dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalla "Specifica di Controllo Qualità". Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.
- g) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisorie (well-point, palancolate, deviazioni, aggottamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.
- h) Sarà cura dell'APPALTATORE, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi.
- i) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o oggetti di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'APPALTATORE dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto. Tutti i materiali non appartenenti alla tipologia di cui sopra resteranno di proprietà dell'APPALTATORE.
- j) Sarà onere dell'APPALTATORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati, per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.
- k) Sarà onere dell'APPALTATORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
- l) Sarà cura dell'APPALTATORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.

- m) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'APPALTATORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.
- n) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verificano degli differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE DEI LAVORI. Sarà inoltre onere dell'APPALTATORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE DEI LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

### **3.4 CONTROLLI – PRESCRIZIONI GENERALI**

L'incidenza delle prove definita nelle specifiche di Controllo Qualità deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'APPALTATORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter eseguire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'APPALTATORE ed accessibile alla DIREZIONE LAVORI. Prima di iniziare i lavori l'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli. Tutti gli oneri conseguenti alla effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'APPALTATORE.

I modelli da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli, completi dei relativi certificati sono allegati al documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità".

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'APPALTATORE dovrà disporre di un P.C.Q. approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire. Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio qualificato; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato, ed allegato al P.C.Q. e farà parte del dossier di qualità dell'opera.

Per le prove in situ, su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti

- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del certificato;

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

## **3.5 CONTROLLI SUGLI SCAVI**

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività.

### **3.5.1 Scavi a mano o a macchina**

Sono richiesti i seguenti controlli:

#### **3.5.1.1 Controllo della geometria**

Questo controllo sarà eseguito dall'APPALTATORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto. I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal P.C.Q.

#### **3.5.1.2 Controllo della densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra. La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo. La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup> o su lotti di scavo di 1000 m<sup>2</sup>.

#### **3.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo. La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m2. o su lotti di scavo di 1000 m2.

### **3.5.2 Scavi con esplosivi**

Lo scavo con uso di esplosivi dovrà essere eseguito secondo quanto riportato negli elaborati grafici, dove sono indicati il posizionamento delle cariche, la quantità di carica in ogni foro e completati con una relazione esplicativa in cui sia chiaramente documentata la necessità dell'uso dell'esplosivo, la quantità previste e le modalità esecutive.

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

- La verifica del rilascio dei permessi da parte delle autorità competenti.
- La verifica della qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi.

Entrambe queste documentazioni , in copia, saranno conservate dall'APPALTATORE in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della DIREZIONE LAVORI e delle Autorità preposte.

## **3.6 CONTROLLI SUI RINTERRI**

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività. Per le terre trattate a calce, oltre a quanto previsto di seguito, si dovrà fare riferimento a quanto richiesto nell'annesso al presente documento.

### **3.6.1 Controlli sui materiali**

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare. Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo :  
una prova ogni 3.000 mc.
- materiale proveniente da cava :

non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava qualificata dall'APPALTATORE e accompagnato da relativo certificato ( per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale in accordo alle procedure di C.Q. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

### **3.6.2 Controllo della densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra. Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita

Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea.  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE

almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **3.6.3 Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **3.6.4 Controllo dello spessore degli strati**

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.

Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

## **3.7 CONTROLLI SUI RILEVATI**

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività.

Per le terre trattate a calce, oltre a quanto previsto di seguito, si dovrà fare riferimento a quanto richiesto nell'annesso 1 al presente documento.

### **3.7.1 Rilevati ferroviari**

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al relativo punto.

#### **3.7.1.1 Controlli sui materiali**

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel relativo paragrafo

### **3.7.2 Corpo del rilevato**

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare relativo paragrafo) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

Per i materiali provenienti da cave, precedentemente qualificate dall'APPALTATORE, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato. Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale la DIREZIONE LAVORI deciderà l'effettuazione del tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di una prova ogni 3000 m<sup>3</sup> di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato. Nel caso di impiego di rocce tufacee, all'atto della posa in opera dei rilevati dovrà essere controllato, mediante setacciatura, che i materiali con pezzatura compresa tra 7.1 e 25 cm siano presenti nella percentuale ammessa. Il controllo verrà effettuato con frequenza minima di almeno 1 ogni 3000 m<sup>3</sup>.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al relativo paragrafo.

#### **3.7.2.1 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali**

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI CEN ISO/TS 17892-1/2005) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti. Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni. La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 mc e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

#### **3.7.2.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati**

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera. Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto. I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

#### **3.7.2.3 Controlli sulla densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato. Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato. Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato. Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca. Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo relativo paragrafo



#### **3.7.2.4 Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato. Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato. Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al relativo paragrafo

#### **3.7.2.5 Controllo della geometria del rilevato**

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

#### **3.7.2.6 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato**

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento. I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m2.

#### **3.7.2.7 Monitoraggi**

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

### **3.7.3 Rilevati a ridosso di opere d'arte**

#### **3.7.3.1 Controllo del materiale**

Il misto cementato impiegato sarà accompagnato da certificazioni controllato mediante prova di resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura, secondo norme CNR. B.U. n°29. La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

#### **3.7.3.2 Controllo della densità secca**

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

### **3.7.3.3 Controllo del modulo di deformazione**

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

### **3.7.3.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati**

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

## **3.7.4 Rilevati stradali**

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al relativo paragrafo.

## **3.8 CONTROLLI SULLE TRINCEE**

### **3.8.1 Trincee ferroviarie**

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al relativo punto.

#### **3.8.1.1 Controlli sui materiali**

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel relativo paragrafo

#### **3.8.1.2 Controlli sulla densità secca**

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica (2.3.b) si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera. I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dello strato supercompattato si rinvia al successivo relativo paragrafo.

### **3.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera. I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo relativo paragrafo

### **3.8.1.4 Monitoraggi**

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

## **3.9 TRINCEE STRADALI**

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al relativo paragrafo

## **3.10 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO**

### **3.10.1 Rilevati e trincee ferroviarie**

#### **3.10.1.1 Controlli sui materiali**

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti. Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli (2.7.1.a) della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave precedentemente qualificate dall'APPALTATORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato. L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio, qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio qualificato; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 mc.

### **3.10.1.2      *Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati***

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m2.

### **3.10.1.3      *Controlli sulla densità secca***

Dopo la compattazione si dovrà controllare (2.7.1.h) che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta. La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

## **3.10.2      Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare (2.7.1.h) che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato. Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m2, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

## **3.11      NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO**

- CNR B.U. n° 27 Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia
- CNR B.U. n°29 Norme sui misti cementati
- CNR B.U. n° 34 Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio Los Angeles
- CNR B.U. n° 69 Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra
- CNR B.U. n° 146 Determinazione del modulo Md e m'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR B.U. n° 36 Norme sulla composizione di terre stabilizzate a calce.
- UNI EN 13242/2008 Proprietà degli aggregati
- UNI EN 13285/2004 (Miscele non legate di aggregati)
- UNI ISO 14688-1/2003 (Identificazione e classificazione terre naturali)
- UNI CEN ISO/TS 17892-1/2005 (Prove sui materiali stradali. Umidità di una terra)
- UNI EN 13286-47 /2006 (Prove sui materiali stradali. Indice di portanza cbr di una terra)

## **4. OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

### **4.1 SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

#### **4.1.1 Scopo**

La presente sezione di capitolato è relativa ai conglomerati e alle malte cementizie. Nel seguito vengono definite le caratteristiche ammissibili per le miscele e per i loro componenti e le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere definite caratteristiche prestazionali.

#### **4.1.2 Campo di applicazione**

Le prescrizioni si applicano ai soli calcestruzzi confezionati con aggregati normali e definiti, secondo la UNI-EN 206-1, con struttura chiusa. Le prescrizioni si applicano al calcestruzzo per strutture gettate in sito, prefabbricate, confezionato in impianto localizzato o in cantiere o all'esterno dello stesso o in stabilimento di prefabbricazione, e ai componenti strutturali di edifici e opere in cui venga utilizzato calcestruzzo non armato, armato o precompresso.

#### **4.1.3 Oneri per l'esecuzione delle prove**

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati l'Appaltatore dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi richiesti dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime a cura di Laboratori Ufficiali o Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali o dai documenti di progetto o richieste dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche o dal Collaudatore, così come quelle previste dalle leggi vigenti, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Per tutti i tipi di prova l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie e i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime.

Prima dell'effettuazione delle prove il progettista dovrà concordare la disposizione ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, al fine di garantire la operatività e la precisione richiesta controllando anche lo stato delle tarature. L'Appaltatore dovrà assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura. Per consentire l'esecuzione delle prove previste in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà fare riferimento a uno o più laboratori attrezzati. Le prove previste ai sensi della Legge 1086 e relativi decreti di

attuazione dovranno essere effettuate solo presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati. Nel caso di disponibilità di un laboratorio di cantiere, l'Appaltatore dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire.

#### **4.1.4 Preavvisi**

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive l'Appaltatore dovrà darne informazione al Direttore dei Lavori; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperi a quanto sopra, il Direttore dei Lavori potrà richiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese comunque accessibili le opere preventivamente non ispezionate.

### **4.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche vigenti quali il D.M. 14/01/2008 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, aggregati, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI. Per i riferimenti bibliografici e normativi vedi Appendice 2.

### **4.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

#### **4.3.1 Cemento**

Per i manufatti strutturali potranno essere impiegati unicamente i cementi elencati nella norma UNI EN 197-1, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Nella stessa appendice si riporta la classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati e al dilavamento secondo quanto previsto dalle norme UNI 9156 e 9606.

Il cemento dovrà provenire da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto. I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati secondo quanto previsto nella Norma UNI EN 197-1.

Su richiesta del Direttore dei Lavori l'Appaltatore dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture di cemento approvvigionate all'impianto.

I requisiti meccanici, chimici e fisici del cemento dovranno essere controllati dall'Appaltatore per mezzo di prelievi, in contraddittorio con il fornitore, effettuati dalle autocisterne presso l'impianto di confezionamento, durante la qualificazione e in corso d'opera, secondo le modalità e le cadenze prescritte nella tabella seguente e in conformità a quanto previsto dalla Norma UNI EN 197-2. Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata al Direttore dei Lavori.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle Norme UNI 9156 e UNI 10595 e nei successivi paragrafi.

Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea.  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE

### **4.3.2 Aggiunte: ceneri volanti e microsilice**

Eventuali aggiunte al calcestruzzo potranno essere eseguite se conformi alla Norma vigente UNI-EN 206-1; particolare cura dovrà essere prestata alla loro influenza sulla richiesta d'acqua e sulla durabilità dell'opera.

L'eventuale impiego di cenere volante o microsilice dovrà essere concordato in sede di prequalifica del materiale con la Direzione Lavori.

In caso di utilizzo di ceneri volanti e/o microsilice, come aggiunte in sostituzione della frazione fine delle sabbie, dovranno essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti. In nessun caso si terrà conto dell'aggiunta di tali prodotti nel computo del dosaggio di cemento e del rapporto A/C.

### **4.3.3 Ceneri volanti**

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche.

Le caratteristiche delle ceneri volanti devono soddisfare i requisiti delle UNI EN 450 del 2005 e 2007.

### **4.3.4 Microsilice (fumi di silice/silica fume)**

La microsilice ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte tipo II (aggiunte pozzolaniche) in parziale sostituzione del cemento devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE. Tutte le forniture di microsilice devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE alla norma UNI EN 13263-1.

### **4.3.5 Aggregati**

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste, per gli aggregati di classe A, nella Norma UNI 8520-2. Le caratteristiche degli aggregati dovranno essere verificate:

- alla qualificazione;
- a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della stessa cava;
- ogni 20.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo confezionato.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Sia le sabbie che gli aggregati grossi dovranno avere massa volumica reale non minore di 2.60 t/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda gli aggregati esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento si farà riferimento a quanto previsto ai punti successivi.

Se gli aggregati provengono da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente) dovranno essere eseguite, oltre alle prove sopra indicate, le seguenti:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi mineralogica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, integrata da prove di potenziale reattività in presenza di alcali.

#### **4.3.6 Acqua d'impasto**

L'acqua d'impasto dovrà essere dolce, limpida non inquinata da materie organiche, dovrà essere definita la sua provenienza ad avere caratteristiche costanti nel tempo. Dovrà soddisfare i requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con DM 14/01/2008. L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti (Norma UNI EN 933-1/2009) in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento. L'acqua d'impasto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008/2003.

#### **4.3.7 Acciaio da cemento armato normale e da precompressione**

L'acciaio da cemento armato normale comprende:

- barre in acciaio tipo B 450 C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 50 \text{ mm}$ ) e tipo B 450 A ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ );
- rotoli in acciaio tipo B 450 C ( $\varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ) e tipo B 450 A ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ );
- reti e tralicci elettrosaldati: in acciaio tipo B 450 C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ) e tipo B 450 A ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ).

L'acciaio da precompressione comprende:

- filo: prodotto trafilato a sezione piena con diametro variabile tra 5 e 8 mm che viene fornito in rotoli lisci o anche muniti di tacche che servono a migliorare l'aderenza con il calcestruzzo e a favorire l'ancoraggio. Per le strutture ad armatura pretesa non possono essere utilizzati i fili lisci;
- barra: prodotto laminato a sezione piena che viene fornita in rotoli o in elementi rettilinei di 25 m di lunghezza. Sono in genere fornite di risalti per favorire l'aderenza;
- treccia: fornita in rotoli costituite da gruppi di 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; diametro, passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- trefolo: fornito in rotoli, realizzato da gruppi di fili avvolti ad elica in uno o più strati intorno ad un filo rettilineo disposto secondo l'asse longitudinale dell'insieme e completamente ricoperto dagli strati. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

Ognuno di questi prodotti deve rispondere al D.M. 14/1/2008, deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, ove prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

#### **4.3.8 Additivi**

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.



Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alla norma UNI EN 934 (parti 2,3,4,5); per tutti gli additivi sarà richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo del mix design.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

#### **4.3.9 Additivi fluidificanti e superfluidificanti**

Per opere ed in condizioni particolari, ove sia ritenuto necessario dal progettista e dalla DL, si potrà prevedere la doppia additivazione del conglomerato cementizio che consiste nell'aggiunta in cantiere di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto. Il dosaggio complessivo di additivo al mc non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui, il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la DL potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

#### **4.3.10 Additivi aeranti**

In caso di conglomerati cementizi per la realizzazione di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo dovranno essere utilizzati specifici additivi aeranti, come prescritto dalle normative UNI EN 206-1 e UNI 11104 al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni di cui ai successivi punti relativi al contenuto di aria occlusa.

#### **4.3.11 Additivi ritardanti**

Additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

### 4.3.12 Disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti. Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

### 4.3.13 Antievvaporanti

Eventuali prodotti antievvaporanti filmogeni devono rispondere alle norme UNI da 8656 a 8660. L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

## 4.4 CARATTERISTICHE DELLE MISCELE

### 4.4.1 Classi di resistenza

Per indicare la classe di resistenza si utilizza nel seguito la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck}$  e yy il valore della resistenza caratteristica cubica  $R_{ck}$ , entrambi espressi in N/mm<sup>2</sup> (1 N/mm<sup>2</sup> = 10 Kg/cm<sup>2</sup>).

Nella Tabella 4.1, in accordo con le norme UNI EN 206-1 e UNI 11104, vengono riportate le caratteristiche prestazionali dei conglomerati cementizi ed i loro campi di impiego, in via generale, salvo diverse indicazioni del Progettista.

Tabella 4.1

CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO ACQUA / CEMENTO:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ARIA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
X0	Calcestruzzo privo di armature o inserti metallici	C12/15	-	-	-	Sottofondazioni non armate, getti di livellamento; calcestruzzo all'interno di edifici con umidità molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione						

CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO ACQUA / CEMENTO:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ARIA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	C25/30	0,60	300	-	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa; calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	C25/30	0,60	300	-	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo; molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	C28/35	0,55	320	-	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata; calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	C32/40	0,50	340	-	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2; calcestruzzi a vista in

CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO ACQUA / CEMENTO:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ACQUA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
						ambiente urbano
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
XD1	Umidità moderata	C28/35	0,55	320	-	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	C32/40	0,50	340	-	Piscine; calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	C35/45	0,45	360	-	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri; pavimentazioni; pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	C32/40	0,50	340	-	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanente-mente sommerso	C35/45	0,45	360	-	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	C35/45	0,45	360	-	Parti di strutture marine
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti						

CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO ACQUA / CEMENTO:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ACQUA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	C32/40	0,50	320	-	Superfici verticali di calcestruzzo (facciate, colonne) esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	C25/30	0,50	340	3,0	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	C25/30	0,50	340	3,0	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	C28/35	0,45	360	3,0	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo; superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
6 Attacco chimico						
XA1	Ambiente chimico debol-	C28/35	0,55	320	-	-

CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO ACQUA / CEMENTO:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ARIA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
	mente aggressivo secondo il prospetto 2 - UNI EN 206-1					
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 - UNI EN 206-1	C32/40	0,50	340	-	-
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 - UNI EN 206-1	C35/45	0,45	360	-	-

Le prescrizioni relative alla classe di resistenza del conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa), il contenuto di cemento e il contenuto di aria sono da ritenersi come minime; il rapporto acqua / cemento è da ritenersi come massimo.

#### 4.4.2 Granulometria degli aggregati

Gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse.

Essi dovranno essere mescolati tra loro in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Il contenuto minimo di cemento e il rapporto massimo acqua/cemento vanno definiti sulla base delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste.

Le singole pezzature o frazioni granulometriche sono definite:

- per le sabbie solamente da un diametro massimo (D).
- per gli aggregati grossi da un diametro massimo (D) e da un diametro minimo (d);

Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo. Il diametro massimo dell'aggregato dovrà

essere scelto in funzione dei valori di copriferro e interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera; in ogni caso dovrà rispettare quanto previsto dalla Norma UNI-EN 206-1.

Per quanto concerne l'aggregato fine, per la preparazione di un mix potrà essere usata una sabbia od una miscela di due sabbie. Le caratteristiche petrografiche, granulometriche, chimiche, fisiche e meccaniche delle miscele di sabbie dovrà rispondere ai limiti di accettazione stabilito dalla norma UNI 8520/2 fatte salve le più stringenti specifiche di cui al precedente relativo punto concernenti la massa volumica e l'assorbimento superficiale. Nel caso in cui la miscela sia costituita da una sabbia di frantumazione ed una sabbia naturale, i limiti di accettabilità dettati dalla norma UNI 8520/2. Per quanto concerne invece le singole sabbie componenti le miscele, queste dovranno rispettare in ogni caso i seguenti limiti:

- Equivalente in sabbia (ES):  $> 70$
- Valore di bleu (VB)  $\leq 0,8 \text{ cm}^3/\text{g}$  di fini
- $1,8 \leq \text{Modulo di Finezza (MF)} \leq 3,6$
- Contenuto di grumi di argilla e particelle friabili  $\leq 3\%$
- Contenuto di particelle leggere e friabili  $\leq 2\%$
- Contenuto di sostanze organiche: colore della soluzione almeno uguale allo standard di riferimento.

Il Direttore dei Lavori potrà eventualmente approvare l'adozione di una granulometria discontinua, verificando preventivamente che l'impasto risponda alla prova di omogeneità descritta in allegato.

Ogni 10.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo prodotto dovrà essere verificata la curva granulometrica, della miscela degli inerti, dai campioni prelevati secondo UNI EN 932-1 e analizzati secondo UNI EN 933-1.

#### **4.4.3 Rapporto acqua/cemento**

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla Norma UNI EN 1097-6.

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI EN 12350-7/2009, 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 verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

#### **4.4.4 Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio**

L'omogeneità del conglomerato cementizio 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.

#### **4.4.5 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 12350-2; tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati.

La prova è da considerarsi significativa per abbassamenti compresi tra 20 e 240 mm.

Il conglomerato cementizio non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122, dovrà essere nulla.

In alternativa, per abbassamenti inferiori ai 20 mm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la norma UNI EN 12350-5, o con l'apparecchio VEBE' secondo la norma UNI EN 12350-3.

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

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

#### **4.4.6 Acqua essudata**

Il calcestruzzo non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122 ogni 1000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo confezionato, dovrà essere minore o uguale allo 0.1% in volume.

#### **4.4.7 Prescrizioni per la durabilità dei calcestruzzi**

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine in fase di progetto la prescrizione, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro ed eventualmente le regole di maturazione.

Ai fini della valutazione della durabilità, la D.L. prescriverà, se necessario, le opportune prove per la verifica della resistenza alla penetrazione agli agenti aggressivi (ad esempio il grado di impermeabilità del calcestruzzo attraverso la determinazione del valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione in mm). Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-8:2009. Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, il riferimento sono le norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea.  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE



Tali prescrizioni dovranno essere applicate a tutte le strutture gettate in opera e a tutti gli elementi prefabbricati, anche precompressi.

## **4.5 CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA**

### **4.5.1 Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere**

I conglomerati cementizi possono essere confezionati esclusivamente in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che siano stati preventivamente esaminati ed approvati dalla Direzione Lavori.

L'effettiva capacità produttiva oraria delle centrali e degli impianti dovrà essere commisurata alle produzioni previste dal Programma di Costruzione. Gli impianti e le centrali di betonaggio dovranno essere dotati di sistema di dosaggio automatico e di tutti gli strumenti ed attrezzature idonee a garantire un costante controllo dei dosaggi di tutti i componenti, delle granulometrie e dell'umidità degli aggregati. Ogni centrale di betonaggio od impianto di cantiere dovrà avere al proprio interno un laboratorio dotato di tutti le attrezzature per effettuare le prove di controllo in corso d'opera. Per evitare che l'acqua piovana possa alterare bruscamente l'umidità degli aggregati nelle tramogge, queste dovranno essere coperte con idonee tettoie. Analogamente i nastri caricatori delle tramogge e quelli che vanno dall'impianto di miscelazione alla bocca di carico dovranno essere coperti anche al fine di ridurre l'inquinamento acustico ed il sollevarsi di polveri specie in presenza di forte vento. Nel caso in cui l'acqua per gli impasti sia accumulata in cisterne, queste dovranno essere opportunamente posizionate per limitare gli effetti delle basse ed alte temperature; in particolare dovranno essere protette (con tettoie ecc.) dall'irraggiamento diretto. Ogni centrale/impianto di betonaggio dovrà essere dotato di un sistema di recupero e trattamento dei calcestruzzi freschi di risulta nonché delle acque di lavaggio per il loro eventuale riciclo. Il calcestruzzo residuo contenuto nelle autobetoniere, nei bilici, autocarri, pompe, ecc. e quello eventualmente rifiutato dalla Direzione di Cantiere ovvero respinto dalla Direzione Lavori non potrà essere portato e gettato a discarica ma dovrà essere inviato ad un apposito impianto di recupero del cls fresco da installarsi a cura e spese dell'Appaltatore che provvederà, tramite idonei macchinari e vasche, alla separazione del cemento e degli aggregati, al recupero di quest'ultimi ed al trattamento dell'acqua. Gli aggregati una volta recuperati non dovranno essere reimpiegati per la preparazione di nuovi calcestruzzi ma potranno essere usati per la realizzazione di opere in terra nell'ambito dei lavori. Per la qualificazione delle centrali ed impianti di betonaggio per il confezionamento dei calcestruzzi si rimanda alla procedura.

### **4.5.2 Cemento**

Non è consentito mescolare fra loro cementi di diverso tipo, classe e provenienza; per ciascuna opera dovrà essere impiegato un unico tipo di cemento (tipo, classe, produttore e stabilimento di produzione). Il cemento, se in sacchi, sarà sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto ed in ambiente chiuso. I sacchi di cemento di diverso tipo verranno conservati separatamente e chiaramente identificati con idonei cartelli. Il cemento, se sfuso, sarà conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento proveniente da uno stesso stabilimento

Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea.  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE

di produzione; a tale scopo il silo dovrà essere, chiaramente identificato mediante un cartello di idonee dimensioni facilmente visibile dalla cabina di comando della centrale o dell'impianto di betonaggio. Il dosaggio ed il tipo di cemento dovranno essere scelti in relazione al tipo ed alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali in cui la stessa si verrà a trovare, con particolare riferimento alla resistenza meccanica, durabilità e temperatura del getto in fase di indurimento.

### **4.5.3     Aggregati**

Gli aggregati dovranno essere stoccati in quantità congruente con il programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di stoccaggio dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento con separazione delle diverse pezzature che dovranno essere divise da appositi setti. Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello di idonee dimensioni indicante la classe granulometrica dell'aggregato. La superficie di appoggio di ogni cumulo dovrà essere conformata in modo tale da consentire l'allontanamento dell'acqua piovana e di percolazione. Si raccomanda che i cumuli siano coperti da idonee tettoie. Gli aggregati dovranno essere prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

### **4.5.4     Pesatura e miscelazione**

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita 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 dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e 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 dovranno 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. Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità di cui al relativo punto.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI EN 206-1/2006 e UNI 11104/2004.

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'Impresa.

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 DL, anche se non previsti negli studi preliminari. In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Impresa, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 278 K (5 °C), se l'impianto di betonaggio non è dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti o dell'acqua tale da garantire che la temperatura dell'impasto, al momento del getto sia superiore a 287 K (14 °C). I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di 263 K (-10 °C).

Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera.

#### **4.5.5 Trasporto e scarico**

Nel caso di miscelazione diretta in betoniera, ferme restando le prescrizioni del tempo di miscelazione fornite nel precedente punto, si dovrà fare in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga caricata prima del cemento e degli altri aggregati. Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso. In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti. In caso di particolari condizioni operative (ad esempio getti in galleria a notevole distanza dall'imbocco), qualora sia stato eseguito uno specifico studio di qualifica del mix che ne attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15' e qualora la temperatura esterna sia compresa nell'intervallo tra 5°C e 30°C, tale tempo potrà essere esteso fino a 90 minuti. Nel caso

in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una “ritempera” della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante secondo quanto specificato nei precedenti paragrafi. Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante che all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. o almeno una volta al mese). Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla. Il personale dell'Appaltatore sarà tenuto ad esibire dette bolle, su richiesta, al personale della Direzione Lavori. Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione il valore dello slump di progetto. All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto.

## **4.5.6 Getto e maturazione del conglomerato cementizio**

### **4.5.6.1 Programmazione dei getti**

L'Appaltatore è tenuto a presentare, ogni settimana alla Direzione Lavori un modulo preventivamente concordato con la stessa riportante il dettagliato programma settimanale dei getti previsti per il piano successivo con indicati:

- il luogo, l'ora, l'opera e la struttura;
- i m<sup>3</sup> di cls previsti, la classe di resistenza e i codici delle miscele utilizzate;
- i relativi impianti di confezionamento.

Ogni variazione al programma dovrà essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 24 ore.

### **4.5.6.2 Operazioni di getto**

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- preparazione e rettifica dei piani di posa;
- pulizia delle casseforme;
- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- posizione delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione;
- posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.).

Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive. In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento; in tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere al loro ripristino. Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite, lavate con acqua o aria in pressione e trattate

con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo. Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà mai essere maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali, di spessore misurato dopo la vibrazione comunque non maggiore di 50 cm. Il calcestruzzo dovrà essere posto in opera e addensato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze. I vespai eventualmente formatisi durante la posa in opera dovranno essere dispersi prima della vibrazione del calcestruzzo. A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere addensato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso, la durata della vibrazione è determinata da tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiacca. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione dovranno penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore. E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore. Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti. Per getti in pendenza dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente. Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua l'Appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione; inoltre dovrà provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, adottare per l'esecuzione dei getti miscele con caratteristiche idrorepellenti preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori. Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo.

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel cls (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

#### **4.5.6.3 Riprese di getto**

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione e conseguentemente l'omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione. Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua. Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con idonei accorgimenti, da indicare nel progetto e preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

#### **4.5.6.4 Getti in clima freddo**

Ai fini del getto del calcestruzzo, il clima si definisce "freddo" quando la temperatura dell'aria è minore di 5°C. In queste condizioni il getto potrà essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e + 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto al momento del getto non inferiore a + 10°C; questa temperatura potrà essere ottenuta eventualmente anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio. In questo caso, però, la temperatura raggiunta dall'impasto non deve mai essere superiore a 25°C.
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C è ammessa esclusivamente l'esecuzione di getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui ai punti precedenti.

Per i plinti bisognerà comunque adottare le seguenti precauzioni:

- adottare la massima cura nella vibrazione e compattazione del conglomerato;
- proteggere ed isolare i getti mediante opportune protezioni da concordare preventivamente con la DL onde permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- mantenere le strutture casserate per un periodo minimo di due giorni;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata.
- In ogni caso, prima del getto la neve e il ghiaccio devono essere rimossi dai casseri dalle armature e dal sottofondo
- in nessun caso un getto può essere eseguito quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C.

#### **4.5.6.5 Getti in clima caldo**

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 35°C all'ombra, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 30°C; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi. La temperatura delle casseforme dovrà essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acque fredde. Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

### **4.5.7 Stagionatura e Disarmo**

#### **4.5.7.1 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'Impresa 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 e comunque per almeno 7 d, 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. Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656: tipi 1 e 2.

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

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra. E' 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/mc.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate. Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari la DL 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.

#### **4.5.7.2 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 10 K (10 °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 12390-2/2009

#### **4.5.8 Caratteristiche estetiche**

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe, la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante. Le opere o i costituenti delle opere a "faccia a vista" che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme. Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'Appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi. Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse. Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica. Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto. Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori. Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura ed il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura..



### 4.5.9 Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento. A seguito di tali interventi, il DL potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti del getto.

### 4.5.10 Tolleranze costruttive

In assenza di prescrizioni specifiche, gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito; per i vari elementi strutturali; lo scostamento "S" è espresso in cm:

- a) Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:
  - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto:  $S = \pm 3.0 \text{ cm}$
  - dimensioni in pianta :  $S = -3.0 \text{ cm} \div + 5.0 \text{ cm}$
  - dimensioni in altezza (superiore)  $S = -0.5 \text{ cm} \div + 3.0 \text{ cm}$
  - quota altimetrica estradosso  $S = -0.5 \text{ cm} \div + 2.0 \text{ cm}$
- b) Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:
  - posizionamento rispetto alle coordinate
  - agli allineamenti di progetto:  $S = \pm 2.0 \text{ cm}$
  - dimensione in pianta (anche per pila piena):  $S = -0.5 \text{ cm} \div + 2.0 \text{ cm}$
  - spessore muri, pareti, pile cave o spalle:  $S = -0.5 \text{ cm} \div + 2.0 \text{ cm}$
  - quota altimetrica sommità:  $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
  - verticalità per  $H < 600 \text{ cm}$   $S = \pm 2.0 \text{ cm}$
  - verticalità per:  $1200 \text{ cm} \geq H \geq 600 \text{ cm}$   $S = \pm H/3 \text{ cm}$
  - (tolleranza in centimetri – H in metri)
  - verticalità per  $H \geq 1200 \text{ cm}$   $S = \pm H/3 - (H-12)/5 \text{ cm}$
  - (tolleranza in centimetri – H in metri)
- c) Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
  - spessore:  $S = -0.5 \text{ cm} \div + 1.0 \text{ cm}$
  - quota altimetrica estradosso:  $S = \pm 1.0 \text{ cm}$
- d) Vani, cassette, inserterie:
  - posizionamento e dimensione vani e cassette:  $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
  - posizionamenti inserti (piastre boccole):  $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

#### 4.5.11 Armature per c.a.

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; 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 dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p. (D.M. 14/01/2008). 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 a 3 cm e comunque come 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 di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

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

### 4.6 PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA DEGLI IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO

La documentazione da depositarsi ai sensi dei punti a), b), c), d) dell'art.9 della legge 5 novembre 1971 dovrà dimostrare la completa rispondenza dei manufatti prefabbricati alle prescrizioni di cui alle presenti norme.

La relazione dovrà essere firmata da un tecnico a ciò abilitato, il quale assume con ciò le responsabilità stabilite dalla legge per il progettista.

I manufatti prefabbricati dovranno essere costruiti sotto la direzione di un tecnico a ciò abilitato, che per essi assume le responsabilità stabilite dalla legge per il direttore dei lavori.

A cura di detto tecnico dovranno essere eseguiti i prelievi di materiali, le prove ed i controlli di produzione sui manufatti finiti con le modalità e la periodicità previste dalle presenti Norme.

I certificati delle prove saranno conservati dal produttore, che opera con sistemi di qualità certificati.

Ai sensi dell'art. 9 della legge 5 novembre 1971, n° 1086, ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengano esposte le modalità di trasporto e montaggio, nonché le caratteristiche ed i limiti di impiego dei manufatti stessi.

Ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà inoltre essere accompagnata, anche da un certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal tecnico responsabile della produzione previsto al terzo comma.

Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al Ministero dei LL.PP., e portare l'indicazione del tecnico che ne risulta, come sopra detto, progettista. In presenza delle condizioni sopra elencate, i manufatti prefabbricati potranno essere accettati senza ulteriori esami o controlli.

Copia del certificato di origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore dei lavori di cui all'art. 6 della legge 5 novembre 1971, n°1086.

Il deposito ha validità triennale.

#### **4.6.1 Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione**

Dovranno essere verificate in particolare:

- le attrezzature da impiegare nella prefabbricazione quali impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti,
- aree di produzione e di stoccaggio, modalità di protezione e trasporto, etc.;
- le modalità esecutive quali tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione e metodi di stagionatura;
- il laboratorio interno per le prove sui materiali;
- le attrezzature per il controllo dei cicli termici durante la stagionatura;
- le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.

Sulla base della documentazione di cui sopra, di ulteriori informazioni eventualmente richieste e dell'esito della visita verrà riconosciuta l'idoneità dell'impianto alla produzione.

La Direzione Lavori potrà rifiutare o sospendere la fornitura dei manufatti in caso di esito negativo delle suddette verifiche.

#### **4.6.2 Controllo delle casseforme**

Le casseforme, compresi i sistemi di supporto, dovranno essere progettate e costruite in modo da garantire la permanente rispondenza del prodotto finito alle tolleranze dimensionali del progetto e in modo tale che non venga compromessa l'integrità delle parti strutturali con cui sono costruite le casseforme stesse.

La forma, la funzione, l'aspetto e la durabilità della struttura costituita dai manufatti prodotti non dovrà essere compromessa a causa delle casseforme.

Le casseforme dovranno rispettare le seguenti tolleranze dimensionali:

- lunghezza:  $S = \pm L/2000 (\leq 20 \text{ mm})$
- sezione (altezza, larghezza, ali):  $S = \pm L/200 (\leq 2 \text{ mm})$

- spessore anima:  $S = \pm L/200 (\leq 2 \text{ mm})$

dove:

S è la tolleranza ammissibile;

L è la dimensione presa in considerazione.

### 4.6.3 Posizionamento delle armature

Le tolleranze di posizionamento dell'armatura sono:

- Armature in prossimità delle superfici (con il segno + si indica una maggiore distanza dalle superfici):

- 0.0 cm

S

+ 0.5 cm

- Armature interne cui è affidata la resistenza strutturale: il maggiore tra

$S = + 0.25 \text{ cm}$

$S = + h/100$

essendo h lo spessore in cm del calcestruzzo nella direzione dove lo scarto dell'armatura riduce la resistenza strutturale

- Armature interne costruttive: il maggiore tra

$S = + 1.0 \text{ cm}$

$S = + h/50$

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a + 3 cm nel caso di armature ordinarie e di + 0,5 cm per quelle da precompressione, fermo restando quanto detto per le armature di superficie dove S è lo scarto tra la posizione teorica di progetto e la posizione in opera.

### 4.6.4 Esecuzione getto

Si farà riferimento a quanto riportato al relativo paragrafo.

#### 4.6.4.1 Identificazione e stoccaggio dei manufatti

Ogni elemento prefabbricato dovrà essere marcato, in maniera permanente, mediante un numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permettere in qualsiasi momento l'identificazione. Dovrà inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera. I materiali dovranno essere posti a stoccaggio in maniera propria, e più precisamente:

- si dovrà evitare qualsiasi danneggiamento
- si dovrà evitare la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente (esposizione al sole,...etc.)

Si dovrà rispettare la posizione dei punti di appoggio come da progetto, per non indurre o favorire deformazioni lente e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile.

Dovranno essere utilizzati appoggi che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

Ciascun elemento dovrà essere contrassegnato almeno come prescritto al par. 4.2.2 del D.M. 03.12.87.

#### **4.6.4.2 Trasporto**

Modalità e tempi del trasporto del manufatto dovranno essere tali da evitare danneggiamenti allo stesso. Per il calcolo delle sollecitazioni, ove non più precisamente determinato si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per trasporto su strada e del 20% per trasporto in area di cantiere. Si dovranno tenere nel dovuto conto, nel caso del trasporto su strada, delle azioni indotte dalla frenatura e dalla azione centrifuga. Nel caso di trasporto su parti di opera in costruzione dovrà essere accuratamente predeterminata la fascia di transito e le azioni volte ad impedire la fuoriuscita da tale fascia.

#### **4.6.4.3 Montaggio**

Potranno essere posti in opera solamente gli elementi prefabbricati che non presentino difetti o per i quali siano state chiuse tutte le eventuali Non Conformità rilevate. Dal momento della loro posa, gli elementi dovranno essere mantenuti in posizione tale da conservare la stabilità e da resistere, oltre che al peso proprio, a tutte le azioni esterne. Il rispetto delle tolleranze di ogni elemento dovrà essere verificato prima di ciascuna operazione di posa, senza attendere il controllo in opera. Le operazioni di posizionamento e montaggio devono essere dettagliatamente descritte nel piano di montaggio e varo, che dovrà anche specificare le tolleranze ammesse nel posizionamento, ove già non previste in fase progettuale. Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L, salvo più restrittive specifiche progettuali, dovranno essere rispettati i seguenti limiti (s = scarto ammissibile)

- posizionamento appoggi nel senso longitudinale:
  - $s = \pm L/2000$  con un massimo di  $\pm 1$  cm
- posizionamento appoggi nel senso trasversale:  $s \leq \pm 1$  cm
- posizionamento altimetrico appoggi:
  - assoluto  $s \leq \pm 0,5$  cm
  - relativo tra appoggi di una stessa travata su una pila:  $s \leq \pm 2.5$  mm
- parallelismo piani di appoggio travi pulvino
- $s \leq \pm 0,003$  rad

Qualora le travi vengano poste su appoggi provvisori per essere trasferite su quelli definitivi dopo aver effettuato i collegamenti trasversali, andranno valutate le sollecitazioni dovute alle tolleranze di posizionamento precedentemente indicate. In tutti gli stadi di lavorazione e trasporto e fino al completamento del lavoro le unità prefabbricate dovranno essere adeguatamente conservate. Le protezioni da adottare, descritte negli elaborati di progetto, dovranno essere tali da evitare danni di qualsiasi tipo, siano essi meccanici quali distacchi, deformazioni e abrasioni o estetici quali macchie e ruggine.

Il posizionamento in opera delle unità prefabbricate dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori, che potrà rifiutare elementi prefabbricati che presentino danni o difetti non rimediabili. Il Produttore dovrà sostituire gli elementi prefabbricati danneggiati o difettosi o, quando ritenuto possibile dalla Direzione Lavori, provvedere alla loro riparazione con modalità da concordare.

#### **4.6.4.4 Messa in tensione dei cavi di precompressione**

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate. L'appaltatore prima delle operazioni di messa in tensione dovrà redigere un progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo, per informazione, alla Direzione Lavori. Durante le operazioni di tesatura ed eventuali ritesature delle tensioni, si dovranno registrare in un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo

Il modello, una volta compilato, sarà inserito nel dossier di controllo del manufatto.

