

COMMITTENTE:



Aps Holding s.p.a.
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento del Comune di Padova

IL DIRETTORE FUNZIONALE
Dot. Ing. DIEGO GALIAZZO

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Arch. GAETANO PANETTA

PROGETTAZIONE: MANDATARIA



MANDANTE



MANDANTE



MANDANTE



ITALFERR – SDA progetti- ERREGI - PINI Italia

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA
NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3**

DOCUMENTAZIONE TECNICO ECONOMICA

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Dott. Ing. Luca Bernardini

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NP000 00 D 13 KS IF0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA					A.Peresso 	LUGLIO 2021	L. Bernardini LUGLIO 2021

ITALFERR S.p.A.
COD. UNIV. INGEGNERIA DI PADOVA
Dot. Ing. LUCA BERNARDINI
Ordine del giorno n. 11/2021

File: NP0000D13KSIF0000001A

n. Elab.:

Oggetto: **REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3**

CUP H91F1800026005 CIG 88315032D4

IMPORTO: euro 47.718.317,54 euro a base d'asta per progettazione esecutiva e lavori a corpo ed euro 2.606.269,75 per oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta.

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Art. 3 comma 1 lettera d del D. L.gs. 50/2016 (articolo 43, commi da 3 a 10 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

Contratto a corpo

		<i>Euro</i>
		Importo
A	PROGETTAZIONE ESECUTIVA	647.523,71
B	SOMMANO I LAVORI SOGGETTI A RIBASSO	47.070.793,84
C	SOMMANO ONERI SICUREZZA NON SOGGETTI A RIBASSO	2.606.269,75
D	TOTALE APPALTO	50.324.587,30

Principale normativa di riferimento

- D.P.R. n. 207 del 2010: decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice dei contratti pubblici, per le parti ancora in vigore;
- Capitolato generale d'appalto (decreto ministeriale - lavori pubblici - 19 aprile 2000, n. 145), per le parti ancora in vigore;
- R.U.P. (Responsabile unico del procedimento di cui all'articolo 31 del D. L.gs n.50 del 18/04/2016);
- Decreto n. 81 del 2008 (decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro);
- DURC (Documento unico di regolarità contributiva): il documento attestato la regolarità contributiva previsto dall'articolo 90, comma 9, lettera b), decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e dall'allegato XVII, punto 1, lettera i), allo stesso decreto legislativo, nonché dall'articolo 2 del decreto-legge 25 settembre 2002, n. 210, convertito dalla legge 22 novembre 2002, n. 266);
- attestazione SOA: documento che attesta la qualificazione per una o più categorie, nelle pertinenti classifiche, rilasciato da una Società Organismo di Attestazione, in applicazione degli articoli da 60 a 96 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207;
- DECRETO LEGISLATIVO 18 aprile 2016 n. 50 e ss.mm.ii.;
- DECRETO 7 marzo 2018, n. 49. Regolamento recante: «Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione».
- LEGGE 11 settembre 2020, n. 120, conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 16 luglio 2020, n.76, recante «Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitali» (Decreto Semplificazioni)

PARTE PRIMA

Definizione tecnica ed economica dell'appalto

Titolo I – Definizione economica e rapporti contrattuali

CAPO 1. NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO

Art. 1. Oggetto dell'appalto

1. Il presente appalto ha per oggetto l'affidamento, mediante procedura aperta, dell'appalto integrato, ai sensi dell'art. 59, comma 1bis, del D. Lgs. n. 50/2016, per la progettazione esecutiva (incluso Piano di Sicurezza e Coordinamento) e realizzazione di tutti i lavori e forniture necessari per la realizzazione dell'intervento di cui al comma 2.

2. L'intervento è così individuato:

a) denominazione conferita dall'Amministrazione Committente: Nuova linea tranviaria Città di Padova SIR 3;

b) descrizione sommaria Progettazione esecutiva e aggiornamento PSC e realizzazione della nuova linea tranviaria SIR 3 per uno sviluppo di 5.427 m con 13 fermate compresi due capolinea, di cui 11 con banchina laterale e 2 del tipo a banchina centrale (fermata Gozzi e fermata Sografi), depositi e relativi attrezzaggi, tratti di catenaria, sistema di alimentazione e sistemi tecnologici per la gestione della circolazione mezzi;

c) ubicazione: Comune di Padova.

d) La stazione appaltante si riserva la facoltà di affidare, alle medesime condizioni risultanti dalla gara, ai sensi dell'art. 63, c. 5, D.lgs. 50/16, l'appalto avente ad oggetto la progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori relativi al deposito della Guizza per un importo lavori di € 5.059.950,68 (di cui € 195.392,92 per oneri sicurezza) ed un importo per la progettazione esecutiva di € 125.440,48. Si chiarisce, pertanto, che l'appalto della progettazione ed esecuzione dei lavori attinenti al deposito della Guizza potrà essere successivamente affidato, mediante procedura negoziata, all'aggiudicatario della gara nei limiti di cui al richiamato art. 63, comma 5, D.Lgs. n. 50/2016.

3. La progettazione esecutiva, da redigere a cura dell'appaltatore nel rispetto degli articoli da 33 a 43 del d.P.R. 207/2010, in quanto applicabili, in conformità al progetto definitivo posto a base di gara dalla Stazione appaltante, così come approvato da APS Holding S.p.A..

4. Sono compresi nell'appalto tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste necessarie per dare il lavoro completamente compiuto e secondo le condizioni stabilite dal presente Capitolato speciale, con le caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste dal progetto definitivo con i relativi allegati, con riguardo anche ai particolari costruttivi e ai progetti delle strutture e relativi calcoli, degli impianti tecnologici e relativi calcoli, dei quali l'appaltatore dichiara di aver preso completa ed esatta conoscenza.

5. L'esecuzione dei lavori è sempre e comunque effettuata secondo le regole dell'arte e l'appaltatore deve conformarsi alla massima diligenza nell'adempimento dei propri obblighi; trova sempre applicazione l'articolo 1374 del codice civile.

6. Anche ai fini dell'articolo 3, comma 5, della legge n. 136 del 2010 e dell'articolo 66, comma 4 del presente Capitolato, sono stati acquisiti i seguenti codici:

Art. 2. Ammontare dell'appalto

1. L'importo dell'appalto posto a base dell'affidamento è definito dalla seguente tabella:

	<i>Importi in euro</i>	a corpo (C)	a misura (M)	in economia (E)	TOTALE (C+M+E)
1	Progettazione esecutiva	647.523,71 €			647.523,71
2	Lavori (L)	47.070.793,83 €	0,00	0,00	47.070.793,84
3	Oneri di sicurezza da PSC (OS)	2.606.269,75 €	0,00	0,00	2.606.269,75
T	IMPORTOTOTALEAPPALTO(1+2+3)		0,00	0,00	50.324.587,30

Tabella 1: Prospetto riassuntivo importi in appalto.

2. L'importo contrattuale è costituito dalla somma degli importi determinati nella tabella di cui al comma 1, al netto del ribasso percentuale offerto dall'appaltatore in sede di gara sui soli importi di cui ai righe 1 e 2 relativi all'esecuzione della progettazione esecutiva e all'esecuzione dei lavori a corpo.

3. Non è soggetto al ribasso l'importo degli oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza, ai sensi del punto 4.1.4 dell'allegato XV al Decreto n. 81 del 2008, che restano fissati nella misura determinata nella tabella di cui al comma 1, rigo 3.

Art. 3. Modalità di stipulazione del contratto

1. Il contratto è stipulato interamente "a corpo", ai sensi dell'articolo 3, comma 1, lettera d) del D. L.gs. 50/2016 e ai sensi dell'articolo 43, comma 6, del D.P.R. n. 207 del 2010. L'importo del contratto resta fisso e invariabile, senza che possa essere invocata da alcuna delle parti contraenti alcuna successiva verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità.

2. Di conseguenza il corrispettivo, o importo contrattuale, si riferisce alla prestazione complessiva come dedotta dal contratto medesimo e dagli elaborati progettuali ad esso allegati.

3. Il prezzo convenuto non può essere modificato sulla base della verifica della quantità o della qualità delle prestazioni e lavorazioni previste, per cui il computo metrico estimativo, posto a base di gara ai soli fini di agevolare lo studio dell'intervento, non ha valore negoziale.

4. I prezzi unitari, ancorché senza valore negoziale ai fini dell'appalto e della determinazione dell'importo complessivo dei lavori, sono vincolanti per la definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, se ammissibili ai sensi dell'art 106 del D.L.gs. n. 50/2016, ed estranee ai lavori già previsti. Le voci descrittive, o specifiche tecniche, delle lavorazioni riportate nell'elenco prezzi unitari sono invece da ritenersi vincolanti, in quanto specificano nel dettaglio la qualità e le prestazioni richieste.

5. I rapporti ed i vincoli negoziali si riferiscono agli importi come determinati ai sensi dell'articolo 2, commi 2 e 3 del presente Capitolato speciale.

Art. 4. Categorie dei lavori

1. Ai sensi dell'articolo 61 del D.P.R. 207/2010 e in conformità all'Allegato «A» al predetto D.P.R., e dei relativi importi presunti dei lavori, nonché della loro ipotizzata incidenza sul totale dei lavori le opere sono classificate nelle seguenti categorie:

1) LAVORI

CAT	LAVORAZIONE	CLASSIFIC A	IMPORTO	%
OG3	Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, linee tranviar.	VIII	25.844.485,29 €	52%
OS27	Impianti per la trazione elettrica	VI	9.522.452,58 €	19%
OS19	Impianti di reti di telecomunicazione e di trasmissione dati.	VI	7.964.672,43 €	16%
OG1	Edifici civili e industriali	V	2.533.777,46 €	5%
OG10	Impianti per la trasformazione alta-media tensione e per la distribuzione di energia elettrica in corrente alternata e continua ...(pubblica illuminazione).	IV	2.078.646,76 €	4%
OS24	Verde e arredo urbano	III	1.129.214,85 €	2%
OG11	Impianti tecnologici	III	603.814,22 €	1%

2) PROGETTAZIONE:

CATEGORIA	ID. Opere	DESTINAZIONE FUNZIONALE	IMPORTO
INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITA'	V02	Strade, linee tramviarie, ferrovie, strade ferrate, di tipo ordinario, escluse le opere d'arte da compensarsi a parte - Piste ciclabili	17.935.336,10 €
STRUTTURE	S03	Strutture o parti di strutture in cemento armato - Verifiche strutturali relative - Ponteggi, centinature e strutture provvisorie di durata superiore a due anni	833.475,83 €
	S04	Strutture o parti di strutture in muratura, legno, metallo - Verifiche strutturali relative - Consolidamento delle opere di fondazione di manufatti dissestati - Ponti, Paratie e tiranti, Consolidamento di pendii e di fronti rocciosi ed opere connesse, di tipo corrente - Verifiche strutturali relative.	7.075.673,36 €
EDILIZIA	E02	Edifici rurali per l'attività agricola con corredi tecnici di tipo complesso - Edifici industriali o artigianali con organizzazione e corredi tecnici di tipo complesso.	2.533.777,46 €
	E17	Verde ed opere di arredo urbano improntate a grande semplicità, pertinenziali agli edifici ed alla viabilità, Campeggi e simili	1.129.214,85 €
IMPIANTI	IA02	Impianti di riscaldamento - Impianto di raffrescamento, climatizzazione, trattamento dell'aria - Impianti meccanici di distribuzione fluidi - Impianto solare termico	406.130,73 €
	IA03	Impianti elettrici in genere, impianti di illuminazione, telefonici, di rivelazione incendi, fotovoltaici, a corredo di edifici e costruzioni di importanza corrente - singole apparecchiature per laboratori e impianti pilota di tipo semplice	595.644,83 €
	IA04	Impianti elettrici in genere, impianti di illuminazione, telefonici, di sicurezza, di rivelazione incendi, fotovoltaici, a corredo di edifici e costruzioni complessi - cablaggi strutturati - impianti in fibra ottica - singole apparecchiature per laboratori e impianti pilota di tipo complesso	197.683,49 €
	IB09	Centrali idroelettriche ordinarie - Stazioni di trasformazioni e di conversione impianti di trazione elettrica	11.005.454,51 €
TECNOLOGIE DELLA INFORMAZIONE E DELLA COMUNICAZIONE	T02	Reti locali e geografiche, cablaggi strutturati, impianti in fibra ottica, Impianti di videosorveglianza, controllo accessi, identificazione targhe di veicoli ecc Sistemi wireless, reti wifi, ponti radio.	7.964.672,43 €
		TOTALE	49.677.063,58 €

Art. 5. Categorie di lavorazioni omogenee, categorie contabili

I gruppi di lavorazioni omogenee/categorie di lavoro di cui agli articoli 43, commi 6, 7 e 8 del D.P.R. n. 207 del 2010, e all'articolo 106 D.L.gs. n.50 del 2016, sono indicati nella **TABELLA «B»**, allegata al presente capitolato speciale quale parte integrante e sostanziale.

CAPO 2. DISCIPLINA CONTRATTUALE

Art. 6. Interpretazione del contratto e del capitolato speciale d'appalto

1. In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto vale la soluzione più aderente alle finalità per le quali il lavoro è stato progettato e comunque quella meglio rispondente ai criteri di buona tecnica esecutiva.
2. In caso di norme del presente capitolato speciale tra loro non compatibili o apparentemente non compatibili, trovano applicazione in primo luogo le norme eccezionali o quelle che fanno eccezione a regole generali, in secondo luogo quelle maggiormente conformi alle disposizioni legislative o regolamentari oppure all'ordinamento giuridico, in terzo luogo quelle di maggior dettaglio e infine quelle di carattere ordinario.
3. L'interpretazione delle clausole contrattuali, così come delle disposizioni del presente Capitolato speciale, è fatta tenendo conto delle finalità del contratto e dei risultati ricercati con l'attuazione del progetto approvato; per ogni altra evenienza trovano applicazione gli articoli da 1362 a 1369 del codice civile.

Art. 7. Documenti che fanno parte del contratto

1. Fanno parte integrante e sostanziale del contratto d'appalto, ancorché non materialmente allegati:
 - a) il Capitolato generale d'appalto approvato con decreto ministeriale 19 aprile 2000, n. 145, limitatamente agli articoli ancora in vigore;
 - b) tutti gli elaborati grafici e gli altri atti del progetto definitivo ivi compresa la determina dirigenziale del Settore Mobilità del Comune di Padova n. 18 del 12.4.2021, nonché il verbale della conferenza di servizi decisoria del 25.2.2021 alla stessa allegato e tutti gli ulteriori pareri nella medesima determina richiamati;
 - c) il piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del Decreto n. 81 del 2008 e al punto 2 dell'allegato XV allo stesso decreto, nonché le proposte integrative al predetto piano di cui all'articolo 100, comma 5, del Decreto n. 81 del 2008, se accolte dal coordinatore per la sicurezza;
 - d) il cronoprogramma di cui all'articolo 40 del D.P.R. n. 207 del 2010;
 - e) le polizze di garanzia di cui agli articoli 35 e 37.
 - f) il Capitolato Speciale d'Appalto;
 - g) specifica delle interfacce infrastruttura materiale rotabile e installazioni fisse di guida (D00007420/W).
 - h) l'Elenco Prezzi Unitari – EPU (unicamente ai fini di eventuali varianti).
2. Sono contrattualmente vincolanti tutte le leggi e le norme vigenti in materia di lavori pubblici e in particolare:
 - a) il D.L.gs. n.50 del 2016;
 - b) il D.P.R. n. 207 del 2010 per le parti ancora in vigore;
 - c) il decreto legislativo n. 81 del 2008, con i relativi allegati.
 - d) il decreto 7 marzo 2018, n. 49. Regolamento recante: «Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione»

Art. 8. Disposizioni particolari riguardanti l'appalto

1. La sottoscrizione del contratto da parte dell'appaltatore equivale a dichiarazione di perfetta conoscenza e incondizionata accettazione anche dei suoi allegati, della legge, dei regolamenti e di tutte le norme vigenti in materia di lavori pubblici, nonché alla completa accettazione di tutte le norme che regolano il presente appalto, e del progetto per quanto attiene alla sua perfetta esecuzione.
2. L'appaltatore dà atto, senza riserva alcuna, di avere esaminato tutti gli elaborati progettuali, di avere preso conoscenza delle condizioni locali, della viabilità di accesso, di aver verificato le capacità e le disponibilità, compatibili con i tempi di esecuzione previsti, delle cave eventualmente necessarie e delle

discariche autorizzate, nonché di tutte le circostanze generali e particolari suscettibili di influire sulla determinazione dei prezzi, sulle condizioni contrattuali e sull'esecuzione dei lavori e di aver giudicato i lavori stessi realizzabili, gli elaborati progettuali adeguati e i prezzi nel loro complesso remunerativi e tali da consentire il ribasso offerto. Dichiaro, altresì, di avere effettuato una verifica della disponibilità della mano d'opera necessaria per l'esecuzione dei lavori nonché della disponibilità di attrezzature adeguate all'entità e alla tipologia e categoria dei lavori in appalto.

3. Come disposto all'art. 34 del Codice circa i criteri di sostenibilità energetica e ambientale in riferimento ai "materiali" impiegati nella realizzazione delle opere, gli stessi dovranno rispondere ai requisiti di cui al punto 2.4 e relativi sub. (specifiche tecniche dei componenti edilizi), mentre in riferimento al "cantiere", dovranno essere rispettate le specifiche di cui al punto 2.5 e relativi sub. e punto 2.7. e relativi sub riferiti al DECRETO 11 ottobre 2017 "Adozione dei Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici" - (Allegato Tecnico 1) e pertanto il predetto decreto per le parti riferibili al presente appalto viene integralmente applicato.

4. I lavori saranno diretti e coordinati da un'unica Direzione Lavori a cui compete anche il coordinamento tra le fasi operative dei lavori, interfacciandosi coi rispettivi Direttori di Cantiere che dovranno dare la massima disponibilità a perseguire tale scopo. Dovranno essere previste specifiche riunioni operative per il coordinamento nell'esecuzione dei lavori; di queste riunioni dovrà essere redatto un verbale da parte della Direzione Lavori e sottoscritto dai Direttori di Cantiere. In caso di inadempimento a quanto sopra indicato e nel caso si produrrà un danno più o meno importante per l'amministrazione (es. ritardo nell'esecuzione, malfunzionamento della linea, etc), saranno previste le dovute trattenute in sede di conto finale.

Art. 8 bis. Progettazione esecutiva: modalità e termini

1. La progettazione definitiva posta a base di gara, verificata, validata e approvata, integrata dall'offerta economica dell'appaltatore e recepita dalla stessa Stazione appaltante mediante proprio provvedimento, costituisce elemento contrattuale vincolante per la progettazione esecutiva, nonché per l'esecuzione dei lavori.

2. Costituisce pertanto parte integrante del progetto definitivo anche il piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del decreto legislativo n. 81 del 2008.

3. Dopo la stipula del contratto il R.U.P. ordina all'appaltatore, con apposito provvedimento, di dare immediatamente inizio alla progettazione esecutiva. Il R.U.P. può emettere il predetto ordine anche prima della stipula del contratto ai sensi di quanto previsto dall'art. 8, comma 1, lettera a), della L.n. 120/2020 (di conversione del D.L. n. 76/2020).

4. La progettazione esecutiva deve essere redatta e consegnata alla Stazione appaltante entro il termine di **75 (settantacinque) giorni** naturali e consecutivi dal provvedimento di cui al precedente comma 3. La progettazione esecutiva non può prevedere alcuna variazione alla qualità e alle quantità delle lavorazioni previste nel progetto definitivo, posto a base di gara. Sono ammesse, previa concertazione con la Stazione Appaltante, le variazioni qualitative e quantitative, contenute entro un importo non superiore al 5% (cinque per cento) delle categorie di lavoro dell'appalto, come individuate nella tabella di cui all'articolo 5, che non incidano su

eventuali prescrizioni degli enti competenti, e che non comportino un aumento dell'importo del contratto stipulato.

5. Nel caso in cui si verifichi una delle ipotesi di cui all'art. 106, comma 1, lettera c), del D.Lgs. n. 50/2016 oppure nel caso di errori od omissioni riscontrati nel progetto posto a base di gara, le variazioni da apportarsi alla progettazione esecutiva sono valutate in base ai prezzi di cui all'articolo 40. La Stazione appaltante procede all'accertamento delle cause, condizioni e presupposti che hanno dato luogo alle variazioni nonché al concordamento dei nuovi prezzi entro 15 (quindici) giorni dall'accertamento della necessità di introdurre nella progettazione esecutiva la variazione al progetto posto a base di gara. L'assenso alla variante da parte della Stazione appaltante avviene mediante atto scritto comunicato tempestivamente all'appaltatore; con tale assenso può essere riconosciuta motivatamente una proroga al termine di cui al comma 3 previsto per la presentazione della progettazione esecutiva. Tale proroga deve essere adeguata alla complessità e importanza delle modifiche da apportare alla progettazione esecutiva ma non può comunque essere superiore ad un quarto del termine previsto inizialmente.

7. Durante la progettazione esecutiva il progettista deve coordinarsi con il soggetto o l'organo di verifica di cui all'articolo 26 del D.Lgs. n. 50/2016, mediante confronti costanti in modo da minimizzare i rischi di verifica negativa. Il progettista deve, altresì, rapportarsi e confrontarsi con il soggetto titolare della progettazione definitiva posta a base di gara e il coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione, nonché con tutti gli Enti e soggetti che hanno partecipato alla conferenza di servizi decisoria del 25.2.2021, al fine di redigere la progettazione esecutiva in conformità agli atti progettuali e documenti tutti posti a base di gara. Ai sensi dell'articolo 24, comma 3, secondo periodo, del D.P.R. n. 207 del 2010, la redazione del progetto esecutivo deve avvenire nella sede o nelle sedi dichiarate in sede di offerta.

8. La progettazione esecutiva deve comprendere il Piano di Sicurezza e Coordinamento in fase di Progettazione partendo dal documento predisposto per il progetto definitivo posto a base di gara, verificando ed integrando le previsioni qualora necessario.

9. Lo stato di avanzamento della progettazione esecutiva verrà esaminato con una frequenza stabilita dal RUP, mediante riunioni congiunte, da tenersi presso la sede della Stazione Appaltante, appositamente convocate dal RUP. A tali riunioni dovranno prendere parte l'Appaltatore, il RUP, il Progettista, il Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione e il Direttore dei lavori. Di tali riunioni verranno redatti appostivi verbali, sottoscritti dalle parti.

Art. 8 ter. Ritardo nella consegna della progettazione esecutiva

1. In caso di mancato rispetto del termine per la consegna della progettazione esecutiva per ogni giorno naturale di ritardo è applicata la penale nella misura di cui al comma 2.

2. La penale è determinata nella misura pari allo 0,1 per mille (zerouno per mille) dell'importo di contratto per ogni giorno di ritardo. Resta salvo il diritto della SA al risarcimento dell'eventuale maggior danno.

3. Nel caso di ritardo superiore a 60 giorni la Stazione Appaltante, fermo il diritto alla penale maturata a causa del ritardo, ha la facoltà di risolvere immediatamente il contratto ai sensi dell'art. 1456 c.c. con diritto al ristoro di ogni ulteriore e/o conseguente danno.

Art. 8 quater. Progettazione esecutiva: prestazioni richieste

1. Gli elaborati del "Progetto Esecutivo" dovranno essere tali da consentire di avere una evidenza completa di tutte le possibili voci di costo relative alla esecuzione delle opere, fermo restando che eventuali ulteriori maggiori costi delle opere medesime, rispetto a quelli indicati nel PE stesso dall'Appaltatore, che dovessero derivare per qualsivoglia motivo o ragione, resteranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore medesimo fatto salvo quanto previsto dall'art.106 del D.Lgs. 50/2016 per le per le modifiche al Contratto.

Resterà facoltà dell'Appaltatore, compresa e compensata negli oneri già concordati della progettazione, l'esecuzione dei rilievi topografici e di impianto integrativi che l'Appaltatore dovesse ritenere necessari per la redazione del Progetto Esecutivo e la realizzazione delle opere

La redazione della documentazione progettuale dovrà essere conforme alle disposizioni del D.Lgs. 50/2016 e del DPR 207/10.

Le prestazioni si intendono comprensive di tutte le attività occorrenti a rendere gli interventi conformi a tutte le leggi e regolamenti vigenti applicabili allo specifico intervento, nel rispetto degli obiettivi e dei contenuti illustrati nel Progetto Definitivo e negli atti tutti del relativo iter di approvazione (es. verbale Conferenza di Servizi del 25.2.2021), nonché occorrenti ai fini dell'ottenimento di tutti i pareri e nulla osta necessari e in conformità alle prescrizioni e raccomandazioni eventualmente espresse negli stessi. A tale fine l'appaltatore dichiara di esattamente conoscere i contenuti del Progetto Definitivo e di ritenere gli stessi rispettosi della normativa vigente e sotto ogni profilo adeguati a consentire lo sviluppo della progettazione esecutiva nel pieno rispetto di detta normativa, oltre che di tutto quanto altro previsto dal presente atto. Per l'effetto, espressamente rinuncia a sollevare nei confronti della Stazione Appaltante qualsivoglia doglianza e/o pretesa, a qualsiasi titolo, in relazione ai contenuti del Progetto Definitivo, che senza riserva alcuna accetta e fa propri ai fini dell'espletamento delle prestazioni in appalto. L'Appaltatore dichiara, altresì, di avere proceduto alla verifica dello stato, delle circostanze e delle condizioni dei luoghi di intervento, eseguendo tutti gli accertamenti e le ricognizioni necessarie, nessuna esclusa, e di essere, comunque, pienamente edotto di tutte le circostanze di fatto e di luogo che possono in qualsiasi modo influire sulla esecuzione delle prestazioni assunte in appalto.

2. La progettazione esecutiva, coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente applicabile all'intervento di cui trattasi, dovrà prevedere – in via esemplificativa- la predisposizione dei seguenti elaborati:

QbIII.01 - Relazione generale e specialistiche, Elaborati grafici, Calcoli esecutivi

QbIII.02 - Particolari costruttivi e decorativi

QbIII.03 - Computo metrico estimativo, Quadro economico, Elenco prezzi e eventuale analisi, Quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera

QbIII.04 – Cronoprogramma

QbIII.05 - Piano di manutenzione dell'opera

QbIII.06 - Progettazione integrale e coordinata - Integrazione delle prestazioni specialistiche.