#### **4.6.4.5 Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti**

Questi controlli vanno eseguiti sul luogo di produzione degli elementi prefabbricati prima delle operazioni di montaggio e sono indipendenti dalle operazioni di collaudo da effettuarsi sull'impalcato finito. L'elenco dettagliato dei controlli andrà specificato nei piani di fabbricazione; si dovrà effettuare:

- la misura delle deformate all'atto della precompressione di tutti gli elementi prodotti. il documento di controllo. dovrà specificare quali sono le grandezze da rilevare: ad esempio, nel caso di travi precomprese, andranno misurate sia l'accorciamento assiale che le controfreccie in un numero significativo di punti. Per un elemento ogni 5 questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del pezzo;
- il controllo dimensionale rigoroso di un elemento ogni 10 prodotti; I controlli dimensionali sono da intendersi positivi, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, quando vengono rispettate le seguenti tolleranze ( $s$  = scarto ammissibile):
- lunghezza delle travi:  $s = \pm \frac{L}{1000}$  con un massimo di  $\pm 2$  cm
- dimensioni globali della sezione (altezza, larghezza delle ali etc.):
- $s = \frac{L}{200}$  con un massimo di 4 mm

- spessore delle anime:  $s = \pm \frac{S}{100}$  con un massimo di  $\pm 3$  mm
- la prova di carico in fase elastica si condurrà assoggettando il pezzo a n. 3 cicli di carico la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo in modo da avere deformazioni significative, compatibilmente con le dimensioni del pezzo da provare. Questa prova andrà condotta sui tre primi pezzi prodotti per poter eventualmente intervenire immediatamente sulla produzione.

#### 4.6.4.6 Controlli e documentazione

Devono essere osservate tutte le prescrizioni del D.M. 03.12.87 e della C.M. n° 31104 del 16.03.89 e del D.M. 14.01.2008 circa controlli, prove e relativa documentazione (tenuta dal “Registro di produzione” ecc.). Copia di tutti i documenti previsti deve essere presentata, se richiesta, alla Direzione Lavori.

In ogni caso, per tutte le travi o altri manufatti, negli stabilimenti o nei cantieri di prefabbricazione a piè d'opera, devono essere trascritti, nel “Registro di produzione”, i seguenti dati:

- a) sigla o contrassegno del manufatto riferita al disegno di monitoraggio;
- b) peso del manufatto;
- c) data e ora di fine getto;
- d) data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- e) tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- f) per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
- g) per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra;
- h) controfascia dei materiali impiegati;
- i) caratteristiche dei materiali impiegati.

I dati di cui al punto a, b, c, unitamente al nome del Produttore, dovranno essere riportati, sulle travi, con vernice indelebile o targhe metalliche, in un punto visibile dalla zona di ispezione del pulvino.

## 4.7 CASSEFORME

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità l'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie 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 atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nell'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 ed in particolare:

- 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 soprassuolo 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.

#### **4.7.1 Caratteristiche delle casseforme**

Si prescrive l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompressi o compensati; in ogni caso le casseforme dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto. Potranno essere adottate apposite matrici se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo. Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'Appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia. Nel caso di cassetatura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

#### **4.7.2 Pulizia e trattamento**

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti 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. Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

#### **4.7.3 Giunti e riprese di getto**

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici. Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e,



qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

#### **4.7.4 Legature delle casseforme e distanziatori delle armature**

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo, in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla DL, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare. E' vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento. La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e emisferiche.

#### **4.7.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.**

L'Appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc.

#### **4.7.6 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 prescritte resistenze.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 14/01/2008.

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 DL 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.

## **4.8 MAGRONI E MALTE**

### **4.8.1 Magroni**

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dal presente Capitolato, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno. Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto. In corso d'opera si eseguiranno, a richiesta della DL prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione, presso un laboratorio qualificato, della ( $R_m$ ) resistenza media a compressione a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 500 mc di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.

### **4.8.2 Malta di livellamento**

Sono malte confezionate con sabbia, acqua e cemento nelle dovute proporzioni ed utilizzate per la formazione di piani di appoggio con le tolleranze richieste dal progetto.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm. La composizione della malta, in assenza di diversa indicazione, sarà di 1 m<sup>3</sup> di inerte per 500kg/m<sup>3</sup> di cemento Portland normale. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente le tasche per bulloni e/o inserti e gli spazi tra il calcestruzzo e le piastre.

### **4.8.3 Malte speciali per inghisaggi**

Le malte di livellamento speciali sono quelle malte ottenute con l'aggiunta di acqua a componenti premiscelati ottenendo così delle malte a ritiro compensato ed elevato grado di fluidità da utilizzare per inghisaggi di strutture, o altri elementi da congiungere, evitando il ritiro della malta e l'eventuale microdistacco dalle parti da fissare. Il prodotto premiscelato, la cui granulometria sarà adeguata agli spessori delle malte sarà addizionato con acqua nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori. Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993/87 alla 8998/87.

Le schede tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere inviate per approvazione alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori stessi. Qualora previsto nelle prescrizioni del progetto o richiesto dalla Direzione Lavori, le malte saranno sottoposte al controllo della resistenza meccanica da eseguirsi su provini prismatici 40 mm x 40 mm x 160 mm come previsto dal D.M. 3.6.1968, alle stagionature di 1,3,7,28 e 91 giorni. Nel caso che nel progetto non siano prescritti valori diversi, la malta deve avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione  $> 80 \text{ N/mm}^2$
- resistenza flessione  $> 10 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di permeabilità  $< 1 \times 10^{-12}$
- resistenza allo sfilamento, dopo 28 giorni,  $20 \text{ N/mm}^2$

#### **4.8.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione**

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica come nel seguito specificato. Tale miscela costituita da cemento, additivi ed acqua, non dovrà contenere cloruri o agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi. Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quanto prescritto dalle vigenti Norme di Legge.

#### **4.8.5 Caratteristiche della miscela fluida**

Per l'impasto dovrà essere utilizzata acqua con le caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti. Il rapporto a/c della miscela, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, dovrà essere il minore possibile compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non dovrà superare il valore di 0,38; La massa volumica della miscela fresca non dovrà risultare inferiore a  $1.85 \text{ t/m}^3$ ; La fluidità della miscela cementizia da iniettare dovrà essere misurata con il cono di Marsh all'entrata ed all'uscita di ogni guaina; l'iniezione continuerà finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sarà analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di  $\pm 4$  secondi; La fluidità dovrà essere determinata misurando i tempi di flusso di  $1000 \text{ cm}^3$  di miscela; questa sarà ritenuta idonea quando il tempo di flusso di  $1000 \text{ cm}^3$ , attraverso l'ugello di 8 mm, sarà compreso tra 17 e 25 secondi. L'essudazione dovrà essere minore dell'0.2%; il controllo si esegue versando  $1000 \text{ cm}^3$  di miscela in un cilindro graduato avente diametro di 60 mm e altezza di 450 mm circa misurando l'eventuale acqua essudata sulla superficie della miscela, mantenuta in riposo per tre ore; Il ritiro dovrà essere assente; l'espansione, misurata secondo quanto previsto nella Norma UNI 8996 dovrà essere superiore al 4%; Il tempo di inizio presa a  $30^\circ \text{C}$ , misurato secondo la Norma UNI-ENV 196/3, dovrà essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 6 ore. Il coefficiente di dilatazione termica dovrà essere pari a 0.00001 con tolleranza del 20% in aumento e del 5% in diminuzione.

#### **4.8.6 Resistenza meccanica**

La resistenza a compressione semplice su provini cubici aventi lato di 7 o 10 cm dovrà risultare non inferiore a 25 N/mm<sup>2</sup> dopo 3 giorni, a 37 N/mm<sup>2</sup> dopo 7 giorni e a 50 N/mm<sup>2</sup> dopo 28 giorni e la massa volumica degli stessi non inferiore a 1.90 t/m<sup>3</sup>. La resistenza a trazione per flessione a 8 giorni dovrà essere uguale o maggiore a 4 N/mm<sup>2</sup>.

#### **4.8.7 Modalità di preparazione e iniezione**

L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano ed il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato; Prima di essere immessa nella pompa la miscela dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; Nel caso di iniezione con pompa dovrà essere tassativamente prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo comprese le trombette ed i cavi terminali. I tubi di sfiato dovranno essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. Nel caso di iniezione sottovuoto questa dovrà essere eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare. La pompa aspirante dovrà avere una portata nominale di almeno 30 m<sup>3</sup>/h e dovrà essere accoppiata a un'idonea attrezzatura equipaggiata di conta litri per la misura del volume della guaina da iniettare. L'iniezione potrà essere eseguita dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima una depressione di almeno 25 kPa. Durante l'iniezione si dovrà verificare che:

- non vi siano possibilità di infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti di infiltrazione dovranno essere individuati e siglati;
- a pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa ;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina.

Quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si dovrà chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si dovrà proseguire a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che dovrà essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto. L'iniezione dovrà essere continua e non potrà assolutamente venire interrotta. Nel caso di interruzione superiore a 5 minuti il cavo dovrà essere lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio. Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la miscela di sfrido non venga scaricata, senza alcun controllo, sull'opera od attorno ad essa.

## **4.9 ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.**

### **4.9.1 Approvvigionamento dell'acciaio in barre**

Saranno ammessi alla fornitura di acciaio per costruzioni soltanto fornitori prequalificati dall'Appaltatore. Prima dell'inizio della fornitura si dovrà trasmettere una lettera di notifica alla DL con il nominativo del Fornitore, i tipi d'acciaio e le caratteristiche della gamma richiesta e copia del dossier di qualificazione. L'Appaltatore dovrà documentare la provenienza, il tipo e la classe di ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro. Per partita si intende il quantitativo di materiale che, pervenendo da un unico stabilimento nel periodo massimo di una settimana, potrà essere considerato come unica fornitura omogenea sia per titolo che per caratteristiche fisico-meccaniche.

### **4.9.2 Controllo del peso e della sezione**

Per il controllo del peso effettivo da ogni partita dovranno essere prelevati dei campioni di barra. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086 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 previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086, dovranno essere aggiunte (modificando i disegni di progetto e informando il Direttore dei Lavori) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

### **4.9.3 Controllo di qualità**

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle norme in vigore (D.M. 14/1/2008) che certifichi gli avvenuti controlli (esistenza del Marchio depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici) e consentire al Direttore dei Lavori di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento. Tutte le forniture di acciaio dovranno essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio Ufficiale, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto dal D.M. 4/1/2008.

Durante i lavori dovranno essere prelevati, per essere inviati a Laboratori Ufficiali o autorizzati, non meno di tre campioni per ciascun diametro utilizzato, ogni 1000 barre o partita se di minore entità, della lunghezza rispettivamente di:

- 1,20 m per diametro delle barre inferiore o uguale a 10mm;
- 1,50 m per diametro delle barre compreso tra 12 e 18 mm;
- 1,80 m per diametro delle barre superiore o uguale a 20 mm.

In caso di risultato sfavorevole delle prove di resistenza e duttilità, previste per legge, il complesso delle barre al quale si riferisce il campione dovrà essere accantonato e identificato in attesa dei risultati delle ulteriori verifiche.

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

#### **4.9.4 Giunzioni e saldature**

Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con manicotti filettati.

L'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente al Direttore dei Lavori le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare. L'impiego di saldature non è di norma consentito e può essere applicato solo per le gabbie di armatura dei pali di fondazione e in casi speciali dietro autorizzazione del DL. Per le gabbie di armatura dovranno comunque essere effettuati prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione presso laboratori autorizzati con lo scopo di verificare che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre. Negli altri casi, le modalità di saldatura, che devono essere descritte in un'apposita procedura redatta dall'appaltatore, devono essere approvate dalla DL prima dell'inizio delle attività. Nel corso dei lavori il Direttore dei Lavori, per giustificati motivi, potrà comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

#### **4.9.5 Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.**

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile. La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.

L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

#### **4.9.6 Posizionamento delle armature di precompressione**

L'Appaltatore dovrà attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nei disegni costruttivi, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Oltre a quanto prescritto nel D.M. attuativo della Legge n° 1086, si precisa che nella posa in opera delle armature di precompressione l'Appaltatore dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di adeguati supporti.

Al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'Appaltatore è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione

tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio da collegare con un terminale da realizzare con un tondo di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm. Poiché tale conduttore dovrà servire, dopo l'ultimazione dell'opera e dopo l'attivazione dell'esercizio, al rilevamento delle correnti vaganti e eventualmente poi alla messa a terra delle strutture o alla loro protezione catodica, lo stesso dovrà già essere previsto, nella fase di progettazione, in posizione accessibile ad opera ultimata. Tutti i collegamenti, di cui sopra, dovranno, preferibilmente, essere ottenuti mediante saldatura. Qualora tale procedimento non fosse possibile, per motivi di sicurezza inerenti all'integrità delle armature di precompressione, si potranno effettuare i collegamenti stessi con altro sistema, che assicuri un sufficiente grado di conduttività anche col volgere degli anni. Nel caso di strutture in c.a.p. ad armature pretese e per le quali risultasse di difficile esecuzione il collegamento delle estremità delle armature stesse con un conduttore, si potrà provvedere all'isolamento elettrico dell'impalcato, mediante verniciatura delle superfici di testata con opportune resine sintetiche e dielettriche. Comunque anche per le travi pretese si prevederà il collegamento elettrico dei trefoli in testata con le modalità previste dal presente Capitolato limitatamente all'1% delle travi di ciascun viadotto con un minimo di 1 trave per viadotto. Le tolleranze nel posizionamento delle armature normali (cavi e/o barre) sono riportate di seguito; chiamando S lo scarto tra la posizione teorica di progetto e quella effettiva in opera, sono ammessi questi valori:

- copriferro armature strutturali:

$$S = - 0.0 \text{ cm}$$

$$S = + 1.5 \text{ cm (} S = 1.0 \text{ cm per solette)}$$

- armature di ripartizione o di diffusione (nel senso ortogonale al copriferro):

$$S = \pm 2.0 \text{ cm (purché siano rispettati i valori di copriferro ed interferro).}$$

- armature da precompressione:

$$\text{cavi e/o barre: } S = \pm 1.0 \text{ cm}$$

$$\text{trefoli: } S = \pm 0.5 \text{ cm}$$

- interasse delle staffe:

$$S = \pm 2.0 \text{ cm (purché le differenze positive e negative si compensino nello spazio di 1 m).}$$

#### **4.9.7 Tesatura delle armature di precompressione**

Per le operazioni di tesatura vale quanto indicato al paragrafo relativo al cls precompresso.(6.10). Nelle strutture ad armatura pretesa le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal calcestruzzo per tutta la loro lunghezza. Per quanto riguarda l'iniezione di guaina nei cavi di precompressione si rimanda alle prescrizioni contenute nel paragrafo relativo al cls precompresso.

## 4.10 QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Si definiscono di seguito le varie successioni dei controlli da eseguirsi sul conglomerato cementizio e sui suoi singoli componenti (successivamente specificato nel documento di Controllo Qualità).

a) Studi preliminari di pre-qualifica

Prove, studi, certificazioni e valutazioni da eseguire, prima della qualifica all'impianto, per l'approvazione da parte del Direttore dei Lavori del mix design, progetto della miscela di calcestruzzo.

b) Qualifica della miscela all'impianto

Verifica delle miscele pre-qualificate effettuata presso l'impianto di confezionamento che verrà utilizzato in corso d'opera per la produzione del calcestruzzo.

c) Controlli di conformità in corso d'opera

Controlli da eseguire per verificare la conformità del calcestruzzo e dei suoi singoli costituenti ai requisiti del progetto e della miscela qualificata.

Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione", relativi alle resistenze meccaniche, specificati dalle Norme Tecniche attuative della Legge n°1086.

L'Appaltatore dovrà disporre di almeno un Laboratorio (in cantiere, all'impianto di confezionamento o nelle immediate vicinanze) idoneo all'esecuzione di tutte le prove di qualifica e conformità del calcestruzzo fresco ed indurito e dei materiali costituenti, ad eccezione delle determinazioni chimiche, delle prove di permeabilità (profilo di penetrazione dell'acqua in pressione o coefficiente k) nonché di resistenza meccanica per le quali i campioni e i provini dovranno essere inviati a un Laboratorio Ufficiale o autorizzato.

Presso il laboratorio responsabile delle prove di qualifica dovranno essere disponibili le seguenti apparecchiature:

- Forno per essiccare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato;
- Cono di Abrams o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- Impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;
- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Contenitore ermetico ed alcool per il controllo del calcestruzzo "checking fresh"
- Camera o vasca di stagionatura dei provini di calcestruzzo.

L'Appaltatore dovrà inoltre essere in grado di garantire la disponibilità, con preavviso di due giorni, delle seguenti apparecchiature:



- Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, dotata di almeno sei termocoppie;
- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Carotatrice idonea al recupero di carote con diametro fino a 100 mm.

#### **4.10.1 Pre-qualifica e qualifica all'impianto**

##### **Studi preliminari di prequalifica**

Almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti, l'Appaltatore dovrà presentare per l'approvazione gli studi di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo previste negli elaborati progettuali. La documentazione dovrà attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

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

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel precedente capitolo 4;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520 parti 13<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup>;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza secondo le Norme UNI EN 12350-2:2001UNI o EN 12350-5:2001
- risultati delle prove di resistenza a compressione;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2-28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

Potranno inoltre essere richiesti:

- curve della massa volumica del calcestruzzo fresco in funzione del rapporto a/c (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- curve di resistenza in funzione dei valori di consistenza e del rapporto a/c nel caso di miscele con classe di consistenza minore di S4 (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del calcestruzzo (cicli gelo - disgelo, resistenza all'attacco chimico, ecc.).

### **Qualifica all'impianto**

In questa fase vengono realizzati impasti prova all'impianto di produzione. I requisiti richiesti sono i seguenti:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), deve essere:

$$\text{per } R_{ck} < 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,25 R_{ck}$$

$$\text{per } 30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,20 R_{ck}$$

$$\text{per } R_{ck} > 40 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,15 R_{ck}$$

con valore minimo di ogni singolo provino  $R_i \geq R_{ck}$  ;

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di  $\pm 20$  mm su detti limiti:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;

- per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.

3. deve essere verificata l'omogeneità (all.1.A) del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette  $p_1$  e  $p_2$  le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$(p_1 - p_2) \leq 0,15 ((p_1 - p_2)/2)$$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

4. il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393 [19], non si discosti di + 0.03 da quello dichiarato nella prequalifica;
5. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 98% del teorico.

Se le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2, 7 e 28 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non si discostano di  $\pm 15\%$  dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica, queste verranno assunte a riferimento per i primi 50 prelievi; in caso contrario l'impasto di prova all'impianto dovrà essere ripetuto e i valori delle resistenze da assumere a riferimento per i primi 50 prelievi verranno determinate adottando, per ciascuna età di maturazione, la media delle resistenze a 2, 7 e 28 giorni dei due impasti di prova.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'Appaltatore.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte del Direttore dei Lavori non libera in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

I materiali costituenti gli impasti di prova dovranno stati sottoposti ai controlli descritti in precedenza e comunque di seguito riassunti:

**Cemento:**

- prove previste dalla Legge 595/65 e dal D.M. 13/9/1993, nonché prove chimiche e diffrattometriche come previsto nelle presenti prescrizioni;

**Sabbie:**

- modulo di finezza;
- contenuto di passante a 0,075 mm; UNI 8520 parte 7°
- contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di grumi di argilla e particelle leggere friabili; UNI 8520 parte 8°
- contenuto di solfati e di cloruri solubili; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di sostanze organiche; UNI EN 1744-1:2010
- equivalente in sabbia e valore di blu; UNI EN 933-8 E UNI EN 933-9
- analisi granulometrica. UNI EN 933-1.

**Aggregato grosso:**

- esame petrografico; UNI EN 032-3.
- contenuto passante a 0,075 mm; UNI 8520 parte 7°
- contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di grumi di argilla e particelle leggere friabili; UNI 8520 parte 8°
- degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche; UNI EN 1367-2.
- contenuto di cloruri solubili; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di solfati; UNI EN 1744-1:2010
- massa volumica e assorbimento superficiale; UNI EN 1097-6:2008
- resistenza a compressione; UNI 8520 parte 17°
- coefficiente di forma ed appiattimento; UNI EN 933-3.
- perdita di massa per urto e rotolamento; UNI EN 1097-2.
- resistenza ai cicli di gelo e disgelo; UNI EN 1367-1:2007
- potenziale reattività in presenza di alcali UNI 8520 parte 22°
- analisi granulometrica. UNI EN 933-1.

**Acqua di impasto:**

- contenuto di solfati e cloruri;
- contenuto di acido solfidrico;
- contenuto totale di sali minerali;
- contenuto di sostanze organiche;
- contenuto di sostanze solide sospese.
- Ph

**Calcestruzzo fresco:**

- rapporto acqua/cemento;
- classe di consistenza;
- determinazione acqua essudata;
- dosaggio del cemento;
- contenuto totale calcolato di cloruri;
- massa volumica;
- omogeneità;
- percentuale di aria occlusa.

**Calcestruzzo indurito:**

- determinazione della resistenza caratteristica a compressione;
- massa volumica;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la Norma ISO 7031;
- determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI 7087;
- determinazione della resistenza all'attacco solfatico: UNI CEN/TR 15697:2008

La qualificazione delle miscele potrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico - chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

#### **4.10.2 Controlli in corso d'opera**

##### **4.10.2.1 Controlli di conformità in corso d'opera**

Il Direttore dei Lavori eseguirà controlli di conformità 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 i prelievi di campioni di calcestruzzo fresco si dovrà fare riferimento a quanto previsto dal D.M. 14/1/2008.

Sul calcestruzzo indurito il Direttore dei Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli integrativi mediante prelievo di carote e/o altri metodi non distruttivi quali prove sclerometriche, ultrasuoni, misure di resistività ecc., a totale carico dell'Appaltatore.

##### **4.10.2.2 Controlli di conformità della resistenza a compressione su carote**

Il prelievo, da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi.

Le seguenti raccomandazioni devono essere seguite nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova deve essere preferibilmente effettuata non oltre due mesi dalla posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto con i coefficienti di seguito indicati;

- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;

- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, in caso contrario il provino dovrà essere scartato.

La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero  $n$  di provini estratti dalla porzione di struttura in esame.

Il diametro delle carote dovrà essere generalmente compreso tra 2.5 e 5 volte la dimensione massima dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm. L'altezza dei provini cilindrici ricavati dalle carote dovrà essere pari al diametro.

Per ogni lotto di  $100 \text{ m}^3$  di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini  $n$  non dovrà risultare minore di quattro.

Le carote una volta estratte, e i provini successivamente ricavati da esse, dovranno essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si dovrà evitare ogni essiccazione della superficie.

Le prove di compressione sulle carote dovranno essere eseguite esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati alla presenza del Direttore dei Lavori.

I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura del Direttore dei Lavori.

Detta  $f_{\lambda}$  la resistenza a compressione determinata su una carota ( $\text{N/mm}^2$ ) secondo le modalità di prova previste nella Norma UNI 6132 [41], si stima la resistenza cubica relativa  $R_{ck}$  (stim) del calcestruzzo che costituisce la carota.

$$R_{ck \text{ (stim)}} = f_{\lambda} * C * G / M$$

Dove:

$C$  è un coefficiente che tiene conto del disturbo arrecato al calcestruzzo durante il carotaggio.

$$C = 1.050 \text{ se } \varnothing_{\text{carota}} \geq 8 \text{ cm}$$

$$C = 1.075 \text{ se } \varnothing_{\text{carota}} < 8 \text{ cm}$$

$G$  è un coefficiente che tiene conto delle condizioni nelle quali è stato eseguito il getto e della possibilità di vibrare il calcestruzzo.

$$G = 1.2 \text{ per getti in opera di pali e diaframmi;}$$

$$G = 1.15 \text{ per getti in opera in galleria;}$$

$$G = 1.05 \text{ per le altre strutture con getto in opera}$$

$$G = 1.0 \text{ per getti eseguiti in stabilimento}$$

$G = 1.3$  per lo spritz beton

M è un coefficiente che tiene conto della maturazione del calcestruzzo.

Opera	Stagionatura	M
Pali e diaframmi	$\leq 2$ mesi	1
	Tra 2 e 4 mesi	1. 025
	$\geq 4$ mesi	1. 05
Altre opere	$\leq 2$ mesi	1
	$> 2$ mesi	1. 05

Il confronto tra la resistenza caratteristica ottenuta dalle carote e la resistenza  $R_{ck}$  ottenuta, per lo stesso calcestruzzo, a partire da provini cubici confezionati si esegue prendendo in considerazione la media ed il minore dei valori  $R_{ck}$  (stim) ottenuti dalle carote. La verifica è soddisfatta se:

$$R_{ck(stim)} \text{ media} \geq R_{ck} + 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_{ck(stim)} \text{ minima} \geq R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

#### 4.10.2.3 Controlli particolari

Controlli particolari dovranno essere eseguiti con le modalità e frequenze indicate nelle specifiche di Controllo Qualità ed ogni qualvolta la Direzione Lavori ne ravvisasse la necessità.

## 4.11 PROVE DI CARICO

- Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della DL.
- L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata, con adeguato anticipo, con la DL. Sarà cura dell'APPALTATORE verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti e dal "Specifiche di Controllo Qualità".
- Prima della effettuazione delle prove l'APPALTATORE dovrà concordare con la DL la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operabilità e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.
- Sarà cura dell'APPALTATORE assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

- e. Per le opere realizzate anche parzialmente con elementi in precompresso si dovrà rispettare anche la normativa FS in vigore. Qualora siano disponibili le prove di carico sull'elemento prefabbricato di cui al relativo punto, queste andranno tenute presenti nel valutare i dati delle prove di collaudo sull'impalcato completo.

## **4.12 SPECIFICHE CONTROLLO QUALITA'**

### **4.12.1 Opere in conglomerato cementizio**

#### **4.12.1.1 Campi di applicazione**

Come sarà dettagliato in modo sequenziale nel P.C.Q. relativo, nella realizzazione di opere in calcestruzzo si procederà ad una serie di controlli prima del getto, durante il getto e sulle opere finite.

#### **4.12.1.2 Documenti di riferimento**

La presente specifica fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;
- alle prescrizioni di legge applicabili, anche se non esplicitamente richiamate nella presente specifica;
- alle seguenti Leggi e regolamenti:
  - legge 1086 del 5/11/71.
  - Norme tecniche di applicazione all'art.21 della legge 1086.
  - Circolare n.8 del 10/2/1960 del Servizio Lavori delle F.S.
  - D.M. 14/1/2008 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale precompresso e per le strutture metalliche"
  - Legge n. 64 del 1974
  - Alle norme indicate in appendice 2.

#### **4.12.1.3 Controlli preliminari al getto**

I controlli preliminari al getto del calcestruzzo riguarderanno:

- armature
- casseforme
- caratteristiche del CLS come di seguito specificato

#### **4.12.1.4 Controlli sulle armature**

Le armature debbono essere predisposte nelle casseforme, in accordo alle prescrizioni riportate al capitolo 10 della presente sezione. Il responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE, prima del getto, deve programmare e fare eseguire dalla sezione di C.Q. dell'Esecutore i controlli di conformità di seguito descritti:

- verifica dell'esistenza, dell'eshaustività e della conformità della documentazione di qualità che deve accompagnare la fornitura del ferro d'armatura, come precisato nell'apposita Specifica di C.Q.
- controllo di conformità a disegni e specifiche mediante controllo di:
  - dimensioni e sagome delle sbarre,
  - posizionamento e regolarità delle maglie,
  - ampiezza delle sovrapposizioni,
  - copriferro,
  - messa a terra,
  - spaziatura tra barre (interferro).
- controllo della pulizia dei ferri; questo controllo deve essere effettuato a spot su tutte le armature poste in opera. L'estensione del controllo deve essere completa su manufatti di grande estensione ed elevata importanza statica.
- controllo inserti; si dovrà verificare la loro rispondenza ai disegni di progetto ed il loro posizionamento in opera.

#### **4.12.1.5      *Controlli sulle casseforme***

L'APPALTATORE costruirà le casseforme in modo che siano conformi rispetto a quanto specificato al relativo paragrafo della presente sezione. Il responsabile di C.Q. dell'Appaltatore farà eseguire in base al P.C.Q. relativo alle opere in oggetto: controlli di conformità di seguito descritti:

- delle caratteristiche delle casseforme
- della pulizia e del trattamento delle casseforme
- dei giunti delle casseforme, in particolare nei punti di ripresa del getto
- delle legature e dei distanziatori delle armature
- delle predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi

#### **4.12.1.6      *Controllo sulle caratteristiche del calcestruzzo da utilizzare***

Il Responsabile dei getti in calcestruzzo dell'Esecutore dovrà, prima di procedere all'ordine del calcestruzzo alla centrale di betonaggio, verificare se lo stesso dovrà operare in condizioni di aggressività del terreno. Nel caso questa verifica dia esito positivo egli dovrà richiedere, in sostituzione di quanto previsto nel progetto, un calcestruzzo che risponda ai requisiti di resistenza previsti dalle norme (vedi allegata tabella sui tipi di conglomerato).

#### **4.12.1.7      *Controlli in fase di getto***

I controlli in fase di getto riguarderanno sia l'esistenza delle condizioni ambientali per il getto, sia le verifiche delle modalità del getto che le condizioni di stagionatura dei getti. Non potrà essere iniziata alcuna



attività senza la presenza sul luogo di lavoro dei P.C.Q. e dei relativi modelli da compilare in corso d'opera e di quelli attestanti il buon esito dei controlli preliminari.

#### **4.12.1.8      Comunicazione del programma dei getti**

Ogni settimana il Responsabile dei getti in calcestruzzo dell'Esecutore deve dare comunicazione scritta alla DL, mediante apposita scheda predisposta per la programmazione del lavoro, dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva. Eventuali variazioni dovranno essere comunicate alla DL con almeno 24 ore di anticipo.

Nella scheda dovranno essere riportati, oltre alla data del giorno di compilazione della scheda e di quella di esecuzione del getto, i seguenti ulteriori dati:

- ubicazione dei getti con riferimento ai disegni esecutivi,
- la classe di resistenza del conglomerato cementizio in accordo alla citata tabella sui tipi di calcestruzzo da utilizzare,
- i metri cubi di calcestruzzo necessari,
- l'impianto di betonaggio di provenienza,
- il P.C.Q. relativo ai controlli preliminari con la certificazione dell'avvenuta verifica delle casseforme e delle armature come sopra specificato.

La DL a sua discrezione verificherà quanto sopra facendo eventuali commenti e richiedendo, se necessario, azioni correttive. La scheda sarà archiviata nella documentazione di cantiere nell'ordine cronologico.

#### **4.12.1.9      Verifiche sul confezionamento del calcestruzzo**

L'APPALTATORE eseguirà le operazioni di getto in modo che siano rispettate le disposizioni riportate nel capitolo 5:

- Additivi e disarmanti
- Lavorabilità del calcestruzzo
- Trasporto e scarico
- Esecuzione dei getti
- Maturazione
- Prescrizioni tecniche particolari (ripristini e stuccature)

Il Responsabile di C.Q. controllerà che all'atto del getto siano conformi alle specifiche :

- le condizioni climatiche;
- le operazioni di getto.

Per queste ultime si dovrà verificare:

- che le condizioni di scarico del calcestruzzo siano quelle previste dal capitolato (benne di scarico a fondo e nastri trasportatori);
- che le condizioni di omogeneità e lavorabilità dell'impasto siano quelle indicate nell'allegato 1;

- la pulizia delle superfici contro cui effettuare il getto;
- l'umidificazione delle suddette superfici, se porose;
- le modalità di caduta del calcestruzzo;
- l'altezza degli strati di posa;
- la corretta compattazione da eseguire mediante vibratori;
- la presenza dei necessari accorgimenti, concordati con la DL, in caso di getto in presenza d'acqua:
  - le riprese di getto
  - i ripristini e le stuccature

All'atto del getto il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che:

- vengano prelevati gli opportuni provini, per il controllo delle parti d'impianto finite, in accordo a quanto previsto dal D.M. 4/1/2008.
- sia compilata una scheda, da allegare al P.C.Q. dei getti, che contenga le seguenti informazioni:
  - la data del getto,
  - la rintracciabilità dei getti in riferimento ai disegni del progetto esecutivo,
  - la temperatura esterna all'atto del getto,
  - la temperatura del calcestruzzo al momento del getto,
  - le condizioni climatiche, umidità e ventilazione del giorno,
  - il metodo di maturazione prescelto fra quelli preventivamente comunicati alla DL
  - il giorno previsto per il disarmo.

Le schede saranno archiviate come documentazione di C.Q., nel dossier di qualità dell'opera.

#### **4.12.1.10     *Controlli nella fase di maturazione***

Per le fasi di maturazione il Responsabile di C.Q. dovrà verificare quanto segue:

- che sia stata prodotta dall'APPALTATORE una specifica di stagionatura delle opere, e che sia trasmessa alla DL;
- che i metodi di stagionatura definiti nella suddetta specifica siano adeguatamente messi in opera e rispettati;
- che nelle prime 48 ore dopo il getto le superfici siano mantenute umide mediante applicazione di prodotti antievaporanti o opportuna bagnatura;
- che le opere siano adeguatamente protette contro gli urti durante tutto il periodo di maturazione.

#### **4.12.1.11     *Controllo delle operazioni di disarmo***

Attenendosi alle “Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086” e al DM del 14/01/2008, il Responsabile dei getti stabilirà la data per la rimozione delle casseforme. La DL dovrà essere informata in anticipo delle operazioni di disarmo relative ad opere importanti. Tale data è riportata

nella scheda relativa al getto. La DL dovrà essere informata in anticipo delle operazioni di disarmo relative ad opere importanti. Le operazioni di disarmo dovranno essere effettuate in accordo al relativo punto del corrente capitolo.

Il Responsabile di C.Q., in fase di disarmo dovrà provvedere al controllo:

- della rimozione degli elementi metallici che dovessero sporgere dai getti;
- della presenza di irregolarità e sbavature inaccettabili;
- della superficie esterna dei getti, la quale non deve presentare difetti quali: macchie, colorazioni, nidi d'ape, ecc.

#### **4.12.1.12     *Controlli di conformita' delle opere finite***

Il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato delle “Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge n0 1086 del 5/11/1971” e dal DM del 14/01/2008. Anche per le opere principali quali:

- travi ed elementi in c.a.p. in genere
- impalcati
- pile e relative fondazioni
- spalle e relative fondazioni
- opere di sostegno
- gallerie
- pali e paratie

è richiesto il controllo di accettazione di tipo A secondo l'allegato 2 al D.M. del 14/01/2008.

Le prove qualificate dall'APPALTATORE e approvate dalla DL saranno eseguite a cura del Responsabile di C.Q. nel laboratorio di cantiere e in laboratori ufficiali secondo quando richiesto dalle norme.

La frequenza delle prove è stabilita in base alle norme; i risultati saranno riportati in un registro di cantiere nel quale saranno annotati:

- la data e l'ora del prelievo;
- il numero identificativo dei campioni prelevati, corrispondente a quanto annotato nella scheda di getto;
- il codice di identificazione della scheda dei getti e del relativo P.C.Q.;
- il risultato delle prove come risultante dai certificati di laboratorio e il loro codice identificativo.

La DL potrà richiedere prove e prelievi integrativi, ove necessario.

### **4.12.2     Confezionamento conglomerato cementizio**

#### **4.12.2.1     *Campi di applicazione***

La presente specifica si applica a tutti i tipi di conglomerato cementizio prodotti in impianti già qualificati dall'APPALTATORE ed approvati dalla DL e utilizzati per le opere identificate dal contratto per i lavori civili

necessari per la realizzazione del Quadruplicamento passante ferroviario Porta Susa-Stura nel nodo di Torino. Il modello da applicare per la gestione e certificazione dei controlli è il PCQ. Per il controllo ed il mantenimento dei requisiti prestazionali del cls nella fase di confezionamento saranno compilate presso la centrale di betonaggio le schede di registrazione dei dati SR-14 ed SR-15 abbinate al certificato MC-01. I modelli citati sono contenuti nel documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità".

#### **4.12.2.2 Documenti di riferimento**

La presente specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuali a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.; alle seguenti norme e regolamenti:

- Legge 26/05/65 n. 595
- D.M. del 14/01/66 e s.m.i.
- D.M. del 03/06/68 e s.m.i.
- D.M. del 01/04/83 e s.m.i.
- D.M. del 20/11/84 e s.m.i.
- UNI EN 12390-3:2009, 6133, 6135, 6324, 6393, UNI EN 12350-7:2009, 7087, UNI EN 934-2, 7120, 7122, 7163, 7549, 7928, 8019, UNI EN 934-2, EN 12620, UNI EN 932-1, UNI EN 933-3-8-9, UNI EN 1367-1-2, UNI EN 1744-1, UNI EN 1097-3-6, UNI EN 032-3, UNI 2332, 8991, 9156, UNI EN 206-1:2001
- CNR B.U. nn. 4, 27, 34
- UNI EN 1367-2.

#### **4.12.2.3 Materiali impiegati**

Per il confezionamento dei conglomerati cementizi è previsto e consentito l'utilizzo dei materiali aventi le Caratteristiche indicate nei precedenti capitoli.

#### **4.12.2.4 Controlli di prequalificazione**

Sia le fonti di approvvigionamento dei materiali che gli impianti di confezionamento del cls debbono essere preventivamente qualificati dall'APPALTATORE, e approvati dalla DL ove esplicitamente indicato, prima del loro utilizzo.

Di seguito sono elencati i requisiti qualitativi richiesti per la loro accettabilità e le modalità di qualifica.

##### **4.12.2.5 Cemento**

Saranno ammessi alla fornitura tutti quei cementifici che siano in grado di garantire forniture pari, in quantitativo, alla massima richiesta della centrale di betonaggio asservita.

L'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DL un dossier per approvazione del (dei) nominativo (i) pre-qualificato (i) allegando i seguenti documenti:

- una relazione riportante il tipo di cementi forniti e per ognuno di questi la capacità massima di fornitura

dell'impianto in t/gg

- i certificati di prova dei cementi emessi dal fornitore, che dimostrino la conformità di questi alle specifiche indicate nel presente Capitolato.

#### 4.12.2.6 Aggiunte (ceneri volanti e microsilice)

La qualificazione della fonte di approvvigionamento sarà fatta dall'APPALTATORE con la produzione di un dossier composto dai seguenti documenti:

- relazione tecnica riportante la tipologia e la capacità massima di fornitura dei prodotti
- un verbale di conformità dei prodotti alle caratteristiche riportate sul presente Capitolato redatto in base a prove di laboratorio; i certificati delle prove saranno allegate al verbale

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL il dossier di qualificazione.

#### 4.12.2.7 Aggregati

Per la qualifica dei fornitori degli aggregati si procederà diversamente a seconda dei due seguenti casi:

##### a) Aggregati provenienti da cava

Nel caso di prelievo da cava, intendendo per cava una Azienda che estragga, frantumi e vagli materiali litoidi costantemente da uno stesso luogo in cui è situato l'impianto o un luogo scelto dall'APPALTATORE dal quale estrarre, frantumare, vagliare detti materiali, l'APPALTATORE dovrà:

- qualificare la cava mediante l'analisi tecnico/amministrativa della cava stessa, impiegando un modulo di qualificazione del tipo indicato nell'allegato 2
- sottoporre dei campioni di cava ad una analisi presso un laboratorio ufficiale che certificherà la conformità dei materiali alle specifiche riportate nei relativi punti
- quantificare la probabile quantità di materiale estraibile dalla cava stessa
- redigere un verbale riportante i risultati della suddetta qualificazione, gli esiti delle prove sui materiali e la capacità di fornitura della cava

Il dossier composto dalla documentazione come sopra elencato e da una chiara identificazione della cava sarà trasmesso alla DL per approvazione.

##### b) aggregati provenienti da scavo

L'APPALTATORE dovrà qualificare sia lo scavo che l'impianto di frantumazione e vagliatura che utilizzerà.

Per lo scavo dovrà:

- prelevare campioni dal fronte di scavo e sottoporli ad una analisi presso
- un laboratorio ufficiale limitatamente alle seguenti prove:
- contenuto di solfati e cloruri
- potenziale reattività in presenza di alcali
- perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI EN 1097-2, per gli aggregati grossi
- equivalente in sabbia secondo UNI EN 933-8 E UNI EN 933-9 per la frazione fine
- determinazione dei coefficienti di forma e appiattimento secondo UNI EN 933-3.

- redigere una relazione tecnica sui mezzi e le metodologie impiegate per l'estrazione.

Per la qualificazione dell'impianto di frantumazione e vagliatura:

- effettuare l'analisi tecnico/amministrativa dell'impianto, impiegando un modulo di qualificazione del tipo indicato nell'allegato 2
- sottoporre dei campioni trattati nell'impianto ad analisi presso un laboratorio ufficiale che certificherà la conformità dei materiali alle specifiche riportate al punto precedente
- redigere un verbale riportante i risultati della suddetta qualificazione, gli esiti delle prove sui materiali e la capacità di fornitura dell'impianto

Tale documentazione costituirà il dossier di qualificazione sia dello scavo che dell'impianto di frantumazione e vagliatura connesso.

Il dossier composto dalla documentazione come sopra elencato e da una chiara identificazione sia della zona di scavo che dell'impianto sarà trasmesso alla DL per approvazione.

#### *4.12.2.8 Acqua d'impasto*

Se l'acqua necessaria al confezionamento dei conglomerati cementizi sarà prelevata da fonti (pozzi, sorgenti, ecc.) situate nell'area di effettuazione degli impasti, l'APPALTATORE effettuerà la qualificazione di tali fonti mediante prove di laboratorio mirate all'accertamento dei parametri caratteristici indicati al relativo paragrafo della presente Sezione, nonché alle normative di legge di cui ai DD.MM. del 3/6/68 e del 1/4/83. Si dovrà redigere un verbale contenente le indicazioni necessarie a qualificare le condizioni del prelievo.

I campioni prelevati (2 serie) sigillati e contrassegnati, saranno inviati ad un laboratorio ufficiale per le analisi (1° campione) e conservati con cura dall'APPALTATORE per eventuali riprove (2° campione). Tale documentazione costituirà il dossier di qualificazione per la fonte e l'acqua d'impasto. Il dossier sarà trasmesso alla DL insieme ad una chiara identificazione della fonte utilizzata.

#### *4.12.2.9 Additivi e disarmanti*

Saranno ammessi i fornitori che siano in grado di adempiere ai dettami ed alle specifiche del contratto, in accordo alle presenti prescrizioni di C.Q., e di garantire forniture congrue con le esigenze dei lavori.

L'APPALTATORE dovrà redigere un dossier di qualificazione contenente i seguenti controlli e informazioni:

- il tipo di additivi e disarmanti forniti
- la capacità massima di fornitura
- una relazione tecnica sui dosaggi e benefici conseguenti e sulle modalità di impiego
- attestato di conformità del prodotto alle norme UNI vigenti.
- risultati delle prove previste nelle precedenti specifiche tecniche

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL il dossier di qualificazione del fornitore per approvazione.

#### **4.12.2.10 Qualificazione impianti e mezzi di confezionamento**

##### **4.12.2.11 Centrale di betonaggio**

La qualifica della centrale di betonaggio, e la verifica della sua capacità a produrre calcestruzzi con caratteristiche in accordo a quelle indicate nel presente Capitolato, avverrà dopo la procedura di verifica della taratura dell'impianto, le cui modalità di esecuzione sono riportate in allegato 4.

L'APPALTATORE effettuerà la qualifica dell'impianto e redigerà una relazione delle verifiche tecniche effettuate che attestino l'esistenza e l'efficienza di tutti i mezzi e le apparecchiature secondo quanto indicato al relativo punto ed in particolare dei:

- Sistemi di dosaggio automatico
- Sistemi di controllo dei dosaggi e delle granulometrie
- Silos di stoccaggio del cemento sfuso ed eventuali silos per additivi
- Magazzini cemento insaccato
- Sistemi di prelevamento degli inerti
- Sistemi di misura umidità di sabbie e inerti
- Sistemi di lavaggio inerti

Per il controllo del mantenimento degli standard operativi, il Responsabile di Controllo Qualità dell'APPALTATORE dovrà assicurare che le centrali/impianti di confezionamento dei conglomerati cementizi provvedano a:

- registrare, con frequenza minima giornaliera e comunque ad ogni significativo cambio di condizioni termo-igrometriche, sull'apposito modulo i valori ottenuti dai controlli manuali e dalle letture fornite automaticamente dalle sonde, relativi all'umidità di tutte le classi di aggregati presenti nelle tramogge. Sullo stesso modulo andranno registrati gli eventuali interventi attuali sugli strumenti di cui è dotata la centrale per correggere l'eventuale disuniformità di lettura.
- controllare e registrare sull'apposito modulo, con frequenza minima di due volte al giorno, il valore dello slump dei carichi di partenza dalla centrale, confezionando ogni volta almeno una coppia di cubetti per verificare la resistenza a 28 giorni. Il valore dello slump rilevato in Centrale deve essere riportato dall'operatore sulla bolla di accompagnamento.
- predisporre e tenere aggiornato il registro le Non Conformità riscontrate durante l'operatività della Centrale (carichi con dosaggi fuori limite di accettabilità, slump al di fuori del range di accettabilità relativo alla classe di consistenza, autobetoniere rifiutate dal cantiere con relative motivazioni, etc.).

Tale documentazione dovrà essere resa disponibile a cura dell'Appaltatore su richiesta della DL.

I moduli allegati in fac-simile al documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità" dovranno essere compilati a cura del responsabile di CQ dell'impianto di betonaggio.

##### **4.12.2.12 Betoniere**

L'APPALTATORE dovrà accertarsi preliminarmente dello stato di efficienza ed idoneità dei mezzi, in particolare del tipo di manutenzione svolta periodicamente ed accertare che tali verifiche risultano sistematicamente annotate su una apposita scheda di manutenzione del mezzo custodita sul mezzo stesso.

#### **4.12.2.13 Prequalifica delle tipologie di conglomerato cementizio**

La presente specifica si riferisce allo studio preliminare di qualificazione del MIX DESIGN del conglomerato cementizio.

La qualificazione avverrà a cura dell'APPALTATORE. e dovrà essere effettuata almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti.

La suddetta qualifica potrà essere effettuata presso il laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato della DL o presso il laboratorio del fornitore, se approvato ufficialmente, o presso un laboratorio ufficiale.

La procedura di qualifica è articolata in tre fasi:

1° fase: prove sui materiali

2° fase: prove di impasto

3° fase: prove sui conglomerati cementizi e produzione della documentazione relativa ai materiali, agli impasti e ai mezzi impiegati.

Tutte le suddette fasi saranno eseguite per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio prodotto e impiegato dall'APPALTATORE. I limiti di accettabilità di tutte le caratteristiche saranno quelli indicati dal presente Capitolato e dalla normativa vigente.

##### **4.12.2.14 Fase 1: prove sui materiali**

#### **Materiali costituenti la miscela d'impasto**

Si dovranno elencare i materiali impiegati, indicandone provenienza, tipo e qualità. A tale elenco saranno unite le documentazioni comprovanti la conformità alle specifiche del presente Capitolato, e precisamente:

- Cemento:
  - prove previste dalla legge 595/65 e dal D.M. 09/03/88 n.126, del D.M. 13/09/93 G.U. 22/09/93;
  - analisi chimica dei contenuti di C3A e C4AF + 2C3A
- Sabbie:
  - modulo di finezza
  - contenuto passante al vaglio 0,075 mm.
  - contenuto di argilla
  - contenuto di parti leggere e vegetali
  - contenuto di solfati
  - contenuto di cloruri solubili
  - contenuti di sostanze organiche equivalente in sabbia
  - curva granulometrica
- Inerti grossi:
  - esame petrografico
  - contenuto passante al vaglio 0,075 mm.



- contenuto di argilla
- contenuto di parti leggere e vegetali
- contenuto di solfati
- contenuto di cloruri solubili
- degradabilità ad attacchi di sostanze solfatiche
- massa volumetrica ed assorbimento
- resistenza a compressione semplice
- coefficiente di forma e appiattimento
- perdita di massa per urto e rotolamento
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo
- potenziali reattività in presenza di alcali
- curva granulometrica

- Acqua d'impasto:

- contenuto di solfati
- contenuto di cloruri
- contenuto di acido solforico
- contenuto totale dei sali minerali
- contenuto sostanze organiche
- contenuto sostanze solide sospese

- Aggiunte:

- perdita al fuoco;
- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri;
- contenuto di ossidi;
- stabilità volumetrica;
- trattenuto;
- massa volumica;
- attività pozzolanica;
- superficie specifica;
- carbone libero;
- umidità;
- P H.

- Additivi:

- effetto fluidificante a riduzione d'acqua;
- mantenimento della lavorabilità;
- effetto ritardante o accelerante;
- aria inglobata;
-

- Indice di efficienza DOT per gli antievvaporanti

### **Conglomerato cementizio fresco**

Dopo aver prodotto i campioni di prova del conglomerato su di essi si effettueranno le seguenti prove e si produrranno i certificati relativi:

- determinazione abbassamento al cono
- determinazione acqua essudata
- dosaggio cemento e rapporto acqua/cemento
- contenuto totale di cloruri
- massa volumica
- omogeneità (vedi allegato 1.A)

### **Conglomerato cementizio indurito**

Si effettueranno le seguenti prove e si produrranno i certificati relativi:

- determinazione resistenza caratteristica a compressione (eseguite secondo quanto prescritto dall'UNI EN 12390-3:2009)
- massa volumica

ed ove richiesto:

- resistenza agli attacchi chimici
- resistenza al gelo

Le prove indicate andranno a costituire una “Relazione” di prequalifica della miscela che verrà inviata per informazione alla DL, prima della effettuazione delle prove di qualifica dei Mix all'impianto e che sarà vincolante per la qualifica.

#### **4.12.2.15 Fase 1: Prequalifica dei CIs (Studio del Mix Design)**

Le prove di qualifica devono essere precedute e supportate da uno studio (Mix Design) per consentire all'Appaltatore la scelta dei materiali da impiegare, la scelta della composizione della miscela, (curva granulometrica, tipo e dosaggio dei materiali, rapporto A/C, slump, additivi, ed eventuali aggiunte). Il Mix Design dovrà essere progettato da un laboratorio preventivamente qualificato dal Appaltatore ed approvato dalla DL.

Per lo studio del Mix Design l'Appaltatore utilizzerà componenti preventivamente qualificati, e, ove previsto, approvati dalla DL. L'Appaltatore, definite le caratteristiche del Mix Design, effettuerà n° 8 prove di impasto in betoniera, di cui:

- quattro con il dosaggio ed il rapporto a/c previsti dal progetto del Mix;
- due con lo stesso dosaggio ma con un rapporto a/c maggiore di circa 2 centesimi;
- due con lo stesso dosaggio ma con un rapporto a/c minore di circa 2 centesimi.

Per ogni impasto verranno confezionati n. 14 cubetti, per le prove di rottura a compressione a 1, 3, 7, 14, 28, 60 e 90 giorni, su due cubetti a ciascuna scadenza, presso un laboratorio qualificato.

La prova a 3 giorni potrà essere costituita con quella a 48 ore, a giudizio del progettista del Mix.

Con i risultati ottenuti fino alle prove a 28 giorni, andranno costruite le curve di andamento delle resistenze nel tempo e di variazione della resistenza in funzione del rapporto a/c e/o dello slump.

#### 4.12.2.16 Fase 2: Qualifica del Cls

Le prove di qualifica del Cls andranno eseguite in impianti già qualificati o che abbiano almeno superato positivamente tutte le procedure di taratura delle bilance, dei dosatori, delle sonde e di controllo del software di gestione.

Le miscele qualificate in un impianto di betonaggio s'intenderanno qualificate e quindi convenzionabili anche in altri impianti, purchè qualificati.

All'impianto di betonaggio tutte le prove e i prelievi verranno effettuati da un laboratorio ufficiale/autorizzato.

Questi, prima dell'inizio delle prove, effettuerà un doppio campionamento di tutti gli aggregati, cemento, additivi ed acqua, dalle tramogge, silos e cisterne.

Un campione dei vari componenti verrà utilizzato dal laboratorio ufficiale/autorizzato per effettuare le prove sui materiali, previste dal Capitolato, l'altro opportunamente sigillato, verrà conservato dall'appaltatore e comunque tenuto a disposizione della DL per un periodo massimo di 90 giorni.

Sempre prima dell'inizio delle prove si eseguirà la determinazione dell'umidità delle varie classi di aggregato grosso per essiccazione.

Per le sabbie, l'umidità delle varie classi di aggregato grosso per essiccazione; l'umidità determinata per essiccazione, verrà comparata con quella data dalle sonde posizionate nell'impianto, onde verificate la loro taratura.

Verificata la corrispondenza della composizione della miscela inserita nei software di gestione, registrata la temperatura dell'acqua di impasto e dell'aria, si procederà ad effettuare un carico di almeno 4 mc di cls.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto ( $t' = n \text{ mc} + 2'$ ), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

- ad 1/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - massa volumica;
  - aria inglobata;
  - acqua essudata;
  - temperatura del cls;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;
  - prelievo di 8 cubetti;
  - controllo della composizione del cls fresco UNI 6393 (limitatamente al contenuto d'acqua)

- ai 4/5 di scarico della betoniera:
- slump;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);
- prelievo di 8 cubetti;

La prova a compressione verrà eseguita dal laboratorio ufficiale/autorizzato a ciascuna delle seguenti scadenze: 1,3,7,14,28,60, 90 giorni di maturazione su due cubetti, ad eccezione di quella a 28 gg. che sarà eseguita su quattro cubetti.

La qualifica si intenderà positivamente superata allorquando:

il valore  $R_m$  della resistenza a compressione a 28, sarà:

- per cls  $20 \text{ MPa} \leq R_{ck} \leq 25 \text{ MPa}$        $R_m \geq R_{ck} + 25\%$
- per cls  $30 \text{ MPa} \leq R_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$        $R_m \geq R_{ck} + 20\%$
- per cls  $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$        $R_m \geq R_{ck} + 15\%$

con il valore minimo di ogni singolo provino  $R_1 \geq R_{ck} + 3,5 \text{ MPa}$ .

Il valore dello slump sia conforme alla classe di consistenza dichiarata, inoltre a scopo conoscitivo, si potranno eseguire anche prove del mantenimento della lavorabilità eseguendo lo slump a 60' - 90'.

- i valori dello slump ad 1/5 e 4/5, eseguito dopo 30', non differiscano tra di loro più di 3cm;
- l'aria inglobata, per calcestruzzi aerati, sia conforme ai valori prescritti nella tabella al relativo paragrafo e, per il cls standard  $\leq$  al 3,0% come da norma;
- il valore dell'acqua essudata, secondo UNI 7122/2008, non superi il valore dello 0,1% dell'acqua totale dell'impianto;
- nella prova di omogeneità, la differenza in percentuale in peso del materiale trattenuto non vari più del 10% sui due campioni;
- il dosaggio dell'acqua ottenuto con l'effettuazione della prova UNI 6393/72 non si scosti più del 5% rispetto ai valori indicati nella stampa di carico;
- il valore della massa volumica dia  $\pm 3\%$  rispetto quella del mix di prequalifica.

Al termine dell'attività di qualifica relativa a ciascuna miscela di cls, a fronte dei certificati del Laboratorio Ufficiale, verrà compilato un "Dossier di qualifica", che verrà inviato alla DL per approvazione.

#### 4.12.2.17 Fase 3: documentazione

Si dovrà produrre una relazione di qualificazione per ogni tipo e classe di conglomerato, alla quale, in base anche alle prove di cui alle fase 1 e 2, si dovranno allegare i seguenti documenti:

- elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo e qualità dei medesimi.
- Certificati di conformità dei materiali costituenti la miscela d'impasto.
- Certificato della massa volumica reale s.s.a., massa volumica reale ed apparente ed assorbimento, per ogni classe di inerti, secondo UNI EN 13055-1:2003
- Studio granulometrico

- Tipo e dosaggio del cemento.
- Rapporto acqua/cemento.
- Tipo e dosaggio degli eventuali additivi.
- Proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica.
- Valore della consistenza misurata al Cono di Abrams.
- Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione e curve di resistenza nel tempo.
- Curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto a/c.
- Preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizio
- Caratteristiche dell'impianto di confezionamento
- Sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

#### **4.12.2.18 Approvazione della DL**

Le documentazioni di cui sopra verranno trasmesse alla DL.

Questa, dopo l'esame dei documenti e dopo l'esecuzione degli impasti di prova, approverà, se le riterrà idonee, l'impiego delle miscele oggetto di qualifica, con l'emissione, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio, di un apposito documento di approvazione

L'approvazione da parte della DL non solleva, in base alle norme vigenti, in alcun modo l'APPALTATORE dalle sue responsabilità.

Copia del documento di approvazione farà parte del dossier di qualifica di ogni singolo getto

#### **4.12.2.19 Controlli in corso d'opera**

Il Responsabile di CQ dell'APPALTATORE dovrà predisporre una pianificazione dei controlli periodici previsti per il cls nelle specifiche seguenti relativamente ai materiali componenti, al confezionamento, agli impianti e mezzi d'opera. Tale documento dovrà riportare oltre i dati identificativi del Fornitore/fornitura oggetto della verifica, il tipo di controllo e frequenza, il calendario delle ispezioni, la indicazione della struttura responsabile del controllo (Laboratorio, Ufficio Approvvigionamenti, Controllo Qualità, etc.), la tipologia della certificazione da acquisire. Il piano dei controlli in corso d'opera dovrà essere finalizzato al monitoraggio e mantenimento degli standards iniziali di qualifica e dovrà essere inviato per informazione alla DIREZIONE LAVORI a cura del Responsabile di CQ dell'Appaltatore. Tale documento sarà aggiornato con cadenza periodica in funzione degli esiti delle verifiche effettuate e delle tempistiche di attuazione delle eventuali azioni correttive richieste. Il calendario delle verifiche dovrà comunque essere modulato per garantire l'attuazione dei controlli in base alla frequenza minima indicata in specifica.

#### **4.12.2.20 Cemento**

Ogni lotto di cemento, che dovrà provenire da cementificio qualificato, sarà accettato dietro presentazione di certificato del fornitore riportante la composizione del prodotto.

Si dovranno effettuare, per ogni 1000 t (500 tl impiegato in galleria) di cemento proveniente da un singolo fornitore, le verifiche seguenti:

- Caratteristiche generali, secondo L.595/65, D.M. 09/03/88 n° 126, D.M. 13/09/93 G.U. 22/09/93.

- Analisi chimica del contenuto di C3A.
- Analisi chimica del contenuto di C4Af + 2C3A.

Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato da DL o presso un laboratorio ufficiale.

In corso d'opera l'Appaltatore dovrà effettuare le verifiche anche con prelievi da eseguirsi in contraddittorio con il Fornitore, da autocisterne piombate all'arrivo presso l'impianto di betonaggio.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e del fornitore, il laboratorio certificante e la data di prova, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la DL lo richieda in base a particolari motivazioni tecniche. In aggiunta a quanto sopra indicato per ogni 10.000 ton di ciascun tipo di cemento utilizzato dovrà essere acquisito nel dossier di qualificazione una attestazione del Cementificio che dichiari il valore medio e l'intervallo di variabilità di ciascun requisito previsto dalla norma UNI EN 197/1 relativi alle prove del mese precedente.

#### *4.12.2.21 Ceneri volanti e microsilica*

Dovranno essere eseguite delle prove fisiche, chimiche e granulometriche dei prodotti, al fine di verificare le caratteristiche richieste di cui al relativo punto

Le verifiche saranno effettuate con la frequenza di prova indicata sulle tabelle riportate ai punti sopra citati e con ceneri volanti (o microsilica) provenienti da una stessa sede o lotto di fornitura. L'esito di ogni prova dovrà essere riportata su certificato, indicando inoltre l'identificazione del Lotto, il laboratorio e la data della prova. Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato da DL. Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la DL lo richieda in base a motivate esigenze tecniche. La copia dei certificati faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

#### *4.12.2.22 Aggregati*

Sarà controllata la conformità degli inerti alle caratteristiche indicate al relativo punto (secondo Norma UNI 8520/2005 parte 2a).

Le verifiche avverranno almeno in ragione 1 volta per ogni cambio di cava e/o scavo e di impianto di frantumazione e vagliatura.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate per ciascuna fornitura equivalente a 20.000 m3 di calcestruzzo confezionato ed ogni qual volta, in base a motivate esigenze tecniche, la DL lo richieda o quando vengano riscontrati difetti o non conformità alle specifiche del conglomerato cementizio o quando le caratteristiche del materiale appaiono difformi da quelli già testate e qualificate. Nel caso di approvvigionamento da scavo in galleria si controlleranno i materiali, con prelievo dal fronte di scavo; tali prove saranno limitate al:

- contenuto di solfati e cloruri con frequenza giornaliera;
- alla potenziale reattività in presenza di alcali con frequenza settimanale;
- alla perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI EN 1097-2.
- all'inizio ed a ogni successiva variazione litologica.

Tutte le prove saranno effettuate presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL o presso laboratorio ufficiale.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e della fonte di fornitura, il laboratorio certificante e la data di prova, costituiranno il dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto. Nel caso di cambio della fonte di approvvigionamento, copia dei certificati sarà inoltre trasmessa alla DL con le medesime modalità di cui sopra.

Nel caso di riscontrata reattività agli alcali si comunicherà alla DL le misure adottate per escludere il fenomeno.

#### **4.12.2.23 Acqua d'impasto**

Le prove di analisi dovranno determinare le caratteristiche di cui al relativo punto. Tali prove avverranno con una frequenza di una prova ogni 90 giorni, o con frequenza maggiore se indicato dalla DL; le prove saranno comunque effettuate ad ogni cambio di fonte di approvvigionamento idrico. Nel caso di approvvigionamento da pozzi le analisi dovranno essere ripetute ogni 14 giorni.

La copia dei certificati di prova, riportanti l'identificazione del laboratorio certificante e la data di prelievo, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

L'impiego degli additivi dovrà essere preventivamente sperimentato, dichiarato nel mix design della miscela e quindi approvato dalla DL.

Nel caso di cambio, della fonte di approvvigionamento, copia dei certificati sarà inoltre trasmessa alla DL con le medesime modalità di cui sopra.

#### **4.12.2.24 Additivi**

Gli additivi da impiegare dovranno essere muniti di certificato del fornitore di conformità alle norme.

Copia di tale certificazione, unitariamente ad una scheda tecnica riportante tipo, dosaggi ed effetti dell'additivo, sarà inviata alla DL e sarà allegata al dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

#### **4.12.2.25 Controlli sul confezionamento**

I documenti di certificazione seguenti, saranno allegati al dossier di qualità del conglomerato cementizio in sede di getto.

Tutte le prove saranno effettuate presso il laboratorio di cantiere qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL o presso un laboratorio ufficiale. I certificati di ogni singola prova, riporteranno i dati identificativi del lotto, data di prelievo e laboratorio di prova.

#### **4.12.2.26 Granulometria**

Sarà controllata la granulometria degli inerti secondo le modalità UNI EN 1097-2 e UNI EN 933-1. nonché della UNI 7163/79 Appendice B - e in accordo alle caratteristiche del presente Capitolato

Le prove avranno una frequenza di 1 a settimana e comunque di almeno 1 ogni 5.000 mc di inerte impiegato nel confezionamento del lotto.

#### **4.12.2.27 Dosaggio di acqua e cemento**

Si effettuerà la prova in riferimento alla UNI EN 1097-6:2008, per la condizione “satura a superficie asciutta”.

La prova sarà effettuata secondo la norma UNI 6393/72 con una frequenza pari a 2.000 mc di conglomerato cementizio. Prove aggiuntive potranno essere richieste dalla DL in base a motivate esigenze tecniche.

#### **4.12.2.28 Temperature operative**

Si dovrà verificare almeno 2 volte al giorno le temperature atmosferiche e le temperature di miscelazione degli impasti.

Tali temperature dovranno rientrare nei limiti di cui al relativo punto. La temperatura di miscelazione sarà riportata sul dossier di qualificazione di ogni impasto.

#### **4.12.2.29 Conglomerati cementizi resistenti al gelo**

Si verificherà, presso un laboratorio di cantiere approvato o presso laboratorio Ufficiale il coefficiente di permeabilità secondo prova riportata in Allegato 1 punto b, con limite di accettabilità inferiore a  $10E-11$  cm/s.

Se prescritto o richiesto dalla DL si dovrà inoltre determinare la resistenza ai cicli di gelo-disgelo, secondo UNI 7087/2002.

Il certificato della prova sarà riportata sul dossier di qualificazione di ogni miscela.

Nel caso vengono adoperati additivi aeranti, per ogni lotto dovrà essere controllato il contenuto di aria occlusa mediante prova eseguita secondo UNI EN 12350-7:2009

I limiti di accettabilità saranno quelli indicati al relativo paragrafo. La prova sarà effettuata presso un laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL.

#### **4.12.2.30 Conglomerati cementizi esposti ad attacchi chimici**

Si dovranno verificare le rispondenze dei conglomerato cementizio al progetto e comunque alle prescrizioni indicate al relativo punto.

La classe di resistenza e il tipo di cemento impiegato saranno comunicate alla DL.

I risultati delle verifiche saranno riportate sull'apposito certificato da conservare nel dossier qualificazione del conglomerato cementizio.

### **4.12.2.31 Impianti e mezzi**

#### **4.12.2.32 Centrale di betonaggio**

L'impianto approvato dovrà essere di tipo automatizzato e dovrà essere verificato, in particolare per quanto concerne le bilance, almeno ogni 2 mesi.

Si redigerà allo scopo una relazione tecnica che attesti l'esistenza e l'efficienza di tutti i requisiti richiesti dal Capitolato di Costruzione.

Le tarature periodiche delle bilance saranno invece effettuate almeno una volta l'anno, salvo indicazioni diverse da parte della DL, con le stesse modalità riportate nella procedura allegata (all. 4).

Tutte le bilance tarate dovranno avere applicato un cartellino riportante la data di taratura e la scadenza.

L'APPALTATORE trasmetterà tale documentazione alla DL.



Nel corso della fornitura il CQ dell'APPALTATORE dovrà effettuare delle ispezioni presso gli impianti al fine di accettare che il tenore di umidità di tutti gli aggregati sia rilevato con la frequenza indicata al relativo punto e conseguentemente sia corretta automaticamente (o manualmente in assenza di sonde di rilevamento) la quantità dell'acqua di impasto.

Le ispezioni dovranno evidenziare tramite la compilazione di apposito verbale che il sistema di gestione e controllo dell'impianto sia conforme a quanto indicato dalle specifiche.

#### *4.12.2.33 Betoniere*

L'APPALTATORE dovrà accertarsi periodicamente dello stato di efficienza dei mezzi, in particolare dello stato di usura delle lame e dell'accumulo di conglomerato indurito o legante.

Tale verifica avverrà ogni 4000 mc e almeno ogni mese e sarà annotata su una apposita scheda di manutenzione del mezzo, custodita sul mezzo stesso.

#### *4.12.2.34 Prove e controlli in corso d'opera sul Cls*

In corso d'opera il cls ed i suoi componenti verranno sottoposti a controlli e prove, la cui frequenza e i cui limiti di accettabilità sono quelli previsti dal Capitolato. Qualora l'impasto venisse eseguito con premiscelatore, il prelievo per le prove previste ad esclusione della consistenza, può essere effettuato presso il laboratorio dell'impianto.

Se al controllo della lavorabilità (misura dello slump) nel luogo di getto, risultasse detto valore inferiore fino a 3 cm rispetto al limite minimo della classe di consistenza, è ammessa l'aggiunta di superfluidificante dello stesso tipo utilizzato per il confezionamento del cls in questione, in quantità predeterminata, sulla base di prove specifiche preventivamente effettuate per ogni mix.

L'aggiunta dovrà essere registrata sulla bolla di consegna a cura del laboratorio e del Responsabile del getto e comunque dovrà essere effettuata entro 90 minuti dal momento del confezionamento all'impianto, così come risulterà dalla bolla di trasporto.

I risultati delle prove previste, ordinati cronologicamente e per zone di getto, verranno esaminati dal Controllo Qualità dell'APPALTATORE . per verificarne la conformità alle prescrizioni tecniche applicabili.

La conformità/accettazione del calcestruzzo indurito, sarà valutata secondo i criteri della Legge 1086 del 5 novembre 1971, e del D.M. 14 febbraio 1992 - Allegato 2 punto 5.1 "Controllo di accettazione tipo A".

Per raggiungere l'obiettivo di mantenere le caratteristiche prestazionali di ciascuna miscela (magroni esclusi) costanti nel tempo, il Controllo Qualità del GC, in una prima fase lavorativa, relativamente a ciascuna miscela usata, dovrà registrare ed elaborare i risultati delle prove eseguite su ciclo di produzione di n° 75 prelievi e riportarli in un diagramma sul quale è individuata una banda predeterminata di oscillazione, che avrà come limite inferiore il valore  $R_{ck} + 3,5 \text{ Mpa}$ , e come limite superiore il valore della resistenza massima ottenuta in qualifica sui quattro provini rotti a 28 gg.

Dopo l'esito delle prove, verrà definita, in funzione degli intervalli di variazione ottenuti, una carta di controllo che indichi una fascia di oscillazione delle resistenze entro la quale la produzione possa essere considerata "controllata". Verranno inoltre definiti, qualora nel corso della produzione/fornitura alcuni risultati uscissero dalla fascia, i criteri di valutazione e di controllo e gli interventi correttivi da attivare, per ripristinare la costanza "di qualità" della produzione nel tempo.

In particolare, in funzione del numero di risultati che escono dalla fascia, verranno attivati accertamenti e/o controlli integrativi, quali ad esempio:

- verifica delle modalità di miscelazione;
- verifica delle modalità di confezionamento dei prelievi;
- verifica della modalità di stagionatura durante le prime 24 h;
- verifica della taratura degli impianti;
- verifica delle sonde per la determinazione dell'umidità degli inerti;
- verifica della curva granulometrica degli inerti;
- verifica del cemento utilizzato mediante prove su malta plastica;

al fine di individuare le cause dell'abbassamento dello standard qualitativo, e porvi tempestivamente rimedio.

L'APPALTATORE dovrà dare evidenza oggettiva (es: emissione di verbali) delle anomalie riscontrate e degli interventi correttivi adottati. La relativa documentazione prodotta verrà gestita come "Documentazione di registrazione della qualità" e tenuta a disposizione della DL. Nel corso della produzione/fornitura i limiti delle fasce potranno essere riesaminati ed aggiornati. Una miscela di calcestruzzo che è stata qualificata con miscelazione in autobetoniera può, in corso d'opera, essere confezionata anche con miscelazione all'impianto (premiscelatore).

### **4.12.3 Prequalifica dei ferri d'armatura per calcestruzzo armato**

#### **4.12.3.1 Campi di applicazione**

La presente Specifica si applica a tutti i tipi di forniture di acciai per ferri d'armatura di opere in conglomerato cementizio armato.

I controlli saranno registrati nei Certificati compresi nei P.C.Q. dei manufatti in calcestruzzo nelle posizioni relative a:

- verbale accettazione acciai d'armatura
- certificati prove su acciai in cantiere.

#### **4.12.3.2 Documenti di riferimento**

La presente Specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuale; a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.; alle norme e prescrizioni di legge applicabili, anche se non espressamente richiamate.

#### **4.12.3.3 Qualificazione dei fornitori**

Saranno ammessi alla fornitura di acciai per costruzioni civili soltanto fornitori prequalificati dall'APPALTATORE.

L'APPALTATORE, prima dell'approvvigionamento dei materiali dovrà trasmettere una lettera di notifica alla DL con il nominativo del fornitore da cui intende approvvigionarsi, i tipi di acciai e le caratteristiche della gamma delle barre richieste e i verbali di qualifica del fornitore.

#### **4.12.3.4      *Controlli sui materiali***

Ogni lotto di barre di acciaio controllate in stabilimento dovrà essere munito di documentazione del fornitore, secondo la Normativa vigente, che certifichi gli avvenuti controlli.

Tale certificazione dovrà essere allegata al dossier di qualificazione dell'opera in calcestruzzo armato per la quale il lotto è stato impiegato.

L'acciaio ponente ogni otto dovrà recare in modo visibile i contrassegni di riconoscimento.

In cantiere o in stabilimento di prefabbricazione dovranno essere effettuate le prove previste dalla normativa vigente.

La DL potrà comunque disporre l'effettuazione di controlli ulteriori con le modalità da essa stessa indicate, in base a motivate esigenze tecniche.

#### **4.12.3.5      *Controlli in accettazione***

All'arrivo del materiale in cantiere e/o in stabilimento di prefabbricazione saranno effettuati dei controlli di accettazione.

Questi saranno documentati tramite la compilazione di un apposito verbale.

I controlli riguarderanno l'accertamento della provenienza del materiale da fornitore qualificato, l'esistenza dei certificati di origine e dei contrassegni sulle barre d'acciaio, la corrispondenza della fornitura di documenti d'ordine, l'assenza di ruggine, grasso ed altri elementi pregiudizievoli per l'impiego in opera della fornitura. Da ogni partita saranno prelevate delle barre campione con le modalità indicate al relativo punto, per il controllo del peso effettivo delle barre.

Il materiale rifiutato dovrà essere immediatamente stoccato in apposita area di segregazione.

#### **4.12.3.6      *Controlli in corso d'opera***

Le gabbie di armatura dovranno essere assemblate mediante legatura doppia incrociata con filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0.6 mm.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile e rispondente ai requisiti del punto 2.2.6 del D.M. 14/01/2008. La saldatura dovrà essere autorizzata dalla DL dietro preventiva presentazione di una idonea procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, materiali ed attrezzature, nonché la qualifica dei saldatori. Nel caso di impiego di manicotti l'APPALTATORE dovrà consegnare preventivamente alla DL le schede tecniche dei prodotti da utilizzare.

### **4.12.4      *Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio***

#### **4.12.4.1      *Campi di applicazione***

La presente procedura si applica a tutti i tipi di manufatti prefabbricati. In particolare la presente procedura risponde alle prescrizioni del relativo punto di questa stessa sezione di capitolato.

I modelli di PCQ da applicare saranno di due tipi.

La struttura di CQ del Prefabbricatore dovrà predisporre un modello di PCQ, in ottemperanza alle prescrizioni della presente specifica, con il quale gestirà le fasi di controllo della produzione, movimentazione e stoccaggio dei manufatti presso l'impianto di produzione. Tale modello sarà contenuto nel Piano di Qualità di produzione che dovrà essere redatto per ciascun impianto di prefabbricazione e presentato per l'approvazione della DL almeno 60 gg. prima dell'utilizzo delle relative lavorazioni.

Le fasi di controllo delle operazioni di stoccaggio, movimentazione e posa in opera presso i cantieri di costruzione saranno gestite mediante il modello PCQ QMP ed il relativo certificato MP01 contenuto nel documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità".

#### **4.12.4.2 Documenti di riferimento**

La presente procedura fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;
- alle seguenti norme e regolamenti:
  - legge 1086 del 5/11/1971
  - DM 14/01/2008 (Norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della suddetta legge)
  - Norme per il calcolo e la costruzione di strutture a grandi pannelli, di cui alla circolare del Ministero Lavori Pubblici n. 6090 dell'11/8/1969 e successivi aggiornamenti
  - D.M. del 03/12/1987, n. 39 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate
  - Circolare Min. LL.PP. 16/03/1989 n. 31104 - Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

#### **4.12.4.3 La prequalificazione degli impianti di produzione**

Le attività di prefabbricazione debbono essere preventivamente approvate dalla DL a cui l'APPALTATORE deve sottoporre un dossier contenente:

- elenco delle parti d'impianto da sottoporre a prefabbricazione e produzione periodica o totale che si intende realizzare in ogni impianto di prefabbricazione;
- nominativo o descrizione dell'impianto di prefabbricazione;
- documentazione di qualifica del suddetto impianto;
- prove sperimentali a cui è stato assoggettato l'eventuale prototipo;
- metodologie di costruzione;
- Piano di Qualità per la costruzione dei componenti da prefabbricare;
- qualifica del laboratorio interno per le prove sui materiali.

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL una lettera di notifica con allegata la documentazione di qualifica suddetta.

La DL ricevuto il relativo dossier, dopo l'esame dei documenti e dopo aver proceduto alle ulteriori indagini che ritenesse necessarie, approverà l'impianto di prefabbricazione.

Per quanto riguarda le attività di controllo e qualifica per la preparazione del dossier l'APPALTATORE dovrà seguire le prescrizioni di seguito elencate.

#### **4.12.4.4 Qualificazione dell'impianto**

La procedura di qualificazione consisterà nell'esame delle attrezzature e delle modalità di esecuzione degli elementi di fabbrica.

Si dovranno controllare tutte le attrezzature da usare nella prefabbricazione, quali impianti di betonaggio, piani vibranti, spazi di produzione opportunamente coperti e di stoccaggio, ecc. anche in conformità a quanto indicato nel relativo punto.

Per le centrali di betonaggio ci si atterrà a quanto indicato a riguardo nella "Specificazione di C.Q. per il confezionamento del conglomerato cementizio".

Le altre attrezzature dovranno altresì presentarsi in stato di piena efficienza e funzionalità, nonché di dimensioni adeguate a soddisfarle le esigenze della produzione che si intende assegnare all'impianto.

Si dovranno descrivere e valutare le modalità di esecuzione delle lavorazioni, in particolare:

- tempi e modi di produzione;
- metodi di vibrazione;
- metodi di stagionatura;
- metodi di stoccaggio e trasporto.

Le verifiche di qualificazione saranno riportate in una apposita relazione redatta dal Responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE, in funzione della tipologia dell'impianto da qualificare.

#### **4.12.4.5 Qualificazione dei materiali**

Per la qualifica dei materiali varrà quanto indicato nella presente sezione relativa agli acciai di armatura ed ai calcestruzzi.

Pertanto restano a carico dell'APPALTATORE tutti gli obblighi relativi alle modalità di qualifica delle cave di fornitura degli inerti, alla prequalifica degli impianti di produzione, alla qualifica del laboratorio interno dello stabilimento, allo studio e all'approvazione dei mix design da parte della DL.

#### **4.12.4.6 Controlli in corso di prefabbricazione**

L'APPALTATORE dovrà garantirsi che il sistema di C.Q. dell'impianto di prefabbricazione predisponga, per ogni tipologia di manufatto prefabbricato, un P.C.Q. ed un piano di stagionatura. Tali documenti saranno contenuti nel Piano di Qualità di produzione che dovrà essere presentato alla approvazione della DL per ogni impianto di prefabbricazione.

Il P.C.Q. dovrà riportare le verifiche richieste dalla legge, ed in particolare quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008 e dalle "Norme per il calcolo e costruzione di strutture a grandi pannelli" della circolare del Ministero dei LL.PP. n° 6090 dell'11/08/69.