L'elenco elaborati, desunto da quello dei componenti il progetto definitivo, sarà definito con la stazione appaltante.

Il progetto, ai sensi del Decreto Ministeriale n. 560 del 2017 dovrà essere sviluppato su piattaforma BIM.

3. Il progetto esecutivo sarà sottoposto a verifica ex art. 26 del D.Lgs. n. 50/2016 e, a seguito di eventuali rilievi e osservazioni dell'organismo verificatore, la progettazione esecutiva dovrà essere aggiornata con tempestività entro i 7 gg consecutivi dalla comunicazione del relativo rapporto di verifica. Decorso

inutilmente detto termine, maturerà a carico dell'appaltatore una penale di € 1.000,00 (mille) per ogni giorno di ritardo e la SA potrà, altresì, diffidare per iscritto l'appaltatore stesso all'adempimento assegnandogli un ulteriore e definitivo termine, decorso il quale, ove l'inadempimento permanga, la SA avrà facoltà di risolvere il contratto ex art. 1456 c.c..

4. Al termine del procedimento dovrà essere prodotta, entro 10 gg dalla comunicazione di avvenuta validazione, una copia completa del progetto firmata digitalmente, una copia in formato editabile e aperto e due copie cartacee. L'Appaltatore dovrà altresì consegnare una copia del/i modello/i informativo/i alla Stazione Appaltante anche in formato aperto IFC e in formato proprietario (oltre a tutte le deliverables definite nel CI). Il modello diventerà proprietà della Stazione Appaltante comprensivo di tutti gli oggetti ed elementi, nel rispetto delle normative a tutela della privacy e del diritto d'autore. Inoltre, dovranno essere forniti tutti i modelli relazionati/collegati ai file nativi.

5. Fanno parte delle prestazioni richieste anche le voci, elementi tecnici, CAM, migliorie, etc. eventualmente contenute nell'offerta del proponente. Queste dovranno essere sviluppate al dettaglio esecutivo all'interno del medesimo compenso offerto per la progettazione esecutiva.

Art. 8 quinquies. Progettazione esecutiva: approvazione della progettazione esecutiva

1. La progettazione esecutiva è approvata dalla Stazione appaltante, sentito il progettista del progetto definitivo posto a base di gara, entro i 15 (quindici) giorni successivi alla validazione. Il provvedimento di approvazione è comunicato tempestivamente all'appaltatore a cura del R.U.P.

2. Se nell'emissione dei pareri, nulla-osta, autorizzazioni o altri atti di assenso comunque denominati, oppure nei procedimenti di verifica, validazione o approvazione, sono imposte prescrizioni e condizioni, queste devono essere recepite dall'appaltatore senza alcun aumento di spesa, sempre che non si tratti di condizioni ostative ai sensi dei successivi commi 4 o 5. Si applica il comma 3 dell'art. 8 quater.

3. Se la progettazione esecutiva redatta a cura dell'appaltatore non è ritenuta meritevole di approvazione, la SA può dare immediatamente corso alla risoluzione del contratto per inadempimento ex art. 1456 c.c.. In tal caso nulla è dovuto a qualsivoglia titolo all'appaltatore e lo stesso è tenuto alla immediata restituzione degli acconti nel frattempo percepiti, fermo restando il diritto della Stazione Appaltante al risarcimento di ogni danno subito.

4. Non è meritevole di approvazione la progettazione esecutiva:

- a. che si discosta dalla progettazione definitiva approvata di cui all'articolo 13, in modo da compromettere, anche parzialmente, le finalità dell'intervento, il suo costo o altri elementi significativi della stessa progettazione definitiva;
- b. in contrasto con norme di legge o di regolamento in materia edilizia, urbanistica, di sicurezza, igienico sanitaria, superamento delle barriere architettoniche o altre norme speciali;
- c. redatta in violazione di norme tecniche di settore;
- d. che, secondo le normali cognizioni tecniche dei titolari dei servizi di ingegneria e architettura, non illustra compiutamente i lavori da eseguire o li illustra in modo non idoneo alla loro immediata esecuzione;
- e. nella quale si riscontrano errori od omissioni progettuali come definite dal C.A.;
- f. che, in ogni altro caso, comporta una sua attuazione in forma diversa o in tempi diversi rispetto a quanto previsto dalla progettazione definitiva approvata di cui all'articolo 13.

5. Non è altresì meritevole di approvazione la progettazione esecutiva che non ottiene la verifica positiva ai sensi dell'articolo 26 del D.Lgs. n. 50/2016 oppure che non ottiene i prescritti pareri, nullammodo, autorizzazioni o altri atti di assenso comunque denominati.

6. In caso di mancata approvazione della progettazione esecutiva per cause non imputabili all'appaltatore, la Stazione appaltante ha diritto di recedere dal contratto. In tale caso, in deroga a quanto previsto dall'articolo 109 del D.Lgs. n. 50/2016, nulla spetta all'appaltatore per quanto non ancora eseguito alla data del recesso.

Art. 8 sexies. Pagamento del corrispettivo per la progettazione esecutiva

1. Il corrispettivo per la progettazione esecutiva è determinato nell'importo di € 647.523,71, oltre Iva e contributo previdenziale, decurtato del ribasso offerto in sede di gara. Esso è determinato "a corpo" e si intende, quindi, comprensivo e compensativo di tutte le attività previste dal presente CSA o che, comunque, (anche se non previste) si renderanno necessarie fino e ai fini della approvazione della progettazione esecutiva, ivi incluse tutte quelle necessarie per l'adempimento alle prescrizioni della Stazione Appaltante e/o Amministrazioni ed Enti competenti, per l'assistenza alla verifica e l'ottemperanza ad eventuali osservazioni e/o rilievi dell'organismo verificatore, nonché ogni ulteriore attività tecnica o amministrativa necessaria. Nessun ulteriore corrispettivo sarà, quindi, corrisposto essendo ogni onere e spesa compreso e compensato dal corrispettivo "a corpo" sopra determinato.

2. La Stazione appaltante provvede al pagamento del corrispettivo come sopra determinato, al netto delle eventuali penali maturate, con le seguenti modalità:

- a) un primo acconto, pari al 20 % (venti per cento) entro 15 (quindici) giorni dall'ordine del RUP di avvio della progettazione ai sensi del precedente art. 8bis, comma 3;
- b) un secondo acconto, pari al 40 % (quaranta per cento) ad avvenuta completa consegna del progetto esecutivo;
- c) il saldo, ad avvenuta definitiva approvazione del progetto esecutivo.

3. I pagamenti di cui al comma 2 non esimono in alcun modo l'appaltatore da responsabilità per errori od omissioni progettuali.

4. Sul corrispettivo della progettazione esecutiva non è prevista alcuna ritenuta di garanzia.

5. Qualora la progettazione esecutiva sia stata eseguita da progettisti non dipendenti dell'appaltatore, comunque non facenti parte del suo staff tecnico ai sensi dell'articolo 18, comma 7, del d.P.R. n. 34 del 2000, ma indicati o associati temporaneamente ai fini dell'esecuzione del contratto, il pagamento dei corrispettivi di cui al comma 1 è effettuato direttamente a favore dei progettisti, ai sensi dell'articolo 59, comma 1-quater, del D.Lgs. n. 50/2016, previa presentazione della fattura fiscale da parte di questi ultimi.

6. Il pagamento di cui al comma 5 è subordinato all'ottemperanza alle prescrizioni di cui all'articolo 70 in materia di tracciabilità dei pagamenti.

Art. 8 septies. Proprietà del progetto esecutivo

Il progetto esecutivo, redatto, così come descritto all'art. 8 quater, dall'appaltatore, rimarrà di proprietà della Stazione Appaltante che, per effetto della sua approvazione, avrà facoltà di utilizzarlo nel proprio interesse o di affidarne l'esecuzione, in caso di risoluzione/recesso del contratto con l'Appaltatore, ad altro soggetto esecutore senza onere alcuno per la Stazione Appaltante stessa, oltre al pagamento del progetto esecutivo secondo quanto stabilito nell'offerta economica formulata in sede di gara.

Art. 9. Fallimento dell'appaltatore

1. In caso di fallimento dell'appaltatore l'Amministrazione Committente si avvale, senza pregiudizio per ogni altro diritto e azione a tutela dei propri interessi, della procedura prevista dall'art. 110 del D.L.gs. n. 50/2016.
2. Se l'esecutore è un raggruppamento temporaneo o un consorzio ordinario di operatori economici, in caso di fallimento dell'impresa mandataria o di una impresa mandante trovano applicazione rispettivamente i commi 17 e 18 dell'art. 48 del D. L.gs. n. 50/2016.

Art. 10. Domicilio-Rappresentante dell'appaltatore-Personale Tecnico-Direttore di cantiere

1. L'appaltatore deve eleggere domicilio ai sensi e nei modi di cui all'articolo 2 del capitolato generale d'appalto; a tale domicilio si intendono ritualmente effettuate tutte le intimazioni, le assegnazioni di termini e ogni altra notificazione o comunicazione dipendente dal contratto.
2. L'appaltatore deve altresì comunicare, ai sensi e nei modi di cui all'articolo 3 del capitolato generale d'appalto, le generalità delle persone autorizzate a riscuotere ai sensi della L.n. 136/2010.
3. Se l'appaltatore non conduce direttamente i lavori, deve depositare presso l'Amministrazione Committente, ai sensi e nei modi di cui all'articolo 4 del capitolato generale d'appalto, il mandato conferito con atto pubblico a persona idonea designata a rappresentarlo. Tale persona deve essere in possesso di requisiti di provata capacità tecnica e morale, e per tutta la durata dell'appalto, deve:
 - Domiciliare in uno dei comuni interessati dai lavori o ad essi circostanti;
 - Sostituire l'Appaltatore medesimo nella condotta dei lavori, ivi compresi quelli subappaltati, in un ambito di legittimità degli stessi e all'interno dei limiti contrattuali, nonché prendere decisioni su qualsiasi problema;
 - Ricevere e fare eseguire gli ordini verbali e/o scritti dalla Direzione dei Lavori, in questo caso sotto firmandoli, ove il medesimo rappresentante ritenga che le disposizioni ricevute rientrino tra quelle da impartirsi per iscritto, sarà suo obbligo farne immediata richiesta scritta. Altrimenti l'Appaltatore non potrà, in alcuna evenienza, invocare a propria discolpa o ragione la carenza di disposizioni da parte della Direzione Lavori per il fatto che esse non siano state impartite per iscritto;

- Firmare tutti i documenti contabili, con il diritto di formulare le proprie osservazioni o riserve, considerandosi - sia per la liquidazione, sia per ogni altro effetto di legge - valida la sua firma tanto quanto quella dell'Appaltatore;
Intervenire e prestarsi alle misurazioni e alle verifiche, tutte le volte che verrà richiesto dalla Direzione dei Lavori.
Tale rappresentante può essere anche lo stesso capo cantiere, al quale verranno comunicati a tutti gli effetti, anche legali, gli ordini verbali e/o simili.

Nel caso in cui il capo cantiere sia persona diversa dal rappresentante dell'Appaltatore, ne potrà fare le veci, in caso di assenza.

L'Appaltatore è tenuto a comunicare all'Amministrazione Committente anche il nominativo di chi, in caso di temporanea assenza, sostituisca il suo rappresentante e comunicare inoltre tempestivamente, in caso di cessazione o riserva del mandato, il nome del nuovo rappresentante.

Per ciascuno dei rappresentanti che verranno designati, devono essere comunicati all'Amministrazione Committente, al Direttore dei Lavori ed al Coordinatore per l'Esecuzione dei Lavori (CSE) i seguenti dati: nominativo, residenza, numeri telefonici fissi e di fax, numeri telefonici degli apparecchi mobili di cui ognuno dovrà essere dotato, nonché ogni altra informazione per il suo immediato reperimento 24 ore su 24.

L'Amministrazione Committente si riserva il diritto di giudicare, in maniera inappellabile, sulla regolarità dei documenti prodotti e sulla conseguente accettabilità dei rappresentanti che verranno designati.

Resta inteso che l'Appaltatore rimane tuttavia responsabile dell'operato del rappresentante da lui delegato.

4. L'Appaltatore dovrà provvedere alla condotta ed esecuzione effettiva dei lavori, avvalendosi delle prestazioni di personale tecnico idoneo, di provata capacità e adeguato - numericamente e qualitativamente - alle necessità per una corretta esecuzione, in relazione agli obblighi assunti con il Programma esecutivo dei lavori.

L'Appaltatore è tenuto ad affidare la Direzione Tecnica del cantiere ad un Direttore di Cantiere, in possesso di laurea o almeno di diploma tecnico, iscritto all'albo professionale se non è alla propria stabile dipendenza e in possesso di un adeguato curriculum di Direzione di Cantiere riferito agli ultimi cinque anni, il quale rilascerà dichiarazione scritta dell'incarico ricevuto, anche e soprattutto in merito alla responsabilità per infortuni essendo in qualità di preposto, responsabile del rispetto e della piena applicazione del Piano delle misure per la Sicurezza dei lavoratori sia dell'Impresa appaltatrice sia di tutte le Imprese subappaltatrici impegnate nell'esecuzione dei lavori.

L'Appaltatore risponde dell'idoneità del Direttore di Cantiere e, in generale, di tutto il personale addetto ai lavori e operante in cantiere. Tale personale dovrà essere tutelato a norma delle sopra specificate Leggi ed essere di gradimento della Direzione dei Lavori. Quest'ultima si riserva il diritto di ottenere l'allontanamento motivato dai cantieri di qualunque addetto ai lavori, senza risponderne delle conseguenze, ai sensi e per gli effetti dell'art. 6 del Capitolato Generale.

Il direttore dei lavori ha il diritto di esigere il cambiamento del direttore di cantiere e del personale dell'appaltatore per disciplina, incapacità o grave negligenza. L'appaltatore è in tutti i casi responsabile dei danni causati dall'imperizia o dalla negligenza di detti soggetti, nonché della malafede o della frode nella somministrazione o nell'impiego dei materiali.

5. Ogni variazione del domicilio di cui al comma 1, o delle persone di cui ai commi 2, 3 o 4, deve essere tempestivamente notificata all'Amministrazione Committente; ogni variazione della persona di cui al comma 3 deve essere accompagnata dal deposito presso l'Amministrazione Committente del nuovo atto di mandato.

6. L'Amministrazione Committente sarà rappresentata nei confronti dell'Appaltatore, per quanto concerne l'esecuzione delle opere appaltate e ad ogni conseguente effetto, dalla Direzione dei Lavori che verrà designata dall'Amministrazione Committente medesima.

Art. 11. Norme generali sui materiali, i componenti, i sistemi e l'esecuzione

1. Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti, anche relativamente a sistemi e subsistemi di impianti tecnologici oggetto dell'appalto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel presente capitolato speciale di appalto, negli elaborati del progetto esecutivo.

2. Per quanto riguarda l'accettazione, la qualità e l'impiego dei materiali, la loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano rispettivamente l'art. 101, comma 3 del D. L.gs. 50/2016 e gli articoli 16 e 17 del capitolato generale d'appalto.

3. L'appaltatore, sia per sé che per i propri fornitori, deve garantire che i materiali da costruzione utilizzati siano conformi al D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246.

4. L'appaltatore, sia per sé che per i propri eventuali subappaltatori, deve garantire che l'esecuzione delle opere sia conforme alle «Norme tecniche per le costruzioni» approvate con il decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 (in Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008) nonché alla Circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009.

La realizzazione dei lavori potrà avvenire anche nel periodo notturno su richiesta della stazione appaltante e della DL per minimizzare le interferenze con il contesto in termini di circolazione e ove necessario per ridurre i tempi. L'impresa non potrà richiedere alcun supplemento per le lavorazioni in notturna, si intendono già compensate nell'offerta.

Art. 12. Convenzioni in materia di valuta e termini

1. In tutti gli atti predisposti dall'Amministrazione Committente i valori in cifra assoluta si intendono in euro.

2. In tutti gli atti predisposti dall'Amministrazione Committente i valori in cifra assoluta, ove non diversamente specificato, si intendono I.V.A. esclusa.

3. Tutti i termini di cui al presente Capitolato speciale, se non diversamente stabilito nella singola disposizione, sono computati in conformità al Regolamento CEE 3 giugno 1971, n. 1182.

CAPO 3. TERMINI PER L'ESECUZIONE

Art. 13. Consegna e inizio dei lavori

1. L'esecuzione dei lavori ha inizio dopo la comunicazione dell'approvazione della progettazione esecutiva, in seguito a consegna, risultante da apposito verbale, da effettuarsi non oltre 45 giorni dalla predetta comunicazione che deve, altresì, contenere la convocazione dell'appaltatore
2. Se nel giorno fissato e comunicato l'appaltatore non si presenta a ricevere la consegna dei lavori, il Direttore dei Lavori fissa un nuovo termine perentorio, non inferiore a 5 (cinque) giorni e non superiore a 15 (quindici) giorni; i termini per l'esecuzione decorrono comunque dalla data della prima convocazione. Decorso inutilmente il termine anzidetto, è facoltà dell'Amministrazione Committente risolvere il contratto e incamerare la cauzione definitiva, fermo restando il diritto al risarcimento del danno (ivi compreso l'eventuale maggior prezzo di una nuova aggiudicazione) se eccedente il valore della cauzione, senza che ciò possa costituire motivo di pretese o eccezioni di sorta da parte dell'appaltatore. Se è indetta una nuova procedura per l'affidamento dei lavori, l'appaltatore è escluso dalla partecipazione in quanto l'inadempimento è considerato grave negligenza accertata. Con la firma del verbale di consegna il legale rappresentante dell'Appaltatore, o persona appositamente abilitata, indicherà il nominativo del Responsabile di Cantiere, che firmerà la corrispondenza, la contabilità e riceverà gli Ordini di Servizio.
4. Il R.U.P. accerta l'avvenuto adempimento degli obblighi di cui all'articolo 41 del presente Capitolato Speciale prima della redazione del verbale di consegna di cui al comma 1 e ne comunica l'esito al Direttore dei lavori. La redazione del verbale di consegna è subordinata a tale positivo accertamento, in assenza del quale il verbale di consegna è inefficace e i lavori non possono essere iniziati.
5. Si potrà procedere a consegne parziali ai sensi dell'art. 5 comma 9, del D.M. n. 49/2018.

Art. 14. Termini per l'esecuzione dei lavori

1. Il tempo utile per ultimare tutti i lavori compresi nell'appalto è fissato in **giorni 570 (cinquecentosettanta)** naturali e consecutivi decorrenti dalla data del verbale di consegna. La descrizione dettagliata dei tempi di esecuzione delle prestazioni con le relative lavorazioni è riportata nel cronoprogramma. Nel calcolo del tempo utile si è tenuto conto delle ferie contrattuali e delle ordinarie difficoltà e degli ordinari impedimenti in relazione agli andamenti stagionali e alle relative condizioni climatiche, pertanto per tale motivo, non potranno essere concesse proroghe per recuperare i rallentamenti e le soste.
2. A fine lavori l'Appaltatore comunicherà alla Direzione Lavori, a mezzo pec o lettera raccomandata con A.R. la data nella quale ritiene di aver ultimato i lavori. La Direzione Lavori procederà allora, in contraddittorio, alle necessarie constatazioni redigendo apposito certificato.
3. Dalla data di ultimazione dei lavori decorreranno i termini per la redazione dello stato finale e per il collaudo dei medesimi.

Art. 15. Proroghe e differimenti

1. Ai sensi dell'art. 107, comma 5 del D. L.gs. n. 50/2016, se l'appaltatore, per causa a esso non imputabile, non è in grado di ultimare i lavori nel termine contrattuale di cui all'articolo 14 del presente Capitolato Speciale, può chiedere la proroga, presentando apposita richiesta motivata almeno 7 giorni prima della scadenza dei termini di cui al predetto articolo 14.

2. In deroga a quanto previsto al precedente comma 1, la richiesta può essere presentata anche se mancano meno di 7 giorni alla scadenza dei termini di cui all'articolo 14, comunque prima di tale scadenza, se le cause che hanno determinato la richiesta si sono verificate posteriormente; in questo caso la richiesta deve essere motivata anche in relazione alla specifica circostanza del ritardo.

3. Qualora nel corso dell'esecuzione dei lavori si verificasse un evento che a giudizio dell'appaltatore risultasse tale da impedire oggettivamente il rispetto dei termini di esecuzione, l'appaltatore può presentare all'Amministrazione committente richiesta di proroga in forma scritta, entro 10 (dieci) giorni dalla data del verificarsi dell'evento e fornire all'Amministrazione committente, entro i successivi 10 (dieci) giorni, tutti gli elementi in suo possesso a comprova dell'evento stesso.

Detti adempimenti si intendono prescritti per l'Appaltatore, a pena di decadenza dal diritto di avanzare successivamente, in qualsiasi sede, pretese relative al prolungamento dei termini di esecuzione di cui al precedente art. 14.

4. La richiesta di proroga è presentata al direttore di lavori il quale la trasmette tempestivamente al R.U.P., corredata dal proprio parere; se la richiesta è presentata direttamente al R.U.P. questi acquisisce tempestivamente il parere del direttore dei lavori.

5. La proroga è concessa o negata con provvedimento scritto del R.U.P. entro 5 giorni dal ricevimento della richiesta; il R.U.P. può prescindere dal parere del direttore dei lavori se questi non si esprime entro 3 giorni e può discostarsi dallo stesso parere motivando; nel provvedimento è riportato il parere del direttore dei lavori se questo è difforme dalle conclusioni del R.U.P.

6. Nei casi di cui al comma 2 se la proroga è concessa formalmente dopo la scadenza del relativo termine di cui all'articolo 14, essa ha effetto retroattivo a partire da tale termine.

7. La mancata determinazione del R.U.P. entro i termini di cui ai commi 5 o 6 costituisce rigetto della richiesta.

Art. 16. Sospensioni dei lavori

Si rinvia alla disciplina di cui all'art. 5 della L.n. 120/2020 (di conversione del D.L. n. 76/2020) e, per quanto da detto articolo non derogato, agli artt. 107 del D.lgs. n. 50/2016 e 10 del D.M. n. 49/2018.

Art. 17. Omissis

Art. 18. Penali in caso di ritardo

1. Nel caso di mancato rispetto del termine stabilito per l'ultimazione dei lavori, per ogni giorno naturale consecutivo di ritardo viene applicata una penale pari allo zero (0,1) per mille giornaliero dell'importo netto contrattuale

2. La medesima penale di cui sopra trova applicazione anche in caso di:

a) ritardo e/o mancato rispetto dei tempi e/o termini intermedi di esecuzione previsti dal cronoprogramma dei lavori (ove redatto per fasi esecutive);

b) ritardo nell'inizio dei lavori rispetto alla data fissata dal direttore dei lavori per la consegna degli stessi ai sensi dell'articolo 13 del presente Capitolato Speciale;

c) ritardo nell'inizio dei lavori per mancata consegna o per inefficacia del verbale di consegna imputabili all'appaltatore che non abbia effettuato gli adempimenti prescritti dall'articolo 13 comma 4, del presente Capitolato Speciale;

d) ritardo nella ripresa dei lavori seguente un verbale di sospensione, rispetto alla data fissata dal direttore dei lavori;

e) ritardo nel rispetto dei termini imposti dalla direzione dei lavori per il ripristino di lavori non accettabili o danneggiati.

3. Le penali di cui al comma 2, lettera c) e d), sono applicate all'importo dei lavori ancora da eseguire; la penale di cui al comma 2, lettera e) è applicata nella misura di € 1.000,00 (mille) per ogni giorno di ritardo.

4. Tutte le fattispecie di ritardi sono segnalate tempestivamente e dettagliatamente al RUP da parte del direttore dei lavori, immediatamente al verificarsi della relativa condizione, con la relativa quantificazione temporale.

5. Le penali di cui ai commi 1 e 2 sono cumulabili tra loro, fermo restando che il loro importo complessivo non può superare il 10% dell'importo contrattuale; se i ritardi sono tali da comportare una penale di importo superiore alla predetta percentuale è in facoltà della Stazione Appaltante dichiarare la risoluzione del contratto in danno dell'Appaltatore ex art. 1456 c.c..

6. L'applicazione delle penali viene effettuata in occasione del Certificato di Pagamento immediatamente successivo al verificarsi dei presupposti per la relativa applicazione o in sede di Conto Finale. Le penali non pregiudicano, comunque, il risarcimento di eventuali maggiori danni od oneri sopportati dalla Stazione appaltante.

Art. 19. Programma esecutivo dei lavori dell'appaltatore

1. Prima della consegna dei lavori si terrà una o più riunioni di coordinamento nel corso della quale l'Appaltatore dovrà presentare alla Amministrazione Committente, a norma dell'art. 43, comma 10, del DPR n. 207/2010, il programma esecutivo dei lavori redatto nel rispetto dello schema e delle priorità previste dal Cronoprogramma e dal Piano di Sicurezza e Coordinamento. Tale programma dovrà rispettare i tempi e termini delle eventuali fasi esecutive previste dal cronoprogramma presentato in sede di offerta.

2. L'Amministrazione Committente comunicherà all'Appaltatore il giorno ed il luogo in cui dovrà trovarsi per partecipare alla riunione di coordinamento. Qualora l'Appaltatore non si presenti nel giorno fissato per la riunione, gli verrà assegnato un termine perentorio, trascorso inutilmente il quale la Amministrazione Committente potrà procedere comunque alla consegna dei lavori, data dalla quale decorre il tempo contrattuale, senza che peraltro l'Appaltatore possa dare effettivo corso ai lavori in mancanza della riunione di coordinamento.

3. Il programma esecutivo e di dettaglio dovrà essere aggiornato in base all'effettivo andamento dei lavori e/o modificato su richiesta del Direttore Lavori e/o del Coordinatore Sicurezza per l'Esecuzione dei lavori, in base alle esigenze della Amministrazione Committente. Per tali variazioni l'Appaltatore non potrà vantare alcun titolo per richieste di risarcimenti. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di modificare il programma dei lavori esecutivo e di dettaglio dell'Appaltatore in qualsiasi momento per

proprie insindacabili necessità, senza che l'Appaltatore possa pretendere compensi di sorta o avanzare richieste di qualunque genere.