Esso dovrà anche tener conto dei controlli elencati nelle due Specifiche di C.Q. relative agli acciai, al di confezionamento e posa in opera delle opere in calcestruzzo, ed essere in accordo a quanto indicato nella presente sezione. In particolare per i prefabbricati in cemento armato precompresso si dovranno seguire anche le prescrizioni elencate nell'allegato n. 1. Il PdQ preparato dalla struttura di CQ del Prefabbricatore farà parte del Dossier di Qualifica dell'impianto di prefabbricazione da presentare per l'approvazione della DL.

#### **4.12.4.7      *Verifiche in corso di costruzione***

Il sistema di C.Q. dell'impianto di prefabbricazione dovrà effettuare tutti i controlli richiesti nel P.C.Q. in applicazione di quanto previsto al relativo punto e preparare, per ogni elemento o lotto prefabbricato, il relativo dossier di C.Q. che dovrà accompagnare le opere in oggetto all'atto della consegna in cantiere. Il responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE dovrà definire preventivamente ed inserire nel P.C.Q. le fasi vincolanti alle quali lui, o suoi superiori, intendono presenziare.

In fase di approvazione del PdQ la DL indicherà nel P.C.Q. di produzione le fasi vincolanti alle quali intende presenziare.

#### **4.12.4.8      *Controlli in corso di messa in opera***

Anche per le operazioni di messa in opera dei manufatti il Responsabile di C.Q. dovrà compilare il P.C.Q. di queste attività con i controlli di seguito specificati.

#### **4.12.4.9      *Verifica dell'identificazione del manufatto***

Si dovrà verificare che ogni elemento prefabbricato sia marcato, in modo inalterabile, in conformità ai disegni o al catalogo di produzione per permetterne in qualsiasi momento la sicura identificazione e la data di produzione.

Se il pezzo risulta di peso superiore alle 20 tonnellate si controllerà che sia riportato anche il peso.

La conformità della marcatura alle specifiche sarà annotato sul P.C.Q..

#### **4.12.4.10    *Controllo sull'idoneità e sulle protezioni degli elementi***

All'arrivo in cantiere dei manufatti prefabbricati il Responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che essi siano accompagnati dai dossier di C.Q. sopra descritti.

Si dovrà controllare che, in tutte le fasi di lavorazione e trasporto, siano stati adottati gli adeguati provvedimenti di protezione ed effettuare le verifiche di cui al relativo punto

Prima della messa in opera si procederà su ogni singolo elemento ad un esame visivo, in accordo al P.C.Q., del pezzo al fine di accertarsi che non presenti alcun difetto, nonché alla verifica dimensionale, nel rispetto delle tolleranze ammesse, mediante misurazioni.

L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

Gli elementi non idonei saranno scartati e stoccati in un'adeguata area di segregazione.

#### **4.12.4.11    Controlli durante la posa in opera**

Prima dell'esecuzione di qualsiasi montaggio di manufatti prefabbricati, dovrà essere notificato alla DL un apposito piano di monitoraggio e/o varo. Il Piano dovrà definire per ciascuna tipologia di manufatto il lotto minimo di monitoraggio (elemento, campata, parte d'opera etc.) per il quale sarà emesso un singolo certificato di C.Q. (Modello MP01) La data di messa in opera del prefabbricato dovrà essere notificata alla DL.

Dopo la posa in opera di ogni elemento si verificherà il corretto posizionamento (vedi mantenimento in posizione dello stesso in modo che risulti stabile e resistente sia a tutte le azioni esterne che al peso proprio.

Tali verifiche saranno annotate sul P.C.Q.

### **4.12.5    Prefabbricati in cemento armato precompresso**

#### **4.12.5.1    Controlli sulle casseforme**

Si dovranno effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto e con le tolleranze indicate al relativo punto.

I controlli effettuati saranno riportati sul P.C.Q.

#### **4.12.5.2    Controlli sulle armature**

##### **4.12.5.3    Posizionamento**

Si dovranno effettuare i seguenti controlli di conformità alle specifiche di progetto:

- Controllo sul tipo, sul tracciato e sulla sezione di ogni singolo cavo
- Controllo sui dispositivi speciali, come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.
- Controllo della predisposizione e del posizionamento di tubi di sfiato per le guaine come prescritto
- Controllo del posizionamento delle armature in genere con le tolleranze indicate al relativo punto.

Cavi d'armatura e dispositivi speciali dovranno essere forniti di documentazione riportante:

- identificazione del lotto e provenienza
- idoneità del materiale
- certificazioni allegate delle caratteristiche dei materiali

I controlli effettuati saranno riportati sul P.C.Q.

##### **4.12.5.4    Messa in tensione**

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate.

L'APPALTATORE, prima delle operazioni di messa in tensione, dovrà eseguire il progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo, per informazione, alla DL. Durante le operazioni di tesatura e delle eventuali ritarature delle tensioni, si dovranno registrare su un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo

Il modello compilato sarà trasmesso in copia alla DL e costituirà il dossier di qualificazione del manufatto precompresso, insieme alla documentazione di cui sopra.

#### 4.12.5.5 *Iniezione delle guaine*

##### **Prove di qualificazione della pasta cementizia**

Con riferimento al relativo punto, le prove di qualificazione della pasta cementizia saranno le seguenti:

- a. certificazione di qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella procedura di C.Q. relativa alla qualificazione del calcestruzzo. Si dovrà inoltre verificare l'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
- b. misurazione del rapporto a/c, predeterminato sperimentalmente;
- c. fluidità della pasta d'iniezione al cono di Marsh; la prova sarà effettuata mediante la misura del tempo di scolo di 1000 cmc di miscela attraverso un ugello di 8 mm di diametro;
- d. misura dell'essudazione e del tempo di riassorbimento effettuata su 1000 ml di miscela in cilindro graduato di  $\phi = 60$  mm e  $h=450$  mm. dopo un tempo di riposo di 3 ore;
- e. verifica di assenza di ritiro;
- f. determinazione dell'espansione su provini di dimensioni standard e misurata in acqua dopo 2 giorni;
- g. misurazione del tempo di inizio presa a 20°C ed umidità relativa del 75%, secondo D.M. 3/6/68 - "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi";
- h. misura della resistenza a trazione per flessione a 8 gg. che dovrà essere superiore a 4MPa;
- i. misura della resistenza a compressione semplice a 28 gg. su provini cubici di lato 7 cm. o 10 cm.

Le prove suddette saranno effettuate presso un laboratorio approvato e certificate.

Gli esiti saranno riportati sul P.C.Q. ed i certificati allegati al dossier di qualificazione dell'opera.

La miscela sarà confezionata in una impastatrice che dovrà essere già stata qualificata a rispondere alle prescrizioni di cui al relativo punto

Il tempo di miscelazione sarà determinato di volta in volta mediante prova al cono di Marsh. Prima della iniezione si verificherà che la miscela venga passata attraverso un setaccio di maglia 2 mm di lato ed il trattenuto sia scartato.

##### **Iniezioni della pasta cementizia**

Durante le fasi di iniezione delle guaine si dovrà eseguire la misura della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata, con le modalità indicate al punto "c)" precedente.

Le fluidità misurate saranno confrontate tra loro e si continuerà l'iniezione fino a che risulteranno uguali ( $\pm 4$  sec), fermo restando i limiti di idoneità della miscela indicati al relativo punto.

Nel caso di interruzione di iniezione, si controllerà che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni non sia superiore ai 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

Al termine delle operazioni si controllerà che la guaina iniettata sia mantenuta per almeno 5 ore alla pressione di iniezione, annotando l'ora di termine delle operazioni e l'ora di rimozione del rubinetto di tenuta.



Si dovrà controllare che le iniezioni siano eseguite entro 15 gg. dalla messa in tensione delle armature di precompressione. Si dovranno controllare le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) secondo le modalità del D.M. 14/01/2008.

I controlli relativi alle modalità ed alle tecniche di iniezione sottovuoto, dovranno essere concordate con la DL.

#### **Controlli sul lavoro finito**

Saranno eseguite prove di tipo endoscopico almeno sul 20% dei cavi di precompressione, in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate) e comunque in relazione all'andamento del tracciato.

In caso di esito negativo delle suddette prove le medesime potranno essere aumentate ad insindacabile giudizio della DL.

Tutte le suddette verifiche saranno riportate sul P.C.Q.

#### **4.12.5.6      *Protezione delle armature dalle correnti vaganti***

Si dovrà verificare la conformità dei collegamenti delle armature al terminale in ferro dolce e la conformità di questo ed il suo posizionamento in luogo di facile accessibilità, secondo quanto indicato al relativo punto. Nel caso di impiego alternativo di protezioni d'isolamento mediante sostanze dielettriche, si verificherà l'idoneità di queste (certificandone il tipo, la provenienza e attestandone la qualità) e si controllerà la corretta applicazione.

Le suddette verifiche saranno annotate sul P.C.Q..

#### **4.12.5.7      *Getto del calcestruzzo***

Si richiamano, per quanto applicabili, i controlli previsti nei paragrafi 6 e 7 del presente Capitolato.

#### **4.12.5.8      *Stagionatura***

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che siano stati effettuati i controlli previsti al relativo punto e che venga rispettato il piano di stagionatura approvato.

#### **4.12.5.9      *Scassero***

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che sia trascorso il tempo di stagionatura previsto dal piano di stagionatura.

#### **4.12.5.10     *Controlli strutturali***

Il responsabile di C.Q. dovrà verificare che siano stato eseguiti i controlli strutturali così come previsti al relativo punto e specificatamente:

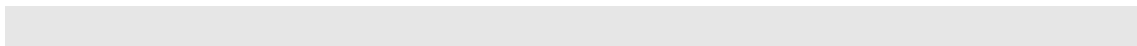
- effettuazione della misura delle deformate
- esecuzione delle prove di carico

L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

**4.12.5.11    Stoccaggio**

Il responsabile di C.Q. dovrà verificare che lo stoccaggio sia eseguito in maniera propria e più precisamente conforme a quanto indicato relativo punto.

In particolare dovrà verificare i tempi minimi e massimi di stoccaggio. L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.



## 4.13 ALLEGATI

### 4.13.1 ALLEGATO 1 : PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO

#### 4.13.1.1 *Controllo dell'omogeneità*

L'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto dovrà essere verificata su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto ( $t' = n \text{ mc} + 2'$ ), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

- 1) ad 1/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;
- 2) ai 4/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);
- 3) il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di  $\pm 20$  mm su detti limiti:
  - per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
  - per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.
- 4) venga verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette  $p_1$  e  $p_2$  le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$(p_1 - p_2) \leq 0,15 ((p_1 - p_2)/2)$$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

#### 4.13.1.2 *Determinazione del coefficiente di permeabilità a carico costante*

- Preparazione n° 2 provini di conglomerato cementizio

Dimensione: cubico di lato 15 cm  
cilindrico di diametro 15 cm  
altezza 15 cm

- Esecuzione della prova:

Applicazione di un gradiente di pressione da 0,05 a 2,5 MPa ed eccezionalmente fino a 4,0 MPa.  
Misurazione della quantità di acqua percolata in 24 ore.

- Determinazione del coefficiente di permeabilità  $k$  1cm/sec)

Si applica la seguente formula:

$$K = \frac{Q \cdot d}{A \cdot t \cdot x \cdot h}$$

## 4.14 ALLEGATO 2: FORMULARIO DI VALUTAZIONE CAVE DI INERTI

### REQUISITI DEL FORNITORE DI INERTI

La cava deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Potenzialità del banco sufficiente a coprire il fabbisogno;
- Affidabilità burocratico/amministrativa dell'azienda
- Affidabilità tecnica dell'azienda

#### A) Potenzialità del banco

Ai fini della determinazione della potenzialità del banco, verranno determinati:

- Superficie del banco (mq)
- Profondità del banco, in funzione dei saggi da effettuarsi (ml)
- Volume complessivo presumibile del materiale estraibile (mc)

I saggi saranno effettuati lungo il perimetro della cava e all'interno della stessa secondo una maglia da stabilire in funzione dell'andamento planimetrico della cava, tali comunque da essere rappresentativi dall'intero banco.

Dall'esame dei prelievi da effettuarsi alle varie profondità, si ricaverà la stratigrafia del giacimento.

Da detta stratigrafia emergerà il quantitativo complessivo di materiale omogeneo estraibile dalla cava.

#### B) Aspetti burocratico-amministrativi

- Verificare se la cava è in possesso delle autorizzazioni per lo sfruttamento della cava rilasciate dagli Enti preposti
- Verificare che i trasporti del materiale in uscita siano corredati da bolle di accompagnamento che riportino la classe del materiale.

## C) Aspetti tecnici

- Deve essere verificata la potenzialità oraria di sfruttamento del banco, analizzando i mezzi impiegati:

- Escavatori	n°	capacità mc/h
- Pale cingolate	n°	capacità mc/h
- Pale gommate	n°	capacità mc/h
- Nastro	n°	capacità mc/h
- Dumper	n°	capacità mc/h
- Altri mezzi	n°	capacità mc/h
Totale capacità di estrazione		mc/h

- Deve essere verificato l'impianto di frantumazione e vagliatura accertandone:

- La validità tecnica:	mediocre - buona – ottima
- Lo stato generale di efficienza:	mediocre - buona – ottima
- La capacità complessiva di trattamento confrontando:	
- impianto di frantumazione	mc/h
- impianto di vagliatura	mc/h

- Deve essere verificato l'impianto di lavaggio accertandone:

- la validità tecnica:	mediocre - buona - ottima
- lo stato di efficienza:	mediocre - buona - ottima
- la capacità complessiva di trattamento confrontando:	
- impianto di lavaggio	mc/h
- impianto di frantumazione e vagliatura:	mc/h
- disponibilità acqua: quantità	scarsa - suff. - abbond.
- disponibilità acqua: continuità	incerta - certa

- 
- Devono in particolare, essere accertate le condizioni dei vagli che potranno essere: da sostituire, mediocri, buoni, ottimi
  - Si deve accertare che il materiale selezionato, corrisponda per ciascuna classe alle caratteristiche granulometriche di cui al capitolato tecnico:
    - rispondente
    - non rispondente.
  - Si deve verificare l'esistenza di setti di separazione tali da garantire che non vengano mescolate tra di loro diverse classi di inerti
 

	SI	NO
--	----	----
  - Si deve accertare che sia garantita la esclusione di materiale terroso al momento del caricamento del materiale selezionato.
 

	SI	NO
--	----	----
  - Si deve accertare l'esistenza, presso la cava, di un laboratorio gestito da personale qualificato
 

	SI	NO
--	----	----
  - Si deve accertare se vengono effettuati controlli sistematici per la verifica delle attendibilità delle granulometrie prodotte:
 

	SI	NO
--	----	----
  - Con quali frequenze?
 

	Giornaliere, settimanali, mensili	
--	-----------------------------------	--
  - Si deve verificare se esiste una registrazione dei controlli effettuati:
 

	SI	NO
--	----	----
  - Si deve accertare se la cava ha già effettuato prove presso laboratori ufficiali al fine di individuare le caratteristiche fisico-chimiche degli inerti prodotti:
 

	SI	NO
--	----	----
  - Sia dotata di una officina tale da garantire la continuità di efficienza degli impianti
 

	SI	NO
--	----	----
  - E, inoltre, se l'officina è dotata di una congrua scorta di ricambi tali da assicurare il pronto ripristino delle parti di impianto che si dovessero deteriorare.
 

	Scarsa, sufficiente, abbondante	
--	---------------------------------	--

## 4.15 ALLEGATO 3: FORMULARIO DI VALUTAZIONE IMPIANTI DI INERTI VAGLIATI E/O FRANTUMATI

Si elencano le operazioni di verifica a cui l'Appaltatore deve sottoporre il subfornitore.

Operazione di verifica	Risultato	
- Deve essere verificato l'impianto di frantumazione e vagliatura accertandone:		
. la validità tecnica	mediocre - buona - ottima	
. lo stato generale di efficienza:	mediocre - buona - ottima	
. la capacità complessiva di trattamento:	mc/h	
- Deve essere verificato l'impianto di lavaggio accertandone:		
. la validità tecnica:	mediocre - buona - ottima	
. lo stato di efficienza:	mediocre - buona - ottima	
. la capacità complessiva di trattamento:	mc/h	
mettendola a confronto con quella dell'impianto di frantumazione e vagliatura.	mc/h	
- Deve essere accertata la disponibilità dell'acqua di lavaggio in relazione:		
. alla quantità:	scarsa - suff. - abbondante	
. alla continuità:	incerta - certa	
- Devono, in particolare, essere accertate le condizioni dei vagli, che potranno essere:	da sostituire – mediocri - buoni - ottimi	
- Accertare che il materiale selezionato, corrisponda per ciascuna classe alle caratteristiche granulometriche di cui al Capitolato di Costruzione	rispond. non rispond.	
- Verificare l'esistenza di setti di separazione tali da garantire che non vengano mescolate tra di loro diverse classi di inerti	SI	NO
- Si deve accertare che sia garantita la esclusione di materiale terroso al momento del caricamento del materiale selezionato	SI	NO
- Si deve accertare se vengono effettuati controlli sistematici per la verifica delle attendibilità delle granulometrie prodotte:	SI	NO
- Con quali cadenze?	Giornaliere - settimanali - mensili	

- |  |                           |    |
|--|---------------------------|----|
| - Si deve verificare se esiste una registrazione dei controlli effettuati:   | SI                        | NO |
| - Si deve accertare se l'impianto ha già effettuato prove presso laboratori ufficiali al fine di individuare le caratteristiche fisico-chimiche degli inerti prodotti: | SI                        | NO |
| - Si deve verificare se l'impianto è dotato di una officina tale da garantire la continuità di efficienza degli impianti   | SI                        | NO |
| - Ed inoltre, se l'officina è dotata di una congrua scorta di ricambi tali da assicurare il pronto ripristino delle parti di impianto che si dovessero deteriorare     | scarsa - suffic. -abbond. |    |

#### **4.16 ALLEGATO 4: PROCEDIMENTO DI TARATURA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO**

##### **SCOPO**

La presente procedura ha lo scopo di fornire tutti gli elementi per poter effettuare, e controllare in corso d'esercizio, la taratura delle apparecchiature di pesatura della Centrale di Betonaggio che verrà utilizzata dall'Appaltatore.

La presente procedura dovrà essere adattata, in funzione del livello, al tipo di Centrale che sarà effettivamente prescelto dall'Appaltatore.

##### **MODALITA' OPERATIVE**

Per tutte le operazioni di verifica di seguito dettagliate si utilizzeranno pesi campione opportunamente identificati e certificati.

Per il controllo di taratura di ciascuna bilancia si esegue un ciclo di carico e scarico, durante il quale si effettuano le seguenti verifiche:

- controllo dello zero della bilancia prima e dopo ogni ciclo;
- controllo della taratura facendo effettuare delle pesate ad intervalli di 1/10 del fondo scala (F) della bilancia, nell'intervallo compreso tra lo zero e F.
- esecuzione, per il campo di maggior utilizzo di ciascuna bilancia, di pesate ad intervalli fissati come segue:

Inerti	F/50
Cemento	F/25



Acqua	F/25
Additivi	F/100

- I dati di ogni pesata saranno riportati su una opportuna scheda e si calcoleranno gli errori alla lettura (bilancia madre, video, ripetitore) mediante la formula:

$$\text{Errore \%} = \frac{(\text{Peso tot. impostato} - \text{lettura pesata}) \times 100}{\text{Peso totale impostato}}$$

I limiti di accettabilità degli errori saranno i seguenti:

Cemento	2%
Acqua	2%
Additivi	2%
Inerti	3%

Si redigerà un verbale di controllo della taratura dell'impianto a cui si allegheranno le suddette schede di taratura di ogni singola bilancia. Tutte le bilance tarate dovranno avere applicato un cartellino riportante la data di taratura e la scadenza.

## 4.17 APPENDICI

### 4.17.1 APPENDICE 1: CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI

<b>Tipi di cementi secondo UNI EN 197-1</b>		
<b>Tipi principali</b>	<b>Denominazione dei 27 cementi</b>	
CEM I	Cem. Portland	CEM I
CEM II	Cem. Portland alla loppa	CEM II/A-S
		CEM II/B-S
	Cem. Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D
	Cem. Portland alla pozzolana	CEM II/A-P
		CEM II/B-P
		CEM II/A-Q
		CEM II/B-Q
	Cem. Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V
		CEM II/B-V
		CEM II/A-W
		CEM II/B-W
	Cem. Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T
		CEM II/B-T
	Cem. Portland al calcare	CEM II/A-L
		CEM II/B-L
		CEM II/A-LL
		CEM II/B-LL
	Cem. Portland composito	CEM II/A-M
		CEM II/B-M
CEM III	Cem. d'altoforno	CEM III/A
		CEM III/B
		CEM III/C
CEM IV	Cem. pozzolanico	CEM IV/A
		CEM IV/B
CEM V	Cem. composito	CEM V/A
		CEM V/B

Cementi resistenti ai solfati			
Tipo di cemento	Classi di resistenza ai solfati		
	Moderata (1)	Alta	Altissima
I	$C_3A \leq 8\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C_3A \leq 10\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	$C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	$C_3A = 0\%$ e $C_4AF$ o $(C_4AF + C_2F) \leq 20\%$
II/A-S			
II/B-S			
II/A-D			
II/A-P			
II/A-V			
II/A-L			
II/B-L			
II/A-M			
II/A-W			
II/A-T			
II/B-P	Pozzolanicità (2)	Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 6\%$	Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$
II/B-V			
II/B-W			
II/B-T			
II/B-M	Pozzolanicità (2) o $C_3A \leq 8\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C_3A \leq 10\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	Pozzolanicità (2) e $C_3A = 0\%$
III/A	Nessuna prescrizione	$C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	$C_3A = 0\%$ e $C_4AF$ o $(C_4AF + C_2F) \leq 20\%$
III/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	$C_3A \leq 2\%$
III/C			
IV/A	Nessuna prescrizione	$C_3A \leq 6\%$	$C_3A \leq 3,5\%$
IV/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	$C_3A \leq 3,5\%$
V/A	Nessuna prescrizione	$C_3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C_3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$
V/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità (2) e $C_3A \leq 3\%$

1: La classe “moderata” di resistenza ai solfati comprende, in particolare, la resistenza all'acqua di mare

2: La pozzolanicità è positiva se il cemento soddisfa il saggio secondo quanto riportato nella UNI EN 195-5  
NOTA: vi sono casi in cui il tenore ottimale di  $\text{SO}_3$  nel cemento risulta prossimo o maggiore dei limiti specificati nella presente norma. In tali casi se le proprietà del cemento possono essere migliorate superando i limiti di  $\text{SO}_3$  specificati nel prospetto, è consentito superarli purché si accerti che applicando il metodo ASTM C 1038 il cemento non sviluppi espansione in acqua maggiore dello 0.020% alla scadenza di 14 giorni. Quando il produttore consegna un cemento con queste caratteristiche deve, su richiesta, fornire la documentazione di supporto.

UNI 9606			
Cementi resistenti al dilavamento			
Tipo di cemento	Classi di resistenza al dilavamento		
	Moderata	Alta	Altissima
I	C <sub>3</sub> S≤40%	Non ammesso	Non ammesso
II/A-S			
II/B-S			
II/A-L			
II/B-L			
II/A-M			
II/B-M			
II/A-D	C <sub>3</sub> S≤40%	Pozzolanicità e C <sub>3</sub> S≤45%	Non ammesso
II/A-P			
II/A-V			
II/A-W			
II/A-T			
II/B-P	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità e C <sub>3</sub> S≤45%	Pozzolanicità e C <sub>3</sub> S≤37%
II/B-V			
II/B-W			
II/B-T			
III/A	Nessuna prescrizione	C <sub>3</sub> S≤30%	C <sub>3</sub> S≤25% e RBC≥50%
III/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	C <sub>3</sub> S≤20%
III/C	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione
IV/A	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	C <sub>3</sub> S≤45%
IV/B			
V/A	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità o C <sub>3</sub> S≤30%	Pozzolanicità e C <sub>3</sub> S≤30%
V/B		Nessuna prescrizione	Pozzolanicità

La pozzolanicità è positiva se il cemento soddisfa il saggio secondo quanto riportato nella UNI EN 195-5

## 4.17.2 APPENDICE 2: RIFERIMENTI NORMATIVI

Le Norme richiamate nel testo sono numerate.

### 4.17.2.1 LEGGI, D.M., CIRCOLARI SULLE OPERE IN CALCESTRUZZO

#### a) Strutture

[1] Legge 5 novembre 1971, n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica.

Circolare Min. LL.PP. 31 luglio 1979, n. 19581

Legge 5/11/1971 n. 1086, art. 7 Collaudo statico.

Circolare Min. LL.PP. 23 ottobre 1979, n. 19777

Competenza amministrativa - Legge 5/11/1971 n. 1086, Legge 2/2/1974, n° 64.

Circolare Ministero Lavori Pubblici 1 settembre 1987, n. 29010

Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Decreto Ministeriale 27 luglio 1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare.

Circolare Min. LL.PP. 16 luglio 1992, n. 36105 - Legge 5/11/1971 n. 1086 - D.M. 14/2/1992 - Acciai per cemento armato e da carpenteria.

[2] Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617

Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)

[3] Linee Guida per il calcestruzzo strutturale

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici

#### b) Sismica

[4] Legge 2 febbraio 1974, N. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

[5] Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

[6] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617

Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)

c) Prefabbricati

[7] Decreto Ministeriale 3 dicembre 1987, n. 39

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

[8] Circolare Min. LL.PP. 16 marzo 1989 n° 31104

Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

[9] Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

[10] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617

Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)

d) Varie

[11] DPR 12 agosto 1982 n. 802

Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura.

[11bis] CNR - UNI 10003 - Sistema di unità di misura (S.I.)

Circolare Min. LL.PP. 29 ottobre 1987, n. 29233

Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20 - Autorizzazioni laboratori per prove sui materiali.

[12] D.M. 20 novembre 1987

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.

[13] DPR 21 aprile 1993 n. 246

Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione.

[14] Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo - Ferrovie S.p.A. - Edizione 2 giugno 1995.

#### **4.17.2.2      *PRESCRIZIONI E METODOLOGIE DI PROVA DELLE MATERIE PRIME IMPIEGATE NEL CALCESTRUZZO***

##### **a) LEGANTI**

##### **a1) Cementi**

[15] Legge 26 maggio 1965 n. 595

Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici.

[16] Decreto Ministeriale 13 settembre 1993 - G.U. 22/9/93

Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi.

Decreto Ministeriale 31 agosto 1972

Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche.

[17] Decreto Ministeriale 9 marzo 1988, n. 126

Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi.

E07.02.011.0      Cementi a ridotto calore di idratazione - Classificazioni e limiti (progetto in inchiesta pubblica)

[18] UNI EN 196-8 Metodi di prova dei cementi - Parte 8: Calore d'idratazione - Metodo per soluzione. (2010)

[19]      UNI 9156      Cementi resistenti ai solfati - classificazione e composizione e f.a. 262 dell'11/88

[20]      UNI 9606      Cementi resistenti al dilavamento - Classificazione e composizione

[21]      UNI 10595 Cementi resistenti ai solfati e al dilavamento. Determinazione della classe di resistenza. Metodo chimico di prova.

[22]      UNI EN 196      Metodi di prova dei cementi

Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea.  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE



Parte 1<sup>a</sup> - Determinazione delle resistenze meccaniche

Parte 2<sup>a</sup> - Analisi chimica dei cementi

Parte 3<sup>a</sup> - Determinazione del tempo di presa e della stabilità

Parte 4<sup>a</sup> - Determinazione quantitativa dei componenti

Parte 5<sup>a</sup> - Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici

Parte 6<sup>a</sup> - Determinazione della finezza

Parte 7<sup>a</sup> - Metodi di prelievo e di campionatura del cemento

Parte 21<sup>a</sup> - Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento

**[23]**      UNI EN 197/1    Cemento - Composizione, specifiche e Criteri di conformità

a2) Calci aeree

**[24]** UNI 10319    Calci aeree - Terminologia

**[25]** UNI 10320    Calce aerea per uso chimico - Determinazione del contenuto di calce disponibile

**[26]** UNI 10321    Calce aerea per uso chimico - Determinazione della reattività mediante spegnimento in acqua.

a3) Gessi

**[27]** UNI 5371      Pietra di gesso per la fabbricazione dei leganti - Classificazione, prescrizioni e prove

**[28]** UNI 8376      Leganti a base di solfato di calcio - Definizione e classificazione

**[29]** UNI 8377      Leganti a base di solfato di calcio per l'edilizia - Gessi per intonaco (scagliola) - Requisiti e prove

b) Acqua

**[30]**      UNI EN1008    Acqua per calcestruzzo

## c) Aggregati

**[31]**      UNI 8520 e s.m.i.- Aggregati per confezione di calcestruzzi

Parte 1<sup>a</sup>            Definizione, classificazione e caratteristiche

Parte 2<sup>a</sup> Limiti di accettazione

UNI EN 932-1 Campionamento

UNI EN 032-3 Esame petrografico

UNI EN 933-1 Analisi granulometrica

UNI EN 1097-3    Determinazione della massa volumica apparente

Parte 7<sup>a</sup> Determinazione del passante allo staccio 0,075

Parte 8a Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili

UNI EN 1744-1 Determinazione del contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali

UNI EN 1367-2 Determinazione della degradabilità mediante solfati

UNI EN 1744-1 Determinazione del contenuto di solfati

UNI EN 1744-1 Determinazione del contenuto di cloruri solubili in acqua

UNI EN 1097-6 Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento  
degli aggregati fini

UNI EN 1744-1 Determinazione colorimetrica del contenuto di sostanze  
organiche negli aggregati fini

UNI EN 933-8 e UNI EN 933-9

Determinazione dell'equivalente in sabbia e del fattore di blu negli aggregati fini

UNI EN 1097-6 Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento  
degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro)

Parte 17<sup>a</sup>            Determinazione della resistenza a compressione degli  
aggregati grossi

UNI EN 933-3 Determinazione dei coefficienti di forma e di adattamento

UNI EN 1097-2 Determinazione della perdita di massa degli aggregati grossi

UNI EN 1367-1 Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli  
aggregati grossi

Parte 21<sup>a</sup>            Confronto con calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note

Parte 22<sup>a</sup>            Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali

**[32] UNI 7549 e s.m.i. - Aggregati leggeri**

UNI EN 13055-1 Definizione, classificazione e pezzatura

Parte 2° Identificazione visuale degli scisti e delle argille espanse

UNI EN 13055-1 Analisi granulometrica

UNI EN 13055-1 Determinazione della massa volumica del materiale in mucchio

UNI EN 13055-1 Determinazione della massa volumica media del granulo

UNI EN 13055-1 Determinazione del coefficiente di imbibizione

UNI EN 13055-1 Determinazione della resistenza dei granuli allo schiacciamento

Parte 8ª Determinazione del potere macchiante

UNI EN 13055-1 Determinazione della perdita al fuoco

UNI EN 13055-1 Determinazione della resistenza al gelo

Parte 11ª Determinazione della stabilità al trattamento a vapore

UNI 11013 Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale

**d) Additivi per impasti cementizi****[33]** UNI EN 934-2 Definizione e classificazione**[34]** UNI EN 934-2 Additivi fluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo**[35]** UNI EN 934-2 Additivi aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo**[36]** UNI EN 934/2 Additivi ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo**[37]** UNI EN 934-2 Additivi acceleranti - Idoneità e relativi metodi di controllo**[38]** UNI 7106 Additivi fluidificanti-aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo**[39]** UNI 10765 Additivi fluidificanti-ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo**[40]** UNI 10765 Additivi fluidificanti-acceleranti. Idoneità e relativi metodi di controllo**[41]** UNI 7109 Additivi antigelo. Idoneità e relativi metodi di controllo**[42]** UNI 7110 Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce**[43]** UNI EN 480-8 Determinazione del tenore di sostanza secca**[44]** UNI 7112 Determinazione delle sostanze zuccherine riducenti**[45]** UNI 7114 Determinazione del potere schiumogeno degli additivi aeranti e fluidificanti aeranti**[46]** UNI 7115 Determinazione della densità degli additivi liquidi o in soluzione**[47]** UNI 7116 Determinazione dell'alcalinità totale**[48]** UNI 7117 Determinazione della tensione superficiale di soluzioni contenenti additivi

**[49]**      UNI 7118      Determinazione della concentrazione idrogenionica (pH) di soluzioni contenenti additivi

**[50]**      UNI EN 480-10      Determinazione del cloro

**[51]**      UNI 7120      Determinazione dei tempi di inizio e fine presa delle paste cementizie contenenti additivi antigelo

**[52]**      UNI EN 934-2      Additivi superfluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo

#### e) Aggiunte

**[53]**      UNI EN 450      Ceneri volanti per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e controllo di qualità

**[54]**      UNI EN 451/1      Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero

**[55]**      UNI EN 451/2      Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione della finezza con staccatura umida

#### f) Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi

**[56]**      UNI 8146      Idoneità e relativi metodi di controllo

**[57]**      UNI 8147      Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo

**[58]**      UNI 8148      Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo

**[59]**      UNI 8149      Determinazione della massa volumica

#### g) Prodotti disarmanti per calcestruzzi

**[60]**      UNI 8866      Prodotti disarmanti per calcestruzzi

Parte 1<sup>a</sup> - Definizione e classificazione

Parte 2<sup>a</sup> - Prova dell'effetto disarmante alla temperatura di 20 e 80°C. su superfici di acciaio o di legno trattato

#### h) Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione

**[61]**      UNI 8656      Classificazione e requisiti

**[62]**      UNI 8657      Determinazione della ritenzione d'acqua

**[63]**      UNI 8658      Determinazione del tempo di essiccamento

**[64]**      UNI 8659      Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco

**[65]**      UNI 8660      Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo

#### METODOLOGIE DI PROVA PER MALTE CEMENTIZIE

##### 3a) Malte normali

**[66]**      UNI EN 196-1.      Stampo per la preparazione provini da 4 x 4 x 16 cm di malta plastica - Complessivo e parti componenti

**[67]**      UNI 6010      Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a compressione

**[68]**      UNI 6011      Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a trazione

**[69]**      UNI 6687      Determinazione del ritiro idraulico

**[70]**      UNI 7044      Determinazione della consistenza mediante l'impiego della tavola a scosse

**[71]**      UNI 7121      Determinazione del contenuto d'aria

**[72]**      UNI 7927      Determinazione della resistenza alla penetrazione e dei tempi di inizio e fine presa

##### 3b) Malte e malte espansive per ancoraggi

**[73]**      UNI 8993      Definizione e classificazione

**[74]**      UNI 8994      Controllo di idoneità

**[75]**      UNI 8995      Determinazione della massa volumica della malta fresca

**[76]**      UNI 8996      Determinazione dell'espansione libera in fase plastica

**[77]**      UNI 8997      Determinazione della consistenza mediante canaletta su malte superfluide

**[78]**      UNI 8998      Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata

#### **4.17.2.3      *METODOLOGIE DI PROVA PER CALCESTRUZZI***

**[79]**      UNI EN 206-1      Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità

**[80]**      UNI EN 206-1      Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità

**[80]**      E07.00.129.0      Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche - Definizione, caratteristiche e metodi di controllo (contiene anche calcestruzzi proiettati)

##### a) Calcestruzzo fresco

**[81]**      UNI 9416      Prelevamento di campioni in cantiere

**[82]**      UNI EN 12390-2      Preparazione e stagionatura dei provini di calcestruzzo

- [83]**     UNI 6128        Confezione in laboratorio di calcestruzzi sperimentali
- [84]**     UNI 6393        Controllo della composizione del calcestruzzo fresco
- [85]**     UNI EN 12350-6 Determinazione della massa volumica su cls fresco
- [86]**     UNI EN 12350-7 Determinazione volumetrica per pressione del contenuto d'aria
- [87]**     UNI 11307 Prova sul calcestruzzo indurito - Determinazione del ritiro
- [88]**     UNI 7122        Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata
- [89]**     UNI 7123        Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione
- [90]**     UNI EN 12350-5 Determinazione della consistenza del calcestruzzo fresco mediante l'impiego della tavola a scosse
- [91]**     UNI 9416        Criteri generali di campionamento
- [92]**     UNI 9417        Classificazione della consistenza
- [93]**     UNI EN 12350-2 Determinazione della consistenza-Prova di abbassamento al cono-slump
- [94]**     UNI EN 12350-3 Determinazione della consistenza - Prova Vèbè
- [95]**     UNI EN 12350-4 Determinazione della consistenza - Indice di compattabilità

b) Calcestruzzo indurito

- [96]**     UNI EN 12390-1 Provini in calcestruzzo per prove di resistenza meccanica
  - Parte 1a Forme e dimensioni dei provini
  - Parte 2a Casseforme per il confezionamento dei provini
- [97]**     UNI EN 12504-1 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione
- [98]**     EN 12390-3    Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini
- [99]**     UNI 6133        Prove di resistenza alla flessione
- [100]**    UNI 6134        Prove di resistenza alla compressione su monconi di provini rotti per flessione
- [101]**    UNI 6135        Prove di resistenza alla trazione
- [102]**    UNI 6394/2    Determinazione della massa volumica sul cls indurito
- [103]**    UNI 6505        Determinazione del contenuto di cemento (metodo Florentin)
- [103]**    UNI 11307     Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti della dimensione massima fino a 30 mm
- [104]**    UNI 6556        Determinazione del modulo elastico secante a compressione
- [105]**    UNI 7087        Determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo
- [106]**    UNI 7548/1     Calcestruzzo leggero - Definizione e classificazione
- [107]**    UNI 7548/2     Calcestruzzo leggero - Determinazione della massa volumica
- [108]**    UNI 7699        Determinazione dell'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica

**[109]** UNI EN 12390-8 Calcestruzzo indurito - Determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione

**[110]** UNI EN 12504-2 Determinazione dell'indice sclerometrico

**[111]** UNI EN 1992-1-2 Progettazione strutturale contro l'incendio

**[112]** UNI EN 12504-4 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici

**[113]** UNI 9525 Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per immersione sotto vuoto

**[114]** UNI 9526 Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per capillarità

**[115]** UNI EN 12504-3 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione

**[116]** UNI 9771 Calcestruzzo indurito - Determinazione della frequenza fondamentale di risonanza flessionale, estensionale e torsionale

**[117]** UNI 10157 Determinazione della forza di estrazione mediante inserti post-inseriti a estrazione geometrica e forzata

**[118]** CNR UNI 10020 Prove di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata

#### c) Corrosione e protezione dell'armatura

**[119]** UNI 9535 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione del potenziale dei ferri di armatura

**[120]** UNI 9747 Corrosione delle armature del calcestruzzo in condizioni di aggressione - Metodi di intervento e prevenzione

**[121]** UNI 9944 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloro nel calcestruzzo

**[122]** UNI 10174 Istruzione per l'ispezione delle strutture di cemento armato esposte all'atmosfera mediante mappatura di potenziale.

**[123]** UNI 10322 Corrosione delle armature delle strutture di calcestruzzo - Metodo per la determinazione del grado di protezione del calcestruzzo nei confronti dell'armatura

#### d) Macchine per prove di compressione su materiali da costruzione

**[124]** UNI 6686-1 Definizione, requisiti meccanici e funzionali - Classificazione

**[125]** UNI 6686-2 Verifiche di taratura

**[126]** UNI 6686-3 Verifica di comportamento in fase di carico

#### **4.17.2.4 DURABILITA' DELLE OPERE E MANUFATTI DI CALCESTRUZZO**

**[127]** UNI 8981 Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo

Parte 1<sup>a</sup> - Definizioni ed elenco delle azioni aggressive

Parte 2<sup>a</sup> - Istruzioni per migliorare la resistenza ai solfati

Parte 3<sup>a</sup> - Istruzioni per migliorare la resistenza alle acque dilavanti

Parte 4<sup>a</sup> - Istruzioni per migliorare la resistenza al gelo e disgelo

Parte 5<sup>a</sup> - Istruzioni per migliorare la resistenza alla corrosione delle armature

Parte 6<sup>a</sup> - Istruzioni per migliorare la resistenza all'acqua di mare

Parte 7<sup>a</sup> - Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo

Parte 8<sup>a</sup> - Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice

#### **4.17.2.5 PRODOTTI AUSILIARI PER IMPASTI CEMENTIZI A BASE DI POLIMERI ORGANICI**

**[128]** UNI 9527 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Definizione e classificazione

**[129]** UNI 9528 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Metodi di controllo

**[130]** UNI 9529 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della perdita di massa a 105°C dei prodotti in polvere

**[131]** UNI 9530 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione del numero di saponificazione dei polimeri organici in dispersione acquosa e ridispersibili in polvere

**[132]** UNI 9531 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione del residuo su tela 0,040 (UNI 2331) delle emulsioni e delle dispersioni

**[133]** UNI 9532 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della resistenza allo strappo dei provini composti

**[134]** UNI 9533 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici

#### **4.17.2.6 PIANI DI CAMPIONAMENTO E CRITERI DI CONFORMITA'**

**[135]** UNI CEI EN 45011 Criteri generali per gli organismi di certificazione dei prodotti

**[136]** UNI CEI EN 45014 Criteri generali per la dichiarazione di conformità rilasciata dal fornitore

#### **4.17.2.7 ALTRE NORME**

**[137]** UNI-ENV 1992/1/1 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici



**[138]** UNI EN 1994-1-1 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

**[139]** UNI EN 12390-8 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione



## **5. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA**

### **5.1 GENERALITÀ**

Esse dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto:

- 1) dalla 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);
- 2) dalla Legge 2 febbraio 1974 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n° 76 del 21-3-1974);
- 3) dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- 4) dalla Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 617 del 02/02/09 – "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
- 5) dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive integrazioni e aggiornamenti
- 6) dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- 7) dalla C.N.R.10011/97- "Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione"
- 8) dalla CNR-UNI 10016/98 -"Travi composte acciaio-calcestruzzo. Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione"
- 9) dalla CNR 10030/87 - "Anime irrigidite di travi a parete piena"
- 10) dalla UNI EN 10025/2005 - "Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura"

## 5.2 MATERIALI

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della D.L.:

- a) il progetto esecutivo delle opere e la relazione completa dei calcoli giustificativi di tutti gli elementi della costruzione nonché le luci di influenza delle deformazioni elastiche nei punti della struttura preventivamente concordata con la D.L.

Nel progetto esecutivo dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate.

Nella relazione di calcolo dovranno essere indicate le modalità di montaggio dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi del montaggio;

- b) tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

Sugli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno essere riportati tipi e qualità degli acciai da impiegare, che dovranno essere conformi alla norma UNI EN 10025.

Dopo l'approvazione del progetto esecutivo da parte della D.L., l'Impresa dovrà presentare a quest'ultima, i disegni esecutivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura.

Le sezioni delle strutture sono da considerarsi fisse ed invariabili: eventuali modifiche relativamente a spessori e dimensioni sono ammesse solo in caso di evidenti errori di progettazione o di impossibilità esecutiva, e comunque sempre a seguito del benessere della D.L.

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

Gli acciai da impiegare devono avere le caratteristiche indicate nelle N.T.C. del D.M. 14/01/08 cap.11.

## 5.3 PRESCRIZIONI SULLE SALDATURE

Per i giunti a piena o parziale penetrazione saranno definite a cura del Costruttore le preparazioni dei lembi che saranno riportate sui disegni e approvati dalla DL.

Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura. L'impiego dell'ossitaglio manuale è ammesso a condizione che la superficie sia in seguito accuratamente molata per eliminare le strie da taglio e altre irregolarità.

Per i giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza deve essere assunta pari almeno a 1,3 volte lo spessore  $S_{min}$ .

Per i giunti a T a parziale penetrazione, in mancanza di specifiche indicazioni sulla verifica della preparazione dei lembi, l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a  $50^\circ$  e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari alla profondità del cianfrino.

Per i giunti a cordone d'angolo l'altezza di gola è valutata a partire dal vertice teorico del cianfrino. La forma del cordone o della prima passata nei giunti a passate multiple dovrà rispettare la relazione di seguito indicata tra la larghezza "l" e la profondità "p":

$$0,5 l < p < 1,1 l$$

Dove con "p" si intende la somma della gola più la profondità della penetrazione.

Il costruttore indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS)

Per quanto concerne il progetto della saldatura, è fatto obbligo all'Impresa di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.NA. (Registro Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto.

Tutte le saldature saranno realizzate in conformità al p.to 11.3.4.5 del DM 14/01/08.

In sede di approvazione dei progetti, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14/01/08, e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione.

Dopo l'approvazione del progetto costruttivo da parte della D.L., l'Impresa dovrà presentare a quest'ultima, in lucido e copie, i disegni esecutivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura.

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

#### REQUISITI DEL COSTRUTTORE

Il costruttore dovrà essere certificato in accordo alla UNI EN ISO 3834-1/2/3/4.

In particolare il costruttore dovrà essere in possesso della certificazione secondo quanto previsto da:

- UNI EN ISO 14731:2007
- UNI EN 287-1:2004
- UNI EN ISO 15614-1 :2005
- UNI EN ISO 3834 :2006 Classe C

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER GLI ACCIAI E PER LE SALDATURE

Il seguente elenco è da ritenersi indicativo e non esaustivo, valendo comunque tutte le normative tecniche vigenti anche se non menzionate.

UNI-EN 10025 “Prodotti limitati a caldo di acciai per impieghi strutturali: Condizioni tecniche generali di fornitura”

UNI EN ISO 14399:2005 “Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato”

UNI EN ISO 15607:2005 “Specializzazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici – Regole generali”

UNI EN ISO 1011-1:2009

UNI EN ISO 1011-2 :2005

UNI EN ISO 9692-1 :2005

## CONTROLLI SULLE SALDATURE

Normativa di riferimento :

UNI EN 12062:2004

UNI EN ISO 17635:2010

Oltre al controllo visivo al 100%, i giunti a T a completa penetrazione dovranno essere sottoposti a controllo a ultrasuoni al 100%. Le altre tipologie di giunto saranno sottoposte a controlli non distruttivi in ragione al 50% della lunghezza di ogni giunto secondo i sistemi previsti dalle N.T.C. 14/01/08 Cap. 11 e con le modalità previste dalle normative applicabili.

Il personale addetto ai controlli sui giunti saldati e sul materiale base deve essere certificato almeno di 2° livello secondo la norma UNI EN 473:2001.

Esame visivo:

sarà condotto secondo la UNI EN 970 e verrà utilizzato per la ricerca di irregolarità e/o difetti emergenti sulla saldatura e per determinare la dimensione dei cordoni d'angolo.

Esame magnetoscopico:

sarà condotto secondo la UNI EN ISO 17638:2010

Esame a ultrasuoni:

sarà condotto secondo la UNI EN 1712:2005

Accettabilità dei difetti:

Le saldature principali dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN ISO 5817:2004, classe di qualità B.

## **5.4 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI**

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato agli elementi strutturali e agli apparecchi di appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati dei collaudi interni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno.

In accordo con la normativa vigente, sono previste tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione

Tali controlli saranno effettuati secondo quanto indicato al p.to 11.3 del DM 14/01/08.

### **5.4.1 Controllo di produzione in stabilimento**

Tutti gli acciai dovranno essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che dovrà assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione dovrà essere predisposto in coerenza con la Norma UNI EN ISO 9001/08 e certificato da parte di organismo terzo indipendente che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021/06.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, la valutazione di conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito sarà effettuata attraverso la procedura di qualificazione indicata al paragrafo 11.3.4.11 del DM 14/01/08.

Per tutti i prodotti qualificati dovranno essere garantite l'identificazione e la rintracciabilità, secondo quanto indicato al p.to 11.3.1.4 del DM 14/01/08; il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, dovrà verificare la documentazione e rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

### **5.4.2 Controllo nei centri di trasformazione**

Si definisce centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere che riceve dal produttore di acciaio elementi base e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera.

Il centro di trasformazione potrà ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine accompagnati dalla documentazione prevista; il trasformatore dovrà essere dotato di sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti originari previste dalle norme tecniche.

Nell'ambito del processo produttivo dovrà essere posta particolare cura ai processi di piegatura e saldatura verificando che tali lavorazioni non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Ogni centro di trasformazione dovrà inoltre indicare un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati dovrà essere accompagnata da:

- dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione
- attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.



Il Direttore dei lavori dovrà verificare quanto sopra indicato e rifiutare eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

### **5.4.3 Controlli di accettazione nei cantieri**

I controlli di accettazione sono obbligatori e dovranno essere eseguiti effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t. Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un centro di trasformazione, la D.L., dopo essersi accertata che il suddetto centro di lavorazione sia in possesso dei requisiti previsti dalla normativa, potrà recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli previsti dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa circolare applicativa n° 617 del 02 febbraio 2009.

### **5.4.4 COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE**

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Impresa.

Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse.

Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ognuna delle parti componenti le opere appaltate, quanto per l'insieme di esse, l'esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

## **5.5 MONTAGGIO**

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone, oltre la tolleranza prevista nella normativa vigente, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con un diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questa venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione dei Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

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

## **5.6 SPECIFICA DI CONTROLLO**

### **5.6.1 DISPOSIZIONI GENERALI**

La seguente specifica si applica ai vari tipi di ponti viadotti e sottovia ricadenti all'interno dell'infrastruttura stradale.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

Le opere in oggetto sono costituite da:

- manufatti realizzati in conglomerato cementizio, posti in opera in particolari condizioni e con accorgimenti peculiari;
- opere finite accessorie (pali, pozzi di fondazione; etc.);
- manufatti realizzati in strutture metalliche particolare e/o specifici di questo tipo di realizzazioni.

### **5.6.2 IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO**

Questa tipologia di opere comprende sia le strutture portanti che i bulloni e i chiodi necessari per l'accoppiamento delle varie parti.

#### **a. Caratteristiche dei materiali**

Per le opere in oggetto si utilizzeranno tutti i materiali Indicati nelle specifiche di progetto, e nel Capitolato di Costruzione.

I materiali dovranno corrispondere ed essere qualificati e/o controllati in conformità alle disposizioni di cui al cap.11 del D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'Impresa deve provvedere all'approvvigionamento dei suddetti materiali presso fornitori qualificati ed in grado di fornire gli stessi in accordo alle norme e specifiche sopra citate.

I materiali forniti debbono essere corredati dalla apposita certificazione richiesta nelle norme citate.

#### **b. Controlli sui materiali**

Il controllo della rispondenza dei materiali alle prescrizioni del contratto è demandato al fornitore.

All'atto della ricezione dei materiali in cantiere, si dovrà verificare che siano corredati di tutta la certificazione richiesta dal presente Capitolato e dalla normativa di legge.

I materiali debbono infatti pervenire dal fornitore accompagnati dalla loro certificazione di qualità in accordo alle prescrizioni del D.M. 14/01/08 ed alle norme UNI vigenti.

La certificazione dei controlli sui materiali farà parte della documentazione da consegnare alla DL.

c. Controlli in costruzione per impalcati

c.1. Controlli preliminari all'inizio delle lavorazioni

L'Impresa deve, sulla base del progetto e delle prescrizioni tecniche sulla lavorazione ed il montaggio, redigere un piano di lavorazione sulla base del progetto esecutivo e del Capitolato di Costruzione,

Il tutto verrà inviato alla D.L. per approvazione, allegando la suddetta documentazione.

Dopo le suddette positive verifiche la D.L. darà il suo benestare all'inizio delle lavorazioni.

c.2. Controlli in fase di costruzione

I controlli in fase di costruzione sono dei tipi seguenti:

Controlli dimensionali e di posizionamento

Questo tipo di controllo deve essere eseguito prima di ogni fase di lavoro che preveda lavorazioni o messa in opera di profilati, lamiere e ogni altro tipo di componente come specificato nei disegni di progetto.

Controlli sulle saldature

Le saldature dovranno essere effettuate con le modalità prescritte ai punti precedenti della presente sezione del Capitolato. La loro esecuzione deve essere comunque progettata, programmata ed effettuata in accordo alle normative vigenti

Il piano di controllo delle saldature dovrà rispettare le specifiche del presente Capitolato e del progettista, e potrà seguire le seguenti indicazioni:

- travi e orditura principale, le saldature di testa dovranno essere radiografate al 100%;
- elementi secondari: i controlli non potranno comunque essere inferiori ad un controllo radiografico sul 20% delle saldature ed ad ultrasuoni sul restante 80%.

Controllo sul serraggio dei bulloni

Il serraggio dei bulloni dovrà essere effettuato con le modalità operative illustrate nei precedenti punti della presente sezione del Capitolato.

Il controllo dei nodi imbullonati avverrà con le seguenti modalità:

- Si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- Si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- Si rinserirà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria.

Si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 10 % dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone del giunto fosse mal serrato, si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni.

Prima delle prove di carico si dovrà procedere, dopo preventiva comunicazione alla D.L., alla ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

Controlli sulle chiodature

Si effettueranno i controlli prescritti dalla normativa vigente, con la stessa frequenza e modalità indicate per il serraggio dei bulloni.

c.3 Controllo delle frecce d'inflessione e corretta posa in opera dei manufatti

Alcuni tipi di travatura potranno essere costruite con controfrecce di montaggio.

Le frecce in oggetto dovranno essere controllate per ogni trave posta in opera e registrate su apposito registro.

Controllo sui rivestimenti e verniciature

Il controllore dovrà verificare visivamente lo stato generale delle verniciature e prendere di conseguenza le opportune azioni per il ripristino delle stesse.

## **5.7 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Impresa, secondo le prescrizioni contenute nel cap. 9 del DM 14/01/08.



## **6. SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI**

### **6.1 CAMPO DI APPLICAZIONE ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

#### **6.1.1 Campo di applicazione**

I lavori oggetto della presente sezione sono suddivisi in:

- Pavimentazioni per interporti;
- Pavimentazioni stradali;
- Pavimentazione di opere stradali accessorie;
- Sub ballast ferroviario;

Potranno essere necessarie specifiche addizionali, da predisporre a cura del progettista nel caso di strutture complesse, per l'impiego di nuovi materiali, tecnologie speciali od innovative.

#### **6.1.2 Oneri**

Rientrano tra gli oneri dell'APPALTATORE: tutti quelli diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni esecutive, in particolare:

- L'Appaltatore dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli di qualità previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi che la Direzione Lavori ritenesse necessarie in base a motivate esigenze tecniche; a tal scopo dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologie adeguate alla esecuzione delle prove medesime.
- Sono a carico dell'APPALTATORE gli oneri necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto di campioni di materiali da sottoporre a prove fisico – chimico - meccaniche nonché i costi di esecuzione di queste ultime a cura di Laboratori Ufficiali o Autorizzati che dovranno ottenere il preventivo gradimento scritto da parte della Direzione Lavori.
- 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 la esecuzione delle prove previste. L'eventuale laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire.
- Poiché la produzione e posa in opera del conglomerato bituminoso è equiparato ad un "processo speciale" (Norma UNI EN ISO 9001) gli addetti alla produzione e alla posa in opera dovranno essere stati prequalificati, a cura dell'Impresa o del produttore secondo idonee procedure, approvate dal Direttore dei Lavori, che prevedano almeno le seguenti attività di istruzione:
  - elaborazione di nozioni tecniche (tecnologia, sicurezza, manutenzione attrezzature);
  - addestramento teorico - pratico;

- Tutti gli impianti di produzione o trattamento dei materiali, così come tutti i materiali impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla DL a seguito delle attività di qualifica svolte dall'APPALTATORE in linea con le specifiche di cui al punto precedente.
- Dovranno essere elaborate, a cura dell'Appaltatore e sottoposte all'approvazione della Direzione Lavori, le Istruzioni operative per la qualifica dell'impianto di confezionamento dei prodotti che costituiranno le pavimentazioni stradali: conglomerati bituminosi, stabilizzati calce/cemento, stabilizzati granulometrici, loppe, etc.... e le istruzioni per la posa degli stessi prodotti.
- L'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli adempimenti (autorizzazioni, deviazioni temporanee, ripristini, collaudo di Enti preposti, etc) previsti dalle normative vigenti relativamente alla effettuazione dei lavori e all'esercizio della viabilità ordinaria.
- L'Appaltatore dovrà provvedere alla fornitura e al trasporto dei materiali provenienti da cave esterne in aggiunta a quelli eventualmente provenienti dagli scavi.
- La ricerca e il reperimento delle cave, quando non già indicate in progetto, dovranno essere basati su una accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari da sottoporre alla Direzione Lavori per il preventivo benessere almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.
- Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori l'ubicazione degli impianti di provenienza dei materiali trattati o premiscelati che saranno utilizzati per realizzare le opere previste nelle presenti prescrizioni.
- L'Appaltatore dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere completate prima dell'inizio delle lavorazioni.
- L'Appaltatore dovrà verificare che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti.
- Nel caso in cui durante il corso dei lavori l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate sarà sua cura effettuare le nuove prove preliminari eventualmente necessarie al fine di ottenere l'autorizzazione della Direzione Lavori.

### **6.1.3 Controlli**

Prima che venga messo in opera lo strato successivo, ogni strato della pavimentazione stradale dovrà essere sottoposto alle prove di controllo prescritte nelle presenti prescrizioni.

Il numero delle prove di cui sopra deve ritenersi il minimo previsto; l'incidenza potrà essere incrementata su richiesta della DL per motivate ragioni tecniche.

L'APPALTATORE dovrà eseguire le prove di controllo presso un Laboratorio ufficiale o qualificato dallo stesso APPALTATORE e approvato dalla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, in base a giustificati motivi, potrà incaricare l'Istituto Sperimentale delle Ferrovie per l'esecuzione di controlli e prove sulle opere nonché ispezioni nei Laboratori con o senza preavviso. L'onere relativo a tali controlli sarà a carico dell'Appaltatore



#### **6.1.4 Preavvisi**

Durante l'esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'Appaltatore dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperasse a quanto sopra la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate.

Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

### **6.2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

I lavori saranno eseguiti in accordo alla normativa vigente.

In particolare, ma non limitatamente, l'APPALTATORE dovrà rispettare le prescrizioni e adempiere agli obblighi derivanti dalle leggi e normative riportate in appendice 1 nonché, dove applicabili, da tutte quelle richiamate dalle sezioni di capitolato a cui il testo fa riferimento.

### **6.3 PAVIMENTAZIONI PER INTERPORTI**

#### **6.3.1 Pavimentazione costituita da uno strato di miscela catalizzata e da uno strato di conglomerato bituminoso**

Lo strato di fondazione e base dovrà essere costituito da una miscela catalizzata composta da sabbie a granulometria controllata, loppa d'altoforno e catalizzatore specifico di presa a base di calce, miscelati in apposito impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a volume.

Lo strato finito dovrà avere lo spessore, definito in sede di progetto della struttura, e dipendente dalle caratteristiche del terreno costituente il piano di posa della pavimentazione.

Lo strato di fondazione e base dovrà essere eseguito tenendo conto della possibilità che al di sotto di esso possano essere installate canalizzazioni e condutture per la posa di cavi e che da dette canalizzazioni possano emergere, nel numero e secondo le indicazioni della Direzione Lavori, idonei pozzetti di ispezione, alloggiamento prese di alimentazione per vagoni wippen, ecc.

Secondo le indicazioni della Direzione Lavori lo strato dovrà essere interrotto in corrispondenza di fondazioni per torri faro o eventuali altre strutture, intendendosi l'onere compreso e compensato nel prezzo al metro quadrato della pavimentazione.

### 6.3.2 Caratteristiche dei materiali

#### **Aggregato**

L'Aggregato dovrà rispondere alle norme UNI EN 13242, UNI EN 13285, UNI ISO 14688-1 e CNR BU n. 139 del 15/10/92, ed essere costituito da materiali provenienti da cava o da frantumazione, miscelati in percentuali tali da ottenere una curva granulometrica continua e aventi le seguenti caratteristiche:

- dimensione degli elementi compresa tra 0 e 7 mm, con eventuale presenza di una frazione di ghiaietto (15/20 mm), privi di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- perdita in massa alla prova Los Angeles, eseguita sulla pezzatura più grossa dell'aggregato, secondo la Norma UNI 8520 parte 19<sup>a</sup> (o CNR-BU n. 34) inferiore al 35%;
- plasticità nulla, elementi generalmente puliti, aventi un equivalente in sabbia (UNI EN 933-8 E UNI EN 933-9 o CNR-BU n. 27) non inferiore a 30;
- assenza di sostanze organiche (UNI EN 1744-1).

L'aggregato correttivo della granulometria, rispondente UNI EN 13242, UNI EN 13285, UNI ISO 14688-1 e CNR BU n. 139, dovrà essere di norma ricavato mediante frantumazione di rocce calcaree.

Dovrà essere aggiunto in misura variabile all'aggregato base nei casi in cui la curva granulometrica di quest'ultimo risulti discontinua.

Qualora l'aggregato correttivo non abbia una sufficiente percentuale di fino dovrà prevedersi l'uso del filler.

#### **Legante**

Il legante: dovrà essere impiegata loppa d'alto forno di recente produzione, nella misura compresa tra il 10-15% della massa totale della miscela.

La loppa, inizialmente granulata (da 0/3 a 0/5 mm), dovrà presentarsi, dopo la frantumazione, come una sabbia 0/2 mm e tale da garantire un passante al setaccio 0,075 pari a circa il 10%.

#### **Catalizzatore di presa**

Catalizzatore di presa: in misura dell'uno per cento della massa secca della miscela, costituito principalmente da gesso.

L'Appaltatore dovrà proporre alla Direzione Lavori il catalizzatore più adatto alla natura chimica dei costituenti la miscela;

#### **L'acqua**

L'acqua dovrà essere esente da oli, acidi, alcali, materia organica superiore allo 0,2% e da qualsiasi altra sostanza nociva; la quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottimale di co-stipamento, con una tolleranza compresa tra -1% e +3% della massa della miscela.

All'acqua d'impasto potrà essere aggiunto, in particolari condizioni climatiche o di posa in opera e in ogni caso quando la Direzione Lavori lo riterrà opportuno, un accelerante di presa: l'Appaltatore dovrà proporre alla Direzione Lavori l'accelerante più idoneo e il suo dosaggio, in relazione alle caratteristiche di maturazione richieste.

### Miscela

Miscela: l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, per preventiva accettazione, lo studio della miscela catalizzata che intende porre in opera, nonché le verifiche strutturali atte a dimostrare l'idoneità degli spessori di progetto in funzione dei parametri di resistenza e deformabilità caratteristici.

Lo studio della miscela dovrà comunque garantire i seguenti parametri meccanici minimi:

- Rt (resistenza a trazione indiretta):  $0.5 \text{ N/mm}^2$ ;
- Rc (resistenza a compressione):  $4 \text{ N/mm}^2$ ;
- E (modulo elastico):  $5000 \text{ N/mm}^2$ .

Tali valori minimi sono riferiti a sei mesi di maturazione alla temperatura costante di  $20^\circ \text{C}$ .

Ai fini dei controlli del comportamento globale della miscela catalizzata di cui al successivo punto h "caratteristiche finali", lo studio dovrà fornire chiare indicazioni sull'evoluzione dei parametri meccanici minimi utilizzati nella progettazione, con particolare riferimento a quelli ottenibili alle scadenze di sei mesi e un anno di maturazione della miscela in opera.

### 6.3.3 Confezionamento

L'impianto di miscelazione dovrà essere di tipo continuo, centralizzato, con dosatura a volume degli aggregati, della loppa e dell'acqua; la dosatura del catalizzatore e dell'eventuale filler dovrà essere realizzata con coclea alimentata da sili a velocità opportunamente regolata e di adeguato grado di precisione.

La dosatura effettiva degli aggregati, della scoria e del catalizzatore dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le tarature dovranno essere effettuate all'inizio del lavoro e successivamente verificate mensilmente o tutte le volte che la DL lo richieda sulla base di giustificati motivi tecnici.

Il dosaggio effettivo dell'acqua dovrà tenere conto del contenuto di umidità proprio dei costituenti della miscela e sarà funzione delle condizioni climatiche che si possono verificare sul luogo di confezionamento e della posa in opera; tale dosatura dovrà avvenire con la precisione del 2%.

I dispositivi di misura di tutti i costituenti la miscela dovranno essere di tipo individuale.

Nel caso in cui lo studio della miscela preveda la loppa macinata, l'impianto sopra descritto dovrà essere corredato da un mulino centrifugo equipaggiato da una tramoggia d'alimentazione e nastro per l'accumulo.

La produzione e la posa in opera della miscela catalizzata dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura scenda al di sotto  $5^\circ \text{C}$ , salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori e il Progettista potranno dare, prescrivendo, in tal caso gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

La Direzione Lavori potrà, ogni qualvolta lo riterrà opportuno e con frequenza prefissata, controllare la dosatura effettiva all'atto della sua confezione: la dosatura dei singoli costituenti dovrà risultare conforme a quella indicata nello studio preliminare qualificato con una tolleranza di più o meno il 3%.

### 6.3.4 Trasporto e posa in opera

Il trasporto della miscela catalizzata, tra l'impianto di miscelazione e il cantiere, sarà eseguito con autocarri ordinari e in numero sufficiente al fine di evitare soste della centrale di produzione.

La miscela dovrà essere stesa sul piano di posa finito o sullo strato precedente dopo che sia stata accertata, dalla Direzione Lavori, la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa dovrà essere eseguita impiegando idonee macchine operatrici: ruspa, livellatrice o finitrice vibrante.

Per il costipamento dovranno essere impiegati un rullo vibrante liscio e un rullo gommato di almeno 35 t su ruote tutte semoventi; per la rifinitura dovrà essere impiegata una livellatrice.

La stesa della miscela non dovrà essere eseguita con temperatura ambiente inferiore a 5°C e con pioggia battente, salvo diverse disposizioni come indicato al precedente paragrafo.

In presenza di temperature elevate l'Appaltatore dovrà provvedere alla bagnatura abbondante del piano di posa e a un innaffiamento leggero, ma frequente, dello strato eseguito in modo da preservare l'umidità ottimale della miscela fino alla stesa del rivestimento finale.

L'Appaltatore, in caso di danneggiamento dello strato di miscela fresca già stesa, è tenuto a rimuovere la parte pregiudicata al fine di ripristinare le condizioni iniziali.

Le attrezzature, i tempi e le modalità per la posa in opera dovranno essere quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

### 6.3.5 Compattazione

Subito dopo la stesa da eseguirsi anche in più strati successivi, ciascuno di spessore comunque non superiore a cm 30, l'Appaltatore dovrà provvedere al costipamento dello strato messo in opera stabilendo il numero necessario di passate dei rulli.

Per gli strati di spessore superiore a 30 cm o quando la granulometria della miscela supera i 10 mm, la compattazione dovrà avvenire con l'azione combinata del rullo vibrante e del rullo gommato: il numero delle passate sarà definito in base ai controlli della densità ottenuta, secondo quanto previsto al successivo punto g "Prove in sito".

Il rullo vibrante dovrà essere utilizzato per primo e con numero di passate generalmente comprese tra 4 e 8 in relazione alla velocità adottata.

La pressione del rullo gommato dovrà essere regolata in funzione della stabilità immediata e della granulometria della miscela posta in opera.

Il livellamento finale della superficie dovrà essere effettuato con la sola rimozione del materiale eccedente.

### **6.3.6 Controlli delle lavorazioni**

L'Appaltatore sarà tenuto a eseguire il controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti e della granulometria dei costituenti, nonché quelle della miscela risultante, all'atto della loro fornitura, controllando la rispondenza con i fusi granulometrici e le caratteristiche fisico-chimiche fornite nello studio preliminare della miscela.

In particolare, in corso d'opera si dovrà eseguire una granulometria ogni 1000 t di aggregato base, ogni 200 t di loppa granulata e ogni 200 t di aggregato correttivo e una determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti a ogni fornitura.

La prova AASHTO Modificata di controllo (CNR-BU n. 69) sarà eseguita sul materiale prodotto dalla centrale, al tenore d'acqua di miscelazione; si dovrà verificare la sua conformità con quella del laboratorio secondo quanto riportato nello studio preliminare della miscela; se il risultato non si discosta di oltre il  $\pm 3\%$  dalla Prova di laboratorio si manterrà la densità di riferimento iniziale; se la discordanza è accentuata si dovrà ripetere la prova al fine di determinare i nuovi valori di riferimento.

L'Appaltatore è tenuto a eseguire la predetta prova una volta la settimana, e comunque alla ripresa della produzione dopo una qualunque interruzione significativa.

### **6.3.7 Prove in sito e criteri di accettazione**

Terminata la compattazione, l'Appaltatore dovrà provvedere, su indicazione della Direzione Lavori, alla misura della densità in sito quale controllo della buona esecuzione dell'opera.

La densità in sito dovrà essere pari al 98% della densità secca massima determinata con la prova AASHTO Modificata.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con continuità e comunque con una frequenza di una prova ogni 500 m<sup>2</sup>, da effettuarsi secondo le disposizioni della Direzione Lavori e in conformità alla norma CNR-BU n. 22.

Nel caso che i valori delle densità in sito risultassero inferiori a quelli di riferimento, la compattazione dovrà riprendere fino al raggiungimento dei valori ottimali.

Qualora questi ultimi non risultassero ancora rispettati, si dovrà procedere alla determinazione dei nuovi valori di riferimento, mediante prova AASHTO Modificata sul materiale effettivamente posto in opera.

Durante la produzione e la posa in opera della miscela costituente lo strato di fondazione e di base dovranno essere pertanto assicurati i seguenti controlli giornalieri:

- controllo granulometrico degli aggregati;
- controllo del contenuto in acqua degli aggregati;
- controllo delle caratteristiche fisico-chimiche dei leganti;
- controllo granulometrico della miscela prelevata al nastro dell'impianto;
- controllo del contenuto in acqua della miscela;
- densità in sito per la determinazione della densità secca, della densità umida e del grado di compattazione della miscela.

L'Appaltatore dovrà riassumere settimanalmente i controlli effettuati in una relazione da presentare alla Direzione Lavori, nei tempi e modi che verranno stabiliti da quest'ultima rientrando tale attività tra gli oneri dell'Appaltatore medesimo.

#### **6.3.7.1 Caratteristiche finali**

La Direzione Lavori controllerà il comportamento globale della miscela catalizzata dopo sei mesi e dopo un anno dalla posa in opera, mediante misurazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione indiretta resistenza a compressione e modulo elastico) su campioni prelevati con carotaggio, o con altri sistemi che non provochino disturbo al provino, ogni 1000 m<sup>2</sup> realizzati in diversi punti della pavimentazione, da confrontare con i parametri di riferimento determinati con lo studio preliminare della miscela stessa.

Il valore finale sarà ricavato mediando i singoli valori ottenuti, se ciascuno di questi non si scosta dalla media stessa di  $\pm 20\%$ , altrimenti dalla media dei valori restanti dopo aver scartato quelli esterni.

Qualora dalle prove eseguite risultasse un valore dei parametri meccanici inferiore a quello di progetto e determinato nel corso dello studio preliminare della miscela, la Direzione Lavori potrà richiedere di procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, a un ulteriore controllo sperimentale e/o teorico della struttura in sito, effettuando una verifica anche in termini di deformabilità.

Se gli ulteriori controlli sperimentali e/o teorici della struttura dovessero fornire ancora valori di resistenza inferiori a quelli di progetto, la Direzione Lavori potrà prescrivere la demolizione della pavimentazione interessata, compreso lo strato superiore, e il suo completo rifacimento con opere e oneri a totale carico dell'Appaltatore, o qualora la struttura fosse accettabile a parere della DL, procedere a una detrazione pari al 5% del prezzo della tariffa contrattuale per ogni 2% di valore della resistenza inferiore.

### **6.3.8 Conglomerato bituminoso**

Per le caratteristiche dei costituenti, delle miscele e le modalità di confezionamento, trasporto, posa in opera e controlli finali si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto "Strato di collegamento (binder)".

Pavimentazione di tipo rigido in calcestruzzo

La pavimentazione di questo tipo è costituita da:

- strato di fondazione in misto granulare cementato;
- rivestimento in lastre di conglomerato cementizio.

### **6.3.9 Indagini preliminari**

Preventivamente alla realizzazione della pavimentazione si dovrà eseguire nel terreno in sito un numero rappresentativo di pozzetti di ispezione ciascuno di profondità non inferiore a 2 m dal piano di campagna con escavatore meccanizzato, dai quali prelevare eventualmente dei campioni rimaneggiati per la determinazione delle proprietà indici.

Sul piano di posa della pavimentazione, che eventualmente dovrà essere stato preventivamente compattato, deve essere eseguita almeno n° 1 prova di carico su piastra ogni 500 m<sup>2</sup> per la determinazione del Modulo di deformazione Md (CNR-UNI n°. 9) che dovrà risultare superiore a 40MPa. Il rapporto tra i moduli di

deformazione del 1° e 2° ciclo, inoltre, non dovrà essere inferiore a 0.60. Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, l'APPALTATORE dovrà proporre alla DL, che sentirà in merito i progettisti, un metodo di stabilizzazione del piano di posa, oppure una bonifica dello stesso mediante sostituzione del terreno in situ.

### **6.3.10 Misto granulare cementato**

Per quanto attiene alle caratteristiche e prescrizioni esecutive e di controllo del misto granulare cementato si dovrà fare riferimento a quanto previsto nella sez. III "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

### **6.3.11 Rivestimento in lastre di calcestruzzo armato**

#### **Caratteristiche del conglomerato cementizio e controlli in corso d'opera**

Per quanto attiene alle caratteristiche e modalità di confezionamento, trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio si dovrà fare riferimento a quanto previsto dal progettista ed a quanto riportato nella sezione VI del Capitolato (Opere di conglomerato cementizio).

Nella pavimentazione in calcestruzzo dovranno essere realizzati giunti di contrazione e/o di dilatazione secondo il progetto.

I giunti avranno andamento trasversale e longitudinale e saranno distanziati tra di loro in relazione allo spessore della lastra e alle caratteristiche del conglomerato cementizio.

I giunti di dilatazione dovranno interessare tutto lo spessore del conglomerato cementizio e avere la larghezza da 1,5 a 2 cm, saranno sigillati con materiale compressibile e distanziati in modo tale da evitare fessurazioni nella lastra.

Il numero e la distanza tra i giunti sarà stabilito dal progetto in relazione a tutte le sollecitazioni cui è sottoposta la pavimentazione stradale.

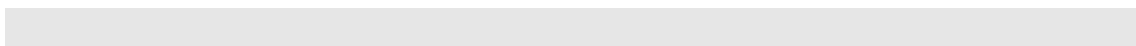
In corrispondenza dei bordi delle lastre l'armatura dovrà essere rinforzata.

#### **Controlli finali**

A lavoro ultimato verranno prelevate ogni 500 m<sup>2</sup> di pavimentazione realizzata, n° 3 carote o provini per la determinazione di:

- massa volumica;
- resistenza a compressione e trazione;
- resistenza alla penetrazione dell'acqua (Norma ISO 7031);

da confrontare con i valori determinati in fase di qualificazione della miscela.; per gli eventuali provvedimenti vale quanto previsto al relativo punto



## 6.4 PAVIMENTAZIONI STRADALI

### 6.4.1 Tipologie e caratteristiche delle pavimentazione

Le caratteristiche costruttive per le differenti tipologie sono di seguito definite:

#### a - Pavimentazione per strada di categoria A

Per le strade di categoria A la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 20;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati, dello spessore finito non minore di cm 25;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 10;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

#### b - Pavimentazione per strada di categoria B

Per le strade di categoria B la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 15;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati compattati, dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 3.

#### c - Pavimentazione per strada di categoria C

c1 - Per le strade "minori" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;

c2 - Per le strade "poderali o campestri" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 25, saturato con graniglia o pietrischetto.

#### d - Pavimentazione su impalcati stradali per strade di categoria A-B-C

La pavimentazione su impalcati stradali dovrà essere costituita da:

- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

#### e - Pavimentazione su massicciata ferroviaria

In corrispondenza di passatoie e/o in aree di manovra attraversate da binari ferroviari la pavimentazione dovrà essere realizzata con le seguenti modalità:



- accurata pulizia della superficie della massicciata ferroviaria per eliminazione della polvere
- spandimento di emulsione bituminosa in ragione di 1.0 - 1.5 kg/m<sup>2</sup>.
- formazione di uno strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- formazione di tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

#### f - Massicciata stradale a semipenetrazione

E costituita da pietrisco di pezzatura compresa tra 40 e 71 mm e con coefficiente Los Angeles non superiore a 30, dello spessore finito di 10 cm: il trattamento di semipenetrazione è effettuato con emulsione bituminosa a 28 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> di pietrischetto di pezzatura compresa fra 10 e 25 mm, nella seconda con 1,5 kg/m<sup>2</sup> di emulsione bituminosa e 12 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> di graniglia compresa fra 5 e 10 mm.

I materiali da impiegare devono rispondere ai seguenti requisiti sopra specificati per i materiali inerti e per i bitumi.

Il pietrisco deve essere steso in un unico strato, il costipamento va effettuato con rulli compressori di massa non inferiori a 14 t che operano a velocità comprese tra 1,5 e 3 km/ora: Il rullo deve procedere dai margini verso il centro a fasce parallele ricoprendosi l'una con l'altra almeno per una zona larga 20 cm. Nel costipare la prima fascia marginale deve essere costipata, dove esista, anche una fascia di 20 cm di banchina. Dopo il primo passaggio di rulli si deve umidificare, con innaffiatori, evitando il rifluimento in superficie. Per evitare, nell'ultima fase di costipamento, di ridurre il materiale a pezzatura troppo minuta si deve aggiungere materiale aggregante costituito da residui di frantumazione di natura calcarea in quantità non superiore al materiale costipato. quando la massicciata avrà buone condizioni di consistenza e stabilità e si presenterà perfettamente chiusa e privo d'irregolarità si procederà ad un'accurata pulizia in maniera che possa costituire una discontinuità tra la massicciata ed il manto bituminoso sovrastante. L'emulsione va stesa in due riprese con apposite spruzzatrici a pressione. Alla fine di ciascuna passata deve seguire il regolare spandimento del pietrischetto, dopo la prima passata e graniglia dopo la seconda. Successivamente deve essere eseguito un costipamento con rullo di massa da 8 a 10 t, in modo da ottenere una pavimentazione livellata e finita a regola d'arte e tale che in nessun punto possano aversi ondulazioni o irregolarità, rispetto ad un asta della lunghezza di 3 m appoggiata sul manto, superiori a 1,5 cm.

#### g - pavimentazione con pietrischetto bitumato

Consiste nella formazione a freddo, su sottofondo composto da uno strato di 3 cm ,4 cm sciolto, di pietrischetto di pezzatura a10/25 mm miscelato con 120 kg/m<sup>3</sup> di emulsione bituminosa e di sovrastante strato di 2 cm, 3 cm sciolto, di graniglia di pezzatura 5/10 mm miscelata con 150 kg/m<sup>3</sup> di emulsione, cilindrata strato per strato, con rullo di massa da 6 t, ed un trattamento superficiale da eseguire dopo qualche giorno con emulsione bituminosa in ragione di 0,8 kg/m<sup>2</sup> e 5,5 l/m<sup>2</sup> di graniglia silicea da 2/5 mm.