4. Il programma esecutivo dei lavori dell'appaltatore può essere modificato o integrato dall'amministrazione committente, mediante ordine di servizio, ogni volta che sia necessario alla miglior esecuzione dei lavori e in particolare:

- a) per il coordinamento con le prestazioni o le forniture di imprese o altre ditte estranee al contratto;
- b) per l'intervento o il mancato intervento di società concessionarie di pubblici servizi le cui reti siano coinvolte in qualunque modo con l'andamento dei lavori, purché non imputabile ad inadempimenti o ritardi dell'amministrazione committente;
- c) per l'intervento o il coordinamento con autorità, enti o altri soggetti diversi dall'amministrazione committente, che abbiano giurisdizione, competenze o responsabilità di tutela sugli immobili, i siti e le aree comunque interessate dal cantiere;
- d) per la necessità o l'opportunità di eseguire prove sui campioni, prove di carico e di tenuta e funzionamento degli impianti, nonché collaudi parziali o specifici;
- e) se è richiesto dal coordinatore per la sicurezza e la salute nel cantiere, in ottemperanza all'articolo 92, comma 1, del Decreto n. 81 del 2008. In ogni caso il programma esecutivo dei lavori deve essere coerente con il piano di sicurezza, eventualmente integrato ed aggiornato.

5. A fronte di ordine di servizio della Direzione Lavori, dettato da circostanze particolari, l'Appaltatore è tenuto all'esecuzione di tutti o parte dei lavori in più turni, anche notturni, festivi o in avverse condizioni meteorologiche, prendendo tutti gli accorgimenti necessari per assicurare il buon esito dell'opera e l'esecuzione dei lavori in piena sicurezza. In ogni caso l'Appaltatore, al di fuori di quanto riconosciuto dalla legislazione e dalla normativa vigente, non ha diritto ad alcun compenso oltre il prezzo contrattuale.

Art. 20. Inderogabilità dei termini di esecuzione

1. Non costituiscono motivo di proroga dell'inizio dei lavori, della loro mancata regolare o continuativa conduzione secondo il relativo programma o della loro ritardata ultimazione:

- a) il ritardo nell'installazione del cantiere;
- b) l'adempimento di prescrizioni, o il rimedio a inconvenienti o infrazioni riscontrate dal direttore dei lavori o dagli organi di vigilanza in materia sanitaria e di sicurezza, ivi compreso il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione;
- c) l'esecuzione di accertamenti integrativi che l'appaltatore ritenesse di dover effettuare per la esecuzione delle opere di fondazione, delle strutture e degli impianti, salvo che siano ordinati dalla direzione dei lavori o espressamente approvati da questa;
- d) il tempo necessario per l'esecuzione di prove sui campioni, di sondaggi, analisi e altre prove assimilabili;
- e) il tempo necessario per l'espletamento degli adempimenti a carico dell'appaltatore comunque previsti dal presente capitolato speciale o dal capitolato generale d'appalto;

f) le eventuali controversie tra l'appaltatore e i fornitori, subappaltatori, affidatari, altri incaricati dall'appaltatore né i ritardi o gli inadempimenti degli stessi soggetti;

g) le eventuali vertenze a carattere aziendale tra l'appaltatore e il proprio personale dipendente;

h) le sospensioni disposte dall'amministrazione committente, dal Direttore dei lavori, dal Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione o dal R.U.P. per inosservanza delle misure di sicurezza dei lavoratori nel cantiere o inosservanza degli obblighi retributivi, contributivi, previdenziali o assistenziali nei confronti dei lavoratori impiegati nel cantiere;

i) le sospensioni disposte dal personale ispettivo del Ministero del lavoro e della previdenza sociale in relazione alla presenza di personale non risultante dalle scritture o da altra documentazione obbligatoria o in caso di reiterate violazioni della disciplina in materia di superamento dei tempi di lavoro, di riposo giornaliero e settimanale, ai sensi dell'articolo 14 del Decreto n. 81 del 2008, fino alla relativa revoca.

2. Non costituiscono altresì motivo di proroga o differimento dell'inizio dei lavori, della loro mancata regolare o continuativa conduzione secondo il relativo programma o della loro ritardata ultimazione, i ritardi o gli inadempimenti di ditte, imprese, fornitori, tecnici o altri, titolari di rapporti contrattuali con l'amministrazione committente, se l'appaltatore non abbia tempestivamente denunciato per iscritto all'amministrazione medesima le cause imputabili a dette ditte, imprese o fornitori o tecnici.

3. Le cause di cui ai commi 1 e 2 non possono costituire motivo per la richiesta di proroghe di cui all'articolo 15, di sospensione dei lavori di cui all'articolo 16, per la disapplicazione delle penali di cui all'articolo 18, né possono costituire ostacolo alla eventuale risoluzione del Contratto.

Art. 21. Omissis

CAPO 4. CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

Art. 22. Lavori a corpo

1. La valutazione dei lavori a corpo è effettuata secondo le specificazioni date nell'enunciazione e nella descrizione del lavoro a corpo, e dei corpi d'opera in cui è suddiviso, nonché secondo le risultanze degli elaborati grafici e di ogni altro allegato progettuale; il corrispettivo per il lavoro a corpo resta fisso e invariabile senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità di detti lavori.

2. Nel corrispettivo per l'esecuzione del lavoro a corpo s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal presente Capitolato speciale e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali. Pertanto nessun compenso può essere richiesto per lavori, forniture e prestazioni che, ancorché non esplicitamente specificati nella descrizione dei lavori a corpo, siano rilevabili dagli elaborati grafici o viceversa. Lo stesso dicasi per lavori, forniture e prestazioni tecnicamente e intrinsecamente indispensabili alla funzionalità, completezza e corretta realizzazione dell'opera appaltata secondo le regole dell'arte.

3. La contabilizzazione del lavoro a corpo è effettuata applicando all'importo netto di aggiudicazione le percentuali convenzionali relative ai singoli corpi d'opera che verranno individuati con l'elaborazione del

progetto esecutivo, di ciascuna delle quali è contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

4. Gli oneri per la sicurezza, determinati nella tabella 1 di cui all'articolo 2, comma 1, del presente Capitolato Speciale, sono valutati a corpo in base all'importo previsto separatamente dall'importo dei lavori negli atti progettuali, secondo la percentuale stabilita nella predetta tabella, intendendosi come eseguita e liquidabile la quota parte proporzionale a quanto eseguito. La liquidazione di tali oneri è subordinata ad una dichiarazione di assenso da parte del coordinatore per la sicurezza e la salute in fase di esecuzione.

Art. 23. Eventuali lavori a misura

1. Se in corso d'opera devono essere introdotte variazioni ai lavori ai sensi dell'art. 106 del D.L.gs. 50/2016, e per tali variazioni ricorrono le condizioni di cui all'articolo 43, comma 9, del D.P.R. 207/2010, per cui risulta eccessivamente oneroso individuarne in maniera certa e definita le quantità e pertanto non è possibile la loro definizione nel lavoro "a corpo", esse possono essere preventivate "a misura". Le relative lavorazioni sono indicate nel provvedimento di approvazione della perizia di variante, con puntuale motivazione di carattere tecnico e con l'indicazione dell'importo sommario del loro valore presunto e della relativa incidenza sul valore complessivo del contratto.

2. Nei casi di cui al comma 1, se le variazioni non sono valutabili mediante i prezzi unitari rilevabili dagli atti progettuali o di gara, si procede mediante la formazione dei nuovi prezzi ai sensi dell'articolo 40.

3. La misurazione e la valutazione dei lavori a misura sono effettuate secondo le specificazioni date nel presente capitolato speciale e nell'enunciazione delle singole voci in elenco; in caso diverso sono utilizzate per la valutazione dei lavori le dimensioni nette delle opere eseguite rilevate in loco, senza che l'appaltatore possa far valere criteri di misurazione o coefficienti moltiplicatori che modifichino le quantità realmente poste in opera.

4. Non sono comunque riconosciuti nella valutazione aumenti dimensionali di alcun genere non rispondenti ai disegni di progetto se non saranno stati preventivamente autorizzati dal direttore dei lavori.

5. Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori a misura s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal presente Capitolato speciale e secondo i tipi indicati e previsti negli atti della perizia di variante.

6. La contabilizzazione delle opere e delle forniture dei lavori a misura è effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari netti previsti dall'Elenco Prezzi Unitari di progetto o negli eventuali verbali di concordamento, ribassati della percentuale di sconto offerta dall'Appaltatore in sede di gara. In ogni caso, l'importo delle lavorazioni e forniture previste per l'esecuzione delle opere è comprensivo, oltre che di tutti gli oneri previsti dal presente capitolato speciale d'appalto e negli altri documenti costituenti il contratto, delle seguenti prestazioni:

a) *Per i materiali.* Ogni spesa, nessuna esclusa, per forniture, confezioni, trasporti, cali, perdite, sprechi, imposte e tasse, ecc. e ogni prestazione occorrente per darli pronti all'impiego, a piè d'opera o in qualsiasi punto del lavoro;

b) *Per gli operai ed i mezzi d'opera.* Ogni spesa per prestazioni di utensili ed attrezzi, spese accessorie di ogni specie, trasporti, baracche per alloggi, ecc., nonché la spesa per l'illuminazione dei cantieri nel caso di lavoro notturno e le quote per assicurazioni sociali;

c) *Per i noli.* Ogni spesa per dare macchinari e mezzi di lavori a piè d'opera, pronti all'uso con gli accessori e quanto occorre al loro regolare funzionamento ed alla loro manutenzione (carburanti, lubrificanti, pezzi di ricambio, ecc.), nonché l'opera degli operatori e conducenti necessari al loro funzionamento, compresi anche gli oneri di trasporto, sia in andata che in ritorno, dal deposito dell'Appaltatore al luogo di impiego;

d) *Per i lavori.* Tutte le spese per i mezzi d'opera e per assicurazioni di ogni genere; tutte le forniture occorrenti; la lavorazione dei materiali e loro impiego secondo le specificazioni contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto; le spese generali; le spese per eventuali occupazioni di suolo pubblico o privato, ecc.

7. I suddetti prezzi sono invariabili ed indipendenti da ogni eventualità.

8. Devono inoltre intendersi sempre compresi tutti gli oneri per l'esecuzione dei lavori in presenza di traffico e la conseguente adozione di tutte le misure di sicurezza prescritte, la segnaletica, le opere di protezione ed in genere tutte le spese per opere provvisoriale, nessuna esclusa; carichi, trasporti, scarichi e quanto occorre per dare i lavori compiuti a perfetta regola d'arte.

9. Tutti gli oneri e gli obblighi specificati nel presente articolo e negli altri del presente del Capitolato Speciale di Appalto, nonché nei documenti facenti parte integrante del contratto, si intendono accettati dall'Appaltatore in base ai suoi calcoli di convenienza.

10. L'Appaltatore si impegna a tenere fissi e costanti i prezzi unitari per tutta la durata del presente contratto.

11. Gli oneri per la sicurezza determinati nella tabella 1 di cui all'articolo 2, comma 1, rigo 2 del presente Capitolato Speciale, come evidenziati nell'apposita colonna rubricata «oneri sicurezza non oggetto di ribasso» nella tabella di cui all'articolo 5, sono valutati sulla base dei prezzi di cui all'elenco allegato al capitolato speciale, con le quantità rilevabili ai sensi del presente articolo.

12. Si precisa che il Direttore dei lavori, o qualsiasi componente dell'ufficio di Direzione lavori individuato dall'Amministrazione Committente, si riserva in ogni circostanza e a sua discrezione di sottoporre gli automezzi adibiti al trasporto in cantiere dei materiali sfusi – conglomerati bituminosi e calcestruzzo - alla verifica, presso pesi ufficiali, delle quantità di materiale effettivamente consegnato in cantiere.

Art. 24. Eventuali lavori in economia

1. L'Amministrazione Committente ha facoltà di richiedere all'Appaltatore, nei limiti previsti dalla legislazione e dalla normativa vigente con le modalità previste **dalle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione**, mediante singoli ordini di servizio, la fornitura di manodopera in economia o l'acquisto di materiali da liquidare su fattura, come segue:

a) per quanto riguarda i materiali, applicando il ribasso contrattuale ai prezzi unitari determinati ai sensi del successivo articolo 40;

b) per quanto riguarda i trasporti, i noli e il costo del personale o della manodopera, secondo i prezzi vigenti al momento della loro esecuzione, incrementati delle percentuali per spese generali e utili (se non già comprese nei prezzi vigenti) ed applicando il ribasso contrattuale esclusivamente su queste due ultime componenti.

2. Gli eventuali oneri per la sicurezza individuati in economia sono valutati senza alcun ribasso, fermo restando che alle componenti stimate o contabilizzate in termini di manodopera, noli e trasporti, si applicano i prezzi vigenti al momento della loro esecuzione incrementati delle percentuali per spese generali e utili nelle misure di cui al comma 3.

3. Ai fini di cui al comma 1, lettera b) e dal comma 2, le percentuali di incidenza delle spese generali e degli utili, sono determinate nella misura offerta dal concorrente.

4. Gli autocarri, le macchine, ecc. debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento. Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli autocarri, delle macchine, ecc. Il prezzo di noleggio delle macchine, attrezzi, ecc. comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, alle spese per il trasporto a piè d'opera, all'eventuale montaggio, smontaggio ed allontanamento di dette macchine, attrezzi, ecc. Per gli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo. Nei prezzi del noleggio degli autocarri è compresa anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente. Tutti i mezzi per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

Art. 25. Contabilità dei lavori

1. La contabilità dei lavori verrà tenuta secondo *le linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione.*

2. L'Appaltatore dovrà predisporre gli elaborati grafici necessari alla redazione della contabilità ed alla predisposizione delle misure, a tale scopo è tenuto a fornire il personale tecnico richiesto dalla Direzione Lavori.

3 Non saranno tenuti in alcun conto i lavori eseguiti irregolarmente o non conformi al contratto, nonché quelli eseguiti in contraddizione agli ordini di servizio della Direzione Lavori, in ragione del D. Min. Infrastrutture e Trasp. 07/03/2018, n. 49, recante l'approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione. Nel caso di compilazione di stato d'avanzamento lavori, la rata di acconto va commisurata all'importo del lavoro regolarmente ed effettivamente eseguito, misurato e registrato, in concorso e in contraddittorio con il tecnico incaricato dall'Appaltatore, a cui vanno aggiunti gli oneri di sicurezza e detratte le ritenute di legge.

CAPO 5. DISCIPLINA ECONOMICA

Art. 26. Anticipazione

1. Ai sensi dell'articolo 35, comma 18 del D.L.gs. 50/2016, è prevista la corresponsione, in favore dell'appaltatore, di un'**anticipazione** del prezzo, pari al **20%** (per cento) dell'importo contrattuale, da erogare entro 15 giorni dall'effettivo inizio dei lavori accertato dal RUP.
2. L'erogazione dell'anticipazione è subordinata alla prestazione, da parte dell'appaltatore, di apposita garanzia fideiussoria o assicurativa, alle seguenti condizioni:
 - a) importo garantito almeno pari all'anticipazione, maggiorato dell'I.V.A. all'aliquota di legge, maggiorato altresì del tasso legale di interesse applicato al periodo necessario al recupero dell'anticipazione stessa in base al periodo previsto per la compensazione secondo il cronoprogramma dei lavori;
 - b) l'importo della garanzia viene gradualmente ed automaticamente ridotto nel corso dei lavori, in proporzione alle quote di anticipazione recuperate in occasione di ogni SAL, fino all'integrale compensazione;
 - c) la garanzia è prestata mediante presentazione di atto di fideiussione rilasciato da una banca o da un intermediario finanziario autorizzato, ai sensi del D. L.gs. 385/1993, o polizza fideiussoria rilasciata da impresa di assicurazione, conforme alla scheda tecnica 1.3, allegata al decreto ministeriale 19.1.2018, n. 31 in osservanza delle clausole di cui allo schema tipo 1.3 allegato al predetto decreto;
3. L'anticipazione è compensata mediante trattenuta sull'importo di ogni certificato di pagamento, di un importo percentuale pari alla percentuale dell'anticipazione a titolo di graduale recupero della medesima; in ogni caso all'ultimazione dei lavori l'importo dell'anticipazione deve essere compensato integralmente.
4. L'appaltatore decade dall'anticipazione, con l'obbligo di restituzione, se l'esecuzione dei lavori non procede secondo i tempi contrattuali, per ritardi a lui imputabili. In tale caso, sulle somme restituite, spettano alla Stazione appaltante anche gli interessi corrispettivi al tasso legale con decorrenza dalla data di erogazione della anticipazione.
5. La Stazione appaltante procede all'escussione della fideiussione di cui al comma 2 in caso di insufficiente compensazione ai sensi del comma 3 o in caso di decadenza dell'anticipazione di cui al comma 4, salvo che l'appaltatore provveda direttamente con risorse proprie prima della predetta escussione.

Art. 27. Omissis

Art. 27 bis Pagamenti in acconto

1. Le rate di acconto sono dovute ogni qualvolta i lavori eseguiti, contabilizzati ai sensi degli articoli 22, 23, 24 e 25 del presente Capitolato, al netto del ribasso d'asta sui lavori, comprensivi della quota relativa agli oneri per la sicurezza, al netto della ritenuta di cui al comma 2 e al netto dell'importo delle rate di acconto precedenti, raggiungano l'importo minimo del 5% dell'importo contrattuale dei lavori (compresi oneri per la sicurezza), dalle quali va detratto l'importo delle corrispondenti rate di anticipazione.
2. Ai sensi dell'articolo 30, comma 5, del D. L.gs. 50/2016, a garanzia dell'osservanza delle norme in materia di contribuzione previdenziale e assistenziale, sull'importo netto progressivo dei lavori è operata

una ritenuta dello 0,50% (zero virgola cinquanta per cento), da liquidarsi, nulla ostando, in sede di conto finale.

3. Entro 30 (trenta) giorni dal verificarsi delle condizioni di cui al comma 1:

a) il direttore dei lavori redige la contabilità ed emette lo stato di avanzamento dei lavori, così come previsto dal D.M. n. 49/2018, che deve recare la dicitura: «lavori a tutto il» con l'indicazione della data di chiusura;

b) il R.U.P. emette, entro 7 giorni dall'adozione del SAL, il conseguente certificato di pagamento, ai sensi del D.M. n. 49/2018, che deve riportare esplicitamente il riferimento al relativo stato di avanzamento dei lavori di cui alla lettera a), con l'indicazione della data di emissione;

c) l'appaltatore dovrà presentarsi nel giorno stabilito per la firma della contabilità; eventuali ritardi modificheranno i termini indicati nel presente articolo.

4. L'amministrazione committente provvede al pagamento, a favore dell'appaltatore, del predetto certificato entro **30** (trenta) giorni dalla data di emissione del SAL, mediante emissione dell'apposito mandato e alla successiva erogazione a favore dell'appaltatore, previa presentazione di regolari fatture fiscali, corredate dagli estremi del Contratto (numero e data) e dello Stato di Avanzamento Lavori cui si riferiscono, ai sensi dell'articolo 185 del decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 267 e s.m.i.

5. Se i lavori rimangono sospesi per un periodo superiore a 45 (quarantacinque) giorni, per cause non dipendenti dall'appaltatore, si provvede alla redazione dello stato di avanzamento e all'emissione del certificato di pagamento, prescindendo dall'importo minimo di cui al comma 1, solo ed esclusivamente nei seguenti casi:

a) Sospensione dei lavori al fine della redazione ed approvazione di una perizia di variante o di variante in aumento, di durata superiore a 45 (quarantacinque) giorni;

b) Sospensione dei lavori, a causa dell'abbassamento delle temperature nella stagione tardo autunnale e invernale, di durata superiore a 45 (quarantacinque) giorni che determina l'impossibilità di eseguire gli stessi a regola d'arte;

c) Sospensione dei lavori per un periodo di 45 (quarantacinque) giorni per altre cause non dipendenti dall'Appaltatore;

6. L'emissione di ogni certificato di pagamento è subordinata:

a) all'acquisizione del DURC dell'appaltatore, del subappaltatore a norma dell'articolo 53, comma 1 del presente Capitolato. Ai sensi dell'articolo 31, comma 7, della legge n. 98 del 2013, il titolo di pagamento deve essere corredato dal DURC, anche in formato elettronico;

b) agli adempimenti di cui all'articolo 49 del presente Capitolato in favore dei subappaltatori e subcontraenti, se sono stati stipulati contratti di subappalto o subcontratti di cui allo stesso articolo;

c) all'ottemperanza alle prescrizioni di cui al successivo articolo 66 in materia di tracciabilità dei pagamenti;

d) all'accertamento, da parte dell'amministrazione committente, ai sensi dell'articolo 48-bis del D.P.R. n. 602 del 1973, introdotto dall'articolo 2, comma 9, della legge n. 286 del 2006, di eventuale inadempienza all'obbligo di versamento derivante dalla notifica di una o più cartelle di pagamento, per un ammontare complessivo pari almeno all'importo da corrispondere, con le modalità di cui al D.M. 18 gennaio 2008, n. 40. In caso di inadempimento accertato, il pagamento è sospeso e la circostanza è segnalata all'agente della riscossione competente per territorio.

7. Ai sensi dell'art. 30, comma 6 del D. L.gs. 50/2016, in caso di ritardo nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente dell'appaltatore, dei subappaltatori o dei soggetti titolari di subappalti e cottimi, di cui all'art. 105, comma 18, ultimo periodo del D. L.gs. 50/2016, impiegato nel cantiere, il R.U.P. invita per iscritto il soggetto inadempiente, ed in ogni caso l'appaltatore, a provvedere entro 15 (quindici) giorni. Decorso infruttuosamente il suddetto termine senza che sia stata contestata formalmente e motivatamente la fondatezza della richiesta, l'amministrazione committente provvede alla liquidazione del certificato di pagamento di cui al comma 5, trattenendo una somma corrispondente ai crediti vantati dal personale dipendente, ai fini di cui all'articolo 52, comma 2 del presente Capitolato.

Art. 28. Pagamenti a saldo

1. Il conto finale dei lavori è redatto dal Direttore dei lavori entro 45 (quarantacinque) giorni dalla data della loro ultimazione, accertata con apposito verbale, e trasmesso al R.U.P.; col conto finale è accertato e proposto l'importo della rata di saldo, qualunque sia il suo ammontare, la cui liquidazione definitiva ed erogazione è subordinata al collaudo tecnico amministrativo dell'opera, e alle condizioni di cui al successivo comma 4.

2. Il conto finale dei lavori deve essere sottoscritto dall'appaltatore, su richiesta del R.U.P., entro il termine perentorio di 30 (trenta) giorni; se l'appaltatore non firma il conto finale nel termine indicato, o se lo firma senza confermare le domande già formulate nel registro di contabilità, il conto finale si ha come da lui definitivamente accettato.

3. Il R.U.P., entro i successivi 60 (sessanta) giorni redige una propria Relazione Finale riservata, con la quale esprime il proprio parere motivato sulla fondatezza delle eventuali domande dell'esecutore.

4. La rata di saldo, unitamente alle ritenute di cui al precedente articolo 27, comma 2, nulla ostando, è pagata entro 30 giorni dopo l'avvenuta emissione del certificato di collaudo previa presentazione di regolare fattura fiscale, ai sensi dell'articolo 185 del decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 267.

5. Il pagamento della rata di saldo non costituisce presunzione di accettazione dell'opera, ai sensi dell'articolo 1666, secondo comma, del codice civile.

6. Il pagamento della rata di saldo è disposto solo a condizione che l'appaltatore presenti apposita garanzia fideiussoria ai sensi dell'articolo 103, comma 6, del D. L.gs. 50/2016, emessa nei termini e alle condizioni che seguono:

a) un importo garantito almeno pari all'importo della rata di saldo, maggiorato dell'I.V.A. all'aliquota di legge, maggiorato altresì del tasso legale di interesse applicato al periodo di due anni;

b) efficacia dalla data di erogazione della rata di saldo con estinzione due anni dopo l'emissione del certificato di collaudo;

c) prestata con atto di fideiussione rilasciato da una banca o da un intermediario finanziario autorizzato o con polizza fideiussoria rilasciata da impresa di assicurazione, conforme alla scheda tecnica 1.4, allegata al decreto ministeriale 19.1.2018, n. 31 ,in osservanza delle clausole di cui allo schema tipo 1.4 allegato al predetto decreto.

7. Salvo quanto disposto dall'articolo 1669 del codice civile, l'appaltatore risponde per la difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati all'accertamento, da parte dell'amministrazione committente entro 24 (ventiquattro) mesi dall'ultimazione dei lavori riconosciuta e accettata.

8. L'appaltatore e il direttore dei lavori devono utilizzare la massima diligenza e professionalità, nonché improntare il proprio comportamento a buona fede, al fine di evidenziare tempestivamente i vizi e i difetti riscontrabili nonché le misure da adottare per il loro rimedio.

9. Al pagamento della rata a saldo si applicano le condizioni di cui al precedente articolo 27, commi 6 e 7.

Art. 29. Ritardi nel pagamento delle rate di acconto

1. Non sono dovuti interessi per i primi 30 (trenta) giorni intercorrenti tra il verificarsi delle condizioni e delle circostanze per l'emissione del certificato di pagamento, ai sensi del precedente articolo 27 e la sua effettiva emissione e messa a disposizione dall'amministrazione committente per la liquidazione; trascorso tale termine senza che sia emesso il certificato di pagamento, sono dovuti all'appaltatore gli interessi legali per i primi 30 giorni di ritardo. Trascorso infruttuosamente anche questo termine, spettano all'appaltatore gli interessi di mora nella misura stabilita con apposito decreto ministeriale.

2. Parimenti non sono dovuti interessi per i primi 30 giorni intercorrenti tra l'emissione del certificato di pagamento e il suo effettivo pagamento a favore dell'appaltatore; trascorso tale termine senza che l'amministrazione committente abbia provveduto al pagamento, si applicherà quanto previsto dal D.L.gs. n. 231/2002 come modificato dal D.L.gs. n. 192/2012 come espressamente chiarito dalla Circolare del Ministero dello Sviluppo Economico Prot. n. 1293 del 23.01.2013; sono pertanto dovuti all'appaltatore gli interessi di mora nella misura stabilita con apposito decreto ministeriale.

3. Il pagamento degli interessi avviene d'ufficio in occasione del pagamento, in acconto o a saldo, immediatamente successivo, senza necessità di domande o riserve. Ai sensi dell'art. 1194 del codice civile, l'appaltatore acconsente comunque espressamente, con la sottoscrizione del contratto, che i pagamenti che gli verranno effettuati nel corso del rapporto contrattuale durante l'esecuzione dei lavori e in sede di collaudo vengano imputati prioritariamente al capitale anziché agli interessi eventualmente maturati.

Art. 30. Ritardi nel pagamento della rata di saldo

1. Per il pagamento della rata di saldo in ritardo rispetto al termine stabilito al precedente articolo 28, comma 4, per causa imputabile all'amministrazione committente, sulle somme dovute decorrono gli interessi di mora, nella misura di cui all'articolo 29, comma 2.

Art. 31. Omissis

Art. 32. Anticipazione del pagamento di taluni materiali

1. Non è prevista in nessun caso l'anticipazione del pagamento sui materiali o su parte di essi.

Art. 33. Cessione del contratto e cessione dei crediti

1. E' vietata la cessione del contratto sotto qualsiasi forma; ogni atto contrario è nullo di diritto.

2. E' ammessa la cessione dei crediti, ai sensi del combinato disposto dell'articolo 106, comma 13 del D. L.gs. 50/2016 e della legge 21 febbraio 1991, n. 52, a condizione che il cessionario sia un istituto bancario o un intermediario finanziario iscritto nell'apposito Albo presso la Banca d'Italia e che il contratto di cessione, stipulato mediante atto pubblico o scrittura privata autenticata, sia notificato all'amministrazione committente prima o contestualmente al certificato di pagamento sottoscritto dal R.U.P.

3. Dall'atto di cessione dovrà desumersi l'entità del credito ceduto, il cessionario dello stesso, le modalità di pagamento ed i riferimenti bancari (codice IBAN) del cessionario medesimo. Il cessionario è tenuto a rispettare la normativa sulla tracciabilità di cui alla L.136/2010.

4. L'amministrazione committente potrà opporre al cessionario tutte le eccezioni opponibili al cedente in forza del presente contratto di appalto.

CAPO 6. CAUZIONI E GARANZIE

Art. 34. Omissis

Art. 35. Garanzia definitiva

1. Ai sensi dell'articolo 103 comma 1 del D.L.gs. 50/2016, l'appaltatore per la sottoscrizione del contratto deve costituire una garanzia, denominata "**garanzia definitiva**" a sua scelta sotto forma di cauzione o fideiussione con le modalità di cui all'articolo 93, commi 2 e 3 del D. L.gs. 50/2016, pari al **10 per cento** dell'importo contrattuale. In caso di aggiudicazione con ribassi superiori al dieci per cento la garanzia da costituire è aumentata di tanti punti percentuali quanti sono quelli eccedenti il 10 per cento. Ove il ribasso sia superiore al venti per cento, l'aumento è di due punti percentuali per ogni punto di ribasso superiore al venti per cento.

2. La garanzia fideiussoria di cui al comma 1 a scelta dell'appaltatore può essere rilasciata dai soggetti di cui all'articolo 93, comma 3 del D. L.gs. 50/2016. La garanzia deve prevedere espressamente la rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale, la rinuncia all'eccezione di cui all'articolo 1957, secondo comma, del codice civile, nonché l'operatività della garanzia medesima entro quindici giorni, a semplice richiesta scritta della stazione appaltante.

3. Ai sensi dell'articolo 103 comma 5 del D. L.gs. 50/2016 la garanzia di cui al comma 1 è progressivamente svincolata a misura dell'avanzamento dell'esecuzione, nel limite massimo del 80% (ottanta per cento) dell'iniziale importo garantito. Lo svincolo è automatico, senza necessità di benestare del committente, con la sola condizione della preventiva consegna all'istituto garante, da parte dell'appaltatore o del cessionario, degli stati di avanzamento dei lavori o di analogo documento, in

originale o in copia autentica, attestanti l'avvenuta esecuzione. Sono nulle le pattuizioni contrarie o in deroga. Il mancato svincolo nei quindici giorni dalla consegna degli stati di avanzamento o della documentazione analoga costituisce inadempimento del garante nei confronti dell'impresa per la quale la garanzia è prestata.

4. La garanzia, per il rimanente ammontare residuo del 20% (venti per cento), cessa di avere effetto ed è svincolata automaticamente all'emissione del certificato di collaudo o comunque fino a dodici mesi dalla data di ultimazione dei lavori risultante dal relativo certificato. Lo svincolo e l'estinzione avvengono di diritto, senza necessità di ulteriori atti formali, richieste, autorizzazioni, dichiarazioni liberatorie o restituzioni.

5. Ai sensi dell'art. 103 comma 2 del D.L.gs. 50/2016 la stazione appaltante ha il diritto di valersi della cauzione, nei limiti dell'importo massimo garantito, per l'eventuale maggiore spesa sostenuta per il completamento dei lavori nel caso di risoluzione del contratto disposta in danno dell'esecutore e ha il diritto di valersi della cauzione per provvedere al pagamento di quanto dovuto dall'esecutore per le inadempienze derivanti dalla inosservanza di norme e prescrizioni dei contratti collettivi, delle leggi e dei regolamenti sulla tutela, protezione, assicurazione, assistenza e sicurezza fisica dei lavoratori comunque presenti in cantiere o nei luoghi dove viene prestato il servizio nei casi di appalti di servizi. La stazione appaltante può incamerare la garanzia per provvedere al pagamento di quanto dovuto dal soggetto aggiudicatario per le inadempienze derivanti dalla inosservanza di norme e prescrizioni dei contratti collettivi, delle leggi e dei regolamenti sulla tutela, protezione, assicurazione, assistenza e sicurezza fisica dei lavoratori addetti all'esecuzione dell'appalto.

6. Ai sensi dell'art. 103 comma 1 del D.L.gs. 50/2016 la cauzione è prestata a garanzia dell'adempimento di tutte le obbligazioni del contratto e del risarcimento dei danni derivanti dall'eventuale inadempimento delle obbligazioni stesse, nonché a garanzia del rimborso delle somme pagate in più all'esecutore rispetto alle risultanze della liquidazione finale, salva comunque la risarcibilità del maggior danno verso l'appaltatore. La garanzia cessa di avere effetto solo alla data di emissione del certificato di collaudo. La stazione appaltante può richiedere al soggetto aggiudicatario la reintegrazione della garanzia ove questa sia venuta meno in tutto o in parte; in caso di inottemperanza, la reintegrazione si effettua a valere sui ratei di prezzo da corrispondere all'esecutore. Alla garanzia di cui al presente articolo si applicano le riduzioni previste dall'articolo 93, comma 7 del D.L.gs. 50/2016, per la garanzia provvisoria.

7. Ai sensi dell'articolo 103 comma 10 del D. L.gs. 50/2016 in caso di raggruppamenti temporanei le garanzie fideiussorie e le garanzie assicurative sono presentate, su mandato irrevocabile, dalla mandataria in nome e per conto di tutti i concorrenti ferma restando la responsabilità solidale tra le imprese.

8. Ai sensi dell'articolo 103 comma 3 del D. L.gs. 50/2016 la mancata costituzione della garanzia di cui al comma 1 determina la decadenza dell'affidamento e l'acquisizione della cauzione provvisoria presentata in sede di offerta, da parte della stazione appaltante, che aggiudica l'appalto al concorrente che segue nella graduatoria.

Art. 36. Riduzione delle garanzie

Si applica quanto previsto dagli artt. 93 e 103 del D.Lgs. n. 50/2016 e dalla normativa in materia.

Art. 37. Obblighi assicurativi a carico dell'appaltatore

1. Ai sensi dell'articolo 103 comma 7 del Codice dei Contratti, l'appaltatore è obbligato, contestualmente alla sottoscrizione del contratto e in ogni caso almeno 10 (dieci) giorni prima della data prevista per la consegna dei lavori ai sensi dell'articolo 13 del presente Capitolato, a produrre una polizza assicurativa che tenga indenne l'amministrazione committente da tutti i rischi di esecuzione e che preveda anche una garanzia di responsabilità civile per danni causati a terzi nell'esecuzione dei lavori. La polizza assicurativa è prestata da un'impresa di assicurazione autorizzata alla copertura dei rischi ai quali si riferisce l'obbligo di assicurazione.

2. La copertura delle predette garanzie assicurative decorre dalla data di consegna dei lavori e cessa alle ore 24 del giorno di emissione del certificato di collaudo e comunque decorsi 12 (dodici) mesi dalla data di ultimazione dei lavori risultante dal relativo certificato. Il premio è stabilito in misura unica e indivisibile per le coperture di cui ai commi 3 e 4. Le garanzie assicurative sono efficaci anche in caso di omesso o ritardato pagamento delle somme dovute a titolo di premio da parte dell'esecutore fino ai successivi due mesi e devono essere prestate secondo lo schema-tipo 2.3 allegato al d.m. n. 123 del 2004 e dovranno rispettare le condizioni tutte di cui ai successivi commi 3 e 4.

3. La garanzia assicurativa contro tutti i rischi di esecuzione da qualsiasi causa determinati deve coprire tutti i danni subiti dall'amministrazione committente a causa del danneggiamento o della distruzione totale o parziale di impianti e opere, anche preesistenti, salvo quelli derivanti azioni di terzi o cause di forza maggiore; tale polizza deve essere stipulata nella forma «Contractors All Risks» (C.A.R.) e deve:

a) prevedere l'espressa copertura dei danni causati da errori od omissioni del progetto esecutivo;

b) prevedere una somma assicurata quanto meno pari all'importo del contratto così distinta:

- partita 1) per le opere oggetto del contratto: importo del contratto stesso, al netto degli importi di cui alle partite 2) e 3);
- partita 2) per le opere preesistenti: euro 15.000.000,00;
- partita 3) per demolizioni e sgomberi: euro 1.500.000,00.

c) coprire anche i seguenti rischi:

- danni da vibrazione;
- danni da rimozione, franamento, cedimento del terreno di basi d'appoggio o sostegni;
- danni a cavi e condutture sotterranee;

d) essere integrata in relazione alle somme assicurate in caso di approvazione di lavori aggiuntivi affidati a qualsiasi titolo all'appaltatore.

4. La garanzia assicurativa di responsabilità civile per danni causati a terzi (R.C.T.) deve essere stipulata per una somma assicurata con massimale pari a € 2.500.000 e € 1.000.000 per sinistro e deve anch'essa essere estesa alla copertura dei danni causati da errori od omissioni del progetto esecutivo.

5. Se il contratto di assicurazione prevede importi o percentuali di scoperto o di franchigia, queste condizioni:

a) in relazione all'assicurazione contro tutti i rischi di esecuzione di cui al comma 3, tali franchigie o scoperti non sono opponibili all'amministrazione committente;

b) in relazione all'assicurazione di responsabilità civile di cui al comma 4, tali franchigie o scoperti non sono opponibili all'amministrazione committente.

6. Le garanzie di cui ai commi 3 e 4, prestate dall'appaltatore coprono senza alcuna riserva anche i danni causati dalle imprese subappaltatrici e subfornitrici. Se l'appaltatore è un raggruppamento temporaneo o un consorzio ordinario, giusto il regime delle responsabilità solidale disciplinato dall'articolo 48, comma 5, del D.L.gs. 50/2016, la garanzia assicurativa è prestata dall'impresa mandataria in nome e per conto di tutti i concorrenti raggruppati o consorziati. Nel caso di raggruppamenti temporanei o consorzi ordinari di tipo verticale di cui all'articolo 48, comma 6, del D.L.gs. 50/2016, le imprese mandanti assuntrici delle lavorazioni appartenenti alle categorie scorporabili, possono presentare apposite garanzie assicurative "pro quota" in relazione ai lavori da esse assunti.

Art. 37.bis. Omissis

Art. 37. ter Polizza per responsabilità civile decennale

L'appaltatore, a seguito dell'ultimazione dei lavori, dovrà produrre idonea polizza indennitaria decennale ai sensi dell'art. 103, comma 8, del D.Lgs. n. 50/2016 con i seguenti limiti di indennizzo:

- partita 1) per le opere oggetto del contratto: 40% del valore delle opere realizzate quale risultante dal certificato di collaudo;
- partita 2) per i danni a terzi: 5% del valore delle opere realizzate quale risultante dal certificato di collaudo.

CAPO 7. DISPOSIZIONI PER L'ESECUZIONE

Art. 38. Variazione dei lavori

Si rinvia all'art. 106 del D.lgs. n. 50/2016 e all'art. 8 del D.M. n. 49/2018.

Art. 39. Varianti per errori od omissioni progettuali

1. Ai sensi dell'articolo 106, commi 9 e 10, del D.L.gs. n. 50/2016, l'Appaltatore è responsabile dei danni subiti dalla Stazione appaltante in conseguenza di errori o di omissioni progettuali. Si considerano errore od omissione di progettazione l'inadeguata valutazione dello stato di fatto, la mancata od erronea identificazione della normativa tecnica vincolante per la progettazione, il mancato rispetto dei requisiti funzionali ed economici prestabiliti e risultanti da prova scritta, la violazione delle norme di diligenza nella predisposizione degli elaborati progettuali. L'Appaltatore risponde, altresì, dei ritardi e degli oneri conseguenti alla necessità di introdurre varianti in corso d'opera a causa di carenze/omissioni del progetto esecutivo.

Art. 40. Prezzi applicabili ai nuovi lavori e nuovi prezzi

1. Le eventuali variazioni sono valutate mediante l'applicazione dei prezzi di cui all'elenco prezzi – EPU a base di gara come determinati ai sensi dell'articolo 3, commi 2 e 3 del presente Capitolato Speciale.

2. Se tra i prezzi di cui all'elenco prezzi – EPU non sono previsti prezzi per i lavori in variante, si procede alla formazione di nuovi prezzi, in contraddittorio tra la Stazione appaltante e l'appaltatore, mediante apposito verbale di concordamento sottoscritto dalle parti e approvato dal RUP; i predetti nuovi prezzi sono desunti, in ordine di priorità:

a) dal prezzario di cui al comma 3, oppure, se non reperibili;

b) ragguagliandoli a quelli di lavorazioni consimili compresi nel contratto;

c) ricavandoli totalmente o parzialmente da nuove regolari analisi effettuate con riferimento ai prezzi elementari di mano d'opera, materiali, noli e trasporti alla data di formulazione dell'offerta.

3. Sono considerati prezzari ufficiali di riferimento i seguenti, in ordine di priorità:

a) Prezzario Regione Veneto (ultima versione approvata) decurtato della percentuale di riduzione applicata ai fini della formazione dell'EPU a base di gara;

b) Prezzario Veneto Strade Spa - ultima versione approvata;

c) Prezzario del Comune di Venezia - ultima versione approvata;

d) Prezzario ANAS - ultima versione approvata.

3. Ove comportino maggiori spese rispetto alle somme previste nel quadro economico, i nuovi prezzi sono approvati dalla Stazione appaltante su proposta del RUP, prima di essere ammessi nella contabilità dei lavori.

CAPO 8. DISPOSIZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA

Art. 41. Adempimenti preliminari in materia di sicurezza

1. Ai sensi dell'articolo 90, comma 9, e dell'allegato XVII al Decreto n. 81 del 2008, l'appaltatore deve trasmettere all'Amministrazione Committente, entro il termine prescritto da quest'ultima con apposita richiesta o, in assenza di questa, entro 30 giorni dall'aggiudicazione definitiva e comunque prima della stipulazione del contratto o, prima della redazione del verbale di consegna dei lavori se questi sono iniziati nelle more della stipula del contratto:

a) una dichiarazione dell'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata dagli estremi delle denunce dei lavoratori effettuate all'Istituto nazionale della previdenza sociale (INPS), all'Istituto nazionale assicurazione infortuni sul lavoro (INAIL) e alle casse edili;

b) una dichiarazione relativa al contratto collettivo stipulato dalle organizzazioni sindacali comparativamente più rappresentative, applicato ai lavoratori dipendenti;

c) ai fini dell'acquisizione d'ufficio del certificato della Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura, in corso di validità, dichiarazione attestante la propria esatta ragione sociale, numeri di codice fiscale e di partita IVA, numero REA;

d) i dati necessari all'acquisizione d'ufficio del DURC, ai sensi dell'articolo 53, comma 2 del presente Capitolato Speciale;

e) il documento di valutazione dei rischi di cui al combinato disposto degli articoli 17, comma 1, lettera a), e 28, commi 1, 1-bis, 2 e 3, del Decreto n. 81 del 2008. Se l'impresa occupa fino a 10 lavoratori, ai sensi dell'articolo 29, comma 5, primo periodo, del Decreto n. 81 del 2008, la valutazione dei rischi è effettuata secondo le procedure standardizzate di cui al decreto interministeriale 30 novembre 2012 e successivi aggiornamenti.

f) una dichiarazione di non essere destinatario di provvedimenti di sospensione o di interdizione di cui all'articolo 14 del Decreto n. 81 del 2008.

2. Entro gli stessi termini di cui al comma 1, l'appaltatore deve trasmettere al coordinatore per l'esecuzione il nominativo e i recapiti:

a) del proprio Responsabile del servizio prevenzione e protezione di cui all'articolo 31 del Decreto n. 81 del 2008;

b) del proprio Medico competente di cui all'articolo 38 del Decreto n. 81 del 2008;

c) l'accettazione del piano di sicurezza e di coordinamento di cui al successivo articolo 43, con le eventuali richieste di adeguamento di cui all'articolo 44;

d) il piano operativo di sicurezza di cui al successivo articolo 45.

3. L'appaltatore deve assolvere gli adempimenti di cui ai commi 1 e 2, anche nel corso dei lavori ogni qualvolta nel cantiere operi legittimamente un'impresa esecutrice o un lavoratore autonomo non previsti inizialmente.

Art. 42. Organizzazione dei lavori interferenti con la circolazione stradale e disposizioni per la sicurezza degli operatori e della circolazione

1. Ai sensi dell'articolo 97, comma 1, del Decreto n. 81 del 2008 e s.m.i, l'appaltatore è obbligato:

a) ad osservare le misure generali di tutela di cui agli articoli 15, 17, 18 e 19 del Decreto n. 81 del 2008 e all'allegato XIII allo stesso decreto nonché le altre disposizioni del medesimo decreto applicabili alle lavorazioni previste nel cantiere;

b) a rispettare e curare il pieno rispetto di tutte le norme vigenti in materia di prevenzione degli infortuni e igiene del lavoro e in ogni caso in condizione di permanente sicurezza e igiene, nell'osservanza delle disposizioni degli articolo da 108 a 155 del Decreto n. 81 del 2008 e degli allegati XVII, XVIII, XIX, XX, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV e XLI, allo stesso decreto;

c) a verificare costantemente la presenza di tutte le condizioni di sicurezza dei lavori affidati;

d) ad osservare le disposizioni del vigente Regolamento Locale di Igiene, per quanto attiene la gestione del cantiere, in quanto non in contrasto con le disposizioni di cui al comma 1.

2. L'appaltatore predisporre, per tempo e secondo quanto previsto dalle vigenti disposizioni, gli appositi piani per la riduzione del rumore, in relazione al personale e alle attrezzature utilizzate.

3. L'appaltatore garantisce che le lavorazioni, comprese quelle affidate ai subappaltatori, siano eseguite secondo il criterio «incident and injury free».

4. L'Appaltatore dovrà provvedere, senza alcun compenso aggiuntivo:

- a tutte le opere di difesa del cantiere, con sbarramenti o segnalazioni in corrispondenza dei lavori e dei guasti in sede stradale, da attuarsi con cavalletti, fanali, nonché con i segnali prescritti, oltre a reti, barriere, ecc.

- ai ripari ed alle armature degli scavi, ed in genere a tutte le opere provvisorie necessarie alla sicurezza dei terzi sia verso l'interno che verso l'esterno del cantiere;

- a curare la costruzione dei ponteggi necessari;

- alle opere di protezione provvisoria per garantire il transito.

Tali provvedimenti devono essere presi sempre a cura ed iniziativa dell'Appaltatore, ritenendosi impliciti negli ordini di esecuzione dei singoli lavori. In caso d'urgenza, l'Appaltatore ha obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare la sicurezza pubblica e/o l'incolumità dei lavoratori presenti, avvertendo nel contempo la Direzione Lavori ed il Coordinatore della sicurezza in

fase di esecuzione. In ogni caso l'appaltatore non avrà diritto a compensi aggiuntivi oltre ai prezzi di contratto, qualunque siano le condizioni effettive nelle quali debbano eseguirsi i lavori.

5. L'Appaltatore, al fine di garantire la sicurezza degli operatori impegnati nei lavori dei cantieri edili, deve attenersi a quanto previsto dal PSC e alle direttive impartite dal Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione

6. Devono essere immediatamente sospese le lavorazioni in caso di pioggia senza adeguate protezioni e/o nebbie e/o di foschie che impediscano la perfetta visibilità, pregiudichino la sicurezza degli operatori e non permettano la perfetta realizzazione a regola d'arte delle lavorazioni medesime.

7. L'Appaltatore resta unico responsabile, sia civilmente che penalmente, dei danni e degli incidenti che eventualmente fossero cagionati agli operatori e a terzi nel caso di non rispetto delle disposizioni sopra riportate.

8. L'appaltatore non può iniziare o continuare i lavori se è in difetto nell'applicazione di quanto stabilito all'articolo 41, commi 1, 2 e 5, oppure agli articoli 43, 44, 45 o 46 del presente Capitolato Speciale.

Art. 43. Piano di sicurezza e di coordinamento

1. L'appaltatore è obbligato ad osservare scrupolosamente e senza riserve o eccezioni il piano di sicurezza e di coordinamento.

2. L'obbligo di cui al comma 1 è esteso altresì:

a) alle eventuali modifiche e integrazioni disposte autonomamente dal coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione in seguito a sostanziali variazioni alle condizioni di sicurezza sopravvenute alla precedente versione del piano di sicurezza e di coordinamento;

b) alle eventuali modifiche e integrazioni approvate o accettate dal coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione ai sensi del successivo articolo 44.

3. Se prima della stipulazione del contratto (a seguito di aggiudicazione ad un raggruppamento temporaneo di imprese) oppure nel corso dei lavori (a seguito di autorizzazione al subappalto o di subentro di impresa ad altra impresa raggruppata estromessa ai sensi dell'articolo 48, commi 17 o 18 del D.L.gs. n. 50/2016) si verifica una variazione delle imprese che devono operare in cantiere, il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione deve provvedere tempestivamente:

a) ad adeguare il PSC, se necessario nel corso della progettazione esecutiva;

b) ad acquisire i POS delle nuove imprese.

Art. 44. Modifiche e integrazioni al piano di sicurezza e coordinamento

1. L'appaltatore può presentare al coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione una o più proposte motivate di modificazione o di integrazione al piano di sicurezza e di coordinamento, nei seguenti casi:

a) per adeguarne i contenuti alle proprie tecnologie oppure quando ritenga di poter meglio garantire la sicurezza nel cantiere sulla base della propria esperienza, anche in seguito alla consultazione obbligatoria e preventiva dei rappresentanti per la sicurezza dei propri lavoratori o a rilievi da parte degli organi di vigilanza;

b) per garantire il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori eventualmente disattese nel piano di sicurezza, anche in seguito a rilievi o prescrizioni degli organi di vigilanza.

2. Il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione ha l'obbligo di pronunciarsi tempestivamente, con atto motivato da annotare sulla documentazione di cantiere, sull'accoglimento o il rigetto delle proposte presentate dall'appaltatore; le decisioni del coordinatore sono vincolanti per l'appaltatore.

3. Se entro il termine di tre giorni lavorativi dalla presentazione delle proposte dell'appaltatore, prorogabile una sola volta di altri tre giorni lavorativi, il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione non si pronuncia:

a) nei casi di cui al comma 1, lettera a), le proposte si intendono accolte; l'eventuale accoglimento esplicito o tacito delle modificazioni e integrazioni non può in alcun modo giustificare variazioni in aumento o adeguamenti in aumento dei prezzi pattuiti, né maggiorazioni di alcun genere del corrispettivo;

b) nei casi di cui al comma 1, lettera b), le proposte si intendono accolte se non comportano variazioni in aumento o adeguamenti in aumento dei prezzi pattuiti, né maggiorazioni di alcun genere del corrispettivo, diversamente si intendono rigettate.

Art. 45. Piano operativo di sicurezza

1. L'appaltatore, dall'inizio dei lavori, deve predisporre e consegnare al coordinatore per la sicurezza nella fase di esecuzione, un piano operativo di sicurezza per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori. Il piano operativo di sicurezza, redatto ai sensi dell'articolo 89, comma 1, lettera h), del Decreto n. 81 del 2008 e del punto 3.2 dell'allegato XV al predetto decreto, comprende il documento di valutazione dei rischi di cui agli articoli 28 e 29 del citato Decreto n. 81 del 2008, con riferimento allo specifico cantiere e deve essere aggiornato ad ogni mutamento delle lavorazioni rispetto alle previsioni.

2. Il POS deve essere redatto da ciascuna impresa operante nel cantiere e consegnato alla stazione appaltante, per il tramite dell'appaltatore, prima dell'inizio dei lavori per i quali esso è redatto.

3. Ai sensi dell'art. 105, comma 17 del D.L.gs. 50/2016, l'appaltatore è tenuto ad acquisire i piani operativi di sicurezza, redatti dalle imprese subappaltatrici di cui all'articolo 47, comma 4, lettera e), sub. 2), del presente Capitolato speciale, nonché a curare il coordinamento di tutte le imprese operanti nel cantiere, al fine di rendere gli specifici piani operativi di sicurezza compatibili tra loro e coerenti con il piano presentato dall'appaltatore. In ogni caso trova applicazione quanto previsto dall'articolo 41, comma 3 del presente Capitolato Speciale.

4. Ai sensi dell'articolo 96, comma 1-bis, del Decreto n. 81 del 2008, il piano operativo di sicurezza non è necessario per gli operatori che si limitano a fornire materiali o attrezzature; restano fermi per i predetti operatori gli obblighi di cui all'articolo 26 del citato Decreto n. 81 del 2008.

5. Il piano operativo di sicurezza, fermi restando i maggiori contenuti relativi alla specificità delle singole imprese e delle singole lavorazioni, deve avere in ogni caso i contenuti minimi previsti dall'allegato I al decreto interministeriale 9 settembre 2014 (pubblicato sulla G.U. n. 212 del 12 settembre 2014); esso costituisce piano complementare di dettaglio del PSC di cui al precedente articolo 43.