### 6.4.2 Caratteristiche dei materiali e modalità di miscelazione posa e controllo

Gli strati delle pavimentazioni stradali definiti al paragrafo precedente dovranno avere le seguenti caratteristiche (valide per tutte le categorie):

### 6.4.3 Strato anticapillare

Costituito da sabbia ghiaietto o pietrischetto, esenti da materie eterogenee di dimensioni comprese tra 1 e 20 mm con percentuale massima del 20% passante al crivello 4 UNI, eventualmente steso su uno strato di geotessile non tessuto in poliestere di massa unitaria non inferiore a 400 gr/m<sup>2</sup> con le caratteristiche riportate nella Tabella II seguente:

**Tabella II** - Caratteristiche del geotessile non tessuto in poliestere, coesionato meccanicamente per agugliatura, con massa non inferiore a 400 gr/m

CARATTERISTICHE	VALORI LIMIT.	NORME DI RIF.
Massa per unità di superficie	$\geq 400 \text{ gr/m}^2$	CNR-BU n°110/EN965
<b>Spessore:</b> a 2.0 KPa a 200 KPa	$\geq 4.0 \text{ mm}$ $\geq 1.9 \text{ mm}$	CNR-BU n°111
Resistenza a trazione: - media tra la direzione di produzione e la trasversale - media in una delle due direzioni	$\geq 24 \text{ KN/m}$ $\geq 21 \text{ KN/m}$	CNR-BU n°142/ EN ISO 10319
Deformazione a rottura: - media tra la direzione di produz. e la trasversale - media in una delle due direzioni	$\geq 85 \%$ 30÷95 %	CNR-BU n°142/ EN ISO 10319
Resistenza alla lacerazione:	$\geq 1.4 \text{ kN}$	CNR-BU n°143
Resistenza al punzonamento:	$\geq 4.0 \text{ kN}$	UNI 8279/14 EN ISO 12236

### 6.4.4 Strato di fondazione

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto nella sezione III "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

### 6.4.5 Strati in conglomerato bituminoso (base, binder e usura)

#### Leganti bituminosi e loro modificanti

I leganti bituminosi semisolidi sono bitumi per impiego stradale costituiti da bitumi di base e bitumi modificati.

#### Bitumi di base ed emulsioni bituminose acide

I bitumi per impiego stradale di normale produzione (definiti di base) devono rispettare i requisiti indicati nella Tabella III.

Le caratteristiche delle emulsioni bituminose acide sono invece riportate in tab. IV.

Tabella III - Caratteristiche dei bitumi di base

Caratteristiche	Unit à misura	Bi- tume B 50- 70	Bi- tume B 80- 100	Normativa di riferimento
1 –Penetrazione a 25°C	1/10	50-	80-	CNR-BU
2 –Indice di penetrazione	mm	70	100	n° 24
3 –Punto di rammollimento	-	-1/+	-1/+	CNR-BU
4 –Punto di rottura (Fraass) (min)	°C	1	1	n° 35
5 –Duttilità a 25°C (min)	°C	47-	44-	CNR-BU
7 –Perdita per riscaldamento (Volatilità)	cm	56	49	n° 43
	%	-7	-10	CNR-BU
a T=163°C (max)	%	80	100	n° 44
8 –Contenuto di paraffina (max)		0,2	0,5	CNR-BU
		2,5	2,5	n° 50
				CNR-BU
				n° 66

Tabella IV - Caratteristiche delle emulsioni bituminose acide

Caratteristiche	Unità misura	Valori	Normat. Ri-ferim.
1 –Contenuto di acqua	% in massa	30-35	CNR-BU n°
2 –Contenuto di legante	% in massa	65-70	100
3 –Contenuto di bitume	% in massa	> 65	LCPC
4 –Contenuto di flussante	% in massa	2-3	CNR-BU n°
5 –Demulsività	% in massa	40-70	102
6 –Adesione	%	> 90	CNR-BU n°
7 –Viscosità Engler a 20°C	°E	> 10	99
8 –Carica particelle	1/10 mm	positiva	CNR-BU n°
Caratteristiche del bitume estratto	°C	< 220	24
Penetrazione a 25°C		> 35	CNR-BU n°
Punto di rammollimento			35

**a2 - Bitumi modificati ed emulsioni bituminose modificate <B>**

I bitumi di base possono essere modificati, al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele, in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni). La miscela può essere realizzata con idonei dispositivi di miscelazione secondo il processo tecnologico definito “soft”, oppure secondo quello definito “hard”.

Le caratteristiche del bitume modificato dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione del Direttore dei Lavori che sentirà in proposito la competente sezione di Ingegneria.

**6.4.6 Strato di base****Aggregati**

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto in CNR-BU n. 139.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel bollettino sopracitato e in CNR-BU n. 93.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale (CNR-BU n. 34)
- 90% di elementi con almeno due facce di rottura;
- coefficiente di imbibizione (CNR-BU n. 137) inferiore a 1%;

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo CNR-BU n.27 non inferiore a 70.

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,18 (ASTM n 80) 100%;
- passante in massa al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200): 90 -100%.

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

L'Appaltatore dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m<sup>3</sup> di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'Appaltatore possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

### **Legante bituminoso**

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al relativo punto

### Miscela

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 3,5% e il 4,5% riferito alla massa totale degli aggregati.

Il conglomerato bituminoso di base dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tabella V:

Tabella V - Fuso granulometrico per conglomerato bituminoso di base

Se-	10	85	75	6	48	4	2	20	9	5	3
taccio	0	– 100	– 100	0 – 90	– 75	0 – 65	8 – 50	– 40	– 20	– 13	– 8
Pas-	40	31	25	1	12	9	4	2	.	.	.
sante % in		.5	.4	9.1	.7	.52	.0	0	42	175	0074
massa											

- valore della Stabilità Marshall (CNR-BU n.30) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 8 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 7%.
- perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- trazione indiretta con la prova Brasiliana (CNR-BU n° 134) non minore di 0.5 N/mm<sup>2</sup>.

I provini per le misure di stabilità, rigidità e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

### Controllo dei requisiti di accettazione

L'Appaltatore ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'Appaltatore è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'Appaltatore avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore al 5%, di sabbia superiore al 3%, e di additivo dell'1,5% sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita maggiore di più o meno lo 0,3%.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'Appaltatore un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
  - ✓ massa volumica (CNR-BU n. 40) sulla media di quattro prove;
  - ✓ percentuale di vuoti (CNR-BU n.39) sulla media di quattro prove;
  - ✓ stabilità e rigidità Marshall. (CNR-BU n.30)
- la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essicatore e ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli mensili:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto,;
- verifica delle caratteristiche del bitume.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati che dovrà far parte integrante della documentazione finale della qualità.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

### **Confezione delle miscele**

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si dovrà far uso di almeno 4 classi di aggregati in tramogge con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge "calde" degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita del tamburo essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

#### **Trasporto e posa in opera delle miscele**

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 80 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1.0 - 1.5 kg/m<sup>2</sup>.

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, in ragione di 0.6 - 0.8 kg/m<sup>2</sup>.



La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 130°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 150°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi massa di almeno 14 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. L'Appaltatore prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

Si avrà cura inoltre che la compattazione venga condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

### **Controlli finali**

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa. Tale valutazione, da determinarsi attraverso prove su carote di almeno 10 cm di diametro prelevate nei punti indicati dalla DL, sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo CNR-BU n. 40 e almeno ogni 1000 m<sup>2</sup> realizzati. Il valore risulterà dalla media di due provini che serviranno anche per la determinazione degli spessori finali. Nel caso gli spessori delle carote risultassero inferiori a quelli teorici previsti per lo strato di base si procederà al prelievo di ulteriori 4 carote rappresentative degli stessi 1000 m<sup>2</sup>.

Lo spessore medio di riferimento risulterà dalla media della lunghezza delle 6 carote prelevate. Se tale valore medio risulterà ancora inferiore allo spessore teorico, e nel caso che la pavimentazione risulti accettabile a giudizio della Direzione Lavori, verrà applicata una detrazione percentuale sulla tariffa per i 1000 m<sup>2</sup> in questione, pari alla riduzione percentuale di spessore.

In ogni caso non saranno ammessi sottospessori superiori al 15% dello spessore dello strato.

In caso di non accettabilità dello strato, si dovrà procedere a totale cura e spese dell'Appaltatore, alla rimozione e al rifacimento delle parti difettose.

Sulle carote dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- percentuale dei vuoti residui;
- trazione indiretta Brasiliana.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m<sup>2</sup> di pavimentazione finita.

### 6.4.7 Strato di collegamento (Binder) e Strato di usura

a - Caratteristiche dei materiali da impiegare

a1 - Aggregati

Gli aggregati dovranno avere le caratteristiche indicate relativo punto "Strato di base".

a2 - Legante

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al relativo punto - Tabella III.

b - Miscela.

Le miscele degli aggregati nel caso di strato di collegamento e tappeto di usura dovranno avere rispettivamente la composizione granulometrica contenuta nei fusi della Tabella VI.

Tabella VI - Fuso granulometrico per strato di collegamento e tappeto di usura

MISCELA Serie setacci UNI	Passante % totale in massa	
	Binder	Strato di usura
Setaccio 25.4	100	-
Setaccio 19.1	85 – 100	-
Setaccio 12.7	65 – 100	100
Setaccio 9.52	55 – 85	75 – 100
Setaccio 4.0	35 – 60	45 – 75
Setaccio 2	25 – 45	30 – 55
Setaccio 0,42	10 – 25	15 – 30
Setaccio 0.175	7 – 15	10 – 20
Setaccio 0,074	5 – 8	6 – 10

Il passante al setaccio 0,4 dovrà essere "non plastico" (UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005).

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso:

- strato di collegamento tra il 4,0% e il 5,5%;
- tappeto di usura tra il 5,0% e il 7.0% ;

e dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di Stabilità Marshall e compattezza richiesti.

Il conglomerato bituminoso dello strato di collegamento e del tappeto di usura dovrà avere i requisiti indicati nella Tabella VII.

Tabella VII - Requisiti fisico-meccanici dello strato di binder e del tappeto di usura

Caratteristiche	Strato di collegamento	Tappeto di usura
a) Stabilità Marshall (kN)	10	12
b) Scorrimento (mm)	14	13,5
c) Rigidità (a/b)	3,5	5,0
d) Vuoti residui (%)	3 6	< 3
e) Perdita stabilità Marshall (%)	25	25
f) % vuoti residui dopo rullatura	46	35

Per la preparazione dei provini per le misure di stabilità e rigidezza valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base al relativo punto

Nel caso di impiego di bitumi modificati dovranno essere eseguite, per ogni 1000 m<sup>2</sup> di pavimentazione finita, le seguenti prove con i relativi limiti di accettazione:

- deformazione mediante prova d'impronta a 60°C, per un'ora, minore di 2,5 mm (CNR-BU n. 136);
- prova di trazione indiretta a 25 °C maggiore di 1,2 N/mm<sup>2</sup> (CNR-BU n° 134).

Nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.

c - Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al relativo punto

d - Confezionamento delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al relativo punto

e - Trasporto e posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al punto relativo punto

f - Controlli finali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al punto relativo punto

## **6.5 SUB-BALLAST**

Lo strato di sub-ballast dovrà essere eseguito con conglomerato bituminoso impastato a caldo in adatto impianto di miscelazione di tipo stradale o con strato in misto cementato miscelato in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, steso in opera con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati, secondo le caratteristiche e modalità indicate nel seguito.

### **6.5.1 Sub-ballast in conglomerato bituminoso**

#### **6.5.1.1 Aggregati**

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto in CNR-BU n. 139.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel bollettino sopracitato e in CNR-BU n. 93.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti, esenti da polvere e da materiali estranei e privi, nella misura sotto indicata, di elementi con forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% del totale (CNR-BU n. 34)
- 90% di elementi con almeno due facce di rottura;
- coefficiente di imbibizione (CNR-BU n. 137) inferiore a 1%;
- presenza di elementi piatti o allungati minore del 10% in massa.

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma, comunque, non dovrà essere inferiore al 70%. La miscela dovrà essere inoltre caratterizzata da un valore di "equivalente in sabbia" non inferiore a 70 (CNR-BU n.27).

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,42 (ASTM n 40) 100%:
- passante in massa al setaccio UNI 0,18 (ASTM n 80)  $\geq 90\%$ :
- passante in massa al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200):  $\geq 70\%$ .

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

L'Appaltatore dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m<sup>3</sup> di conglomerato bituminoso fornito.

Nel caso di aggregati di natura acida dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività) secondo le percentuali ottimali previste per ciascun tipo di attivante senza che l'Appaltatore possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori qualificati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

### 6.5.1.2 Legante bituminoso

Il legante bituminoso dovrà essere del tipo 50/70 e avere le caratteristiche indicate nella tabella III riportata al relativo punto

### 6.5.1.3 Miscela

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso tra 4,1% e 4,8%.

Il conglomerato bituminoso per sub-ballast dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tabella VIII:

Tabella VIII - Fuso granulometrico per sub-ballast

Setaccio	25.	19.1	9.5	4.0	2.0	0,4	0.1	0,0
cio	4		2			2	75	74
Pas-	100	80	54	36	23	10	7	6
sante% in		100	76	56	40	22	16	10
massa								

- valore della Stabilità Marshall (CNR-BU n.30) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 10 kN e lo scorrimento compreso tra 2.0 e 4.0 mm. Il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2.5 kN/mm;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 6%.
- perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);
- trazione indiretta con la prova Brasiliana (CNR-BU n° 134) non minore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>.

I provini per le misure di stabilità, rigidezza e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

#### **6.5.1.4 Controllo dei requisiti di accettazione**

L'Appaltatore ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'Appaltatore è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'Appaltatore avrà ricavato la composizione ottimale.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore al 5%, di sabbia superiore al 3%, e di additivo dell'1,5% sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'Appaltatore un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio, che dovrà essere approvato dalla DL, dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dalla tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
  - ✓ massa volumica (CNR-BU n. 40) sulla media di quattro prove;
  - ✓ percentuale di vuoti (CNR-BU n.39) sulla media di quattro prove;
  - ✓ stabilità e rigidità Marshall. (CNR-BU n.30)
- la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essicatore;

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli mensili:

- tolleranze delle bilance e dei termometri dell'impianto,;
- verifica delle caratteristiche del bitume.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati che dovrà far parte integrante della documentazione finale della qualità.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.



### **6.5.1.5 Confezione delle miscele**

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si dovrà far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge "calde" degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente.

L'umidità residua degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

### **6.5.1.6 Trasporto e posa in opera delle miscele**

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 80 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1.0 - 1.5 kg/m<sup>2</sup>.

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, in ragione di 0.6 - 0.8 kg/m<sup>2</sup>.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

Pertanto questa fascia di sovrapposizione deve trovarsi a cavallo dell'asse della piattaforma.

Nel caso che l'Appaltatore scelga di realizzare lo strato di 12 cm in un'unica stesa ma su metà piattaforma, il giunto longitudinale deve coincidere con l'asse piattaforma.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 130°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 150°C.

La stesa del sub-ballast dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati con l'ausilio di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

L'Appaltatore prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di

compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

Si avrà cura inoltre che la compattazione venga condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

#### **6.5.1.7 Controlli finali**

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti controlli finali:

1. Densità: lo strato di sub-ballast dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa.

Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo CNR-BU n. 40 e almeno ogni 1000 m<sup>2</sup> realizzati. La densità dello strato realizzato sarà determinata dalla media di quella relativa a due carote di diametro non inferiore a 10 cm che dovranno essere prelevate nei punti indicati dal DL.

2. Caratteristiche del conglomerato: sulle stesse due carote dovranno inoltre essere determinati:
  - contenuto di bitume: si ammette uno scostamento massimo rispetto al valore di qualifica pari allo 0.3%;
  - granulometria degli aggregati: sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori di qualifica:
    - aggregato grosso: +/- 5%;
    - sabbia +/- 3%;
    - additivo +/- 0.3%.
  - percentuale dei vuoti residui (CNR-B.U. n.39): deve essere compresa fra il 3 ed il 6%.
  - trazione indiretta Brasiliana: non minore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>.
3. Spessore dello strato: le stesse carote saranno utilizzate anche per la determinazione dello spessore finale dello strato, per il quale si ammette una tolleranza massima di 0,5 cm in meno rispetto allo spessore di progetto. Nel caso in cui lo spessore di anche una sola carota risultasse inferiore a tale limite, si procederà al prelievo di almeno ulteriori 4 carote in punti scelti dalla DL nell'ambito dei 1000 m<sup>2</sup> (o della superficie realizzata nella giornata) da controllare.

In prossimità dei punti in cui è stato riscontrato il ridotto spessore saranno eseguite prove di carico su piastra aggiuntive rispetto a quelle sotto indicate.

Lo spessore dello strato sarà considerato accettabile se:

- non si saranno ottenuti complessivamente più di due valori fuori tolleranza;
  - non si saranno ottenuti casi di sottospessori maggiori di 1 cm;
  - tutte le prove di carico su piastra avranno dato risultato positivo.
4. Modulo di deformazione: lo strato finito dovrà avere un modulo di deformazione misurato con prova di carico su piastra (con modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR n° 9 dell'11/12/1967, ma con temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C) non inferiore a 200 N/mm<sup>2</sup>.

Qualora la prova venisse eseguita quando la temperatura dello strato è compresa tra 10°C e 19.9°C , il modulo risultante dovrà essere non inferiore a 220 N/mm<sup>2</sup>.

La prova non può essere eseguita quando la temperatura dello stato è sotto i 10°C.

Tale determinazione deve essere eseguita attraverso due prove eseguite presso i punti dai quali sono state prelevate le prime due carote ed eventualmente attraverso le prove aggiuntive eseguite, come sopra indicato, nei punti con ridotto spessore.

5. Regolarità della superficie: la superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato di sub-ballast finito.

6. Quota: la quota finale dell'asse e dei cigli del rilevato misurata sopra il sub-ballast deve rispettare quella di progetto con il margine di tolleranza +1cm ÷ -2cm.

La misura deve essere presa a cedimenti esauriti o quando il gradiente di sviluppo dei cedimenti sia prossimo a zero e lasci prevedere un cedimento residuo trascurabile in rapporto alle tolleranze.

Nel caso in cui anche uno solo dei requisiti sopra indicati non sia rispettato, si procederà, a totale cura e spese dell'Appaltatore, alla individuazione della zona non accettabile, alla sua demolizione ed al suo rifacimento.

## **6.5.2 Sub-ballast in misto cementato**

### **6.5.2.1 Inerti**

Gli inerti impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620.

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della Direzione Lavori potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito; in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 d prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio UNI EN 933-1 con apertura 0,063 mm.

Per le granulometrie possibili, detti materiali potranno anche essere integrati con ceneri volanti.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (UNI EN 933-1/1999);

Serie UNI EN 933-1	Passante totale in peso %
Setaccio 31,5	100
Setaccio 20	70-87
Setaccio 16	62-77
Setaccio 10	46-61
Setaccio 6.3	35-48
Setaccio 4	28-40
Setaccio 2	18-30
Setaccio 0,5	9-19
Setaccio 0,25	7-16
Setaccio 0,063	5-10

- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2/1999) non superiore a 30% in peso;
- equivalente in sabbia (UNI EN 933-8/2000) compreso fra 30 e 60;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-15/2005) uguale a zero (materiale non plastico).

#### 6.5.2.2 Legante

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. Deve essere impiegato cemento della classe di resistenza 32,5, dei tipi I, II, III Portland, pozzolanico o d'alto forno, tenendo anche in conto la eventuale aggressività dell'ambiente. A titolo indicativo la percentuale di cemento deve essere compresa tra il 2,5% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti. È possibile sostituire parzialmente questa percentuale con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione. Orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche, scaturirà da apposite prove di Laboratorio. Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

#### 6.5.2.3 Acqua

Deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela deve essere quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

#### 6.5.2.4 Studio della miscela in laboratorio

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela. La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (UNI EN 13286-47/2006) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>). Per il confezionamento dei provini, gli stampi saranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza deve essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm. La miscela di studio sarà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul setaccio UNI con apertura 20 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente. I campioni da confezionare in Laboratorio devono essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua. Saranno confezionati almeno tre campioni ogni 250 m di lavorazione. La miscela sarà costipata su 5 strati con il pestello, l'altezza di caduta di cui alla norma UNI EN 13286-2/2005, 85 colpi per strato, in modo da ottenere un'energia di costipamento pari a quella della prova AASHTO modificato (diametro pestello  $51 \pm 0,5$  mm, peso pestello  $4,535 \pm 0,005$  kg, altezza di caduta 45,7 cm). I provini devono essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 d in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20 °C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida. Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul setaccio ISO 3310 con apertura 20 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante. I provini devono avere resistenze a compressione a 7 gg. non minori di 2,5 MPa e non superiori a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" (UNI EN 13286-42/2006) non inferiori a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di  $\pm 15\%$ , altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di Laboratorio devono essere scelti la curva e la densità al fine di confrontare le resistenze ottenute con quelle di Progetto da usarsi come riferimento nelle prove di controllo.

### **6.5.2.5 Formazione e confezione delle miscele**

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. Gli impianti devono comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di Progetto. La zona destinata all'ammannimento degli inerti dovranno essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

### **6.5.2.6 Posa in opera - tempo di maturazione**

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. La stesa sarà eseguita impiegando finitrici vibranti. Le operazioni di addensamento dello strato devono essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- Rullo a due ruote vibranti da 100 kN per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 180 kN.
- Rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 180 kN.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate. La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e superiori a 25°C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa anche a temperature superiori a 25°C ma inferiori a 30°C. In questo caso però deve essere necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); deve essere inoltre necessario provvedere ad un'abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa devono essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela. Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente un'eccessiva evaporazione della miscela. Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa; se non si fa uso della tavola deve essere necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la

stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate vanno correlate alle resistenze raggiunte dal misto. Comunque il tempo di maturazione non potrà essere mai inferiore a 48 h.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Appaltatore.

#### **6.5.2.7 Protezione superficiale**

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dello strato, dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa cationica al 55% in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposta la fondazione e successivo spargimento di sabbia.

## **6.6 CONTROLLI DI QUALITA'**

Le analisi di laboratorio e le prove per l'accettazione dei materiali previste dalle Norme, devono essere eseguite presso laboratori di cantiere approvati dalla DIREZIONE LAVORI o presso laboratori ufficiali.

Prima che venga messo in opera lo strato successivo, ogni strato della pavimentazione stradale dovrà essere sottoposto alle prove di controllo prescritta nel presente documento o dalle normative di legge vigenti.

L'incidenza delle prove indicata dalla Specifica di cui sopra deve ritenersi come livello minimo; l'incidenza potrà essere incrementata in ragione della variabilità dei materiali posti in opera e delle ditte esecutrici.

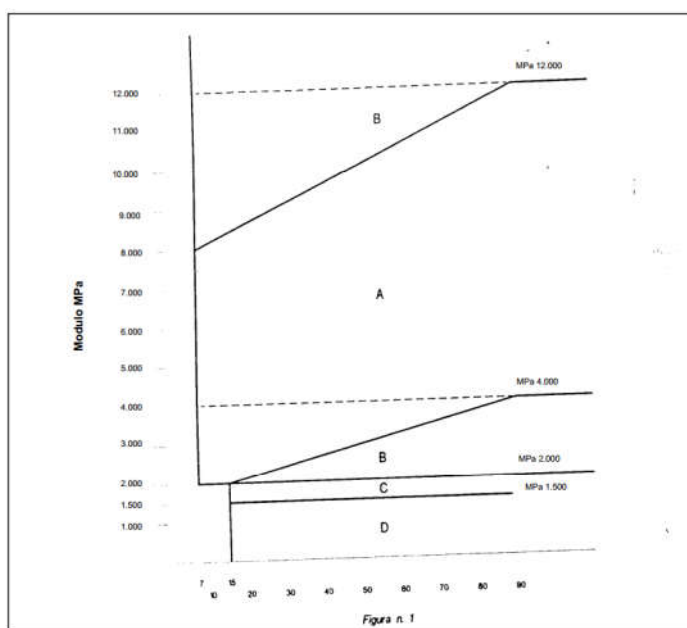
### **6.6.1 Specifiche di controllo qualità per il Sub-ballast**

#### **6.6.1.1 Misto cementato**

Con esami giornalieri dovrà essere verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele. Sarà ammessa una tolleranza di  $\pm 5\%$  fino al passante al setaccio UNI con apertura 4 mm e di  $\pm 2\%$  per il passante al setaccio UNI 2 mm ed inferiori, purché non siano superati i limiti del fuso. A compattazione ultimata la densità in sito deve essere non inferiore al 100% nelle prove AASHTO modificato (UNI EN 13286-2/2005) di cui al punto 8.5.2.4 in almeno 98% delle misure effettuate. Il valore del modulo di deformazione Md al 1° ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15 e 0,25 MPa, rilevato in un tempo compreso fra 3 e 12 h dalla compattazione, non deve mai essere inferiore a 150 MPa. Il riferimento prestazionale sarà costituito dal modulo elastico reale, derivato mediante retrocalcolo con i valori rilevati in opera (anche a strato ricoperto) con il F.W.D. in un periodo compreso tra 7 e 90 gg. dalla stesa.

La media dei valori di modulo sui tronchi omogenei dovrà essere quella compresa nell'area A del diagramma che segue. Se i valori ricadono nell'area B lo strato (ed il pacchetto che la ricopre) saranno penalizzati del 10% del prezzo per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce. I valori ricadenti nell'area C comporteranno una penale del 20%, quelli ricadenti nell'area D devono essere rifiutati. In quest'ultimo caso il materiale dovrà essere rimosso e portato a discarica.





#### 6.6.1.2 Conglomerato bituminoso

Per quanto riguarda i materiali lapidei provenienti da cave qualificate dal APPALTATORE e approvate dalla DIREZIONE LAVORI (aggregato lapideo e filler), essi dovranno provenire da impianto di miscelazione precedentemente qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Il responsabile della conduzione dell'impianto di preparazione del conglomerato bituminoso dovrà accertarsi che il materiale utilizzato sia corredato, per lotto di fornitura, dei necessari certificati che dovranno essere conservati a disposizione dell'APPALTATORE e della DIREZIONE LAVORI

L'impianto di miscelazione dovrà, per ogni fornitura di 10.000 m<sup>3</sup>. di conglomerato (o per ogni lotto di fornitura di entità inferiore), certificare che il materiale fornito ha superato le seguenti prove:

#### 6.6.1.3 Aggregato lapideo

classificazione mediante setaccio A.S.T.M n. 10 e quindi:

a1) Frazione grossa risultante:

- Prova della resistenza all'abrasione Los Angeles, secondo Norme CNR-B.U. n.34
- Determinazione del coefficiente di imbibizione e verifica di materiale non idrofilo, secondo CNR fasc.4/53

a2) Frazione fina risultante:

- Determinazione dell'equivalente in sabbia, secondo Norme CNR-B.U. n. 27

#### **6.6.1.4 Filler**

Il filler sarà controllato mediante prova di setacciatura con passante in peso a secco pari a 100% al setaccio UNI 0.18 (ASTM 80) ed 80% al setaccio UNI 0,0075 (ASTM 200).

#### **6.6.1.5 Bitume**

Sarà controllato e qualificato se rispondente alle Norme secondo:

- CNR-B.U. n. 2/1951
- CNR-B.U. n.24/1971
- CNR-B.U. n.68/1978

e successivi aggiornamenti.

Le prove saranno eseguite presso l'impianto di preparazione del conglomerato o presso laboratorio qualificato da APPALTATORE e approvato della DIREZIONE LAVORI e dovranno essere effettuate per ogni fornitore e lotto di fornitura.

I leganti e le emulsioni per le mani d'attacco dovranno rispondere alle caratteristiche riportate nel presente capitolato.

Anche questa certificazione sarà a disposizione della DIREZIONE LAVORI

#### **6.6.1.6 Additivi**

L'APPALTATORE dovrà comunicare con sufficiente anticipo alla DIREZIONE LAVORI le caratteristiche dell'additivo, il suo dosaggio e i miglioramenti effettivi che si intendono raggiungere.

La DIREZIONE LAVORI potrà prescrivere prove specifiche ed aggiuntive e accetterà la specifica.

#### **6.6.1.7 Prove sul conglomerato**

A valle dell'acquisizione delle prove sui materiali utilizzati, di cui ai precedenti punti, nel laboratorio dell'impianto di miscelazione o in altro laboratorio qualificato dell'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, si procederà ai seguenti controlli sulla miscela del conglomerato:

- Classificazione granulometrica ai crivelli UNI sulla miscela inerti/filler in conformità ai requisiti richiesti, dal presente capitolato.
- Verifica dell'umidità residua dopo essiccazione degli inerti lapidei,
- Verifica della percentuale ottimale di bitume, in base a prova Marshall (CNRB.U. n.30)
- Determinazione stabilità Marshall (a) secondo CNR-B.U. n.30 con limite di accettabilità: min. 750
- Determinazione scorrimento Marshall (b), secondo CNR- B.U. n.30 con limite di acc.: 2-4 mm.
- Rigidità Marshall (a/b) con limite di acc.: min 250
- Determinazione perdita di stabilità Marshall, mediante confronto tra stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60°C.; limite di acc.: max. 25%

- Determinazione dei vuoti residui Marshall, secondo CNR-B.U. n. 39 con limite di acc.: 3-6%
- Determinazione del modulo elastico, alle temperature 20°C e 30°C con frequenza di 10 Hz
- Determinazione della resistenza allo scorrimento dinamico con:
  - frequenza 10 Hz
  - ampiezza pressione verticale sinusoidale 2 bars
  - temperatura 30°C
  - senza pressione laterale e con <pressione laterale di 1,5 bar
- Determinazione della resistenza a trazione con provini cilindrici di dimensioni
- $\phi = 10$  cm e  $h = 11$  cm a 25°C alla velocità di 0.85 mm/sec. I valori di accettazione di questa prova devono essere compresi tra 8 e 12 N/mm<sup>2</sup>.

Le suddette verifiche saranno effettuate sui materiali prodotti in un impianto già qualificato dall'APPALTATORE, con frequenza minima giornaliera

Ogni prova sarà effettuata presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI

Ognuna delle prove sarà certificata su documento riportante:

- dati identificativi del lotto di produzione
- data della prova;
- individuazione dell'impianto di produzione;
- individuazione del laboratorio;
- esito della prova.

I materiali di fornitura, necessari ad uno strato di 1000 m<sup>2</sup> di sub ballast, saranno accompagnati da un certificato, emesso dall'impianto di preparazione del conglomerato, attestante la conformità del lotto alle specifiche del presente Capitolato, sia per quanto riguarda i materiali impiegati che il conglomerato pronto per l'uso.

Nel caso di fornitura di lotti di entità inferiore all'equivalente di 1000 m<sup>2</sup> di strato di subballast, ognuno di essi sarà certificato allo stesso modo di cui sopra.

L'APPALTATORE determinerà, all'atto di qualificazione di ciascun impianto, la curva di lavoro che intenderà impiegare e la certificherà trasmettendola alla DIREZIONE LAVORI.

Tale curva sarà conservata per tutta la durata del lavoro entro le tolleranze riportate nella sez. I, del presente capitolato.

## **6.6.2 Specifica di controllo qualità per pavimentazioni stradali**

### **6.6.2.1 Controlli sulle forniture di materiali**

Per l'esecuzione delle pavimentazioni è previsto e consentito l'utilizzo dei materiali di seguito specificati.

Tutti i materiali saranno forniti da cave, impianti di miscelazione e preparazione dei conglomerati opportunamente qualificati dall'APPALTATORE.

Il fornitore dovrà provvedere inoltre alle prove che saranno di seguito richieste e specificate.

L'APPALTATORE dovrà chiaramente specificare quanto sopra nell'ordine di fornitura.

Il servizio di C.Q. dell'APPALTATORE ha il compito di prequalificare i fornitori selezionati per le varie forniture di materiali, e di controllarne la qualifica in corso d'opera.

Fornitori non qualificati non potranno essere accettati.

I nominativi dei fornitori qualificati saranno notificati alla DIREZIONE LAVORI DELLA COMMITTENTE.

La documentazione di qualificazione delle cave e degli impianti sarà conservata a cura del responsabile di CQ dell'APPALTATORE e su richiesta sarà inviata per esame alla DIREZIONE LAVORI.

### **6.6.2.2 Materiali utilizzati**

- a) Strati di sottofondazioni: ghiaietto, pietrischetto, pozzolana.
- b) Strati di fondazione: miscele di sabbia, ghiaia e pietrisco, pozzolana stabilizzata con calce idrata.
- c) Strati di base: Conglomerato bituminoso di ghiaia mista o frantumato misto cava.

### **6.6.2.3 Prove sui materiali**

Ogni controllo dovrà essere certificato da apposito documento che, oltre all'esito delle prove o verifiche, dovrà chiaramente indicare:

- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del certificato;

Le certificazioni suddette accompagneranno sempre il lotto all'atto del conferimento in sede di posa in opera.

Le prove dovranno essere effettuate da laboratori qualificati dall'APPALTATORE ed approvati dalla DIREZIONE LAVORI. I certificati di prove saranno conservati nel dossier di qualificazione della cava/inerti.

#### 6.6.2.4 Strato di sottofondazione

##### **Ghiaietto o pietrischetto:**

- Prova al crivello 4 UNI: percentuale massima passante 5%
- Verifica ottica delle dimensioni che debbono essere comprese nei limiti di 4 - 20 mm.
- Controllo della omogeneità litologica.

Le prove saranno effettuate dal C.Q. del fornitore in cava ogni 2.000 mc ed i relativi certificati saranno conservati nel dossier di qualificazione della cava.

Ogni lotto fornito sarà accompagnato da certificazione di conformità.

##### **Pozzolana (o materiale locale di analoghe caratteristiche).**

Il Responsabile di C.Q. dovrà verificare che la pozzolana sia ricavata, da cava qualificata, dall'APPAL-TATORE, da strati mondi da cappellaccio ed esente da sostanze eterogenee e da parti inerti e si presenti perfettamente asciutta e rispondente a tutti i requisiti previsti dalla normativa vigente ed in particolare dai R.D. 16/11/1939 n. 2230.

#### 6.6.2.5 Strato di fondazione

##### **Miscela inerte sabbia, ghiaia e pietrisco**

- Verifica ottica della forma: debbono essere assenti forme appiattite, allungate e lenticolari.
- Prova granulometrica effettuata utilizzando crivelli e setacci riportati al relativo punto
- risultati debbono avere andamento continuo concorde con le curve limiti riportate alla voce citata.
- Dovranno inoltre essere rispettate dimensioni massime degli elementi e rapporto tra i passanti, indicati dalle prescrizioni del presente capitolato.
- Prova di usura "Los Angeles": Il risultato non deve essere superiore al 30% in peso con riferimento alla frazione granulometrica analizzata.
- Determinazione del coefficiente di qualità (Deval) del pietrisco: valore limite inferiore 12.
- Determinazione del coefficiente di frantumazione del pietrischetto e della graniglia secondo CNR fasc.4/1 953: limite minimo 200.

Per miscele contenenti meno del 60% di elementi a spigoli vivi, si dovranno effettuare le seguenti ulteriori prove:

- Equivalente in sabbia (CNR B.U. n°27) misurato sulla frazione passante al crivello 5, con limite di accettabilità compreso tra 25 e 65% in peso del passato. Il valore minimo 65 può essere variato in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.
- Indice di portanza CBR (T CNR- UNI 10009) eseguito sul passato al crivello 25 dopo 4 giorni di imbibizione in acqua.
- Il valore deve essere non inferiore a 50.

Le prove saranno effettuate dal C.Q. del fornitore in cava ogni 2.000 mc ed i relativi certificati saranno conservati nel dossier di qualificazione della cava.

Ogni lotto fornito sarà accompagnato da certificazione di conformità.

#### **Pozzolana stabilizzata con calce idrata**

##### **a) Controlli materiali**

Il responsabile di C.Q. dovrà accertare che:

- la pozzolana sia conforme a quanto prescritto dal capitolato;
- la calce idrata in polvere sia confezionata in imballaggi di carta e conservata in locali bene asciutti. Ogni lotto sarà accompagnato da certificazione di conformità del fornitore ed i relativi certificati saranno conservati nel dossier di qualificazione materiali;
- siano effettuate delle prove di qualifica dell'impasto della malta in laboratorio di cantiere qualificato come prescritto dal presente capitolato.

##### **b) Controlli in opera**

- verifica della sagoma e quote del piano posato di fondazione;
- verifica dell'uniforme miscelazione dell'impasto;
- verifica delle condizioni ambientali (assenza di neve, pioggia, gelo);
- verifica del costipamento che dovrà raggiungere una densità in sito non inferiore al 95% della prova AASHTO modificata;
- verifica dello spessore con +1-5% di tolleranza;

#### **6.6.2.6 Strato di base in materiale granulare**

- Prove di granulometria per sabbia, ghiaia o pietrisco, con i setacci prescritti dal Capitolato di Costruzione.
- Prove sui bitumi solidi secondo le "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali", fascicolo n.24 - CNR ediz. 1974.

Prove di stabilità e scorrimento secondo la prova Marshall a 60°C (prova ASTM D1559) con costipamento a 75 colpi di maglio per faccia.

Le prove saranno effettuate dal C.Q. del fornitore presso il suo impianto di confezionamento, ogni 2.000 mq di strato di base posto in opera, per la parte bitume ed in cava per gli inerti ed i relativi certificati saranno conservati nella documentazione di qualificazione degli impianti.

Ogni lotto fornito sarà accompagnato da certificazione di conformità, sia degli inerti che del bitume.

### **6.6.3 Controlli in corso d'opera**

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'APPALTATORE dovrà disporre del modello P.C.Q. indicato al relativo punto

Il P.C.Q. sarà redatto in accordo a quanto indicato sulla presente specifica e dovrà essere sottoposto all'approvazione della DIREZIONE LAVORI solo nel caso in cui l'APPALTATORE apporti delle modifiche alla struttura dei certificati od alla tipologia delle fasi di controllo.

Il responsabile di C.O. deve quindi:

- redigere e gestire i P.C.Q. per l'attività in accordo alle relative specifiche, per ogni tratto di pavimentazione individuata in modo univoco sulle planimetrie di progetto;
- registrare i risultati dei controlli effettuati in corso d'opera in accordo alla presente specifica di C.O.;
- accertarsi che la documentazione richiesta ai fornitori dei materiali sia disponibile e conforme, prima della loro messa in opera;
- archiviare tutta la documentazione di C.O. in modo che sia sicura e facilmente rintracciabile;
- non dare luogo ad altri lavori sui lotti di pavimentazione che non abbiano superato i controlli, risultando quindi non conformi alle specifiche ed al contratto; i lavori potranno essere ripresi sui lotti in questione soltanto a valle delle azioni correttive delle difformità riscontrate.

Per ogni lotto di pavimentazione, dovranno essere annotati sul relativo certificato compreso nel PCQ:

- tipo di prova eseguita,
- data di esecuzione,
- nome e firma dell'operatore addetto al controllo,
- controfirma di accettazione della DIREZIONE LAVORI quando richiesta.

Le modalità di esecuzione dei controlli è di seguito specificata; essi saranno eseguiti in corso d'opera dal C.O. dell'APPALTATORE, in accordo alla presente specifica ed a quanto richiesto nel P.C.Q. relativo.

#### **6.6.3.1 Strato di fondazione in materiale granulare**

Preliminarmente si dovrà accertare che il piano di posa dello strato di fondazione abbia le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti dal progetto Costruttivo e che sia ripulito da materiale estraneo.