Art. 46. Osservanza e attuazione del piano di sicurezza e coordinamento

1. L'appaltatore è obbligato ad osservare le misure generali di tutela di cui all'articolo 15 del Decreto n. 81 del 2008, con particolare riguardo alle circostanze e agli adempimenti descritti agli articoli da 88 a 104 e agli allegati da XVI a XXV dello stesso decreto.

2. Il piano di sicurezza deve essere redatto in conformità all'allegato XV al Decreto n. 81 del 2008, nonché alla migliore letteratura tecnica in materia.

3. L'appaltatore è obbligato a comunicare tempestivamente prima dell'inizio dei lavori e quindi periodicamente, a richiesta dell'Amministrazione Committente o del coordinatore in fase di esecuzione, l'iscrizione alla camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura, l'indicazione dei contratti collettivi applicati ai lavoratori dipendenti e la dichiarazione circa l'assolvimento degli obblighi assicurativi e previdenziali. L'appaltatore è tenuto a curare il coordinamento di tutte le imprese operanti nel cantiere, al fine di rendere gli specifici piani operativi redatti dalle imprese subappaltatrici compatibili tra loro e coerenti con il piano operativo presentato dall'appaltatore. In caso di raggruppamento temporaneo o di consorzio ordinario di imprese detto obbligo incombe all'impresa mandataria; in caso di consorzio stabile o di consorzio di cooperative o di imprese artigiane tale obbligo incombe al consorzio. Il direttore tecnico di cantiere è responsabile del rispetto del piano da parte di tutte le imprese impegnate nell'esecuzione dei lavori.

4. Il piano di sicurezza e di coordinamento e i piani operativi di sicurezza formano parte integrante del contratto di appalto. Le gravi o ripetute violazioni dei piani stessi da parte dell'appaltatore, comunque accertate, previa formale costituzione in mora dell'interessato, costituiscono causa di risoluzione del contratto.

5. Ai sensi dell'articolo 105, comma 14, ultimo periodo del D.L.gs. 50/2016, l'appaltatore è solidalmente responsabile con i subappaltatori per gli adempimenti, da parte di questi ultimi, degli obblighi di sicurezza.

CAPO 9. DISCIPLINA DEL SUBAPPALTO

Art. 47. Subappalto

1. L'eventuale subappalto non può superare la quota del 50% dell'importo complessivo del contratto.

2. L'affidamento in subappalto o in cottimo è consentito nel rispetto della normativa di settore e previa autorizzazione dell'Amministrazione committente.

Art. 48. Responsabilità in materia di subappalto

1. Il contraente principale è responsabile in via esclusiva nei confronti della stazione appaltante. L'aggiudicatario è responsabile in solido con il subappaltatore in relazione agli obblighi retributivi e contributivi, ai sensi dell'articolo 29 del decreto legislativo 10 settembre 2003, n. 276.

2. Il direttore dei lavori e il R.U.P., nonché il coordinatore per l'esecuzione in materia di sicurezza di cui all'articolo 92 del Decreto n. 81 del 2008, provvedono a verificare, ognuno per la propria competenza, il rispetto di tutte le condizioni di ammissibilità e di esecuzione dei contratti di subappalto.

3. Il subappalto non autorizzato comporta inadempimento contrattualmente grave ed essenziale anche ai sensi dell'articolo 1456 del codice civile con la conseguente possibilità, per l'amministrazione committente, di risolvere il contratto in danno dell'appaltatore, ferme restando le sanzioni penali previste dall'articolo 21 della legge 13 settembre 1982, n. 646, come modificato dal decreto-legge 29 aprile 1995, n. 139, convertito dalla legge 28 giugno 1995, n. 246 (ammenda fino a un terzo dell'importo dell'appalto, arresto da sei mesi ad un anno).

4. Fermo restando quanto previsto all'articolo 47, commi 6 e 7, del presente Capitolato speciale, ai sensi dell'articolo 105 commi 2, terzo periodo del D. L.gs. 50/2016 è considerato subappalto qualsiasi contratto avente ad oggetto attività ovunque espletate che richiedano l'impiego di manodopera, quali le forniture con posa in opera e i noli a caldo, se singolarmente di importo superiore al 2 per cento dell'importo dei lavori affidati o di importo superiore a 100.000 euro e se l'incidenza del costo della manodopera e del personale è superiore al 50 per cento dell'importo del contratto di subappalto. I sub-affidamenti che non costituiscono subappalto, devono essere comunicati al RUP e al coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione almeno il giorno feriale antecedente, con la denominazione di questi ultimi.

5. I sub-affidamenti che non costituiscono subappalto, devono essere comunicati al R.U.P. e al coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione, entro il giorno feriale antecedente all'ingresso in cantiere dei soggetti sub-affidatari. L'appaltatore deve comunicare il nome del sub-contraente, l'importo del sub-contratto e l'oggetto del lavoro affidato.

L'appaltatore è, inoltre, tenuto a presentare all'amministrazione committente la seguente documentazione:

- dichiarazione del subaffidatario attestante la conformità delle macchine e delle attrezzature utilizzate, allegando per ciascuna di esse copia del libretto di circolazione e dell'assicurazione;
- elenco del personale autorizzato ad accedere al cantiere;
- dichiarazione attestante il rispetto della normativa in materia di sicurezza e salute dei lavoratori;
- dichiarazione del subaffidatario, in ottemperanza agli obblighi di tracciabilità previsti dall'art. 3 del D.L.gs. 136/2010;
- P.O.S. (Piano Operativo della Sicurezza) qualora non si tratti di mere forniture;

L'appaltatore è, altresì, obbligato a comunicare alla stazione appaltante eventuali modifiche a tali informazioni avvenute nel corso del sub-contratto.

6. Ai sensi dell'articolo 105, comma 3 del D.L.gs. 50/2016, e ai fini dell'articolo 47 del presente Capitolato speciale non è considerato subappalto l'affidamento di attività specifiche di servizi a lavoratori autonomi, per le quali l'appaltatore ha l'obbligo di darne comunicazione alla stazione appaltante.

7. Ai subappaltatori, ai subaffidatari, nonché ai soggetti titolari delle prestazioni che non sono considerate subappalto ai sensi dei commi 4 e 5, si applica il successivo articolo 52, commi 4, 5 e 6, in materia di tessera di riconoscimento.

Art. 49. Pagamento dei subappaltatori

Al di fuori dei casi di pagamento diretto ai subappaltatori da parte della Stazione Appaltante, l'Appaltatore è tenuto a produrre, entro venti giorni dalla data di ciascun pagamento a suo favore, le fatture relative ai pagamenti a sua volta corrisposti al subappaltatore, con l'indicazione delle ritenute di garanzia, accompagnate da dichiarazione del subappaltatore attestante l'avvenuto pagamento degli importi relativi alle prestazioni eseguite in subappalto.

Ai sensi dell'art. 15 L. 180/11 l'Appaltatore è tenuto, altresì, a trasmettere, negli stessi termini, le fatture relative ai pagamenti dallo stesso effettuati nei confronti di fornitori le cui prestazioni sono pagate in base allo stato di avanzamento.

Nel caso di mancato rispetto di quanto sopra, la stazione appaltante sospende il successivo pagamento a favore dell'Appaltatore, senza che da questa sospensione possano derivare diritti a interessi o danni.

Qualora ricorrano le condizioni di cui all'art. 105 comma 13 del D.lgs. n. 50/2016, i pagamenti saranno effettuati direttamente al subappaltatore. A tale scopo si esplicitano le modalità operative a cui ci si dovrà uniformare in sede di redazione del relativo stato di avanzamento dei lavori:

- l'appaltatore provvederà a comunicare per iscritto al Direttore dei Lavori la parte delle prestazioni eseguite dal subappaltatore, con la specificazione del relativo importo, nel rispetto dei prezzi unitari concordati e del limite di cui all'art. 105, comma 14, del D.lgs n. 50/2016;
- tale documentazione dovrà essere corredata da proposta motivata di pagamento, con l'espressa indicazione di ragione sociale, partita IVA/codice fiscale, appoggio bancario (Iban) del subappaltatore, in modo da consentire alla S. A. di procedere al pagamento;
- la fattura da parte dell'appaltatore dovrà essere emessa per l'importo complessivo dello stato d'avanzamento lavori comprensivo quindi anche degli importi dovuti al subappaltatore e verrà pagata dalla S. A. per rispettiva quota parte all'appaltatore e al subappaltatore (quest'ultima al netto dell'IVA, qualora si operi in regime di reverse charge), sulla base della suddetta proposta di pagamento;
- l'appaltatore dovrà inoltre trasmettere fattura del subappaltatore (emessa nei confronti dell'appaltatore) per l'importo di cui si propone la liquidazione.

La Stazione appaltante può opporre al subappaltatore le eccezioni al pagamento costituite dall'assenza di una o più d'una delle condizioni di cui al comma 7, nonché l'esistenza di contenzioso formale dal quale risulti che il credito del subappaltatore non è assistito da certezza ed esigibilità, anche con riferimento all'articolo 1262, primo comma, del Codice civile.

CAPO 10. CONTROVERSIE, MANODOPERA, ESECUZIONE D'UFFICIO

Art. 49bis. Riserve nel registro di contabilità

1. Il registro di contabilità è firmato dall'Appaltatore, con o senza riserve, nel giorno in cui gli viene presentato.
2. Nel caso in cui l'Appaltatore non firmi il registro, è invitato a farlo entro il termine perentorio di 15 giorni e, qualora persista nell'astensione o nel rifiuto, se ne fa espressa menzione nel registro.
3. Se l'Appaltatore ha firmato con riserva, qualora l'esplicazione e la quantificazione non siano possibili al momento della formulazione della stessa, egli esplica, a pena di decadenza, nel termine di quindici giorni, le sue riserve, scrivendo e firmando nel registro le corrispondenti domande di indennità e indicando con precisione le cifre di compenso cui crede di avere diritto e le ragioni di ciascuna domanda.
4. Il DL, nei successivi 15 giorni, espone nel registro le sue motivate deduzioni.
5. Nel caso in cui l'Appaltatore non ha firmato il registro nel termine di cui al comma 2, oppure lo ha fatto con riserva, ma senza esplicitare le sue riserve nel modo e nel termine sopraindicati, i fatti registrati si intendono definitivamente accertati, e l'esecutore decade dal diritto di far valere in qualunque termine e modo le riserve o le domande che ad essi si riferiscono.

Art. 49ter. Forma e contenuto delle riserve.

1. L'Appaltatore è sempre tenuto a uniformarsi alle disposizioni del DL, senza poter sospendere o ritardare il regolare sviluppo dei lavori, quale che sia la contestazione o la riserva che egli iscriva negli atti contabili.
2. Le riserve sono iscritte a pena di decadenza sul primo atto dell'appalto successivo all'insorgenza del fatto o, qualora il pregiudizio non sia in alcun modo percepibile fin dall'insorgenza, alla cessazione del fatto che ha determinato il pregiudizio dell'Appaltatore. In ogni caso, sempre a pena di decadenza, le riserve sono iscritte anche nel registro di contabilità all'atto della firma immediatamente successiva al verificarsi del fatto pregiudizievole. Le riserve non espressamente confermate sul conto finale si intendono abbandonate.
3. Le riserve devono essere formulate in modo specifico e indicare con precisione le ragioni sulle quali esse si fondano. In particolare, le riserve devono contenere a pena di inammissibilità la precisa quantificazione delle somme che l'Appaltatore ritiene gli siano dovute.
4. La quantificazione della riserva è effettuata in via definitiva, senza possibilità di successive integrazioni o incrementi rispetto all'importo iscritto.

Art. 50. Accordo bonario

Si rinvia all'art. 205 del D.Lgs. n. 50/2016.

Art. 51. Definizione delle controversie

1. Ove non si proceda all'accordo bonario ai sensi del precedente articolo 50 e l'appaltatore confermi le riserve, la definizione della relativa controversia, così come di qualsiasi altra controversia inerente e/o derivante dall'esecuzione del contratto, è devoluta alla competenza esclusiva del Tribunale di Venezia, con esclusione di qualsiasi altro foro. Resta in ogni caso esclusa la competenza arbitrale.

3. Ai sensi dell'art. 6 della Legge 11/09/2020 n. 120 la SA provvederà alla costituzione del collegio consultivo tecnico nei modi e termini di cui alla medesima norma.

Art. 52. Contratti collettivi e disposizioni sulla manodopera

1. L'appaltatore è tenuto all'esatta osservanza di tutte le leggi, regolamenti e norme vigenti in materia, nonché eventualmente entrate in vigore nel corso dei lavori, e in particolare:

a) nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'appaltatore si obbliga ad applicare integralmente il contratto nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili e affini e gli accordi locali e aziendali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori;

b) i suddetti obblighi vincolano l'appaltatore anche se non è aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale o artigiana, dalla struttura o dalle dimensioni dell'impresa stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica;

c) è responsabile in rapporto all'amministrazione committente dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto; il fatto che il subappalto non sia stato autorizzato non esime l'appaltatore dalla responsabilità, e ciò senza pregiudizio degli altri diritti dell'amministrazione committente;

d) è obbligato al regolare assolvimento degli obblighi contributivi in materia previdenziale, assistenziale, antinfortunistica e in ogni altro ambito tutelato dalle leggi speciali.

L'Appaltatore si impegna, altresì, a operare fattivamente, senza onere per la Stazione Appaltante, al fine dell'ottenimento dei seguenti risultati:

- nel caso in cui i lavoratori siano in trasferta per una distanza maggiore a km. 90, siano messi a disposizione dei lavoratori stessi idonei alloggi per il pernottamento in loco;
- nel caso in cui l'organizzazione del cantiere non preveda l'installazione di idoneo locale mensa sia realizzata la fornitura di pasto caldo in trattoria/self-service per tutte le maestranze (comprese quindi quelle di tutti gli altri datori di lavoro operativi nel cantiere) impegnate nella realizzazione dell'opera.

2. Ai sensi dell'articolo 30 comma 6 e 105, commi 10 e 11, del D.L.gs. 50/2016 in caso di ritardo immotivato nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente dell'appaltatore o dei subappaltatori, l'amministrazione committente può pagare direttamente ai lavoratori le retribuzioni arretrate, anche in corso d'opera, utilizzando le somme trattenute sui pagamenti delle rate di acconto e di saldo ai sensi degli articoli 27, comma 7 e 28, comma 9, del presente Capitolato Speciale.

3. In ogni momento il Direttore dei Lavori e, per suo tramite, il R.U.P., possono richiedere all'appaltatore e ai subappaltatori copia del libro unico del lavoro di cui all'articolo 39 del D.L. n. 112/2008 convertito con legge 9 agosto 2008, n. 133, possono altresì richiedere i documenti di riconoscimento al personale presente in cantiere e verificarne la effettiva iscrizione nel predetto libro unico del lavoro dell'appaltatore o del subappaltatore autorizzato.

4. Ai sensi degli articoli 18, comma 1, lettera u), 20, comma 3 e 26, comma 8, del Decreto n. 81 del 2008, nonché dell'articolo 5, comma 1, primo periodo, della legge n. 136 del 2010, l'appaltatore è obbligato a fornire a ciascun soggetto occupato in cantiere una apposita tessera di riconoscimento, impermeabile ed esposta in forma visibile, corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore, i dati identificativi del datore di lavoro e la data di assunzione del lavoratore. L'appaltatore risponde dello stesso obbligo anche per i lavoratori dipendenti dai subappaltatori autorizzati; la tessera dei predetti lavoratori deve riportare gli estremi dell'autorizzazione al subappalto. Tutti i lavoratori sono

tenuti ad esporre detta tessera di riconoscimento. Per i cantieri con una media di n. 10 o più operai per giorno, si adotta per la registrazione idoneo timbra cartellino. È obbligo dell'Appaltatore dotare ogni lavoratore suo dipendente o dipendente di ditta in subappalto o lavoratore autonomo, prima del suo impiego in cantiere, di un tesserino personale con foto e l'indicazione di nome e cognome, ditta di appartenenza e posizione INPS, INAIL e Cassa Edile. I lavoratori sono tenuti a esporre il suddetto tesserino.

5. Agli stessi obblighi devono ottemperare anche i lavoratori autonomi che esercitano direttamente la propria attività nei cantieri e il personale presente occasionalmente in cantiere che non sia dipendente dell'appaltatore o degli eventuali subappaltatori (soci, artigiani di ditte individuali senza dipendenti, professionisti, fornitori esterni, collaboratori familiari e simili); tutti i predetti soggetti devono provvedere in proprio e, in tali casi, la tessera di riconoscimento deve riportare i dati identificativi del committente ai sensi dell'articolo 5, comma 1, secondo periodo, della legge n. 136 del 2010.

6. La violazione degli obblighi di cui ai commi 4 e 5 comporta l'applicazione, in capo al datore di lavoro, della sanzione amministrativa da euro 100 ad euro 500 per ciascun lavoratore. Il lavoratore munito della tessera di riconoscimento di cui al comma 3 che non provvede ad esporla è punito con la sanzione amministrativa da euro 50 a euro 300. Nei confronti delle predette sanzioni non è ammessa la procedura di diffida di cui all'articolo 13 del decreto legislativo 23 aprile 2004, n. 124.

Art. 53. Documento Unico di Regolarità contributiva (DURC)

1. La stipula del contratto, l'erogazione di qualunque pagamento a favore dell'appaltatore, la stipula di eventuali atti di sottomissione o di appendici contrattuali, il rilascio delle autorizzazioni al subappalto, il certificato di cui al successivo articolo 56, sono subordinate all'acquisizione del DURC.

2. Il DURC è acquisito d'ufficio dall'Amministrazione Committente. Qualora la Stazione appaltante per qualunque ragione non sia abilitata all'accertamento d'ufficio della regolarità del DURC oppure il servizio per qualunque motivo inaccessibile per via telematica, il DURC è richiesto e presentato alla Stazione appaltante dall'appaltatore e, tramite esso, dai subappaltatori, tempestivamente e con data non anteriore a 120 (centoventi) giorni dall'adempimento di cui al comma 1.

3. Ai sensi dell'articolo 31, commi 4 e 5, della legge n. 98 del 2013, dopo la stipula del contratto il DURC è richiesto ogni 120 (centoventi) giorni, oppure in occasione del primo pagamento se anteriore a tale termine; il DURC ha validità di 120 (centoventi) giorni.

4. Ai sensi dell'articolo art. 30 comma 5 del D.L.gs. 50/2016 e dell'articolo 31, comma 3, della legge n. 98 del 2013, in caso di ottenimento del DURC che segnali un inadempimento contributivo relativo a uno o più soggetti impiegati nell'esecuzione del Contratto, in assenza di regolarizzazione tempestiva, la Stazione Appaltante:

- a) chiede tempestivamente ai predetti istituti e casse la quantificazione dell'ammontare delle somme che hanno determinato l'irregolarità, se tale ammontare non risulti già dal DURC;
- b) trattiene un importo corrispondente all'inadempimento, sui certificati di pagamento delle rate di acconto e sulla rata di saldo di cui agli articoli 27 e 28 del presente Capitolato Speciale;
- c) corrisponde direttamente agli enti previdenziali e assicurativi, compresa la Cassa edile, quanto dovuto per gli inadempimenti accertati mediante il DURC, in luogo dell'appaltatore e dei subappaltatori;

d) provvede alla liquidazione delle rate di acconto e della rata di saldo di cui agli articoli 27 e 28 del presente Capitolato Speciale, limitatamente alla eventuale disponibilità residua.

5. Fermo restando quanto previsto all'articolo 54, comma 2, lettera I), nel caso il DURC relativo al subappaltatore sia negativo per due volte consecutive, l'amministrazione committente contesta gli addebiti al subappaltatore assegnando un termine non inferiore a 15 (quindici) giorni per la presentazione delle controdeduzioni; in caso di assenza o inidoneità di queste l'Amministrazione Committente pronuncia la decadenza dell'autorizzazione al subappalto.

Art. 54. Risoluzione del contratto - Esecuzione d'ufficio dei lavori

1. In aggiunta alle specifiche ipotesi previste dalla legge, dal contratto e dal presente CSA, costituiscono causa di risoluzione del contratto, di diritto e senza ulteriore motivazione ex art. 1456 c.c.:

- a) la decadenza dell'attestazione SOA dell'Appaltatore per aver prodotto falsa documentazione o dichiarazioni mendaci;
- b) il sopravvenire nei confronti dell'Appaltatore di un provvedimento definitivo che dispone l'applicazione di una o più misure di prevenzione di cui al decreto legislativo n. 159 del 2011 in materia antimafia e delle relative misure di prevenzione, ovvero di una sentenza di condanna passata in giudicato per i reati di cui all'articolo 80 del Codice dei contratti;
- c) la perdita da parte dell'Appaltatore dei requisiti per l'esecuzione dei lavori (es. il fallimento o irrogazione di misure sanzionatorie o cautelari che inibiscono la capacità di contrattare con la pubblica amministrazione);
- d) la nullità assoluta, ai sensi dell'articolo 3, comma 8, primo periodo, della legge n. 136 del 2010, in caso di assenza, nel contratto, delle disposizioni in materia di tracciabilità dei pagamenti.

2. Costituiscono altresì causa di risoluzione del contratto, e la Stazione appaltante ha facoltà di risolvere il contratto mediante lettera raccomandata, anche mediante posta elettronica certificata, con messa in mora di 15 giorni, senza necessità di ulteriori adempimenti, i seguenti casi:

- a) inadempimento tale da comportare un grave ritardo rispetto alle previsioni del cronoprogramma o quando risulti accertato il mancato rispetto delle ingiunzioni o diffide fattegli, nei termini imposti dagli stessi provvedimenti;
- b) manifesta incapacità o inidoneità nell'esecuzione dei lavori;
- c) inadempimento grave accertato alle norme di legge sulla prevenzione degli infortuni, la sicurezza sul lavoro e le assicurazioni obbligatorie del personale oppure alla normativa sulla sicurezza e la salute dei lavoratori di cui al Decreto n. 81 del 2008 o ai piani di sicurezza di cui agli articoli 39 e 41, integranti il contratto, o delle ingiunzioni fattegli al riguardo dalla DL, dal RUP o dal coordinatore per la sicurezza;
- d) sospensione dei lavori o mancata ripresa degli stessi da parte dell'Appaltatore senza giustificato motivo;
- e) rallentamento dei lavori, senza giustificato motivo, in misura tale da pregiudicare la realizzazione dei lavori nei termini previsti dal contratto;
- f) subappalto abusivo, associazione in partecipazione, cessione anche parziale del contratto o violazione di norme sostanziali regolanti il subappalto;
- g) non rispondenza dei beni forniti alle specifiche di contratto e allo scopo dell'opera;
- h) azioni o omissioni finalizzate ad impedire l'accesso al cantiere al personale ispettivo del Ministero del lavoro e della previdenza sociale o dell'A.S.L., oppure del personale ispettivo degli organismi paritetici, di cui all'articolo 51 del Decreto n. 81 del 2008;
- i) applicazione di una delle misure di sospensione dell'attività irrogate ai sensi dell'articolo 14, comma 1, del Decreto n. 81 del 2008 ovvero l'azzeramento del punteggio per la ripetizione di violazioni in materia di salute e sicurezza sul lavoro ai sensi dell'articolo 27, comma 1-bis, del citato Decreto n. 81 del 2008;

- l) ottenimento del DURC negativo per due volte consecutive; in tal caso il RUP, acquisita una relazione particolareggiata predisposta dalla DL, contesta gli addebiti e assegna un termine non inferiore a 15 (quindici) giorni per la presentazione delle controdeduzioni.
3. Disposta la risoluzione ai sensi dei commi precedenti, la Stazione Appaltante si conformerà al disposto dell'art. 108 del D.lgs. n. 50/2016.
4. La risoluzione potrà essere in ogni caso sempre disposta anche ai sensi dell'art. 108 del D.Lgs. n. 50/2016.

CAPO 11. DISPOSIZIONI PER L'ULTIMAZIONE

Art. 55. Ultimazione dei lavori e gratuita manutenzione

1. Al termine dei lavori e in seguito a richiesta scritta dell'appaltatore il direttore dei lavori redige, entro 15 giorni dalla richiesta, il certificato di ultimazione. Il certificato di ultimazione può prevedere l'assegnazione di un termine perentorio, non superiore a 60 gg, per il completamento di lavorazioni di piccola entità, accertate da parte del DL come del tutto marginali e non incidenti sull'uso e sulla funzionalità dei lavori. Il mancato rispetto di questo termine comporta l'inefficacia del certificato di ultimazione e la necessità di redazione di un nuovo certificato che accerti l'avvenuto completamento delle lavorazioni sopra indicate. Entro trenta giorni dalla data del certificato di ultimazione ovvero dalla data del verbale del DL che accerta l'avvenuto completamento delle lavorazioni di piccola entità nel termine assegnato, il DL procede all'accertamento sommario della regolarità delle opere eseguite.
2. In sede di accertamento sommario, senza pregiudizio di successivi accertamenti, sono rilevati e verbalizzati eventuali vizi e difformità di costruzione che l'appaltatore è tenuto a eliminare a sue spese nel termine fissato e con le modalità prescritte dal direttore dei lavori, fatto salvo il risarcimento del danno all'amministrazione committente. In caso di ritardo nel ripristino, si applica la penale per i ritardi prevista dall'articolo 18 del presente Capitolato Speciale.
3. Dalla data del verbale di ultimazione dei lavori decorre il periodo di gratuita manutenzione; tale periodo cessa allorquando il collaudo assume carattere definitivo ai sensi successivo art. 56 del presente Capitolato Speciale.
- Qualora nel biennio di cui all'art. 102 del codice 50/16, dovessero emergere vizi o difetti dell'opera, il responsabile del procedimento provvederà a denunciare entro il medesimo periodo il vizio o il difetto e ad accertare, sentiti il direttore dei lavori e l'organo di collaudo ed in contraddittorio con l'esecutore, se detti difetti derivino da carenze nella realizzazione dell'opera; in tal caso proporrà alla stazione appaltante di fare eseguire dall'esecutore, od in suo danno, i necessari interventi. Nell'arco di tale biennio l'esecutore è tenuto alla garanzia per le difformità e i vizi dell'opera, indipendentemente dalla intervenuta liquidazione del saldo.
4. La stazione Appaltante si riserva di prendere in consegna parzialmente o totalmente le opere con apposito verbale immediatamente dopo l'accertamento sommario se questo ha avuto esito positivo, oppure nel termine assegnato dalla direzione lavori ai sensi dei commi precedenti.
5. Sino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, l'approvazione del certificato di collaudo, la manutenzione delle stesse resta a carico dell'Appaltatore che la eseguirà nel rispetto delle norme di legge e dell'incolumità pubblica, seguendo le eventuali prescrizioni fissate dal Committente, restando a suo carico ogni responsabilità sia civile che penale.