Sul materiale posto in opera con le modalità e le prescrizioni del presente Capitolato di Costruzione e dei disegni di progetto saranno eseguiti i seguenti controlli:

- Equivalente in sabbia (CNR B.U. n° 27) misurato sulla frazione passante al crivello 5. La prova va effettuata sul materiale aggregato prelevato dopo costipamento. Il valore deve essere compreso tra 25 e 65% in fase del passato. Il valore minimo 65 può essere variato in funzione delle provenienza e delle caratteristiche del materiale: il materiale da usarsi in trincea dovrà avere plasticità = 0; in corrispondenza di un rilevato dovrà avere plasticità minore di 4. Se le miscele contengono oltre il 60% di elementi a spigoli vivi, la prova non andrà effettuata.
- Densità di costipamento determinato secondo la norma CNR B.U: n°69, escludendo gli elementi trattenuti al setaccio 3/4" - il risultato deve essere superiore al 95% della densità di riferimento minima fornita dalla prova AASHTO modificata. Se la miscela contiene fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta (AASHTO modificata, ottenuta in laboratorio) verrà corretta in base alla seguente formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100 - x}{da} + \frac{x}{Pc}}$$

ove:

dc = densità corretta

da = densità AASHTO modificata

Pc = peso spec. elementi maggiori 25 mm

x = percentuale in peso degli elementi maggiori di 25 mm

- Misura del modulo di ciclo di carico che deve essere superiore a 1.000 kg/cm<sup>2</sup>
- Misura dello spessore prescritto; sono ammesse variazioni i 5% purché saltuarie.
- Verifica della sagoma secondo le modalità e limiti di accettabilità indicati nel Capitolato di Costruzione.

Tutte le prove saranno effettuate con le seguenti frequenze:

- 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup> di strada di categoria A
- 1 prova ogni 4000 m<sup>2</sup> di strada di categoria B
- 1 prova ogni 10000 m<sup>2</sup> di strada di categoria C

e comunque con almeno una prova per ogni opera.

Tutte le suddette prove saranno effettuate presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla DIREZIONE LAVORI, in tal caso la DIREZIONE LAVORI indicherà i punti di campionamento.

Il Responsabile dei controlli dell'APPALTATORE registrerà l'esito delle prove sul relativo certificato incluso nel P.C.Q. come definito nell'apposita procedura.

#### **6.6.3.2 Strato di base (in materiale granulare)**

- Controllo del peso specifico dello strato costipato con quello del previsto ottenimento con il metodo Marshall.
- Il valore trovato non deve essere inferiore al 98% di quello di riferimento. (Norma CNR BU n.40).
- Controllo dei vuoti contenuti nel campione di strato prelevato (Norma CNR - BU n.39): risultato inferiore al 7%.
- Controllo della sagoma rispetto alle tolleranze previste
- Misura dello spessore prescritto; sono ammesse variazioni  $\pm 5\%$  purché saltuarie.



Tutte le prove saranno effettuate con le seguenti frequenze:

- 1 prova ogni 1000 m2 di strada di categoria A e
- 1 prova ogni 4000 m2 di strada di categoria B

e comunque con almeno una prova per ogni opera.

Per ogni lotto eseguito da una medesima squadra di lavoro si controllerà che la stesa del materiale avvenga a temperatura superiore a 130°C.

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla DIREZIONE LAVORI, che in tal caso indicherà i punti di campionamento.

Le suddette prove saranno effettuate in laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Gli esiti di tutte le prove e controlli saranno riportati sul relativo certificato compreso nel P.C.Q.



## 6.7 APPENDICE 1: RIFERIMENTI NORMATIVI

Legge 4 Agosto n. 464 - "Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale"

Decreto Min. LL.PP. del 16/01/96 - Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"

Circolare n. 156 AA.GG./STC del Ministero dei LL.PP. del 04/07/1996 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16.01.1996

Legge 05/11/71 n° 1086 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 09/01/96 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Circolare LL.PP. n° 252 AA.GG/stc del 15/10/96 "Istruzione per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 09/01/96.

Decreto Min. LL.PP. 11/3/88 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"

Circolare Min. LL.PP. 24/9/88 n.30483 - "L.2.2.1974, n. 64 - art. 1 - D.M. 11/3/88 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"

Decreto Presidente della Repubblica 21/4/1993 n. 246 - "Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da calcestruzzo"

Circolare Min. LL.PP. 117/7/1987 n. 2337 "Provvedimenti per la sicurezza stradale. Barriere stradali - Specifica per l'impiego delle barriere in acciaio"

Decreto 30/4/1992 n. 285 "Nuovo codice della strada"

DPR 16/12/1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada".

ASTM D 1883/61T

AASHTO T 180-57

Norme svizzere VSS-SNV 70317

Elenco delle norme elaborate dalla Commissione di studio per le norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade, pubblicate sul Bollettino Ufficiale del CNR, Parte IV (Norme Tecniche).

Le suddette norme sono state raggruppate, al fine di consentire una più agevole consultazione delle medesime.

#### Gruppo I

Progettazione, costruzione, manutenzione

#### Gruppo II

Materiali stradali - Sovrastrutture

1 - Geotecnica stradale

2 - Aggregati e filler

3 - Leganti idrocarburici e miscele con aggregati

a - leganti

b - miscele

4 - Leganti idraulici e miscele con aggregati

a - leganti

b - miscele

5 - Sovrastrutture

a - caratteristiche di portanza

b - caratteristiche superficiali

6 - Geotessili e geomembrane

#### Gruppo I Progettazione, costruzione, manutenzione

C.N.R.-B.U. n. 60	(26/4/78) -	Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle strade urbane
C.N.R.-B.U. n. 77	(05/5/80) -	Istruzioni per la redazione dei progetti di strade (Sost. B.U. n. 5 - 1967)
C.N.R.-B.U. n. 78	(28/7/80) -	Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane (Sost. in parte B.U. n. 31 - 1973)
C.N.R.-B.U. n. 90	(15/4/83) -	Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane
C.N.R.-B.U. n. 91	(02/5/83) -	Istruzioni per la determinazione della redditività degli investimenti stradali
C.N.R.-B.U. n. 125	(20/4/88) -	Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale
C.N.R.-B.U. n. 150	(15/12/92) -	Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane

#### Gruppo II Materiali stradali - Sovrastrutture

## 1 - Geotecnica stradale

C.N.R.-B.U. n. 22	(03/2/72) -	Peso specifico apparente di una terra in sito
C.N.R.-B.U. n. 23	(14/12/71) -	Analisi granulometrica di una terra mediante crivelli e setacci
C.N.R.-B.U. n. 25	(27/1/72) -	Campionatura di terre e terreni
C.N.R.-B.U. n. 27	(30/3/72) -	Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia
C.N.R.-B.U. n. 69	(30/11/73) -	Norme sui materiali stradali Prova di costipamento di una terra (Sost. B.U. n. 8 - 1967)
C.N.R.-B.U. n. 104	(27/11/84) -	Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali

## 2 - Aggregati e filler

C.N.R.-B.U. n. 34	(28/3/73) -	Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio "Los Angeles"
C.N.R.-B.U. n. 62	(09/5/78) -	Determinazione della massa volumica apparente di aggregati non addensati
C.N.R.-B.U. n. 63	(15/5/78) -	Determinazione della massa volumica apparente dei granuli di aggregato
C.N.R.-B.U. n. 64	(16/5/78) -	Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato
C.N.R.-B.U. n. 65	(18/5/78) -	Determinazione della: a) porosità dei granuli di aggregati - b) percentuale dei vuoti di aggregati - c) indice dei vuoti di aggregati
C.N.R.-B.U. n. 75	(08/4/80) -	Determinazione del quantitativo di materiale fino di un aggregato passante al setaccio da 0,075 mm
C.N.R.-B.U. n. 76	(21/4/80) -	Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con tavola a scosse
C.N.R.-B.U. n. 80	(15/11/80) -	Determinazione della sensibilità al gelo di aggregati lapidei per sovrastrutture stradali
C.N.R.-B.U. n. 93	(11/7/83) -	Campionatura di aggregati
C.N.R.-B.U. n. 95	(31/1/84) -	Forma di aggregati lapidei
C.N.R.-B.U. n. 109	(20/12/85) -	Norme sugli aggregati: determinazione del coefficiente di usura Micro - Deval
C.N.R.-B.U. n. 113	(20/3/86) -	Norme sugli aggregati: determinazione del coefficiente di afflusso della frazione 0,075/4 mm

C.N.R.-B.U. n. 122	(20/1/88) - Norme sugli aggregati: determinazione della influenza di un filler su punto di rammollimento palla-anello di un legante idrocarburico
C.N.R.-B.U. n. 123	(27/1/88) - Norme sugli aggregati: determinazione della percentuale dei vuoti del filler secco costipato secondo "Rigden"
C.N.R.-B.U. n. 137	(15/10/92) - Norme sugli aggregati: determinazione del coefficiente di imbibizione
C.N.R.-B.U. n. 138	(15/10/92) - Norme sugli aggregati: prova di spogliamento di una miscela di legante idrocarburico e aggregati lapidei in presenza di acqua
C.N.R.-B.U. n. 139	(15/10/92) - Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali
C.N.R.-B.U. n. 140	(15/10/92) - Misura del coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie
UNI 8520 p.te 15	Determinazione dell'equivalente in sabbia e del valore di blu degli aggregati fini
3 - Leganti idrocarburici e miscele con aggregati	
a - leganti	
C.N.R.-B.U. n. 24	(29/12/71) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: penetrazione
C.N.R.-B.U. n. 35	(22/11/73) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: punto di rammollimento (Metodo palla e anello)
C.N.R.-B.U. n. 43	(06/06/74) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: punto di rottura (metodo Fraass)
C.N.R.-B.U. n. 44	(29/10/74) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: duttilità
C.N.R.-B.U. n. 48	(24/02/75) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: solubilità in solventi organici
C.N.R.-B.U. n. 50	(17/3/76) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: perdita per riscaldamento (volatilità)
C.N.R.-B.U. n. 54	(10/3/77) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: perdita per riscaldamento (volatilità) in strato sottile

C.N.R.-B.U. n. 66	(20/5/78) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: contenuto di paraffina
C.N.R.-B.U. n. 67	(22/5/78) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova: densità a 25/25°C
C.N.R.-B.U. n. 68	(23/5/78) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Caratteristiche per l'accettazione
C.N.R.-B.U. n. 72	(22/12/79) - Norme per la caratterizzazione dei bitumi per usi stradali. Metodi di prova determinazione del punto di infiammabilità (metodo Cleveland a vaso aperto)
C.N.R.-B.U. n. 81	(31/12/80) - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali. Campionatura dei bitumi
C.N.R.-B.U. n. 98	(26/5/84) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Campionatura delle emulsioni bituminose.
C.N.R.-B.U. n. 99	(29/5/84) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Metodi di prova: determinazione della polarità delle particelle di bitume
C.N.R.-B.U. n. 100	(31/5/84) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Metodi di prova: determinazione del contenuto di legante mediante distillazione
C.N.R.-B.U. n. 101	(16/7/84) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Metodi di prova: determinazione del contenuto di acqua
C.N.R.-B.U. n. 102	(23/7/84) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Metodi di prova: determinazione della viscosità Engler a 20 °C
C.N.R.-B.U. n. 103	(31/7/84) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Metodi di prova: determinazione del trattenuto al setaccio 0.85 mm
C.N.R.-B.U. n. 124	(5/2/88) - Norme per l'accettazione delle emulsioni per usi stradali. Metodi di prova: determinazione della sedimentazione a 5 giorni
b - miscele	
C.N.R.-B.U. n. 30	(15/3/73) - Determinazione della stabilità e dello scorrimento di miscele di bitume e inerti lapidei a mezzo dell'apparecchio Marshall
C.N.R.-B.U. n. 38	(21/3/73) - Determinazione del contenuto di legante di miscele di bitume e aggregati lapidei

C.N.R.-B.U. n. 39	(23/3/73) - Determinazione della porosità o percentuale dei vuoti di miscele di aggregati lapidei con bitume o catrame
C.N.R.-B.U. n. 40	(30/3/73) - Determinazione del peso di volume di miscele di aggregati lapidei con bitume o catrame
C.N.R.-B.U. n. 61	(05/5/78) - Campionatura di conglomerati bituminosi
C.N.R.-B.U. n.106	(10/4/85) - Determinazione della deformabilità a carico costante di miscele bituminose e calcolo del modulo complesso
C.N.R.-B.U. n.130	(21/11/89) - Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Determinazione della resistenza a compressione e della suscettibilità all'acqua di miscele di aggregati lapidei ed emulsioni bituminose
C.N.R.-B.U. n.133	(14/12/91) - Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Recupero del bitume da una soluzione col metodo Abson
C.N.R.-B.U. n.134	(19/12/91) - Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume
C.N.R.-B.U. n.136	(27/12/91) - Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Determinazione della deformazione (impronta) di miscele di aggregati lapidei e bitume sotto carico statico
C.N.R.-B.U. n.148	(14/12/92) - Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Istruzioni sui conglomerati a freddo ottenuti con emulsioni bituminose
C.N.R.-B.U. n.149	(15/12/92) - Norme sulle miscele di aggregati e leganti idrocarburici. Valutazione dell'effetto di immersione in acqua sulle proprietà di una miscela (sost. B.U. n. 121 - 1987)

#### 4 - Leganti idraulici e miscele con aggregati

##### a - leganti

##### b - miscele

C.N.R.-B.U. n. 29	(07/11/72) - Norme sui misti cementati
C.N.R.-B.U. n. 36	(21/2/73) - Stabilizzazione delle terre con calce
C.N.R.-B.U. n. 97	(31/3/84) - Prove distruttive sul calcestruzzo. Prova di resistenza a trazione indiretta (Prova Brasiliana)

#### 5 - Sovrastrutture

##### a - caratteristiche di portanza

C.N.R.-B.U. n. 92	(09/5/83) - Determinazione del modulo di reazione "k" dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare
C.N.R.-B.U. n. 141	(06/3/92) - Determinazione della deflessione di una sovrastruttura flessibile o di un sottofondo stradale mediante il deflettometro Benkelmann
C.N.R.-B.U. n. 146	(14/12/92) - determinazione del modulo di deformazione Md e Md' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare (sostituisce B.U. n. 9 - 1967)
b - caratteristiche superficiali	
C.N.R.-B.U. n. 94	(15/10/83) - Norme per la misura delle caratteristiche superficiali delle pavimentazioni. Metodo di prova per la misura della macrorugosità superficiale con il sistema della altezza di sabbia
C.N.R.-B.U. n. 105	(15/3/85) - Norme per la misura delle caratteristiche superficiali delle pavimentazioni. Metodo di prova per la misura della resistenza di attrito radente con l'apparecchi portatile a pendolo
C.N.R.-B.U. n. 147	(14/12/92) - Norme per la misura delle caratteristiche superficiali delle pavimentazioni. Metodo di prova per la misura del coefficiente di aderenza con l'apparecchio S.C.R.I.M.
6 - Geotessili e geomembrane	
C.N.R.-B.U. n.110	(23/12/85) - Determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile
C.N.R.-B.U. n.111	(24/12/85) - Determinazione dello spessore del geotessile sotto carichi prefissati
C.N.R.-B.U. n.142	(15/10/92) - Norme sui geotessili. Prova di trazione sui geotessili non tessuti.
C.N.R.-B.U. n.143	(15/10/92) - Norme sui geotessili. Determinazione della resistenza alla lacerazione
C.N.R.-B.U. n.144	(15/10/92) - Norme sui geotessili. Determinazione della permittività idraulica e del corrispondente coefficiente di permeabilità trasversale nominali
C.N.R.-B.U. n.145	(15/10/92) - Norme sui geotessili. Prova di filtrazione su geotessili: determinazione del diametro massimo del materiale passante

Sono inoltre in corso di rielaborazione e sostituzione le seguenti Norme e Istruzioni edite in anni precedenti e tuttora in parte valide:

Lavori di modifica al piano del ferro di Bari Scalo, necessari a rendere funzionale la fermata di Bari policlinico e il raddoppio Bari Policlinico-Bari S. Andrea.  
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE



A - Fascicoli separati

Norme C.N.R. per l'accettazione di:

- n. 1/1951 - Catrami per usi stradali
- n. 5/1954 - Cubetti di pietra per pavimentazioni stradali
- n. 6/1956 - Polveri di rocce asfaltiche per pavimentazioni stradali
- n. 7/1957 - Bitumi liquidi per usi stradali
- n. 8/1958 - Emulsioni bituminose per usi stradali

B - Norme C.N.R. - UNI

UNI EN 13242:2004, UNI EN 13285:2004, UNI EN ISO 14688-1:2003.- Tecnica di impiego delle terre

UNI 10007/1963 - Opere murarie

CEN ISO/ TS 17892-1 (edizione ottobre 2004). - Umidità di una terra

UNI EN 13286-47 - Indice di portanza CBR di una terra

UNI EN 15326/2009- Bitumi e leganti bituminosi - Misura della massa volumica e del peso specifico

UNI EN 1097/6 - Prove sulle terre - peso specifico dei granuli

UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005- Determinazione dei limiti di consistenza o di Atterberg di una terra

## 7. ARMAMENTO FERROVIARIO

### 7.1 Pietrisco per massicciata ferroviaria

Il pietrisco, naturale o ricavato da frantumazione di rocce, da utilizzare per i lavori di costruzione a nuovo, di rinnovamento e di manutenzione della massicciata ferroviaria dovrà rispondere a quanto definito dalla Specifica Tecnica di RFI con codifica RFI DINIC SF AR 04 001 A, 2<sup>a</sup> categoria, che si intende qui richiamata integralmente.

### 7.2 Traverse e organi di attacco

Il progetto prevede l'uso di traverse con caratteristiche geometriche, meccaniche e prestazionali adeguate all'impiego con armamento ferroviario 50 UNI a scartamento ridotto. Le traverse devono essere complete di sistema di attacco rotaia-traversa che permetta di garantire la variazione continua dello scartamento da 950 a 980 mm.

Le traverse devono essere predisposte per gli attacchi elastici tipo W14 di cui ai paragrafi successivi.

In sede di approvazione materiali, l'Appaltatore deve sottoporre all'appaltatore il Piano di Fabbricazione e Controllo delle traverse, il quale deve comprendere fra l'altro:

- le fasi di produzione;
- i tipi e le modalità di controllo per ogni fase;
- la frequenza dei controlli;
- il/i responsabile/i dei controlli;
- i documenti emessi ad ogni controllo.

Per i principali parametri dimensionali vengono definiti i seguenti valori:

Parametro	Traversa monoblocco
Lunghezza della traversa riferita al piano di appoggio	1700÷1900 mm
Lunghezza dei singoli blocchetti	-

Parametro	Traversa monoblocco
Larghezza della traversa riferita al piano di appoggio	280÷300 mm
Larghezza della traversa riferita al piano di appoggio nel tratto centrale della traversa	-
Altezza della traversa nella sezione sottorotaia	160÷200 mm
Altezza della traversa nella sezione di mezzzeria	≥ 150 mm
Inclinazione del piano di appoggio della rotaia	1/20
Massa teorica della traversa compresi inserti di ancoraggio di primo livello	≥ 170 kg

La traversa deve ospitare, un sistema di fissaggio della rotaia in grado di garantire una variazione di scartamento  $\Delta S=30$  mm. Pertanto dovranno essere presentati gli elaborati progettuali esecutivi, rilasciati dal progettista o dal produttore del sistema di attacco, che dimostrino l'effettiva realizzabilità della variazione di scartamento sopra menzionata (950÷980 mm), senza modificare le caratteristiche dimensionali della traversa.

I materiali con cui le traverse sono realizzate devono essere selezionati per garantire la durabilità del calcestruzzo. Devono essere rintracciabili e correlabili ai relativi bollettini prove e DC emesse a fronte di accettazione.

Il cemento deve essere preferibilmente del tipo Portland UNI EN 197-1 CEM I con classe di resistenza non inferiore a 42,5 . Può essere utilizzato cemento di classe diversa dalla I solo se il produttore può dimostrare la durabilità del manufatto e tale dimostrazione venga approvata dal Committente

Il Fornitore deve avvalersi di cementifici operanti nell'ambito di un SGQ certificato.

Il cemento utilizzato deve essere sottoposto alle prove previste dalla normativa vigente, con una frequenza non inferiore a quella fissata dalla UNI EN 197-1.

Il Fornitore deve ottenere i certificati attestanti le caratteristiche chimiche e fisiche del cemento utilizzato.

Gli aggregati devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze pulverulente, limose o argillose, di gesso, di sostanze organiche o comunque nocive all'indurimento del CLS e alla conservazione delle armature.

Gli aggregati utilizzati devono essere acquisiti dal Fornitore con dichiarazione di conformità CE secondo quanto previsto dalla UNI EN 12620.

L'acqua utilizzata deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

L'additivo utilizzato per il confezionamento del calcestruzzo deve essere esente da cloruri secondo la norma EN 934-2: la conformità del tipo di additivo deve essere verificata come previsto dalla normativa UNI EN 934-2. Il dosaggio deve essere conforme a quanto previsto dalla UNI EN 206-1.

Il CLS utilizzato per la produzione dei manufatti, sarà conforme a quanto specificato nella norma EN 206-1.

Gli inserti dell'attacco rotaia/traversa sono definiti in base al sistema di attacco utilizzato e devono essere rispondenti ai disegni ed alle specifiche tecniche definite dal sistema stesso. All'uopo il fornitore dovrà presentare elaborati grafici completi dell'insieme attacco-traversa, per il tipo di rotaia 50 UNI, in cui siano perfettamente individuabili le caratteristiche dimensionali delle sedi dell'attacco rotaia – traversa e del sistema di attacco medesimo. Le traverse, sia normali che speciali dovranno consentire l'allargamento dello scartamento da 950 a 980 mm. A tal fine il fornitore dovrà presentare la documentazione tecnica relativa al sistema di attacco come definita nella successiva parte IV della presente specifica.

Le superfici di tali componenti, che rimangono a contatto con il calcestruzzo, saranno prive di sporcizia, olio, ruggine o qualsiasi altro tipo di contaminante.

Le traverse saranno fornite complete di attacchi elastici Tipo W 14 Per Binario Con Traverse Tipo RFI230V.

Questo tipo di attacco elastico trova impiego per il binario su ballast armato con rotaie da 50 kg/m e utilizza i seguenti componenti:

- piastre sottorotaia tipo Zwp 700/150;
- i ramponi tipo Skl 14;
- le caviglie Ss 25 e le rondelle Uls 7;
- i piastrini di scartamento.

I componenti degli attacchi elastici dovranno essere forniti con relativa dichiarazione di conformità e in regime di qualità.

## 7.3 Rotaie

Le rotaie dovranno essere nuove di fabbrica, in barre di acciaio della lunghezza da 36 m, non forate alle estremità, del tipo 50E5 – qualità 900A (Fe880-1).

### **Profilo, caratteristiche dimensionali, lunghezza e tolleranze**

Le caratteristiche dimensionali e le tolleranze delle rotaie tipo UNI 3141 - 50 sono definite dalla stessa UNI 3141.

Le rotaie devono essere fornite in barre da 36 m o più lunghe.

### **Materiale**

La qualità dell'acciaio deve essere Fe 880-2 UNI 6328, equivalente alla qualità 900A secondo la fiche UIC 860.

### **Forature delle estremità**

Le rotaie devono essere fornite non forate.

### **Marcatura**

Come da UNI 3141, punto 7.

### **Processo di fabbricazione delle rotaie e condizioni di collaudo**

Come da UNI 6328.

## 7.4 Deviatori

### Condizioni tecniche di costruzione

Per la costruzione degli scambi e intersezioni con armamento 50 UNI vanno rispettate le "condizioni tecniche per la fornitura di scambi del tipo 50 UNI con cuori fusi" ST ed. 1/4/1982 di RFI.

Le tolleranze da applicare sono definiti nella nota DI/DMA.IM.OC/009/721 del 04/11/02 di RFI.

Gli scambi saranno posati su traversoni in legno o in c.a.p. come meglio specificato negli elaborati di progetto.

### Forma e dimensioni

La forma e le dimensioni dei singoli pezzi costituenti gli scambi e gli scambi medesimi dovranno corrispondere ai disegni dei particolari e di insieme del progetto.

### Rotaie

Le rotaie utilizzate dovranno corrispondere a quanto richiesto nella specifica tecnica di fornitura di rotaie e barre per aghi di acciaio per linee ferroviarie RFI TCAR SP AR 02 001 A sett. '04.

### Caratteristiche Generali

Gli scambi e le intersezioni dovranno essere conformi agli standard FS/RFI, dei tipi per posa su traverse in legno con attacco "K" o su traverse in c.a.p. con attacco elastico W14.

### Caratteristiche Principali

- scartamento 950 mm,
- armamento 50E5,
- qualità delle rotaie 900 A,
- aghi a cerniera elastica in qualità 900 A,
- cuori di rotaie assiemati con chiodi ad alta resistenza a bloccaggio irreversibile o a cuore fuso monoblocco per inserimento in L.R.S.

### Materiali

- rotaie, aghi e controrotaie in qualità 900A
- cuscinetti:
  - se in acciaio stampato in Fe 510 B UNI 7746;
  - se in acciaio fuso in Fe G 520 UNI 3158;
  - se ottenuti di saldatura in Fe 360 B UNI 7070.
- blocchi:
  - se in acciaio stampato in Fe 410 B UNI 7746;
  - se in acciaio fuso in Fe G 520 UNI 3158;
  - se in ghisa fusa in G 20 UNI 5007.

- piastre e piastroni:
  - se in acciaio laminato in Fe 360 B UNI 7070;
  - se in acciaio stampato in Fe 360 C UNI 7746;
  - se in acciaio fuso in Fe G 520 UNI 3158;
  - se ottenute con saldatura in Fe 360 B UNI 7070.
- piastrine:
  - se in acciaio laminato in Fe 430 B UNI 7070;
  - se in acciaio stampato in Fe 410 B UNI 7070;
- rosette elastiche doppie in acciaio laminato ricotto bianco UNI 6217.

## **7.5 Saldature**

Per la giunzione delle barre di rotaia a formare la Lunga Rotaia Saldata saranno realizzate esclusivamente saldature con procedimento elettrico a scintillio. Solo per il montaggio dei deviatori, il loro inserimento lungo linea e la posa di giunti isolanti incollati saranno realizzate saldature con procedimento alluminotermico.

Tutte le tipologie di saldature saranno eseguite secondo quanto di seguito descritto.

### **7.5.1 Saldatura alluminotermica**

Le saldature con alluminotermico saranno eseguite con il procedimento PRL in conformità all'Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

Particolare attenzione verrà posta nelle operazioni di taglio delle rotaie che dovrà avvenire rispettando strettamente l'istruzione tecnica citata.

### **7.5.2 Saldatura elettrica a scintillio**

Le saldature con procedimento elettrico a scintillio saranno eseguite in conformità all'Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A.

Particolare attenzione verrà posta nelle operazioni di taglio delle rotaie che dovrà avvenire rispettando strettamente l'istruzione tecnica citata

## **7.6 Picchettazioni**

### **7.6.1 Rilievo e picchettazione su base assoluta**

Per ricostruire con la necessaria precisione la geometria dei binari esistenti si provvederà alla realizzazione e definizione di una rete topografica su base assoluta, eseguita con l'ausilio di strumenti GPS, Stazione Totale e Livello Digitale, tutti di altissima precisione, consistente in:

- misurazione di vertici IGM per la definizione dei punti necessari alla realizzazione della poligonale;
- realizzazione della rete di raffittimento per ogni vertice al fine della costruzione della poligonale principale;
- realizzazione della poligonale di irradiazione per il raffittimento della poligonale principale, esecuzione di livellazione di altissima precisione per la definizione altimetrica dei vertici della poligonale;
- fornitura e posa in opera di pioli e relative misurazioni per la definizione delle coordinate assolute dei pioli con preparazione dei fori di ancoraggio, fissaggio e rilievo dei perni portaprisma.

Le operazioni in campo saranno poi completate con il rilievo della posizione del binario esistente e di raddoppio e degli scambi rispetto all'asse di progetto, eseguito con stazione totale topografica e carrellino di misura.

Dovranno essere consegnati alla stazione appaltante adeguati report contenenti i dati relativi a:

- coordinate assolute di tutti i vertici delle poligonali eseguite con relative monografie,
- coordinate del binario,
- coordinate assolute dei pioli messi in opera,
- scostamenti dal piolo alla rotaia più vicina riferita al binario esistente,
- scostamenti dal piolo alla rotaia più vicina riferita al binario di raddoppio.

I dati forniti dovranno essere interfacciabili con i sistemi automatici di posizionamento del binario delle macchine rinalzatrici che saranno utilizzate per il posizionamento dei binari standard e coordinate di progetto.

Il tutto dovrà essere eseguito nel rispetto delle specifiche tecniche di riferimento, con particolare riguardo alla specifica RFI TCAR ST AR 01 002 A del 30.07.2002 ed eventuali aggiornamenti.

### **7.6.2 Curve Planimetriche**

Oltre al sistema assoluto, saranno realizzati anche alcuni picchetti tradizionali. La picchettazione di riferimento delle curve planimetriche sarà realizzata posizionando i picchetti all'esterno della sede ferroviaria, su entrambi i lati, ad una distanza di 1,5 m dalla rotaia più vicina. Sulla suola dello spezzone di rotaia utilizzato come picchetto dovrà essere ben visibile la quota a cui è posta la rotaia della corda bassa.

In corrispondenza di ogni curva di binario e su entrambi i lati della sede ferroviaria saranno realizzati 7 picchetti corrispondenti esattamente a:

- 2 picchetti posti sul rettifilo, esattamente 10m prima dell'inizio dei raccordi parabolici;
- 2 picchetti posti all'inizio dei raccordi parabolici;
- 2 picchetti ai punti di tangenza tra raccordo parabolico e curva circolare;
- 1 picchetto in mezzzeria del raccordo circolare.

### **7.6.3 Raccordi altimetrici**

La picchettazione di riferimento dei raccordi altimetrici sarà realizzata posizionando i picchetti all'esterno della sede ferroviaria, su entrambi i lati, ad una distanza di 1,5 m dalla rotaia più vicina. Sulla suola dello

spezzone di rotaia utilizzato come picchetto dovrà essere ben visibile la quota a cui è posta la rotaia della corda bassa.

In corrispondenza di ogni raccordo altimetrico e su entrambi i lati della sede ferroviaria saranno realizzati 3 picchetti corrispondenti esattamente a:

- 2 picchetti ai punti di tangenza tra livelletta e raccordo altimetrico circolare;
- 1 picchetto in mezzeria del raccordo altimetrico circolare.

## **7.7 Tolleranze di costruzione**

### **7.7.1 Scartamento Del Binario**

Lo scartamento è quello ordinario di 950 mm. Nelle curve con raggio minore di 650 m devono essere applicati gli allargamenti dello scartamento previsti dalla VEL n1.

L'allargamento dello scartamento deve essere realizzato spostando verso il centro della curva la rotaia interna.

### **7.7.2 Collocazione Del Binario Rispetto Ai Picchetti**

La distanza e il dislivello fra ciascun picchetto e la rotaia più vicina devono corrispondere ai valori teorici con scostamenti limite di  $\pm 5$  mm.

### **7.7.3 Scartamento**

Sullo scartamento, per il binario corrente, è ammessa la tolleranza di  $+5/-2$  mm.

Per gli apparecchi del binario (scambi, intersezioni), la tolleranza ammessa è  $\pm 1$  mm.

La variazione di scartamento fra un appoggio e quello successivo non deve essere maggiore di 1,5 mm.

### **7.7.4 Livello Trasversale**

Sul livello trasversale, ovvero la differenza di quota fra le due rotaie misurata normalmente al binario, è ammessa la tolleranza di 3 mm.

### **7.7.5 Allineamento**

Si definisce allineamento la posizione planimetrica del binario ed è individuato:

- in rettilineo dalle generatrici di guida di entrambe le rotaie,
- in curva dalla generatrice di guida della rotaia esterna.

Sull'allineamento è ammessa la tolleranza di 3 mm su corde di 10 m.



### **7.7.6 Sghembo**

Su tratte con sopraelevazione nulla o uniforme, la tolleranza ammessa per lo sghembo è di  $\pm 1,5$  mm su base 1 m.

Nei tratti di raccordo di sopraelevazione, lo sghembo deve avere il valore stabilito dal progetto con scostamenti limite di  $\pm 1$  mm su base 1 m.

## **8. TUBAZIONI**

### **8.1 GENERALITA'**

Le tubazioni in genere, del tipo e dimensioni previste dal progetto o prescritte dalla Direzione Lavori, dovranno avere le caratteristiche di cui in appresso e corrispondere a quanto previsto dalla NORMATIVA TECNICA PER LE TUBAZIONI D.M. 12/12/85; il loro tracciato seguirà di norma il minimo percorso compatibile col buon funzionamento di esse e con le necessità della funzionalità idraulica ed impiantistica.

Dovranno evitarsi, per quanto possibile, percorsi diagonali rispetto alle pareti dei locali, gomiti, bruschi risvolti, giunti e cambiamenti di sezione; le tubazioni dovranno essere collocate in modo da non ingombrare e da essere facilmente ispezionabili, specie in corrispondenza a giunti, sifoni ecc. Inoltre quelle di scarico dovranno permettere il rapido e completo smaltimento delle materie, senza dar luogo ad ostruzioni, formazioni di depositi ed altri inconvenienti.

Le tubazioni dovranno essere sottoposte a PROVA IDRAULICA E COLLAUDO secondo le modalità più oltre precisate.

Sarà a carico dell'Appaltatore la riparazione di qualsiasi perdita od altro difetto che si manifestasse nelle varie tubazioni, ecc., anche dopo la loro entrata in esercizio e sino al momento del collaudo, compresa ogni opera di ripristino.

### **8.2 FISSAGGIO DELLE TUBAZIONI**

Tutte le condutture non interrate dovranno essere fissate e sostenute con convenienti staffe, cravatte, mensole, grappe o simili, in numero tale da garantire il loro perfetto ancoraggio alle strutture di sostegno. Tali sostegni, eseguiti di norma in ferro o in ghisa malleabile, dovranno essere in due pezzi, snodati a cerniera o con il fissaggio a vite, in modo da permettere la rapida rimozione del tubo, ed essere posti a distanze adeguate.

Le condutture interrate poggeranno, di norma, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, su letto continuo di sabbia realizzato in modo tale da garantire il mantenimento delle tubazioni nell'esatta posizione stabilita.

### **8.3 TUBAZIONI IN CALCESTRUZZO**

#### **8.3.1 Norme generali**

La costruzione di manufatti prefabbricati in calcestruzzo vibrato o turbo vibro compresso anche armato fabbricati in serie previsti in progetto e che assolvono alle funzioni idrauliche e caratteristiche indicate nel

presente articolo per gli usi previsti nel presente progetto, e soggetta, in linea generale, alla preventiva comunicazione all'ente appaltante tramite la Direzione Lavori alla quale l'Appaltante con apposita relazione dovrà:

a) descrivere ciascun tipo di struttura indicando le possibili applicazioni e fornire i calcoli relativi, con particolare riguardo a quelli riferentesi a tutto il comportamento sotto carico fino a fessurazione e rottura come più avanti specificato;

b) precisare le caratteristiche dei materiali impiegati sulla scorta di prove eseguite presso laboratori ufficiali;

c) indicare, in modo particolareggiato, i metodi costruttivi ed i procedimenti per l'esecuzione delle strutture prefabbricate e quindi in particolare per i collettori circolari, e per i pozzetti-caditoie;

d) indicare i risultati delle prove eseguite presso uno dei laboratori ufficiali prescritti per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio e precompresso.

Tutti gli elementi prefabbricati dovranno essere chiaramente e durevolmente contrassegnati onde si possa individuarne la serie di origine.

L'Appaltatore è tenuto a fornire tutte le prescrizioni relative alle operazioni di trasporto e di montaggio dei manufatti approvigionati presso una determinata ditta produttrice.

La responsabilità della rispondenza dei prodotti rimane comunque a carico dell'Appaltatore.

L'Appaltante si riserva il diritto di controllare e seguire la costruzione degli elementi prefabbricati direttamente presso gli impianti di prefabbricazione.

Gli spostamenti dei prodotti prefabbricati dovranno essere di preferenza eseguiti con sistemi meccanici e con tutti gli accorgimenti affinché siano indotte, specialmente nei prodotti di recente fabbricazione, le minori possibili sollecitazioni secondarie.

Le installazioni generali del cantiere di prefabbricazione dovranno essere dotate, tra l'altro, anche di un laboratorio attrezzato per tutte le prove di controllo riguardanti la granulometria degli incerti, la lavorabilità e la resistenza dei calcestruzzi, nonché i mezzi e le installazioni per le prove di collaudo dei prodotti prefabbricati.

Gli impianti, le attrezzature ed i macchinari di tale laboratorio dovranno essere messi gratuitamente a disposizione dell'Appaltante per l'eventuale effettuazione di prove per l'accettazione dei materiali e dei prefabbricati, oltre a quelle previste dal presente articolo.

### **8.3.2 Riferimento a norme e regolamenti**

In mancanza di particolari norme (UNI, regolamenti, circolari ministeriali, ecc.) la fornitura dei prefabbricati in genere previsti nel presente progetto dovranno rispondere alle norme DIN 4032 e 4035 che di seguito vengono richiamate per la parte interessante le opere del presente progetto.

In ogni caso e per quanto riguarda non in contrasto con le suddette norme DIN 4032 e 4035, si richiama l'osservanza oltre che del vigente regolamento e prescrizioni ministeriali per le opere in conglomerato cementizio normale ed armato (legge n. 1086 e D.M. n. 01/04/83 più volte richiamati) della circolare ministeriale n. 20 del 31/07/53 e n° 27291 del 2/3/86, del D.M. 14/2/92, delle norme UNI 0429 e 0521 riguardanti i manufatti

lapidei stradali e infine, sia pure per la parte assimilabile ai prefabbricati oggetto del presente articolo, le norme UNI 5341/63 relative alle tubazioni per fognature urbane stradali in cemento amianto ed alle UNI 9534.

### 8.3.3 Tipo di cemento, dosaggio

Il CEMENTO da utilizzare per la costruzione delle tubazioni per fognatura bianca dovrà essere del tipo POZZOLANICO.

Il dosaggio del cemento, le caratteristiche della curva granulometrica e il rapporto acqua cemento usati nella costruzione dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori, così come pure dovrà essere approvato l'uso e la relativa quantità di additivi impiegati nei getti.

### 8.3.4 IMPERMEABILITA' DELL'ACQUA (riferimento DIN 4032)

I tubi vengono considerati impermeabili a tenuta d'acqua quando, durante la prova di cui a norme DIN 4032, l'assorbimento dell'acqua dalla parete, ad una pressione di 5 m di colonna d'acqua, non superi il valore indicato nella seguente tabella durante un tempo di prova di 15', anche se si manifestano delle macchie di umidità o alcune gocce sulla parete del tubo.

Decisivo è il valore medio di una prova ed alcuni tubi possono anche superare questo valore sino al 30%.

DIAMETRO (cm)	Assorbimento massimo in 15' con 0,5 atm (cm <sup>3</sup> /m)
---------------	--

40	210
50	270
60	300
80	360
100	440
120	520
140	600

superiori a 140 cm o per i tubi rettangolari si farà riferimento al valore di 140 cm<sup>3</sup> per ogni metro quadrato di superficie interna della tubazione.

#### RESISTENZA

Sempre con riferimento ai metodi di prova di cui a norme DIN 4032 i valori minimi di carico di compressione sono indicati nella seguente tabella in Kg/m:

D (cm)	Resistenza minima alla compressione (Kg/m)
--------	--

40	3'200
50	3'500
60	3'800
80	4'300
100	4'900
120	5'500
140	6'000

### 8.3.5 GARANZIE PER LA TENUTA

I tubi dovranno essere fabbricati in officina o cantieri debitamente attrezzati, con procedimento atto a garantire il costante raggiungimento dei requisiti di qualità di tutti i prodotti: a tale fine, tutte le operazioni che compongono il processo di lavorazione, dovranno essere ripetute secondo uno schema prestabilito e ben precisato.