6. Per il periodo intercorrente tra l'esecuzione e l'approvazione del certificato di collaudo e salve le maggiori responsabilità sancite all'art. 1669 del Codice Civile, l'Appaltatore è garante delle opere e delle forniture eseguite, restando a suo esclusivo carico le riparazioni, sostituzioni e ripristini che si rendessero necessari.

7. L'Appaltatore deve eseguire la manutenzione delle opere con tempestività e cautela, provvedendo, di volta in volta, alle riparazioni necessarie senza che occorran particolari inviti da parte della Direzione Lavori. Nel caso in cui l'appaltatore non provveda nei termini prescritti dalla Direzione Lavori con invito scritto, si procederà d'ufficio e la spesa, maggiorata del 10% per spese generali, sarà addebitata all'Appaltatore stesso.

8. Gli ammaloramenti o i dissesti delle opere oggetto dell'appalto, che si verificassero per fatto estraneo all'Appaltatore, nel periodo compreso tra l'ultimazione dei lavori e la redazione del certificato di collaudo, devono essere notificati all'amministrazione Committente entro 5 (cinque) giorni dalla data dell'evento. L'Appaltatore è comunque tenuto a provvedere tempestivamente alle riparazioni ed i relativi lavori verranno contabilizzati applicando i Prezzi di Elenco.

Art. 56. Termini per il collaudo dei lavori

1. Il certificato di collaudo è emesso entro sei mesi dall'ultimazione dei lavori ed ha carattere provvisorio. Esso assume carattere definitivo trascorsi due anni dalla data dell'emissione. Decorso tale termine, il certificato di collaudo si intende tacitamente approvato anche se l'atto formale di approvazione non sia intervenuto. Qualora presenti, saranno invece oggetto di collaudo statico specialistico le opere strutturali previste in progetto.

2. Trova applicazione la disciplina di cui agli articoli 215 e ss. del D.P.R. 207/2010.

3. Durante l'esecuzione dei lavori l'amministrazione committente può effettuare operazioni di controllo o di collaudo parziale o ogni altro accertamento, volti a verificare la piena rispondenza delle caratteristiche dei lavori in corso di realizzazione a quanto richiesto negli elaborati progettuali.

4. Ai sensi dell'articolo 234, comma 2, del DPR 207/10, la stazione appaltante, preso in esame l'operato e le deduzioni dell'organo di collaudo e richiesto, quando ne sia il caso, i pareri ritenuti necessari all'esame, effettua la revisione contabile degli atti e determina con apposito provvedimento, entro 60 (sessanta) giorni dalla data di ricevimento degli atti, sull'ammissibilità del certificato di collaudo, sulle domande dell'appaltatore e sui risultati degli avvisi ai creditori. In caso di iscrizione di riserve sul certificato di cui al presente articolo per le quali sia attivata la procedura di accordo bonario, il termine di cui al precedente periodo decorre dalla scadenza del termine di cui all'articolo 205, comma 5, periodi quarto o quinto, del D.L.gs. n. 50/2016. Il provvedimento di cui al primo periodo è notificato all'appaltatore.

5. Fino all'approvazione del certificato di cui al comma 1, la stazione appaltante ha facoltà di procedere ad un nuovo procedimento di collaudo e al rilascio di un nuovo certificato ai sensi del presente articolo.

Art. 57. Presa in consegna dei lavori ultimati

1. La Stazione Appaltante si riserva di prendere in consegna parzialmente o totalmente le opere appaltate anche nelle more degli adempimenti di cui al precedente articolo 56, con apposito verbale

immediatamente dopo l'accertamento sommario di cui all'articolo 55, comma 1, oppure nel diverso termine assegnato dalla direzione lavori.

2. Se l'amministrazione committente si avvale di tale facoltà, comunicata all'appaltatore per iscritto, lo stesso appaltatore non si può opporre per alcun motivo, né può reclamare compensi di sorta.
3. L'appaltatore può chiedere che il verbale di cui al comma 1, o altro specifico atto redatto in contraddittorio, dia atto dello stato delle opere, onde essere garantito dai possibili danni che potrebbero essere arrecati alle opere stesse.
4. La presa di possesso da parte dell'amministrazione committente avviene nel termine perentorio fissato dalla stessa per mezzo del direttore dei lavori o per mezzo del R.U.P., in presenza dell'appaltatore o di due testimoni in caso di sua assenza.
5. Se l'amministrazione committente non intende o non si trova nella condizione di prendere in consegna le opere dopo l'ultimazione dei lavori, l'appaltatore non può reclamare la consegna ed è altresì tenuto alla gratuita manutenzione fino ai termini previsti dall'articolo 55, comma 3 del presente Capitolato speciale d'appalto.

CAPO 12. NORME FINALI

Art. 58. Oneri e obblighi a carico dell'appaltatore

1. Oltre agli oneri di cui al presente Capitolato Speciale, agli articoli ancora in vigore del Capitolato Generale d'Appalto e agli articoli ancora in vigore del Regolamento LLPP-D.P.R. 207/2010, nonché a quanto previsto da tutti i piani per le misure di sicurezza fisica dei lavoratori, sono a carico dell'Appaltatore e si intendono compensati dalla quota del prezzo complessivo a corpo inerente le spese generali, anche gli oneri e gli obblighi specificati nei commi seguenti del presente articolo.
2. E' a carico dell'Appaltatore l'esecuzione di tutte le opere e provviste occorrenti per l'approntamento del cantiere quali: le protezioni e le recinzioni in genere, atte ad impedire un facile accesso agli estranei; i passaggi e gli allacciamenti provvisori, l'adozione di tutti i provvedimenti e le cautele necessarie per garantire l'incolumità degli operai e delle persone, sia addette ai lavori, sia terze comunque presenti o passanti sul luogo di lavoro e per evitare danni ai beni pubblici o di interesse pubblico o privato. In particolare, il Cantiere (inteso - secondo il D.L.gs. n° 81/2008 e successive modificazioni ed integrazioni - come qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile) deve essere protetto, a cura e spese dell'Appaltatore, mediante idonee robuste recinzioni, se necessario anche sicurvia metallici o di calcestruzzo tipo New Jersey, in modo da garantire la sicurezza delle persone presenti all'interno del cantiere stesso e nel contempo mantenere la sicurezza degli utenti della strada, ad un livello corrispondente a quello preesistente prima della formazione del cantiere stesso.
3. È fatto obbligo all'Appaltatore di curare l'immagine ed il decoro del cantiere in conformità alle indicazioni che saranno all'uopo fornite dalla Direzione Lavori. Resta stabilito che per le recinzioni e la cartellonistica saranno impiegati materiali, tecniche di immagine e comunicazione di elevati standard qualitativi. La cartellonistica di cantiere dovrà essere realizzata in cartelloni di lamiera con scritte e marchi anche a più colori. È peraltro fatto obbligo all'Appaltatore di impiegare, in particolari posizioni delle recinzioni da concordare con il Direttore Lavori, materiali sovrastampati con immagini e comunicazione totalmente oscuranti la visibilità dei lavori dall'esterno.

4. Sono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri necessari alla mitigazione dell'impatto ambientale derivante dall'esecuzione degli impianti di cantiere ed in particolare, in via indicativa e non esaustiva, si elencano:

- l'accumulo e la conservazione per il reimpiego del terreno vegetale provenienti dagli scavi;
- la predisposizione di barriere antirumore e di coperture insonorizzate per gli impianti fissi e mobili, ove necessario, per la vicinanza di insediamenti abitativi;
- l'impiego di mezzi di cantiere ad emissione ridotta di vibrazioni e/o rumore;
- i provvedimenti atti a ridurre le emissioni di gas e polveri e ad evitare il rilascio di materiale sulle strade da parte dei mezzi di trasporto; in particolare dovranno essere monitorate le polveri totali sospese (PTS) e la frazione fine (PM10) in corrispondenza dei recettori più esposti;
- il lavaggio e la pulizia delle strade di accesso e/o asfaltature provvisorie, compresa la bagnatura dei cumuli di materiale inerte;
- il trattamento delle acque reflue, con riferimento alle attuali normative vigenti in materia di tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi;
- la conservazione della viabilità pubblica e privata preesistente, mediante pulizia e manutenzione;
- la predisposizione di segnaletica stradale e di cartellonistica informativa propedeutica alla esecuzione dei lavori in sicurezza;
- le aree di deposito di rifiuti all'interno del cantiere, secondo la loro tipologia, potrebbero essere soggette a pavimentazione in modo da non consentire il propagarsi, nell'ambiente e nel suolo, di eventuali materiali e/o sostanze inquinanti;
- il ripristino morfologico ed idraulico dei luoghi, nonché della vegetazione autoctona (prato, arbusti ed alberi) al termine dei lavori;
- lo smaltimento di tutti i rifiuti prodotti nell'ambito del cantiere secondo le attuali normative in materia (D.L.gs. 03/04/06 n.152 e s.m.i.) con presentazione alla Direzione Lavori dei documenti giustificativi dello smaltimento (formulari, ecc...);

5. Resta a carico dell'Appaltatore il tracciamento dell'opera mediante l'ausilio di un tecnico abilitato, libero professionista o appartenente all'impresa, che attesti la corrispondenza del picchettamento effettuato ai disegni di progetto esecutivo. Qualora la Direzione dei Lavori provveda ad un preliminare picchettamento dell'opera, sarà responsabilità dell'impresa appaltatrice verificare la perfetta rispondenza dei medesimi agli elaborati tecnici di progetto esecutivo.

6. L'Appaltatore deve provvedere all'installazione e all'impiego di tutte le attrezzature e i mezzi d'opera adeguati, in relazione all'entità dell'opera o di parte dell'opera, tali da garantire il buon funzionamento del cantiere, nonché la compatibilità dei mezzi impiegati con il tipo di lavoro da eseguirsi e con la sicurezza per gli operai e gli utenti della viabilità stradale. Tali mezzi sono comunque soggetti, prima dell'uso, al preventivo benessere della Direzione Lavori e del Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione. A tal proposito si precisa che, ai sensi dell'articolo 4 della legge n. 136 del 2010 la proprietà degli automezzi adibiti al trasporto dei materiali per l'attività del cantiere deve essere facilmente individuabile; a tale scopo la bolla di consegna del materiale deve indicare il numero di targa dell'automezzo e le generalità del proprietario nonché, se diverso, del locatario, del comodatario, dell'usufruttuario o del soggetto che ne abbia comunque la stabile disponibilità.

7. Rientrano negli oneri generali a carico dell'Appaltatore i movimenti di terra e ogni altro onere relativo alla formazione del cantiere attrezzato, in relazione alla entità dell'opera, con tutti i più moderni e perfezionati impianti per assicurare una perfetta e rapida esecuzione di tutte le opere prestabilite, ponteggi e palizzate, adeguatamente protetti, in adiacenza di proprietà pubbliche o private, la recinzione con solido steccato, nonché la pulizia, la manutenzione del cantiere stesso, l'inghiaiamento e la sistemazione delle sue strade, in modo da rendere sicuri il transito e la circolazione dei veicoli e delle persone addette ai lavori tutti, ivi comprese le eventuali opere scorporate o affidate a terzi dalla stessa Amministrazione Committente;
8. E' a carico dell'Appaltatore l'assistenza a tutte le prove che verranno ordinate dalla direzione lavori, sui materiali e manufatti impiegati o da impiegarsi nella costruzione, compresa la confezione dei campioni e l'esecuzione di prove di carico sulle opere strutturali, nonché prove di tenuta per le tubazioni;
9. Sono a carico dell'Impresa appaltatrice tutti gli oneri connessi alla responsabilità inerente la non rispondenza degli elementi eseguiti rispetto a quelli progettati o previsti dal capitolato;
10. L'Appaltatore deve assicurare il mantenimento, fino all'emissione del certificato di collaudo, della continuità degli scoli delle acque e del transito sugli spazi, pubblici e privati, adiacenti le opere da eseguire;
11. Sono a carico dell'Impresa appaltatrice tutti gli oneri connessi al ricevimento, allo scarico e al trasporto nei luoghi di deposito o nei punti di impiego secondo le disposizioni della direzione lavori, comunque all'interno del cantiere, dei materiali e dei manufatti esclusi dal presente appalto e approvvigionati o eseguiti da altre ditte per conto dell'Amministrazione Committente e per i quali competono a termini di contratto all'appaltatore le assistenze alla posa in opera; i danni che per cause dipendenti dall'appaltatore fossero apportati ai materiali e manufatti suddetti devono essere ripristinati a carico dello stesso appaltatore;
12. L'Appaltatore deve concedere, su richiesta della direzione lavori, a qualunque altra impresa alla quale siano affidati lavori non compresi nel presente appalto, l'uso parziale o totale dei ponteggi di servizio, delle impalcature, delle costruzioni provvisorie e degli apparecchi di sollevamento per tutto il tempo necessario all'esecuzione dei lavori che l'Amministrazione Committente intenderà eseguire direttamente oppure a mezzo di altre ditte, senza pretendere compensi di sorta, tranne che per l'impiego di personale addetto ad impianti di sollevamento; il tutto compatibilmente con le esigenze e le misure di sicurezza;
13. L'Impresa appaltatrice deve assicurare la pulizia del cantiere e delle vie di transito e di accesso allo stesso, compreso lo sgombero dei materiali di rifiuto lasciati da altre ditte;
14. Sono compresi tra gli oneri generali a carico dell'Appaltatore le spese, i contributi, i diritti, i lavori, le forniture e le prestazioni occorrenti per gli allacciamenti provvisori di acqua, energia elettrica, gas e fognatura, necessari per il funzionamento del cantiere e per l'esecuzione dei lavori, nonché le spese per le utenze e i consumi dipendenti dai predetti servizi; l'appaltatore si obbliga a concedere, con il solo rimborso delle spese vive, l'uso dei predetti servizi alle altre ditte che eseguono forniture o lavori per conto dell'Amministrazione Committente, sempre nel rispetto delle esigenze e delle misure di sicurezza;
15. L'Impresa appaltatrice deve assicurare l'esecuzione di un'opera campione delle singole categorie di lavoro ogni volta che questo sia previsto specificatamente dal presente capitolato o sia richiesto dalla direzione dei lavori, per ottenere il relativo nullaosta alla realizzazione delle opere simili, nonché la fornitura al Direttore Lavori, prima della posa in opera di qualsiasi materiale o l'esecuzione di una

qualsiasi tipologia di lavoro, della campionatura dei materiali, dei dettagli costruttivi e delle schede tecniche relativi alla posa in opera;

16. Sono compresi tra gli oneri generali a carico dell'Appaltatore la fornitura e manutenzione dei cartelli di avviso, fanali-lampade di segnalazione notturna nei punti prescritti e quanto altro indicato dalle disposizioni vigenti a scopo di sicurezza, nonché l'illuminazione notturna del cantiere; in particolare l'appaltatore dovrà applicare segnalazioni regolamentari diurne e notturne, mediante appositi cartelli e fanali-lampade, se necessario anche presidiati da idoneo personale, nei tratti stradali interessati dai lavori. L'appaltatore inoltre provvederà alla custodia e sorveglianza, nonché al mantenimento costante dell'efficienza diurna e notturna della segnaletica di cantiere affidata a personale dell'Appaltatore stesso o all'uopo incaricato. L'Appaltatore è obbligato a sostituire, a sua cura e spese, l'attrezzatura sottratta, danneggiata e ad eseguire le conseguenti riparazioni.

17. L'Impresa appaltatrice deve assicurare la costruzione e la manutenzione all'interno del cantiere di spazi idonei ad uso ufficio; in particolare dovranno essere messi a disposizione, dalla consegna dei lavori fino all'emissione del Certificato di Collaudo, in posizione da concordare con il Direttore Lavori, adeguati locali ad uso ufficio per il personale di Direzione Lavori e d'assistenza e per il Coordinatore per l'Esecuzione dei Lavori, arredati, illuminati e riscaldati, oltre ad idonei servizi igienico-sanitari. I locali suddetti dovranno essere dotati di telefono ed avere la disponibilità di fax, fotocopiatrice, tavolo da disegno e Personal Computer. A carico dell'Appaltatore saranno, inoltre, le spese per la custodia, la pulizia, l'illuminazione e il riscaldamento, la manutenzione ordinaria e il canone telefonico fino a consegna dell'opera ultimata nel suo complesso.

18. E' a carico dell'Appaltatore l'installazione di adeguati edifici per l'alloggio del personale addetto ai lavori e per la loro mensa, dimensionati in relazione alle esigenze, dotati di servizi igienico - sanitari, con docce, debitamente illuminati e riscaldati, con allacciamenti idrico, elettrico e di smaltimento dei liquami, conformi alle normative vigenti. Tali fabbricati dovranno essere in un'idonea zona del cantiere, o in prossimità di esso, in modo da consentire l'accesso libero dall'esterno e la separazione dall'area destinata a cantiere vero e proprio. A riguardo degli alloggi e della mensa è consentito, in alternativa, stipulare apposite convenzioni con strutture alberghiere e/o locali dotati di idonea capacità d'accoglienza.

19. L'Impresa appaltatrice deve assicurare la predisposizione del personale e degli strumenti necessari per tracciamenti, rilievi, misurazioni, prove e controlli dei lavori tenendo a disposizione del direttore dei lavori i disegni e le tavole per gli opportuni raffronti e controlli, con divieto di darne visione a terzi e con formale impegno di astenersi dal riprodurre o contraffare i disegni e i modelli avuti in consegna;

20. E' a carico dell'Appaltatore la consegna, prima della smobilitazione del cantiere, di un certo quantitativo di materiale usato, per le finalità di eventuali successivi ricambi omogenei, previsto dal presente capitolato o precisato da parte della direzione lavori con ordine di servizio e che viene liquidato in base al solo costo del materiale;

21. L'Impresa appaltatrice deve assicurare l'idonea protezione dei materiali impiegati e messi in opera a prevenzione di danni di qualsiasi natura e causa, nonché la rimozione di dette protezioni a richiesta della direzione lavori; nel caso di sospensione dei lavori deve essere adottato ogni provvedimento necessario ad evitare deterioramenti di qualsiasi genere e per qualsiasi causa alle opere eseguite, restando a carico dell'appaltatore l'obbligo di risarcimento degli eventuali danni conseguenti al mancato od insufficiente rispetto della presente norma;

22. E' a carico dell'Appaltatore l'adozione, nel compimento di tutti i lavori, dei procedimenti e delle cautele necessarie a garantire l'incolumità degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi,

nonché ad evitare danni ai beni pubblici e privati, osservando le disposizioni contenute nelle vigenti norme in materia di prevenzione infortuni; con ogni più ampia responsabilità in caso di infortuni a carico dell'appaltatore, restandone sollevati l'Amministrazione Committente, nonché il personale preposto alla direzione e sorveglianza dei lavori;

23. L'Impresa appaltatrice deve garantire la pulizia, prima dell'uscita dal cantiere, dei propri mezzi e/o di quelli dei subappaltatori e l'accurato lavaggio giornaliero delle aree pubbliche in qualsiasi modo lordate durante l'esecuzione dei lavori, compreso la pulizia delle caditoie stradali;

24. E' a carico dell'Appaltatore la dimostrazione dei pesi, a richiesta del Direttore Lavori, presso le pubbliche o private stazioni di pesatura;

25. Devono essere assicurati gli adempimenti della legge n. 1086 del 1971, e quant'altro derivato dalla legge sopra richiamata;

26. Vige il divieto di autorizzare terzi alla pubblicazione di notizie, fotografie, disegni e documenti cinematografici delle opere oggetto dell'appalto salvo esplicita autorizzazione scritta dell'Amministrazione Committente;

27. L'Impresa appaltatrice deve garantire l'ottemperanza alle prescrizioni previste dal DPCM del 1 marzo 1991 e successive modificazioni in materia di esposizioni ai rumori;

28. A fine lavori l'Appaltatore deve assicurare il completo sgombero del cantiere con perfetta pulizia del sedime e loro pertinenze non interessato all'edificazione e ripristino dello stato dei luoghi antecedente l'esecuzione dei lavori;

29. L'appaltatore dovrà preventivamente concordare tipologia, numero e posizione della segnaletica con il locale comando di polizia municipale e con il coordinatore della sicurezza;

30. L'Impresa appaltatrice deve installare idonei dispositivi e/o attrezzature per l'abbattimento della produzione delle polveri durante tutte le fasi lavorative, in particolare nelle aree di transito degli automezzi.

31. L'Appaltatore deve provvedere alla fornitura degli operai e dei tecnici qualificati, nonché degli strumenti occorrenti per rilievi, tracciamenti e misurazioni relativi alle operazioni di consegna, verifica, contabilità e certificazione di regolarità dei lavori, nonché le prestazioni occorrenti per le prove, le misurazioni e gli assaggi previsti nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e di tutte quelle ulteriori che la Direzione Lavori ritenga opportuno effettuare.

32. E' a carico dell'Impresa appaltatrice la produzione, all'Amministrazione Committente, della documentazione prevista dalla normativa vigente in materia di sicurezza dei cantieri. Gli oneri e le responsabilità derivanti dall'inosservanza dei tempi stabiliti dall'Amministrazione Committente per l'incompletezza dei documenti di cui sopra, sono esclusivamente a carico dell'Appaltatore.

33. L'Appaltatore è tenuto all'osservanza alle norme derivanti dalle vigenti leggi e dai decreti relativi alla prevenzione infortuni sul lavoro, all'igiene del lavoro, alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, alle previdenze varie per la disoccupazione involontaria, l'invalidità e la vecchiaia, per la tubercolosi e le altre malattie professionali e di ogni altra disposizione in vigore, o che potrà intervenire in corso di appalto, per la tutela materiale e morale dei lavoratori.

34. Sono a carico dell'Appaltatore tutte le pratiche e gli oneri per l'occupazione temporanea o definitiva delle aree pubbliche o private per le strade di servizio, per l'accesso ai vari cantieri, per l'impianto dei cantieri stessi, per la loro illuminazione durante il lavoro notturno, per deviazioni o conservazioni provvisorie di strade ed acque pubbliche e private, per cave di prestito, per il conferimento in discariche autorizzate di materiali dichiarati inutilizzabili dalla Direzione Lavori e d'eventuali rifiuti anche speciali, nel rispetto della normativa vigente; per tutto quanto altro necessario all'esecuzione dei lavori resta in proposito precisato che l'Appaltatore, oltre ad essere tenuto ad eseguire a propria cura e spese le opere di consolidamento delle discariche che fossero ritenute necessarie, risponderà sempre e direttamente nei confronti dei terzi, per le succitate occupazioni, obbligandosi a sollevare da ogni corrispondente richiesta l'Amministrazione Committente che pertanto, ed in ogni caso, rimane del tutto estranea.

35. E' compreso negli oneri generali a carico dell'Appaltatore lo svolgimento delle pratiche per conseguire i permessi alle limitazioni o alle interruzioni del traffico locale e per l'estrazione dai pubblici corsi d'acqua dei materiali occorrenti, nonché il pagamento dei canoni dovuti per le relative concessioni.

36. E' a carico dell'Appaltatore ogni altro onere derivante dalla necessità di eseguire i lavori in presenza di traffico, in prossimità di strade pubbliche, corsi d'acqua e proprietà private, nonché quelli derivanti dalla presenza nella zona dell'intervento di cavidotti ed impianti interrati di vario genere in esercizio, la cui individuazione, protezione ed eventuale rimozione, anche provvisoria, nel corso dei lavori rimane ad esclusivo carico dell'Appaltatore. L'Appaltatore resta peraltro totalmente responsabile degli eventuali danni causati a detti sottoservizi, anche qualora la loro ubicazione non sia conforme a quanto indicato nel Progetto Esecutivo. Ogni intervento dovrà essere effettuato d'intesa con la Direzione Lavori ed in conformità alle prescrizioni fornite dai vari Enti Gestori dei sottoservizi. Sono compresi e compensati nei relativi prezzi d'elenco gli oneri per l'esecuzione di scavi, rinterri ed assemblaggi delle tubazioni in lamiera ondulata, alla presenza di tubazioni in esercizio per condotte di gas, acqua e liquami che devono rimanere sempre in funzione, anche se ciò comporta la realizzazione di by-pass provvisori; per tali lavorazioni l'appaltatore dovrà fornire idoneo Progetto Costruttivo, il quale dovrà essere sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori e del Coordinatore della Sicurezza e, per quanto di competenza, dovrà essere redatto in conformità alle prescrizioni degli Enti Gestori dei servizi.

37. E' a carico dell'Appaltatore la redazione dei Progetti Costruttivi di Dettaglio di tutte le opere prefabbricate e degli impianti tecnologici, da eseguire secondo quanto previsto e prescritto dal Progetto Esecutivo. I Progetti Costruttivi di Dettaglio dovranno rispettare tutte le vigenti disposizioni di Legge e norme ministeriali in materia; inoltre essi dovranno rispettare tutte le prescrizioni ed indicazioni impartite dalla Direzione Lavori. I Progetti Costruttivi di Dettaglio delle opere prefabbricate dovranno essere corredati dai calcoli strutturali conformi alle norme tecniche sulle costruzioni. I progetti costruttivi degli impianti tecnologici dovranno essere comprensivi dei calcoli di verifica inerenti le parti eventualmente modificate. L'Appaltatore dovrà effettuare tutti gli ulteriori rilievi, le indagini, gli accertamenti, le sperimentazioni e gli studi necessari ad integrazione del Progetto Esecutivo, per la redazione dei suddetti Progetti Costruttivi di Dettaglio. Tali progetti (disegni e calcoli) saranno consegnati alla Direzione Lavori su base informatica (nei formati che saranno indicati dalla stessa) e su supporto cartaceo (in numero di 3 copie) e dovranno essere firmati dall'Appaltatore e da un Ingegnere iscritto nel relativo Albo professionale, in qualità di Tecnico operante per conto dell'Appaltatore. L'Appaltatore sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori ogni Progetto Costruttivo di Dettaglio, suddiviso per fasi, in coerenza con quanto previsto dal Programma di dettaglio delle attività di cui al precedente art. 19, con un anticipo di almeno 15 giorni rispetto alla data prevista nel programma stesso per la relativa esecuzione. La Direzione Lavori è tenuta entro 15 giorni dalla consegna dei suddetti elaborati a far conoscere le proprie determinazioni in proposito.

38. L'Appaltatore è tenuto a completare, predisporre e consegnare alla S A in formato digitale (nei formati che saranno indicati dalla Direzione Lavori) e cartaceo, tutti i disegni costruttivi delle opere ed i

rilevamenti di tutte le opere eseguite (disegni "as built"), unitamente a tutti gli elaborati di tipo informativo (relazioni specialistiche, capitolati, stime dei costi, certificazioni, prove e collaudi sui materiali, ecc.) da poter gestire con sistemi di gestione documentale (Document Management System) ai fini della formazione della banca dati per la manutenzione e futura gestione dell'opera. Il tutto come meglio specificato nel Capitolato Informativo.

L'Appaltatore è altresì responsabile delle opere ai sensi e per gli effetti dei disposti degli artt. 1667, 1668 e 1669 del Codice Civile, per questo risulta responsabile della progettazione di dettaglio delle opere stesse, anche se tale dettaglio è accettato dalla Direzione Lavori. A tale riguardo, l'Appaltatore può proporre a sue spese gli approfondimenti tecnici che riterrà necessari.

39. Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà effettuare un dettagliato rilievo plano-altimetrico di tutti i principali elementi delle opere realizzate (ivi compresa la mappa revisionata dei sottoservizi), riferito ai capisaldi topografici della cartografia posta alla base del Sistema Informativo Territoriale adottato dall'Amministrazione Committente. Entro sessanta giorni dall'ultimazione dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori la restituzione grafica di tale rilievo in due copie: una su supporto cartaceo in scala 1:500 ed una su supporto informatico prodotta utilizzando il formato grafico DXF, DWG o altro formato che sarà indicato dalla Direzione Lavori stessa.

40. L'Appaltatore è tenuto a comunicare, nei giorni che saranno stabiliti dalla Direzione Lavori, tutte le notizie relative all'impiego della mano d'opera. Per ogni giorno di ritardo, rispetto alla data fissata dalla Direzione Lavori, per l'invio delle suddette notizie, sarà applicata una multa pari al 10% della penalità prevista dal precedente art. 18, restando salvi, bene inteso, i più gravi provvedimenti che potranno essere adottati a suo carico, in analogia a quanto sancisce la normativa vigente in materia relativamente all'irregolarità di gestione e per le più gravi inadempienze contrattuali, nonché la sospensione dell'erogazione degli Stati d'Avanzamento Lavori.

41. Sono a carico dell'Impresa appaltatrice le spese per l'acquisizione di tutte le certificazioni relative alle caratteristiche tecniche e di qualità di tutti i materiali utilizzati dall'appaltatore per la realizzazione dell'opera, da presentare alla Direzione Lavori contestualmente alla provvista dei materiali.

42. L'Appaltatore deve fornire le fotografie delle opere in corso nei vari periodi del loro sviluppo, nel numero e nelle dimensioni che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

43. L'Appaltatore è tenuto ad informare tempestivamente l'Amministrazione Committente ed il Coordinatore per l'Esecuzione dei Lavori d'eventuali infortuni occorsi al proprio personale o a quello di Imprese terze all'interno del cantiere.

44. Nel caso venga prevista la possibilità di lavoro in contemporanea con altre imprese presenti sui luoghi dei lavori in oggetto, ciò deve essere eseguito senza alcuna dilazione nei tempi o richiesta d'oneri aggiuntivi, anche qualora l'eventualità dovesse essere stata imposta dall'Amministrazione Committente medesima, e in tutti i casi previa approvazione da parte della Direzione Lavori, e comunque nel pieno rispetto delle normative in materia di Sicurezza.

45. L'Appaltatore è tenuto a fornire alla Direzione Lavori ed al Coordinatore Sicurezza per l'Esecuzione dei lavori il numero telefonico del Responsabile di Cantiere o dell'Appaltatore per il loro reperimento sollecito 24 ore su 24.

46. L'Appaltatore, inoltre, ai fini dell'applicazione delle normative sulla sicurezza e sulla salute sul luogo del lavoro, di cui al D.Lgs n. 81/2008 e successive modificazioni ed integrazioni, dovrà formare e informare il proprio personale sui rischi specifici nell'ambiente in cui andrà ad operare. In ogni caso, l'Appaltatore si obbliga a far partecipare, prima dell'inizio dei lavori, il Direttore del Cantiere ed altri

tecnici responsabili operativi dei lavori e/o il Responsabile della Sicurezza a riunioni di coordinamento ai fini di una reciproca informazione sui rischi specifici dell'appalto. In caso di sostituzione del Responsabile di Cantiere, l'incaricato dovrà essere sottoposto ad analogo incontro informativo. A tali incontri vi è l'obbligo di partecipare, pena la sospensione o, in caso di reiterato rifiuto, la risoluzione contrattuale.

47. I materiali in provvista dovranno essere trasportati in cantiere utilizzando di norma le strade provinciali, evitando, salvo cause di forza maggiore, la viabilità locale, al fine di arrecare il minor disagio possibile alla cittadinanza residente.

48. Se risulterà necessario, a giudizio della Direzione Lavori ed in mancanza di soluzioni tecniche alternative, ricorrere alla chiusura di alcune strade interessate dalle lavorazioni, l'Appaltatore dovrà fornire mezzi e personale in quantità adeguate alla tipologia delle lavorazioni da eseguire, al fine di limitare i tempi di chiusura delle strade allo stretto indispensabile. Prima della suddetta chiusura l'Appaltatore dovrà concordare con la Direzione Lavori la segnaletica da apporre sui percorsi di deviazione del traffico veicolare e la durata delle lavorazioni. La comunicazione della chiusura dovrà avvenire con almeno tre settimane di anticipo, in modo da poter consentire agli Enti interessati l'emissione delle opportune Ordinanze e per darne conoscenza agli Organismi preposti alla sicurezza ed alla tutela della incolumità pubblica.

49. A carico dell'Impresa appaltatrice è altresì la verifica - da effettuarsi mediante sopralluoghi con gli incaricati degli Enti competenti - della presenza di tutti i sottoservizi e delle linee aeree esistenti nell'area di intervento e la risoluzione delle corrispondenti interferenze. Per quanto sopra l'appaltatore dovrà rapportarsi e coordinarsi con i funzionari degli Enti gestori per effettuare le modifiche degli impianti in questione, a perfetta regola d'arte ed in completa sicurezza per i lavoratori. Le modifiche, previste a tal proposito nel progetto esecutivo, potranno, peraltro, subire modeste variazioni a seguito di nuove indicazioni da parte degli Enti gestori. Conseguentemente l'appaltatore dovrà organizzare i lavori complessivi facendo attenzione a procedere in maniera compatibile alla presenza di tali interferenze (linee per gas metano, linee per impianti di pubblica illuminazione, linee telefoniche, linee elettriche, ecc). Di tutti gli oneri sopra evidenziati l'Appaltatore dovrà tenerne conto al momento della presentazione dell'offerta economica per la gara d'Appalto. In ogni caso, appena venga scoperto un condotto non in precedenza segnalato, appartenente ad un servizio pubblico sotterraneo, o si verifichi un danno allo stesso durante il corso dei lavori, l'Appaltatore dovrà avvertire immediatamente l'Ente gestore del sottoservizio nonché la Direzione Lavori.

A fine lavori l'appaltatore dovrà fornire la mappa revisionata dei sottoservizi interessati dai lavori e la loro ubicazione.

50. I servizi interessati dagli scavi devono essere messi a giorno e assicurati mediante un solido sistema di puntellamento e - se si tratta di acquedotti - protetti dal gelo nella stagione invernale, e , prima di avviare i lavori generali di escavazione con mezzi meccanici. Le misure di protezione adottate devono assicurare stabilmente l'esercizio dei servizi intersecati. Qualora ciò non sia possibile, su disposizione della Direzione dei Lavori, sentiti gli uffici competenti, si provvederà a deviare i servizi stessi.

51. Nel caso in cui nel corso dei lavori, durante lo scavo di trincee o fossi, dovessero essere effettuati ritrovamenti di natura archeologica, resteranno a carico dell'impresa appaltatrice gli oneri derivanti da forzate sospensioni dei lavori, conseguenti alla esecuzione di ulteriori lavorazioni necessarie per approfondimenti di indagine nelle aree interessate dai ritrovamenti, ed ogni altro onere che ne dovesse derivare. L'Impresa dovrà mettere a disposizione, a giudizio e su richiesta della Direzione Lavori, manodopera e attrezzature idonee allo svolgimento delle indagini e dei lavori di natura archeologica; dovrà inoltre riprogrammare le attività di lavoro sulle restanti aree di cantiere non interessate da eventuali approfondimenti d'indagine.

51.1. L'Appaltatore, ove richiesto, è obbligato a mettere a disposizione della Stazione Appaltante le figure professionali necessarie ad assicurare l'assistenza archeologica, paesaggistica e di almeno un tecnico specializzato in arboricoltura.

56. L'Appaltatore è tenuto a richiedere, prima della realizzazione dei lavori, presso tutti i soggetti diversi dall'Amministrazione Committente (ConSORZI, Privati, Gestori di servizi a rete e altri eventuali soggetti coinvolti o competenti in relazione ai lavori in esecuzione) interessati direttamente o indirettamente ai lavori, tutti i permessi necessari e a seguire tutte le disposizioni emanate dai suddetti per quanto di competenza, in relazione all'esecuzione delle opere e alla conduzione del cantiere, con esclusione dei permessi e degli altri atti di assenso aventi natura definitiva e afferenti il lavoro pubblico in quanto tale.

57. L'Appaltatore è altresì obbligato:

a) ad intervenire alle misure, le quali possono comunque essere eseguite alla presenza di due testimoni se egli, invitato, non si presenta;

b) a firmare i libretti delle misure, i brogliacci e gli eventuali disegni integrativi, sottopostogli dal direttore dei lavori, subito dopo la firma di questi;

c) a consegnare al direttore lavori, con tempestività, le fatture relative alle lavorazioni e somministrazioni previste dal presente Capitolato speciale e ordinate dal direttore dei lavori che per la loro natura si giustificano mediante fattura;

d) a consegnare al direttore dei lavori le note relative alle giornate di operai, di noli e di mezzi d'opera, nonché le altre provviste somministrate, per gli eventuali lavori previsti e ordinati in economia nonché a firmare le relative liste settimanali sottoposte dal direttore dei lavori.

58. L'Appaltatore è obbligato ai tracciamenti e ai riconfinamenti, nonché alla conservazione dei termini di confine, così come consegnati dalla direzione lavori su supporto cartografico o magnetico-informatico. L'appaltatore deve rimuovere gli eventuali picchetti e confini esistenti nel minor numero possibile e limitatamente alle necessità di esecuzione dei lavori. Prima dell'ultimazione dei lavori stessi e comunque a semplice richiesta della direzione lavori, l'appaltatore deve ripristinare tutti i confini e i picchetti di segnalazione, nelle posizioni inizialmente consegnate dalla stessa direzione lavori

59. L'appaltatore deve produrre alla direzione dei lavori un'adeguata documentazione fotografica relativa alle lavorazioni di particolare complessità, o non più ispezionabili o non più verificabili dopo la loro esecuzione oppure a richiesta della direzione dei lavori. La documentazione fotografica, a colori e in formati riproducibili agevolmente, reca in modo automatico e non modificabile la data e l'ora nelle quali sono state fatte le relative riprese.

60. Sono a carico dell'appaltatore le indagini geotecniche, chimiche e ambientali previste dal D.Lgs 152/06 e dal DPR n. 120/2017 in merito alla movimentazione di materiale da scavo e nel rispetto degli indirizzi operativi ARPAV.

61. E' a carico dell'Appaltatore l'obbligo, con tutti i correlativi oneri, di assicurare e garantire il perfetto funzionamento dell'intero sistema (materiale rotabile su infrastruttura), avendo esso Appaltatore acquisito piena e perfetta conoscenza del documento D00007420/W (denominato "specifica delle interfacce infrastruttura materiale rotabile e installazioni fisse di guida"), nonché è obbligo l'acquisizione di tutte le certificazioni, permessi, nulla-osta ecc. necessari alla sua messa in esercizio (es. nulla-osta USTIF).

Art. 59. Conformità agli standard sociali

1. L'appaltatore deve sottoscrivere, prima della stipula del contratto, la «Dichiarazione di conformità a standard sociali minimi», in conformità **all'Allegato I** al decreto del Ministro dell'ambiente 6 giugno 2012 (in G.U. n. 159 del 10 luglio 2012), che viene allegato al contratto e costituisce parte integrante e sostanziale del contratto d'appalto.

2. I materiali, le pose e i lavori oggetto dell'appalto devono essere prodotti, forniti, posati ed eseguiti in conformità con gli standard sociali minimi in materia di diritti umani e di condizioni di lavoro lungo la catena di fornitura definiti dalle leggi nazionali dei Paesi ove si svolgono le fasi della catena, e in ogni caso in conformità con le Convenzioni fondamentali stabilite dall'Organizzazione Internazionale del Lavoro e dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite.

3. Al fine di consentire il monitoraggio, da parte della Stazione appaltante, della conformità ai predetti standard, gli standard, l'appaltatore è tenuto a:

a) informare fornitori e sub-fornitori coinvolti nella catena di fornitura dei beni oggetto del presente appalto, che la Stazione appaltante ha richiesto la conformità agli standard sopra citati nelle condizioni d'esecuzione dell'appalto;

b) fornire, su richiesta della Stazione appaltante ed entro il termine stabilito nella stessa richiesta, le informazioni e la documentazione relativa alla gestione delle attività riguardanti la conformità agli standard e i riferimenti dei fornitori e sub-fornitori coinvolti nella catena di fornitura;

c) accettare e far accettare dai propri fornitori e sub-fornitori, eventuali verifiche ispettive relative alla conformità agli standard, condotte dalla Stazione appaltante o da soggetti indicati e specificatamente incaricati allo scopo da parte della stessa Stazione appaltante;

d) intraprendere, o a far intraprendere dai fornitori e sub-fornitori coinvolti nella catena di fornitura, eventuali ed adeguate azioni correttive, comprese eventuali rinegoziazioni contrattuali, entro i termini stabiliti dalla Stazione appaltante, nel caso che emerga, dalle informazioni in possesso della stessa Stazione appaltante, una violazione contrattuale inerente la non conformità agli standard sociali minimi lungo la catena di fornitura;

e) dimostrare, tramite appropriata documentazione fornita alla Stazione appaltante, che le clausole sono rispettate, e a documentare l'esito delle eventuali azioni correttive effettuate.

4. Per le finalità di monitoraggio di cui al comma 2 la Stazione appaltante può chiedere all'appaltatore la compilazione dei questionari in conformità al modello di cui all'Allegato III al decreto del Ministro dell'ambiente 6 giugno 2012.

5. La violazione delle clausole in materia di conformità agli standard sociali di cui ai commi 1 e 2, comporta l'applicazione della penale nella misura di cui all'articolo 18, comma 1 del presente Capitolato Speciale, con riferimento a ciascuna singola violazione accertata in luogo del riferimento ad ogni giorno di ritardo.

Art. 60. Proprietà dei materiali di scavo e di demolizione

1. I materiali provenienti dalle escavazioni e dalle demolizioni sono di proprietà dell'amministrazione committente.
2. In attuazione dell'articolo 36 del capitolato generale d'appalto i materiali provenienti dalle escavazioni devono essere trasportati e regolarmente accatastati in cantiere secondo indicazioni di progetto o del direttore dei lavori, a cura e spese dell'appaltatore, intendendosi quest'ultimo compensato degli oneri di trasporto e di accatastamento con i corrispettivi contrattuali previsti per gli scavi, mentre i materiali provenienti dalle demolizioni devono essere trasportati e regolarmente accatastati in discarica autorizzata, a cura e spese dell'appaltatore, intendendosi quest'ultimo compensato degli oneri di trasporto e di accatastamento con i corrispettivi contrattuali previsti per le demolizioni.
3. I materiali eventualmente riutilizzabili potranno essere ceduti all'Appaltatore a norma dell'articolo 36 del predetto Capitolato Generale, al prezzo ad essi convenzionalmente attribuito. Qualora di essi non esistesse la voce di reimpiego ed il relativo prezzo, questo verrà desunto dai prezzi di mercato per fornitura di materiali a piè d'opera, diviso per il coefficiente 1,10.
4. Al rinvenimento di oggetti di valore, beni o frammenti o ogni altro elemento diverso dai materiali di scavo e di demolizione, o per i beni provenienti da demolizione ma aventi valore scientifico, storico, artistico, archeologico o simili, si applica l'articolo 35 del capitolato generale d'appalto, fermo restando quanto previsto dall'articolo 91, comma 2, del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.
5. E' fatta salva la possibilità, se ammessa, di riutilizzare i materiali di cui ai commi 1, 2 e 3, ai fini di cui al successivo articolo 61.

Art. 61. Utilizzo di materiali recuperati o riciclati

1. In attuazione del decreto del ministero dell'ambiente 8 maggio 2003, n. 203 e dei relativi provvedimenti attuativi di natura non regolamentare, la realizzazione di manufatti e la fornitura di beni di cui al comma 2, purché compatibili con i parametri, le composizioni e le caratteristiche prestazionali stabiliti con i predetti provvedimenti attuativi, può avvenire mediante l'utilizzo di materiale riciclato utilizzando rifiuti derivanti dal post-consumo, nei limiti in peso imposti dalle tecnologie impiegate per la produzione del materiale medesimo.
2. I manufatti e i beni di cui al comma 1 sono i seguenti:
 - a) sottofondi stradali, ferroviari, aeroportuali e di piazzali civili e industriali;
 - b) strati accessori (aventi funzione anticapillare, antigelo, drenante, etc.);
 - c) calcestruzzi con classe di resistenza $R_{ck} \leq 15$ Mpa, secondo le indicazioni della norma UNI 8520-2, mediante aggregato riciclato conforme alla norma armonizzata UNI EN 12620:2004.
3. L'appaltatore è obbligato a richiedere le debite iscrizioni al Repertorio del Riciclaggio per i materiali riciclati e i manufatti e beni ottenuti con materiale riciclato, con le relative indicazioni, codici CER, quantità, perizia giurata e ogni altra informazione richiesta dalle vigenti disposizioni.
4. L'appaltatore deve comunque rispettare le disposizioni in materia di materiale di risulta e rifiuti, di cui agli articoli da 181 a 198 e agli articoli 214, 215 e 216 del decreto legislativo n. 152 del 2006.

Art. 62. Terre e rocce da scavo

1. Sono a carico e a cura dell'appaltatore tutti gli adempimenti imposti dalla normativa ambientale, compreso l'obbligo della tenuta del registro di carico e scarico dei rifiuti, indipendentemente dal numero dei dipendenti e dalla tipologia dei rifiuti prodotti. L'appaltatore è tenuto in ogni caso al rispetto del decreto ministeriale 10 agosto 2012, n. 161.
2. E' altresì a carico e a cura dell'appaltatore il trattamento delle terre e rocce da scavo (TRS) e la relativa movimentazione, ivi compresi i casi in cui terre e rocce da scavo:
 - a) siano considerate rifiuti speciali ai sensi dell'articolo 184 del decreto legislativo n. 152 del 2006;
 - b) siano sottratte al regime di trattamento dei rifiuti nel rispetto di quanto previsto dagli articoli 185 e 186 dello stesso decreto legislativo n. 152 del 2006 e di quanto ulteriormente disposto dall'articolo 20, comma 10-sexies della legge 28 gennaio 2009, n. 2.
3. Sono infine a carico e cura dell'appaltatore gli adempimenti che dovessero essere imposti da norme sopravvenute.

Art. 63. Custodia del cantiere

1. Sono a carico e a cura dell'appaltatore la custodia e la tutela del cantiere, di tutti i manufatti e dei materiali in esso esistenti, anche se di proprietà dell'amministrazione committente e ciò anche durante periodi di sospensione dei lavori e fino alla presa in consegna dell'opera da parte dell'amministrazione committente.
2. L'appaltatore è tenuto a provvedere al mantenimento a deposito presso il cantiere, in perfetto stato di conservazione, del materiale consegnato dalle ditte fornitrici per tutto il tempo necessario, fino al momento dell'installazione in opera con relativa guardiania continuativa. In caso di sottrazione o furto nessuna responsabilità potrà essere imputata in capo al Committente.

Art. 64. Cartello di cantiere

1. L'appaltatore è tenuto a predisporre ed esporre in sito **n. 2 cartelli** indicanti il cantiere conformi all'"**ALLEGATO D**".

Art. 65. Eventuale sopravvenuta inefficacia del contratto

1. Se il contratto è dichiarato inefficace in seguito ad annullamento dell'aggiudicazione definitiva per gravi violazioni, trova applicazione l'articolo 121 dell'allegato 1 al decreto legislativo n. 104 del 2010 (Codice del processo amministrativo).
2. Se il contratto è dichiarato inefficace in seguito ad annullamento dell'aggiudicazione definitiva per motivi diversi dalle gravi violazioni di cui al comma 1, trova applicazione l'articolo 122 dell'allegato 1 al decreto legislativo n. 104 del 2010.
3. Trovano in ogni caso applicazione, ove compatibili e in seguito a provvedimento giurisdizionale, gli articoli 123 e 124 dell'allegato 1 al decreto legislativo n. 104 del 2010.

Art. 66. Tracciabilità dei pagamenti

1. Ai sensi dell'articolo 3, commi 1 e 8, della legge n. 136 del 2010, gli operatori economici titolari dell'appalto, nonché i subappaltatori, devono comunicare all'Ente committente gli estremi identificativi dei conti correnti dedicati, anche se non in via esclusiva, accesi presso banche o presso Poste italiane S.p.A., entro 7 (sette) giorni dalla stipula del contratto oppure entro 7 (sette) giorni dalla loro accensione se successiva, comunicando altresì negli stessi termini le generalità e il codice fiscale delle persone delegate ad operare sui predetti conti. L'obbligo di comunicazione è esteso anche alle modificazioni delle indicazioni fornite in precedenza. In assenza delle predette comunicazioni l'Ente committente sospende i pagamenti e non decorrono i termini legali per l'applicazione degli interessi di cui agli articoli 29, commi 1 e 2, e 30 del presente Capitolato Speciale, e per la richiesta di risoluzione di cui all'articolo 30, comma 4.

2. Tutti i movimenti finanziari relativi all'intervento:

a) per pagamenti a favore dell'appaltatore, dei subappaltatori, dei sub-contraenti, dei sub-fornitori o comunque di soggetti che eseguono lavori, forniscono beni o prestano servizi in relazione all'intervento, devono avvenire mediante bonifico bancario o postale, ovvero altro mezzo che sia ammesso dall'ordinamento giuridico in quanto idoneo ai fini della tracciabilità;

b) i pagamenti di cui alla precedente lettera a) devono avvenire in ogni caso utilizzando i conti correnti dedicati di cui al comma 1;

c) i pagamenti destinati a dipendenti, consulenti e fornitori di beni e servizi rientranti tra le spese generali nonché quelli destinati all'acquisto di immobilizzazioni tecniche devono essere eseguiti tramite i conti correnti dedicati di cui al comma 1, per il totale dovuto, anche se non riferibile in via esclusiva alla realizzazione dell'intervento.

3. I pagamenti in favore di enti previdenziali, assicurativi e istituzionali, nonché quelli in favore di gestori e fornitori di pubblici servizi, ovvero quelli riguardanti tributi, possono essere eseguiti anche con strumenti diversi da quelli ammessi dal comma 2, lettera a), fermo restando l'obbligo di documentazione della spesa. Per le spese giornaliere, di importo inferiore o uguale a 1.500 euro possono essere utilizzati sistemi diversi da quelli ammessi dal comma 2, lettera a), fermi restando il divieto di impiego del contante e l'obbligo di documentazione della spesa.

4. Ogni pagamento effettuato con bonifico bancario o postale deve riportare, in relazione a ciascuna transazione, il CIG e il CUP di cui all'articolo 1, comma 5.

5. Fatte salve le sanzioni amministrative pecuniarie di cui all'articolo 6 della legge n. 136 del 2010:

a) la violazione delle prescrizioni di cui al comma 2, lettera a), costituisce causa di risoluzione del contratto ai sensi dell'articolo 3, comma 9-bis, della citata legge n. 136 del 2010;

b) la violazione delle prescrizioni di cui al comma 2, lettere b) e c), o ai commi 3 e 4, se reiterata per più di una volta, costituisce causa di risoluzione del contratto ai sensi dell'articolo 54 del presente Capitolato speciale.

6. I soggetti di cui al comma 1 che hanno notizia dell'inadempimento della propria controparte agli obblighi di tracciabilità finanziaria, di cui all'art. 3 della citata legge n. 136 del 2010, richiamati ai commi da 1 a 3, ne danno immediata comunicazione all'amministrazione committente e alla prefettura-ufficio territoriale del Governo territorialmente competente.

7. Le clausole di cui al presente articolo devono essere obbligatoriamente riportate nei contratti sottoscritti con i subappaltatori e i subcontraenti della filiera delle imprese a qualsiasi titolo interessate all'intervento ai sensi del comma 2, lettera a); in assenza di tali clausole i predetti contratti sono nulli senza necessità di declaratoria.

8. Il mancato utilizzo del bonifico bancario o postale ovvero degli altri strumenti idonei a consentire la piena tracciabilità delle operazioni costituisce causa di risoluzione del contratto.

Art. 67. Disciplina antimafia

1. Ai sensi del decreto legislativo n. 159 del 2011, per l'appaltatore non devono sussistere gli impedimenti all'assunzione del rapporto contrattuale previsti dagli articoli 6 e 67 del citato decreto legislativo, in materia antimafia; a tale fine devono essere assolti gli adempimenti di cui al comma 2. In caso di raggruppamento temporaneo o di consorzio ordinario, tali adempimenti devono essere assolti da tutti gli operatori economici raggruppati e consorziati; in caso di consorzio stabile, di consorzio di cooperative o di imprese artigiane, devono essere assolti dal consorzio e dalle consorziate indicate per l'esecuzione.