Le tubazioni dovranno essere esenti da fori passanti, poste in opera su base d'appoggio continua, con TIR-FOR idraulico o manuale, con l'ausilio di apparecchiature laser di controllo della quota di posa.

L'anello di tenuta, se di tipo incorporato, dovrà essere opportunamente protetto da un anello in polistirolo espanso, in modo da assicurare sempre la pulizia del giunto al momento dell'assemblaggio nonché formare la camera vuota per assicurare l'angolazione e l'espansione della gomma compressa.

### 8.3.6 GUARNIZIONI IN GOMMA

a) Guarnizioni incorporate nel giunto.

Le guarnizioni dovranno essere del tipo incorporato nel giunto durante la produzione mediante apposita linguetta annegata nel getto. L'anello di tenuta dovrà essere protetto da un anello in polistirolo espanso da togliersi al momento della giunzione tra le tubazioni previa applicazione sul maschio di apposito lubrificante compatibile con la gomma stessa. La gomma dovrà essere sottoposta a controlli di qualità certificati, rispondere alle norme UNI 4920, DIN 4060, EN 681.1 e aver la capacità di resistere ad almeno due anni di stoccaggio all'esterno senza perdere le seguenti caratteristiche:

- Durezza	40/50/60 IRHD		
- Resistenza alla trazione	9	MPa	
- Allungamento	450/400/325	%	
- Deformazione permanente			
72 h/23°C	10	%	
24 h/70°C	25	%	

La larghezza dell'area di tenuta della guarnizione dovrà garantire il raggiungimento del rapporto 0.75 tra larghezza della stessa compressa e la distanza tra il maschio e la femmina.

Le tolleranze dimensionali permesse nella circolarità del maschio e della femmina sono comprese tra il 2 e l'uno per mille della lunghezza del diametro.

I valori intermedi saranno ottenuti interpolando linearmente tra il valore max del diametro di mm. 2000, a cui corrisponde l'uno per mille, e il valore minimo di 300 mm. a cui corrisponde il due per mille.

Tali tolleranze saranno controllate a discrezione della D.L. con appositi calibri da procurarsi a cura e spese dell'appaltatore.

b) Guarnizioni a rotolamento.

La guarnizione avrà una forma geometrica da garantire il raggiungimento durante la fase di assemblaggio della posizione più adatta alla tenuta. Tale posizione dovrà essere assicurata sia dalla forma del giunto (maschio e femmina) sia dalla precisione con la quale esso deve essere costruito: la posizione di tenuta dovrà essere raggiunta con una rotazione di 180° della guarnizione.

Le tolleranze ammesse nelle dimensioni del maschio e della femmina sono uguali a quelle del punto precedente (a).

La gomma dovrà essere assoggettata agli stessi controlli ed alla stessa normativa riportati nel medesimo articolo.

Nell'assemblaggio sarà fatto assoluto divieto di uso di lubrificate.

c) Guarnizioni a scorrimento.

La guarnizione a scorrimento dovrà assicurare con la forma ed il lubrificante in essa contenuto, il raggiungimento della posizione ottimale di tenuta senza alcun movimento della guarnizione stessa.

Questo risultato sarà garantito dalle seguenti caratteristiche dei materiali impiegati:

- gomma: rispetto delle normative e delle prestazioni richieste nel punto a;
- giunto (maschio e femmina): disegno e dimensioni tali da consentire lo scorrimento del maschio sulla gomma senza alcun contatto tra calcestruzzo e calcestruzzo;
- tolleranze dimensionali: il maschio e la femmina dovranno rispettare le tolleranze stabilite nel punto a;
- lubrificante: dovrà essere tale da non perdere le proprie caratteristiche per il medesimo periodo di stoccaggio della gomma.

### **8.3.7 CONTROLLI E COLLAUDI**

a) Controlli e prove di qualità

La qualità dei tubi può essere accertata:

- . mediante un documento che comprova la sorveglianza continua della qualità
- . presentando un certificato di prova da parte di un laboratorio ufficialmente riconosciuto premesso che:
  - i tubi non devono essere più vecchi di un anno e mezzo;
  - i provini (pezzi di prova) sono stati prelevati ufficialmente da esperti ed in numero sufficiente;
  - il fornitore deve assicurare contemporaneamente che la qualità del suo prodotto corrisponda all'esito della prova ufficiale a tale assicurazione deve essere documentata da prove continue nello stabilimento di produzione o in un laboratorio ufficiale;

**b) Collaudi**

Se il Direttore dei Lavori richiede oltre al certificato di qualità di cui sopra una prova di collaudo nel caso singolo, egli può scegliere i pezzi di prova occorrenti da tubi pronti per la spedizione o da tubi già forniti.

E' da osservare che per tale prova dovranno essere scelti solamente pezzi non danneggiati e la ditta fornitrice deve essere informata prima del prelievo per poter essere presente durante la scelta.

La spesa della prova di collaudo e dei pezzi di prova impiegati per le singole prove è a carico della ditta fornitrice.

Le prove di collaudo possono essere eseguite, d'accordo con l'Appaltatore, anche nella fabbrica stessa, se le attrezzature occorrenti per la prova sono riconosciute idonee dalla Direzione dei Lavori.

### **8.3.8 PROVE**

Per quanto riguarda la descrizione dei metodi di prova si rimanda alle più volte citate norme DIN 4032.

**c) esecuzione**

I collettori in calcestruzzo prefabbricati in calcestruzzo normale anche armato saranno posti in opera sempre all'asciutto con le seguenti modalità:

- 1) livellazione dello scavo secondo la pendenza stabilita in progetto;
- 2) getto del sottofondo in calcestruzzo magro dello spessore indicato nei disegni esecutivi delle tubazioni;
- 3) messa in opera dei collettori, pozzetti, pezzi speciali ed apparecchi, caditoie prefabbricate, ecc. che devono essere discesi con cura nelle trincee e nei cunicoli dove debbono essere posati, evitando urti, cadute, ecc.. I singoli elementi saranno calati il più possibile vicino al posto che dovranno avere in opera evitando spostamenti notevoli entro il cavo;
- 4) accostamento dei singoli elementi dei collettori e perfetto incastro dei giunti con interposizione della guarnizione di tenuta in gomma, sigillatura interna ed esterna del giunto con malta di cemento, solo per tubazioni con guarnizioni del tipo a rotolamento o scorrimento;
- 5) rinfilanco e primo riempimento eseguito a mano con sabbia o con materiale vagliato proveniente dagli scavi se giudicato idoneo dalla Direzione Lavori;
- 6) incastro con getto incorporato nella cameretta di ispezione.

La posizione degli sghebbi di immissione e la direzione della bocca di immissione sarà stabilita al momento dalla Direzione Lavori e corrisponderà comunque ai disegni di progetto.

Il getto del sottofondo va attuato con ogni cura e con costipamento a mano e meccanico.

Le norme di cui ai precedenti punti integrate da quanto stabilito nella circolare Ministero LL.PP. n. 3598 del 12/09/67, valgono anche per la messa in opera dei pozzetti prefabbricati, e per caditoie stradali.

Nel rinterro dovranno usarsi tutte le necessarie precauzioni ed il rinterro stesso dovrà avvenire per strati dello spessore massimo di 30 cm. Ogni strato dovrà essere battuto con mazzaranghe o vibrator meccanici (piastra vibrante) e inumidito, del caso, per ottenere un ottimo e rapido costipamento.

In ogni caso, per almeno i primi 10 cm, il rinterro dovrà essere eseguito con materiale sciolto e vagliato, privo di sassi od altri corpi estranei quali mattoni, legni, pietre, ecc..

Ovunque non sia d'intralcio al traffico e salvo l'ordinazione da parte della Direzione Lavori della pavimentazione provvisoria, il riempimento va eseguito con la calma necessaria.

Il trasporto ai luoghi di impiego degli elementi prefabbricati avrà luogo con i mezzi e le modalità che l'Impresa riterrà più idonei e convenienti, ma sempre in modo tale da evitare ogni e qualsiasi danneggiamento del materiale restando a questo riguardo nella piena e insindacabile facoltà dell'Appaltatore di rifiutare il collocamento in opera del materiale degradato.

La posa in opera avverrà in conformità dei tracciati esecutivi di progetto e dei profili in esso fissati.

Di norma i prodotti prefabbricati a maturazione compiuta e ad accettazione avvenuta, saranno trasportati sul luogo di impiego per essere collocati in opera.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far depositare presso piazzali di deposito della ditta prefabbricatrice parte della produzione (sino ad un massimo corrispondente alla produzione normale di un mese), qualora si renda impossibile il trasporto degli elementi prefabbricati lungo i tracciati di posa.

#### d) misurazione e pagamento

Si fa riferimento a quanto indicato per i collettori in grès ceramico.

## 8.4 TUBAZIONI IN MATERIE PLASTICHE

### 8.4.1 TUBAZIONI IN PVC

#### 8.4.1.1 Generalità

Saranno impiegati, secondo le direttive della Direzione Lavori, tubi del tipo 301 (esclusivamente per i pluviali), 302 o 303, rispondenti rispettivamente alle norme UNI EN 1401-1/1998 e UNI EN 1329-1/2000 per tipo, dimensioni e caratteristiche. Le modalità di prova rispetteranno la norma UNI 7448-75.

Per le tubazioni interrate convoglianti liquidi, l'unica modalità di giuntura ammessa è quella con giunto a bicchiere munito di anello di tenuta in materiale elastomerico.

Ciascuna tubazione dovrà riportare per impressione l'indicazione del nome del fabbricante, del diametro esterno, del tipo e della pressione di esercizio.

Tutti i tubi, i raccordi e gli accessori in PVC dovranno essere contrassegnati con il marchio di qualità I.I.P..



Le tubazioni dovranno presentare la superficie interna ed esterna liscia ed uniforme, esente da irregolarità e difetti. La superficie interna della sezione dovrà essere compatta, esenta da cavità e da bolle.

I tubi dovranno essere in barre da m 6 o di lunghezza inferiore, a seconda delle necessità, e dovranno essere diritti ed a sezione uniforme, perfettamente sagomati.

Nel trasporto i tubi devono essere supportati per tutta la loro lunghezza, onde evitare di danneggiare le estremità a causa di vibrazioni. Si devono evitare urti, inflessioni e sporgenze eccessive, contatti con corpi taglienti ed acuminati.

Le imbragature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa o di nylon o similari; se si usano cavi di acciaio devono essere protetti nella zona di contatto con i tubi.

Si deve tener presente che a basse temperature aumenta la possibilità di rottura; in tali condizioni il trasporto deve essere effettuato con la dovuta cautela.

Le operazioni di carico e scarico come per tutti gli altri materiali devono essere fatte con grande cura. I tubi non devono essere buttati nè fatti strisciare sulle sponde caricandoli sull'automezzo o scaricandoli dallo stesso, ma devono essere accuratamente sollevati ed appoggiati.

I tubi devono essere immagazzinati su una superficie piana, priva di parti taglienti ed esente da sostanze che potrebbero attaccare i tubi stessi, come ad esempio oleose e/o bituminose.

I tubi non devono essere accatastati ad un'altezza superiore a m 1,50 per evitare possibili deformazioni nel tempo. Se i tubi non vengono adoperati per un lungo periodo, devono essere protetti dai raggi solari diretti.

Raccordi ed accessori saranno forniti, finchè possibile, in appositi imballaggi. Se sono forniti sfusi si dovrà avere cura, nel trasporto ed immagazzinamento, di non ammucciarli disordinatamente e si dovrà evitare che essi possano essere deformati o danneggiati per effetto di urti fra di loro o con altri materiali pesanti.

#### **8.4.1.2 Formazione di tubazioni in PVC**

##### **a) esecuzione**

Saranno impiegati tubi di PVC rigido ( non plastificato) della serie pesante (tipo 303) con giunzione a bicchiere con anello di tenuta elastomerico, posati su letto di sabbia continuo dello spessore non inferiore a 10 cm, ben compattato e livellato secondo i piani di posa. Il rinfiando delle tubazioni dovrà pure essere effettuato con sabbia ed accuratamente costipato; dovrà inoltre essere riportata sabbia a copertura della tubazione fino ad uno spessore non inferiore a cm 15 sull'estradosso del tubo. Il rinterro della restante altezza della trincea fino al piano di campagna può essere effettuato con lo stesso materiale di scavo (sempre che non si tratti di torba, fanghi e materia organica o anche di argille o limo o comunque materiale non ritenuto idoneo dalla Direzione lavori), esente da elementi superiori a 100 mm e di residui animali e vegetali.

Il rinterro deve essere effettuato a strati successivi, dello spessore massimo di cm 30. Tali strati devono essere costipati (con pigiatoi piatti o con apparecchi di costipazione meccanica leggeri) almeno fino a un metro di copertura sul vertice della tubazione, l'uno dopo l'altro in modo che la densità della terra in sito raggiunga, a costipazione effettuata, il 90% del valore ottimale determinato con la prova di Proctor modificata.

Durante le operazioni di reinterro e di costipazione dovrà evitarsi che carichi pesanti transitino sulla trincea.

Nei casi nei quali all'atto delle installazioni si prevedono escursioni di temperatura notevoli, tali cioè da mettere in pericolo la tenuta del giunto o la stabilità della tubazione, si deve provvedere ad interrompere la tubazione stessa con giunti di dilatazione opportunamente distanziati, generalmente realizzati a mezzo di raccordi con bicchiere lungo.

La giunzione sarà effettuata secondo il seguente ordine di operazioni:

- . pulizia accurata della superficie esterna dell'estremità maschio del tubo e l'interno del bicchiere dell'altro tubo al quale il primo va aggiunto;
- . introduzione dell'anello di tenuta nell'apposita scanalatura del bicchiere;
- . lubrificazione della parte interna dell'anello e dell'estremità smussata del tubo maschio;
- . introduzione del tubo nel bicchiere sino a rifiuto;
- . ritiro del tubo di circa 3 mm per metro di elemento posato, ma mai meno di 10 mm.

Il montaggio sulla condotta di qual si voglia pezzo speciale si effettua negli stessi modi. Per assicurare la rettilineità dell'asse della tubazione (che deve risultare centrato nella trincea) devono essere usati soltanto rinalzature con sabbia della stessa natura del letto della tubazione e in nessun caso pezzi di pietra.

In caso di necessità, i tubi vanno tagliati normalmente al loro asse, soltanto a mezzo di sega a mano a denti fini o di fresa. Le estremità così tagliate, per essere introdotte nei bicchieri ad anelli di tenuta, devono essere smussate secondo angolazione del valore indicato dal fabbricante dei tubi (generalmente 15 gradi);

#### b) misurazione e pagamento

La valutazione delle tubazioni in PVC per condotti di fognatura stradale sarà effettuata per ogni metro lineare di sviluppo, effettivamente rilevato, per ogni centimetro di diametro esterno nominale, secondo la relativa voce di Elenco Prezzi.

### 8.4.1.3 *Formazione di cavidotti*

#### a) esecuzione

I cavidotti per la posa dei cavi elettrici, telefonici ecc., forniti dall'Appaltatore delle forniture elettromeccaniche saranno formati, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, con uno o più tubi affiancati o sovrapposti di PVC rigido (non plastificato) tipo 302, con giunto a bicchiere del tipo da incollare, posati previo posizionamento con idonei distanziatori, entro un massello continuo in calcestruzzo magro, di spessore non inferiore a 10 cm all'intorno del tubo, intendendosi per tale anche lo spessore fra tubo e tubo in caso di posa affiancata o sovrapposta. All'atto della posa l'Appaltatore dovrà provvedere ad infilare un filo di ferro zincato di sezione adeguata all'interno di ciascun tubo, per consentire la successiva posa dei cavi elettrici. I cavidotti dovranno essere posati

rispettando le pendenze indicate dalla Direzione Lavori, in modo che sia possibile lo scorrimento delle eventuali acque di penetrazione verso i pozzetti di scarico all'uopo predisposti.

#### b) misurazione e pagamento

I cavidotti con tubazioni in PVC, nei vari tipi descritti e specificati in progetto e dalle relative voci di Elenco Prezzi, saranno valutati a metro lineare di sviluppo effettivamente rilevato dal filo interno dei pozzetti di raccordo, compreso anche il filo di ferro zincato posto internamente ad ogni tubi in PVC.

### 8.4.2 TUBAZIONI IN PEAD

#### 8.4.2.1 Generalità

I tubi sono di tipo strutturato in polietilene ad alta densità coestruso a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente di colore nero, per condotte di scarico interrate non in pressione, prodotto in conformità al prEN 13476-1 ed alla norma italiana UNI 10968-1, con classe di rigidità pari SN 4 kN/m<sup>2</sup>, in barre da 6 m, con giunzione mediante manicotto di raccordo ad innesto e guarnizione a labbro o bicchiere ed anelli elastomerici.

- Il tubo deve essere prodotto da azienda certificata ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004 (certificazione ambientale).
- Diametro nominale esterno De/diametro interno minimo Di (conformità alla norma prEN 13476-1)
- Classe di rigidezza circonferenziale SN rilevata su campioni di prodotto secondo EN ISO 9969
- Resistenza all'abrasione verificata in accordo alla norma EN 295-3
- Tenuta idraulica del sistema di giunzione certificata a 0,5 bar in pressione e 0,3 bar in depressione secondo norma EN 1277
- Rigidità circonferenziale con applicazione di carico costante per 24 h determinata in accordo alla norma DIN 16961 parte 2
- Caratteristiche meccaniche della materia prima determinate in accordo alla norma DIN 19537 parte 2
- Marcatura secondo norma contenente: nome commerciale, marchio IIP UNI e riferimento normativo, marchio PIIP/a e riferimento normativo, diametro nominale (DN/OD), classe di rigidità, materiale, tipo profilo, codice d'applicazione d'area, giorno/mese/anno, ora/minuti di produzione

#### 8.4.2.2 Formazione di tubazioni in PEAD

##### a) esecuzione

Tipologia di collegamento

Collegamento con manicotti

Le caratteristiche dei manicotti di giunzione (lunghezza e spessori) sono conformi a quanto indicato nella norma UNI 10968-1. Sono prodotti in polietilene ad alta densità per stampaggio ad iniezione fino al diametro DN/OD 630 e per stampaggio rotazionale a partire dal DN/ID 600.

L'elemento geometrico determinante del manicotto è il diametro interno che deve essere congruente con il diametro esterno della tubazione. Può essere conveniente impiegare manicotti con lunghezze notevolmente superiori a quanto previsto dalla normativa così da permettere l'inserimento di almeno 2-3 costole dei tubi per parte ed assicurare la coassialità delle tubazioni. In questo modo vi è anche la possibilità di inserire una seconda guarnizione per parte al fine di avere un'ulteriore garanzia di tenuta idraulica.

La guarnizione, deve essere realizzata su specifico disegno in materiale che presenta una resistenza alle sostanze chimiche presenti nei reflui fognari paragonabile a quella del polietilene. La guarnizione deve essere alloggiata tra le prime due costole che seguono la testata del tubo, con il labbro rivolto nella direzione opposta a quello d'infilaggio. Oltre ad assicurare la tenuta dall'interno verso l'esterno, il labbro rivolto verso l'esterno assicura una resistenza ottimale alle infiltrazioni dovute all'acqua di falda.

La particolare forma e posizione della guarnizione e la lunghezza del manicotto garantiscono che in fase di infilaggio la guarnizione non venga danneggiata né si possa verificare una deviazione angolare tale da causare deformazioni differenziate e quindi perdite.

L'infilaggio deve avvenire previa lubrificazione dell'interno del manicotto. L'operazione deve essere eseguita con leve o comunque con una spinta od un tiro assiale costante, accertandosi del corretto imbocco ed evitando di dare colpi eccessivi che possono danneggiare le guarnizioni e/o il manicotto.

#### Collegamento con saldatura

Le tecnologie e le macchine di saldatura sono le stesse utilizzate per i tubi in polietilene liscio; in particolare i tempi e le pressioni sono le stesse impiegate per la saldatura di tubi aventi uno spessore sottile (PN 2,5 o PN 3,2). Ogni fornitore di apparecchiature per la saldatura fornisce una tabella nella quale sono indicate le temperature ed i tempi consigliati.

La fase di riscaldamento va seguita con molta attenzione in modo da evitare di interessare anche la costola. La normativa italiana UNI 9737 fornisce le prescrizioni per la classificazione e qualificazione dei saldatori per materie plastiche per condotte di gas, che può ovviamente essere utilizzata anche per condotte in genere. Tale norma, insieme al quaderno d'istruzioni dell'Istituto Italiano della Saldatura "La Saldatura del Polietilene" possono costituire la base per un corretto utilizzo di questa tecnologia.

#### Installazione e posa

Le fasi di trasporto, installazione e posa non si discostano da quelle relative alle altre tubazioni in materiale plastico.

In particolare nel seguito si richiamano i seguenti documenti:

- Norme tecniche relative alle tubazioni presenti nel Decreto del Ministero dei LL.PP. del 12 Dicembre 1985;

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 27291 del 20 marzo 1986;
- Norma UNI EN 1610 (Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura) del novembre 1999.

#### Trasporto ed accettazione dei tubi

All'atto del ricevimento si devono eseguire i controlli sulla corrispondenza della fornitura, in relazione alle prescrizioni dei capitolati ed ai termini contrattuali. L'accettazione dei tubi è regolata dalle prescrizioni dello specifico disciplinare di fornitura o capitolato speciale d'appalto. Tutti i tubi, giunti e pezzi speciali devono arrivare in cantiere dotati di marcature o etichette indicanti la ditta costruttrice, il diametro nominale e la classe d'impiego. Le prove di collaudo dei tubi, dei giunti e dei pezzi speciali effettuati in azienda a controllo della produzione sono eseguiti secondo quanto prescritto dalla norma di riferimento con cadenze definite in accordo a quanto stabilito con gli enti di certificazione.

#### Scarico e stoccaggio in cantiere

Il carico, il trasporto, lo scarico e tutte le manovre connesse devono essere eseguite con la maggiore cura possibile, adoperando mezzi idonei a seconda del tipo e del diametro dei tubi ed adottando tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare rotture, incrinature, lesioni o danneggiamenti in genere. Si devono evitare urti, inflessioni o sporgenze eccessive, strisciamenti, contatti con corpi che possano provocare danneggiamenti o deformazioni dei tubi.

Nei cantieri si devono predisporre i mezzi idonei ed i piani d'appoggio per ricevere i tubi, i pezzi speciali e gli accessori da installare. Lo scarico deve avvenire o direttamente con l'intero bancale o singolarmente in base alle modalità di trasporto. Nel caso di tubi corrugati occorre evitare l'uso di ganci alle estremità ed è consigliabile sempre l'uso di fasce in materiale non abrasivo o funi in canapa.

#### Accatastamento dei tubi

L'accatastamento deve essere eseguito disponendo i tubi su un'area piana, stabile, protetta al fine di evitare pericoli d'incendio e riparata dai raggi solari nel caso di tubi soggetti a deformazioni determinati da sensibili variazioni termiche. La base delle cataste deve poggiare su tavole opportunamente distanziate o su letto d'appoggio. L'altezza sarà contenuta entro i limiti adeguati ai diametri, per evitare deformazioni nelle tubazioni alla base e per consentire un'agevole movimentazione. I tubi accatastati dovranno essere bloccati con cunei onde evitare improvvisi rotolamenti. In ogni caso, provvedimenti di protezione devono essere adottati per evitare che le testate dei tubi subiscano danneggiamenti. Il primo strato di tubazioni che poggia sul terreno, deve essere sistemato su uno strato uniforme in modo d'evitare possibili danni alla superficie esterna del tubo e flessioni.

I giunti, le guarnizioni ed i materiali in genere, se deteriorabili, dovranno essere posti, fino al momento del loro impiego, in spazi chiusi, entro contenitori protetti dai raggi solari o da sorgenti di calore, dal contatto con olii o grassi e non sottoposti a carichi. Nel caso in cui i tubi devono essere sfilati lungo il tracciato si devono seguire i criteri analoghi a quelli indicati per lo scarico ed il trasporto e si deve evitare qualsiasi manovra di strisciamento.

## Scavi

Si raccomanda di utilizzare quanto più possibile lo scavo in trincea stretta, con larghezza pari a 2-3 volte il diametro, almeno fino ad 1 m sopra la generatrice superiore del tubo. Le pareti devono essere le più possibili verticali, almeno in tale zona, ed eventualmente stabilizzate con sbadacchiature o palancole, per la protezione del personale che lavora nello scavo. Le palancole devono essere spostate subito dopo il rinterro parziale e prima delle operazioni di costipamento. Nel caso di terrapieno o trincea larga, sarebbe opportuno predisporre una zona di contrasto al materiale di copertura in modo da riportarsi verso la situazione di trincea stretta.

## Letto di posa

Come specificato nel Decreto Ministeriale citato in precedenza, una volta controllati accuratamente i tubi, i giunti ed i pezzi speciali ed eliminati o sostituiti quelli che dovessero risultare danneggiati, si può procedere alla posa in opera. Per il sollevamento e la posa dei tubi in scavo, in rilievo o su appoggi, si devono adottare le stesse modalità usate per le operazioni precedenti, tenendo presente di non danneggiare le superfici dei tubi, impiegando mezzi adatti secondo il diametro. Nell'operazione di posa si dovrà evitare che, all'interno delle condotte, penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la superficie interna.

In primo luogo si deve verificare che il letto sia spianato e livellato eliminando ogni asperità che possa danneggiare i tubi. Ove si renda necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, è necessario eliminare i materiali capaci di danneggiare il tubo durante la posa. In nessun caso è consentito regolare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni od altri appoggi discontinui. Il piano di posa deve garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari accorgimenti quali l'impiego di giunti adeguati o trattamenti speciali del fondo della trincea.

In generale è opportuno realizzare un letto di sabbia o ghiaia di piccola pezzatura, mai materiale che presenta spigoli vivi, evitando così che la sommità della costola vada poggiare sul terreno di scavo. Come specificato nella norma UNI EN 1610 lo spessore del letto di posa non deve essere minore di:

- 100 mm in condizioni di terreno normale;
- 150 mm in roccia o in condizioni di terreno duro.

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti dovranno essere riparati o meglio sostituiti secondo la gravità del danneggiamento.

## Installazione

Il tubo viene collegato con manicotti generalmente sul fondo scavo. Data la leggerezza della tubazione, vi è anche la possibilità di eseguire la giunzione fuori scavo per poi calare la tubazione sul fondo scavo. In ogni caso prima dell'esecuzione della giunzione, le estremità dei tubi e dei pezzi speciali da giuntare e le eventuali guarnizioni devono essere perfettamente pulite. Ogni qualvolta si posa e si collega una barra da 6 o 12 m, è necessario inoltre verificare la pendenza e l'allineamento. In sede di posa particolare attenzione va posta alle eventuali dilatazioni. Nel caso di collegamento con manicotti, potrebbero teoricamente presentarsi fenomeni di sfilamento; occorre avere in questo

caso l'avvertenza di bloccare con un riempimento parziale il tubo ogni 30÷40 m e, previo controllo degli eventuali movimenti, completare il riempimento dello scavo nelle ore più fresche della giornata. È comunque da tenere presente che, una volta effettuato correttamente il riempimento, non sono prevedibili spostamenti in senso longitudinale in quanto il terreno compattato attorno alle costole si oppone a qualsiasi effetto della dilatazione.

#### Riempimento dello scavo

Le operazioni che portano ad una corretta e duratura installazione sono:

- 1) scelta del corretto materiale di riempimento: il materiale deve essere arido, a bassa granulometria, privo di materiale a spigoli vivi, sassi o detriti almeno nella parte a contatto col tubo e fino ad almeno 30 cm al di sopra di esso.
- 2) compattazione accurata: la compattazione deve essere eseguita in strati successivi di circa 30 cm di spessore, con attrezzature idonee fino ad almeno un metro di copertura sull'estradosso superiore. Una buona compattazione dovrebbe raggiungere un indice di Proctor di 90.92 %. Il primo strato di rinfiamento deve superare il semidiametro del tubo per evitare sollevamenti dello stesso, altrimenti occorre prevedere un bloccaggio temporaneo durante la compattazione dello stesso. Secondo gli standard tedeschi dopo la copertura con materiale adeguato per almeno 1 metro sopra l'estradosso del tubo si può utilizzare, per il completamento del riempimento, lo stesso materiale proveniente dallo scavo.
- 3) compattazione regolare: si deve evitare di compattare in modo discontinuo per evitare disassamenti e quindi sforzi sui giunti o curvature anomale del corpo tubo.
- 4) mezzi per la compattazione: fino ad un metro sopra l'estradosso del tubo, la compattazione deve essere eseguita con mezzi leggeri, al di sopra con mezzi normali. Bisogna porre attenzione a non esagerare eseguendo la compattazione con mezzi pesanti di tipo stradale senza calcolare l'effetto del carico dinamico sul tubo sottostante.

La tabella seguente, tratta dalla norma UNI ENV 1046, riporta i valori massimi dello spessore raccomandato degli strati ed il numero di passaggi necessari per ottenere le classi di compattazione in base all'attrezzatura utilizzata ed ai materiali di riempimento intorno al tubo. Sono inoltre indicati gli spessori minimi raccomandati di copertura necessari sopra il tubo prima che i corrispondenti tipi di attrezzatura possano essere utilizzati sopra il tubo.

Metodo di costipamento	Numero di passaggi per le varie classi di compattazione			Spessore dopo compattazione per le varie classi di terreno, m				Spessore minimo prima compattazione m
	W (buona)	M (media)	N (senza)	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppi 1-4
Mazza a mano 15 kg	3	1	0	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Mazza vibrante 70 kg	3	1	0	0,30	0,25	0,20	0,15	0,35
Vibratore piatto 50 kg	4	1	0	0,10	--	--	--	0,15
100 kg	4	1	0	0,15	0,10	--	--	0,20
200 kg	4	1	0	0,20	0,15	0,10	--	0,25
400 kg	4	1	0	0,30	0,25	0,15	0,10	0,35
600 kg	4	1	0	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Rullo vibrante 15 kN/m	6	2	0	0,35	0,25	0,20	--	0,60
30 kN/m	6	2	0	0,60	0,50	0,30	--	1,20
45 kN/m	6	2	0	1,00	0,75	0,40	--	1,80
65 kN/m	6	2	0	1,50	1,10	0,60	--	2,40
Rullo doppio vibr. 5 kN/m	6	2	0	0,15	0,10	--	--	0,20
10 kN/m	6	2	0	0,25	0,20	0,15	--	0,45
20 kN/m	6	2	0	0,35	0,30	0,20	--	0,60
30 kN/m	6	2	0	0,50	0,40	0,30	--	0,85
Rullo triplo pes., senza vibrazione 50 kN/m	6	2	0	0,25	0,20	0,20	--	1,00

Posa in presenza d'acqua di falda

La posa in presenza d'acqua di falda deve essere eseguita in condizioni di fondo scavo asciutto, per assicurare la creazione del letto di posa e la corretta assegnazione della pendenza. È necessario l'impiego di sistemi di well-point per estrarre l'acqua in esubero e permettere la posa nelle condizioni sopra citate.

Il riempimento deve impedire fenomeni di galleggiamento o di collasso delle pareti. La granulometria del materiale di ripiena deve infine essere tale da prevenire una migrazione delle particelle verso il terreno adiacente o viceversa. La migrazione può essere prevenuta ponendo del tessuto da filtro appropriato (membrana geotessile).

#### b) misurazione e pagamento

La valutazione delle tubazioni in PEAD per condotti di fognatura stradale sarà effettuata per ogni metro lineare di sviluppo, effettivamente rilevato, secondo la relativa voce di Elenco Prezzi.

## 8.5 PROVA IDRAULICA DEI COLLETTORI DI RETE NERA FUNZIONANTI A PELO LIBERO E A PRESSIONE

L'accettazione dei collettori da parte della Direzione Lavori è subordinata all'esecuzione della prova idraulica, come previsto dal D.M. 12/12/85 Norme tecniche relative alle tubazioni, da effettuarsi secondo le modalità di seguito indicate.



### 8.5.1 COLLETTORI A PELO LIBERO

Le tubazioni e i pozzetti d'ispezione e di raccordo devono essere costruiti a tenuta d'acqua. Tutte le bocche di apertura del tronco di linea da collaudare e delle sue eventuali diramazioni vanno chiuse ermeticamente mediante appositi tappi pneumatici a tenuta, dei quali uno munito di sfiato e colonna piezometrica di caricamento. Le linee devono venire tappate appena prima del riempimento con acqua, per evitare eventuali fenomeni di galleggiamento provocati da allagamenti imprevisti.

Il riempimento dovrà avvenire lentamente per consentire la completa evacuazione dell'aria contenuta nelle tubazioni, tramite l'apposito sfiato.

In funzione del tipo di materiale adottato è previsto un "tempo preliminare di riempimento" per consentire il completo assorbimento d'acqua da parte delle pareti delle tubazioni.

In particolare le norme DIN 4033 prevedono i seguenti tempi preliminari di riempimento:

- tubazioni in grès ceramico = 1 h
- tubazioni in materie plastiche = 1 h
- tubazioni in ghisa o acciaio senza rivestimento in malta di cemento = 1 h
- tubazioni in ghisa con rivestimento in malta di cemento alluminoso = 24 h
- tubazioni in cemento o cemento armato = 24 h

La pressione interna di collaudo è fissata in 0,5 bar, misurati sul punto più depresso del tratto esaminato. La pressione di prova va mantenuta per 15', dopo di che il valore dei rabbocchi necessari va confrontato con i valori ammissibili in termini di perdite per metro quadrato di superficie bagnata.

I valori ammissibili di riferimento sono riportati nella tabella che segue:

MATERIALE DEI CONDOTTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	RABBOCCO IDRICO AMMISSIBILE 1/mq (in 15')
Grès ceramico	UNI-EN 295-3	0,07
Ghisa sferoidale	UNI-EN 598	0,02
Acciaio	DIN 4033	0,02
Materie plastiche	DIN 4033	0,02
Tubazioni in cemento:		
DN 100 - 600	DIN 4033	0,15
DN 700 - 1000	DIN 4033	0,13
oltre DN 1000	DIN 4033	0,10
altre sezioni	DIN 4033	0,10

In luogo delle prove ad acqua, a discrezione della D.L. potranno essere eseguite prove ad aria che forniscono un risultato di tipo qualitativo.

La prova ad aria prevede che le tubazioni debbano poter resistere ad una pressione pari a 100 mm di colonna d'aria, preliminarmente la pressione va portata a 300 mm di colonna d'aria e mantenuta per 5 (cinque) minuti per consentire all'aria di portarsi all'equilibrio termico.

Nel caso di esito negativo delle prove di tenuta, l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla ricerca delle cause e provvedere alle necessarie riparazioni.

A ripristini ultimati si dovrà procedere alla ripetizione delle prove di collaudo.

I tratti interessati dal collaudo dovranno corrispondere ad almeno il 50% (cinquanta per cento) dell'estesa totale dei tratti posati, restando inteso che qualora l'esito fosse negativo, si estenderà la prova fino al 100% (cento per cento) delle tubazioni e si provvederà, a cura e spese dell'Impresa, all'ispezione televisiva completa delle linee posate con le modalità previste per tale tipo di intervento. Il collaudatore avrà comunque la facoltà, in sede di collaudo tecnico amministrativo, di richiedere la ripetizione o l'estensione delle prove di tenuta.

### **8.5.2 CONDOTTE IN PRESSIONE**

L'Appaltatore è strettamente obbligato ad eseguire le prove dei tronchi di condotta posata al più presto possibile e pertanto dovrà far seguire immediatamente all'esecuzione delle giunzioni la costruzione delle murature di contrasto e di ancoraggio. Successivamente non appena scaduti i termini di stagionatura delle murature avanti dette, dovrà attuare tutte le operazioni per l'esecuzione delle prove.

Tutti i danni, per quanto gravi ed onerosi, che possono derivare alle tubazioni, alla fossa, ai lavori in genere ed alle proprietà dei terreni, a causa dei ritardi nelle operazioni suddette, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Le prove saranno effettuate per tratti di lunghezza media di 100 m restando però in facoltà della Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, aumentare o diminuire tali lunghezze.

L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese a tutto quanto è necessario per la perfetta esecuzione delle prove e per il loro controllo da parte dell'Appaltatore. Dovrà quindi approvvigionare l'acqua per il riempimento delle tubazioni, i piatti di chiusura, le pompe, rubinetti, raccordi, guarnizioni e manometri registratori muniti di certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale.

Saranno inoltre effettuati, a cura e spese dell'Appaltatore, la provvista di materiali e di tutti i lavori occorrenti per sbadacchiature ed ancoraggi provvisori delle estremità libere della condotta e dei relativi piatti di chiusura durante le prove, curando l'esecuzione di tali operazioni nel modo più perfetto così da non dar luogo a danneggiamenti della tubazione e di altri manufatti.

Le prove da eseguirsi in ogni tratto saranno due: una a giunti scoperti e condotta seminterrata, l'altra a scavo chiuso.

Durante il periodo nel quale la condotta sarà sottoposta alla prova, il personale della Direzione Lavori, in contraddittorio con quello dell'Appaltatore, eseguirà la visita accuratissima di tutti i giunti.

A tale scopo, all'inizio della prova, devono essere bene aperte e sgombre tutte le nicchie ed i singoli giunti debbono risultare puliti e asciutti perfettamente.

Qualora la prima prova non abbia dato risultati conformi alle prescrizioni relative ai singoli tipi di tubi, la prova dovrà essere ripetuta per tutta la sua durata alle medesime condizioni.

Tutte le predette operazioni, compreso il vuotamento ed il nuovo riempimento della condotta e tutto quanto altro possa occorrere per la ripetizione della prova, sono a totale carico dell'Appaltatore.

La buona riuscita della prova sarà dimostrata dai concordi risultati dell'esame dei giunti e del grafico del manometro registratore, senza che sia stata effettuata la completa ispezione di tutti i giunti.

Eseguita la prima prova con esito favorevole, si procederà al rinterro della condotta adoperando le materie scavate in precedenza, sempre se ritenute idonee dalla Direzione Lavori e compattandole con la massima cura.

La rimozione e la sostituzione dei tubi che risultassero rotti o si rompessero durante le prove è a totale carico dell'Appaltatore, così come pure la posa dei nuovi tubi.

Le due prove saranno eseguite ad una pressione pari a  $p = 1,5 p$  esercizio e comunque non inferiore a  $p$  esercizio + 5 bar.

Entrambe le prove avranno la durata di 6 ore.

Le prove saranno effettuate riempiendo d'acqua la tratta da provare e raggiungendo la pressione stabilita, mediante prova idraulica da applicarsi all'estremo più depresso della tratta stessa.

La pressione di prova dovrà essere raggiunta gradualmente, in ragione di non più di una atmosfera al minuto primo.

La pressione sarà mantenuta costante per 6 ore con piccoli colpi di pompa, ove occorra, a reintegro del volume di acqua assorbito. Se la pressione di prova non può essere mantenuta altro che con pompaggio continuo, la prova deve ritenersi negativa.

La prova sarà ritenuta favorevole soltanto quando non si abbia alcuna perdita alle giunzioni e lungo le tubazioni e le variazioni di pressione segnalate del manometro registratore, controllate con un manometro, siano completamente giustificate e comunque non superiori all'1%.

Rinterrato completamente lo scavo, sarà ripetuta la prova per la durata di 6 ore alla pressione sopra indicata.