2. Prima della stipula del contratto deve essere acquisita la informazione antimafia di cui all'articolo 87 del decreto legislativo n. 159 del 2011, mediante la consultazione della Banca dati ai sensi degli articoli 96 e 97 del citato decreto legislativo.

3. Qualora in luogo della documentazione di cui al comma 2, in forza di specifiche disposizioni dell'ordinamento giuridico, possa essere sufficiente l'idonea iscrizione nella **white list** tenuta dalla competente prefettura (Ufficio Territoriale di Governo) nella sezione pertinente, la stessa documentazione è sostituita dall'accertamento della predetta iscrizione.

Art. 68. Doveri comportamentali

1. L'appaltatore, con la partecipazione alla gara, si è impegnato, nel caso di affidamento di incarichi di collaborazione a qualsiasi titolo, a rispettare i divieti imposti dall'articolo 53, comma 16-ter, del decreto legislativo n. 165 del 2001 e dall'articolo 21 del decreto legislativo n. 39 del 2013.

2. L'appaltatore, con la partecipazione alla gara, si è impegnato infine, nel caso di affidamento di incarichi di collaborazione a qualsiasi titolo, a rispettare e a far rispettare il codice di comportamento approvato con D.P.R. 16 aprile 2013, n. 62, per quanto di propria competenza, in applicazione dell'articolo 2, comma 3 dello stesso D.P.R. nonché si obbliga a rispettare e a far rispettare il codice di comportamento adottato dalla S.A.

Art. 69. Spese contrattuali, imposte, tasse

1. Ai sensi dell'articolo 16-bis del R.D. n. 2440 del 1023 e dell'articolo 62 del R.D. n. 827 del 1924, sono a carico dell'appaltatore senza diritto di rivalsa, salvo il caso di cui all'articolo 32, comma 8, del Codice dei contratti:

- a) le spese contrattuali comprendenti, nello specifico, le imposte di registro e di bollo, le spese di pubblicità, per diritti di segreteria e di rogito, le spese di copia conforme del contratto e dei documenti e disegni di progetto, nonché le ulteriori che si rendessero eventualmente necessarie;
- b) le tasse e gli altri oneri per l'ottenimento di tutte le licenze tecniche occorrenti per l'esecuzione dei lavori e la messa in funzione degli impianti;
- c) le tasse e gli altri oneri dovuti ad enti territoriali (occupazione temporanea di suolo pubblico, passi carrabili, permessi di scarico, canoni di conferimento a discarica ecc.) direttamente o indirettamente connessi alla gestione del cantiere e all'esecuzione dei lavori;
2. Sono altresì a carico dell'appaltatore tutte le spese di bollo per gli atti occorrenti per la gestione del lavoro, dalla consegna alla data di emissione del certificato di collaudo.
3. Se, per atti aggiuntivi o risultanze contabili finali sono necessari aggiornamenti o conguagli delle somme per spese contrattuali, imposte e tasse di cui ai commi 1 e 2, le maggiori somme sono comunque a carico dell'appaltatore e trova applicazione l'articolo 8 del capitolato generale d'appalto.
4. A carico dell'appaltatore restano inoltre le imposte e gli altri oneri, che, direttamente o indirettamente gravano sui lavori e sulle forniture oggetto dell'appalto.
5. Il contratto è soggetto all'imposta sul valore aggiunto (I.V.A.) di legge; tutti gli importi citati nel presente Capitolato speciale si intendono I.V.A. esclusa.

Tabella «B»

CAT	LAVORAZIONE	CLASSIFIC A	IMPORTO	%
OG3	Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, linee tranviar.	VIII	25.844.485,29 €	52%
OS27	Impianti per la trazione elettrica	VI	9.522.452,58 €	19%
OS19	Impianti di reti di telecomunicazione e di trasmissione dati.	VI	7.964.672,43 €	16%
OG1	Edifici civili e industriali	V	2.533.777,46 €	5%
OG10	Impianti per la trasformazione alta-media tensione e per la distribuzione di energia elettrica in corrente alternata e continua ...(pubblica illuminazione).	IV	2.078.646,76 €	4%
OS24	Verde e arredo urbano	III	1.129.214,85 €	2%
OG11	Impianti tecnologici	III	603.814,22 €	1%

Allegato «D» CARTELLO DI CANTIERE

COMUNE DI _____	PROVINCIA DI _____
LAVORI DI _____	
CONCESSIONE N. _____	DEL _____
PROPRIETARIO _____	
PROGETTISTA _____	
COMMITTENTE _____	
DIRETTORE DEI LAVORI _____	
DIREZIONE CANTIERE _____	
ASSISTENTE TECNICO _____	
RESPONSABILE della SICUREZZA _____	
COORDINATORE della PROGETTAZIONE _____	
COORDINATORE DEI LAVORI _____	
CALCOLATORE STATICO _____	
COLLAUDATORE IN CORSO D'OPERA _____	
IMPRESA DI COSTRUZIONE _____	
SUBAPPALTI _____	
IMPIANTO ELETTRICO ⚡ _____	
IMPIANTO IDRAULICO ⚙ _____	
IMPIANTO GAS METANO ⚙ _____	
N° PRESUNTO DI LAVORATORI SUL CANTIERE _____	
N° PREVISTO DI IMPR. E LAV. AUT. SUL CANTIERE _____	
IMPORTO LAVORI _____	
INIZIO LAVORI _____	FINE LAVORI _____

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE OPERE CIVILI

INDICE

ART 1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	20
ACQUA. 20	
LEGANTI IDRAULICI.....	20
CALCI AEREE - POZZOLANE.....	21
GHIAIE - GHIAIETTI - PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - SABBIE PER STRUTTURE IN MURATURA ED IN CONGLOMERATI CEMENTIZI. 21	
PIETRISCHI - PIETRISCHETTI - GRANIGLIE - SABBIE - ADDITIVI DA IMPIEGARE PER PAVIMENTAZIONI.....	21
GHIAIE - GHIAIETTI PER PAVIMENTAZIONI.....	21
CUBETTI DI PIETRA.....	21
CORDONI - BOCCHETTE DI SCARICO - RISVOLTI - GUIDE DI RISVOLTO - SCIVOLI PER ACCESSI - GUIDE E MASSELLI PER PAVIMENTAZIONE.....	21
SCAPOLI DI PIETRA DA IMPIEGARE PER FONDAZIONI.....	21
CIOTTOLI DA IMPIEGARE PER I SELCIATI.....	22
PIETRA NATURALE.....	22
PIETRE DA TAGLIO.....	22
TUFI. 22	
MATERIALI LATERIZI.....	22
MANUFATTI DI CEMENTO.....	22
MATERIALI FERROSI.....	23
LEGNAMI. 23	
BITUMI - EMULSIONI BITUMINOSE.....	23
BITUMI LIQUIDI O FLUSSATI.....	23
POLVERI DI ROCCIA ASFALTICA.....	23
OLII ASFALTICI.....	24
MATERIALI PER OPERE IN VERDE.....	24
TELI DI "GEOTESSILE".....	25
ART 2 PROVE DEI MATERIALI.....	27
CERTIFICATO DI QUALITÀ.....	27

ACCERTAMENTI PREVENTIVI.....	27
PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA	27
ART 3 MOVIMENTI MATERIE	29
DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI	29
PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	29
<i>Diserbamento e scoticamento</i>	29
<i>Scavi</i> 29	
<i>Scavi di sbancamento</i>	31
<i>Scavi di fondazione</i>	31
<i>Rinterri e/o bonifiche</i>	32
<i>Bonifica</i> 32	
<i>Rinterri</i> 33	
<i>Sistemazione superficiale</i>	33
<i>Rilevati</i> 33	
<i>Formazione del rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali</i>	33
<i>Rilevati stradali</i>	33
<i>Impiego di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3</i>	35
<i>Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7</i>	36
<i>Impiego di terre appartenenti ai gruppi A4, A5,A6,A7</i>	37
<i>Rilevati rinforzati</i>	37
<i>Costruzione del rilevato</i>	38
<i>Formazione dei piani di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo)</i>	38
<i>Strato di transizione (Rilevato-Terreno)</i>	39
<i>Strato granulare anticapillare</i>	39
<i>Telo Geotessile "tessuto non tessuto"</i>	39
<i>Stesa dei materiali</i>	40
<i>Condizioni climatiche</i>	42
<i>Dreni</i> 42	
<i>Dreni verticali prefabbricati</i>	42
<i>Dreni in sabbia</i>	43
<i>Dreni verticali prefabbricati - modalità esecutive</i>	43
<i>Dreni in sabbia - modalità esecutive</i>	44
<i>Rilevati Speciali Sperimentali</i>	45
<i>Rilevati in terra stabilizzata/migliorata e consolidamento piano di appoggio</i>	46
<i>Rilevati con materiali riciclati da</i>	51
<i>Specifica di controllo</i>	54
<i>Disposizioni generali</i>	54
<i>Prove di laboratorio</i>	55
<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	55
<i>Prove di controllo sul piano di posa</i>	56
<i>Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o cemento</i>	64
<i>Prove di laboratorio</i>	64
<i>Prove in sito</i>	64
<i>Prove di controllo sul piano di posa</i>	64
<i>Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile</i>	64
<i>Prove di laboratorio</i>	64

<i>Prove in sito</i>	65
<i>Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali - scorie</i>	65
<i>Prove di laboratorio</i>	65
<i>Prove in sito</i>	65
<i>Telo Geotessile "tessuto non tessuto"</i>	65
<i>Controllo scavi</i>	68
<i>Controllo dreni prefabbricati</i>	69
<i>Controllo dreni in sabbia</i>	69
ART. 4 CALCESTRUZZI	71
GENERALITÀ	71
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	71
CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	72
<i>Durabilità dei calcestruzzi</i>	73
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI	75
<i>Cemento</i>	75
<i>Inerti</i> 75	
<i>Acqua di impasto</i>	78
<i>Additivi e disarmanti</i>	79
<i>Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti</i>	79
<i>Additivi ritardanti e acceleranti</i>	79
<i>Additivi antigelo</i>	80
<i>Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)</i>	80
QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	81
<i>Prove in fase di qualifica dei conglomerati cementizi</i>	83
<i>Prova di resistenza al gelo</i>	83
<i>Prova del grado di permeabilità all'aria</i>	83
<i>Prova di assorbimento d'acqua</i>	85
<i>Prova di scagliatura in presenza di cloruri</i>	85
<i>Prova di penetrabilità dei cloruri e solfati</i>	85
CONTROLLI IN CORSO D'OPERA	85
<i>Inerti</i> 86	
<i>Resistenza dei conglomerati cementizi</i>	86
<i>Controllo della lavorabilità</i>	88
<i>Controllo del rapporto acqua/cemento</i>	89
<i>Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio</i>	89
<i>Controllo del contenuto di aria</i>	89

<i>Controllo del contenuto, del tipo e della classe di cemento</i>	89
<i>Controllo della Rckj</i>	90
<i>Controllo del peso di volume</i>	90
TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE	90
<i>Confezione dei conglomerati cementizi</i>	90
<i>Trasporto</i>	91
<i>Posa in opera</i>	92
<i>Tolleranze Geometriche</i>	94
<i>Riprese di getto</i>	94
<i>Posa in opera in climi freddi</i>	95
<i>Posa in opera in climi caldi</i>	95
<i>Stagionatura e disarmo</i>	95
<i>Stagionatura</i>	95
<i>Maturazione accelerata con trattamenti termici</i>	96
<i>Disarmo</i>	96
<i>Protezione dopo la scasseratura</i>	97
<i>Giunti di discontinuità nelle strutture in conglomerato cementizio</i>	97
<i>Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ed oneri vari</i>	98
ART 5 PALI	99
CLASSIFICAZIONE	99
<i>Definizioni</i>	99
<i>Normative di riferimento</i>	100
<i>Preparazione del piano di lavoro</i>	100
PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO.....	101
<i>Soggezioni geotecniche e ambientali</i>	101
<i>Prove tecnologiche preliminari</i>	102
<i>Materiali</i>	102
<i>Armature metalliche</i>	103
<i>Rivestimenti metallici</i>	104
<i>Conglomerato cementizio</i>	104
<i>Fanghi bentonitici</i>	105
<i>Bentonite in polvere</i>	105
<i>Preparazione fanghi bentonitici</i>	106
<i>Fanghi biodegradabili</i>	106

Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili	107
TIPOLOGIE ESECUTIVE	107
<i>Pali infissi</i>	107
<i>Pali infissi prefabbricati</i>	107
Tolleranze geometriche	107
Tracciamento	108
Attrezzature per infissione	108
Infissione 109	
<i>Pali infissi gettati in opera</i>	109
Tolleranze geometriche	110
Tracciamento	110
Attrezzature per infissione	110
Infissione 110	
Formazione del fusto del palo	111
<i>Pali trivellati</i>	112
Tolleranze geometriche	112
Tracciamento	112
<i>Pali trivellati con fanghi bentonitici</i>	113
Formazione del fusto del palo	113
<i>Pali trivellati con fanghi biodegradabili</i>	114
<i>Pali trivellati con rivestimento provvisorio</i>	114
Formazione del fusto del palo	114
<i>Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto</i>	114
Formazione del fusto del palo	115
<i>Pali trivellati ad elica continua armati prima del getto</i>	115
Formazione del fusto del palo	115
<i>Micropali</i>	115
Tolleranze geometriche	116
Tracciamento	116
Armatura	117
Armatura con barre di acciaio per c.a.	117
Armature tubolari	117
Armature con profilati in acciaio	117
Malte e miscele cementizie	117
<i>Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione</i>	118
Formazione del fusto del micropalo	118
<i>Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione</i>	119
Formazione del fusto del micropalo	119
PROVE DI CARICO	120
Generalità	120
<i>Prove sui pali di grande diametro</i>	121
Prove di carico assiale	121
Attrezzatura e dispositivi di prova	121
Preparazione della prova	122
Programma di carico	122
Risultati della prova	123
Prove di carico su pali strumentati	124
Attrezzature e dispositivi di prova	124
Preparazione ed esecuzione della prova	126
Prove di carico laterale	126

<i>Prove di carico su micropali</i>	126
<i>Prove di carico assiale</i>	126
<i>Attrezzature e dispositivi di prova</i>	126
<i>Programma di carico</i>	127
<i>Risultati delle prove</i>	128
 <i>Prove non distruttive</i>	128
<i>Prove geofisiche</i>	128
<i>Carotaggio continuo meccanico</i>	129
<i>Scavi attorno al fusto del palo</i>	129
 SPECIFICHE DI CONTROLLO.....	129
<i>Generalità</i>	129
<i>Pali infissi</i>	130
<i>PALI TRIVELLATI</i>	131
<i>Controllo del fango bentonitico</i>	132
<i>Prove di controllo</i>	133
<i>Misure del peso specifico o di volume</i>	133
<i>Misura della viscosità</i>	133
<i>Misura del pH</i>	133
<i>Misura del contenuto in sabbia</i>	133
<i>Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"</i>	134
<i>Controllo del fango biodegradabile</i>	134
<i>Pali trivellati ad elica</i>	135
<i>Micropali</i>	135
 ART 6 DIAFRAMMI E PALANCOLATI.....	137
GENERALITÀ.....	137
<i>Classificazione</i>	137
<i>Diaframmi</i>	137
<i>Palancolati</i>	137
<i>Normative di riferimento</i>	137
 PRESCRIZIONI TECNICHE.....	137
<i>Diaframmi in cemento armato</i>	138
<i>Prescrizioni ed oneri generali</i>	138
<i>Prove tecnologiche preliminari</i>	139
<i>Palancolati</i>	139
<i>Tolleranze geometriche</i>	139
<i>Diaframmi in c.a</i>	139
<i>Palancolati</i>	140
 PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO.....	140
<i>Diaframmi</i>	140
<i>Palancolati</i>	141
 <i>Materiali</i>	141

<i>Diaframmi</i>	141
<i>Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose</i>	142
<i>Armature metalliche</i>	142
<i>Calcestruzzo</i>	143
<i>Palancole metalliche</i>	144
<i>Modalità esecutive</i>	144
<i>Diaframmi</i>	144
<i>Prescrizioni generali</i>	144
<i>Attrezzature</i>	145
<i>Perforazione con benna mordente</i>	145
<i>Perforazione con idrofresa</i>	146
<i>Dispositivi per la formazione dei giunti</i>	146
<i>Posa in opera del conglomerato cementizio</i>	147
<i>Palancolati</i>	148
SPECIFICA DI CONTROLLO	149
<i>Diaframmi</i>	150
<i>Materiali</i> 150	
<i>Documentazione preliminare</i>	150
<i>Controlli particolari preliminari</i>	150
<i>Controlli in corso d'opera sugli scavi</i>	150
<i>Controlli in fase esecutiva</i>	151
<i>Prove di controllo sugli elementi di diaframma</i>	151
<i>Generalità</i> 151	
<i>Normative e specifiche di riferimento</i>	151
<i>Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale</i>	152
<i>Prove di carico laterale</i>	155
<i>Controlli non distruttivi</i>	155
<i>Prove geofisiche</i>	155
<i>Carotaggio continuo meccanico</i>	156
<i>Scavi attorno al fusto del diaframma</i>	156
<i>Prove su pannelli strumentati</i>	156
<i>Controllo delle deformazioni</i>	157
<i>Controllo della verticalità</i>	157
<i>Palancole</i>	158
<i>Materiali</i> 158	
<i>Controlli in fase esecutiva</i>	158
DIAFRAMMI IN C.A. E PLASTICI: CONTROLLI DI QUALITÀ	159
DIAFRAMMI IN C.A.: PROVE DI CARICO	159
ART. 7 CARPENTERIA METALLICA	160
GENERALITÀ	160
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	160
DOCUMENTAZIONE	160
MATERIALI 161	
<i>Identificazione e rintracciabilità dei materiali</i>	161
MODALITÀ ESECUTIVE	162
<i>Soggezioni ambientali</i>	162

<i>Tolleranze geometriche</i>	162
<i>Taglio e cianfrinatura delle lamiere</i>	162
<i>Saldature</i>	162
<i>Classi delle saldature</i>	162
<i>Specifiche di saldatura</i>	164
<i>Modalità esecutive</i>	164
<i>Sequenze di saldatura</i>	165
<i>Riparazione dei giunti saldati</i>	165
<i>Finitura delle superfici</i>	165
<i>Unioni Bullonate</i>	166
<i>Connettori e parti annegate nei getti</i>	167
<i>Durabilità</i>	167
COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI	167
COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE	168
MONTAGGIO	168
PROVE E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA	169
<i>Controllo delle saldature</i>	169
<i>Controllo delle unioni bullonate</i>	170
<i>Controllo dei connettori tipo Nelson</i>	170
CRITERI DI ACCETTABILITÀ DEI DIFETTI	170
<i>Estensione dei controlli in caso di esito negativo</i>	170
COLLEGAMENTI SPECIALI	171
PERSONALE ADDETTO ALLE ISPEZIONI E CONTROLLI DELLE SALDATURE	171
PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO	171
ART 8 IMPERMEABILIZZAZIONE MANUFATTI	172
GENERALITÀ	172
MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON MEMBRANA ELASTICA CONTINUA IN MATERIALE SINTETICO EPOSSIPOLIURETANICO SPRUZZATA IN OPERA	173
<i>Primer di adesione</i>	173
<i>Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera</i>	173
<i>Mano d'attacco per il collegamento della membrana con la pavimentazione</i>	174
<i>Modalità di applicazione</i>	174
CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO	174

<i>Materiali</i>	174
<i>Modalità di applicazione</i>	176
<i>Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico</i>	177
GUAINA BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE	178
<i>Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione</i>	178
<i>Primer di adesione al supporto</i>	178
<i>Massa bituminosa della guaina</i>	178
<i>Armatura delle guaine</i>	179
<i>Guaina preformata</i>	179
<i>Modalità di posa in opera e prove sul prodotto finito</i>	180
MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO.....	181
<i>Materiali</i>	181
<i>Modalità esecutive</i>	181
VERNICI BICOMPONENTI IN CATRAME E RESINE EPOSSIDICHE	181
<i>Pianificazione</i>	181
<i>Elementi protettivi dalla corrosione dell'impalcato</i>	182
<i>Materiali</i>	183
<i>Graniglia metallica</i>	183
<i>Abrasivo minerale</i>	183
<i>Impermeabilizzante</i>	183
<i>Esecuzione del lavoro</i>	183
<i>Preparazione della superficie</i>	183
<i>Applicazione di impermeabilizzante</i>	183
SPECIFICHE DI CONTROLLO.....	184
PROVE DI ACCETTAZIONE	184
CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA.....	184
ART 9 CONGLOMERATI CEMENTIZI	186
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	186
CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	186
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI	189
<i>Cemento</i>	189
<i>Controlli sul cemento</i>	189
<i>Controllo della documentazione</i>	189
<i>Aggiunte</i>	190
<i>Ceneri volanti</i>	190

<i>Fumo di silice</i>	190
<i>Aggregati</i>	191
<i>Acqua di impasto</i>	192
<i>Additivi</i> 192	
QUALIFICA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	192
<i>Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato</i>	192
<i>Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato</i>	194
CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	195
CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO ALLO STATO FRESCO E INDURITO	195
<i>Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati</i>	195
<i>Resistenza dei conglomerati cementizi</i>	195
<i>Controlli di accettazione</i>	195
<i>Prove complementari</i>	197
<i>Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera</i>	197
<i>Pianificazione delle prove in opera</i>	198
<i>Predisposizione delle aree di prova</i>	198
<i>Lavorabilità</i>	198
<i>Rapporto acqua/cemento</i>	199
<i>Contenuto di aria</i>	200
<i>Acqua di bleeding</i>	200
PRESCRIZIONI PER LA DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	200
TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE	200
<i>Confezione dei conglomerati cementizi</i>	201
<i>Trasporto</i>	201
<i>Posa in opera</i>	201
<i>Posa in opera in climi freddi</i>	203
<i>Posa in opera in climi caldi</i>	203
<i>Riprese di getto</i>	203
<i>Casseforme</i>	204
<i>Caratteristiche delle casseforme</i>	204
<i>Pulizia e trattamento</i>	204
<i>Predisposizione di fori, tracce e cavità</i>	204
<i>Stagionatura e disarmo</i>	205
<i>Prevenzione delle fessure da ritiro plastico</i>	205
<i>Maturazione accelerata con trattamenti termici</i>	206
Disarmo 206	
<i>Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio</i>	207

<i>Ulteriori prescrizioni per getti massivi</i>	207
<i>Posa in opera delle armature per c.a.</i>	208
<i>Armatura di precompressione</i>	209
<i>Iniezione nei cavi di precompressione</i>	209
<i>Misura della fluidità con il cono di Marsh</i>	210
<i>Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding)</i>	211
ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.....	211
<i>Acciaio ordinario per c.a. ad aderenza migliorata</i>	211
<i>Controlli sull'acciaio</i>	211
<i>Controllo della documentazione</i>	211
<i>Controlli di accettazione</i>	212
<i>Lavorazioni in cantiere -Raggi minimi di curvatura</i>	213
<i>Deposito e conservazione in cantiere</i>	213
<i>Acciaio inossidabile per c.a. ad aderenza migliorata</i>	213
<i>Acciaio per c.a. ad aderenza migliorata zincato a caldo</i>	213
<i>Qualità degli acciai da zincare a caldo</i>	213
<i>Zincatura a caldo per immersione</i>	213
<i>Trattamento preliminare</i>	213
<i>Immersione in bagno di zinco</i>	213
<i>Finitura ed aderenza del rivestimento</i>	214
<i>Verifiche</i> 214	
<i>Certificazioni</i>	215
<i>Lavorazione</i>	215
<i>Acciaio per c.a.p.</i>	215
<i>Controlli di accettazione</i>	215
<i>Fili, barre, trefoli</i>	216
<i>Cavo inguainato monotrefolo</i>	216
<i>Ancoraggi della armatura di precompressione</i>	216
ART. 11 COPRIFERRI.....	216
ART. 12 SOLAI.....	217
<i>Solai di calcestruzzo armato o misti</i>	217
<i>Caratteristiche dei blocchi</i>	217
<i>Spessore delle pareti e dei setti dei blocchi</i>	217
<i>Caratteristiche fisico - meccaniche</i>	218
<i>Spessore minimo dei solai</i>	218
<i>Spessore minimo della soletta</i>	218
<i>Protezione delle armature</i>	218
<i>Conglomerati per i getti in opera</i>	218
<i>Solette composte con lamiera grecata</i>	218
<i>Spessore minimo della lamiera grecata</i>	219
<i>Spessore della soletta</i>	219
<i>Appoggi</i> 219	
TOLLERANZE DI ESECUZIONE.....	219
PROVE DI CARICO	220

ART. 10 OPERE A VERDE	221
FORNITURA E SISTEMAZIONE DI TERRENO VEGETALE NELLE AIUOLE.....	221
RIVESTIMENTO DELLE SCARPATE	221
<i>Preparazione del terreno</i>	221
<i>Concimazioni</i>	221
<i>Semine</i>	222
<i>Idrosemina</i>	224
<i>Piantumazione di arbusti (Mirto, Lentisco, Corbezzolo)</i>	225
<i>Rimboschimento con semenzali e impianto di talee</i>	225
Alberi 226	
<i>Spostamento di piante</i>	227
<i>Protezione delle piante esistenti da conservare</i>	228
<i>Modalità di protezione</i>	228
<i>Estrazione dal vivaio e controllo delle piante</i>	229
<i>Precauzioni da prendere fra l'estrazione e la messa a dimora</i>	229
<i>Epoca di messa a dimora</i>	229
<i>Preparazione delle piante prima della messa a dimora</i>	230
<i>Messa a dimora delle piante</i>	230
<i>Apertura di buche e fosse per la messa e dimora delle piante</i>	231
<i>Cure colturali</i>	231
<i>Pulizia del piano viabile</i>	232
IRRIGAZIONE.....	232
<i>Ala gocciolante</i>	232
ART. 11 CONDOTTE.....	234
TUBAZIONI IN GENERE	234
<i>Fornitura diretta delle tubazioni da parte della stazione appaltante</i>	234
<i>Ordinazione</i>	234
<i>Accettazione delle tubazioni - Marcatura</i>	235
<i>Rivestimento interno</i>	236
<i>Tipo di giunti</i>	236
<i>Apparecchiature idrauliche</i>	236
TUBAZIONE DI ACCIAIO	236

<i>Tubi di acciaio senza saldatura e saldati</i>	236
<i>Tubi di acciaio filettabili</i>	237
<i>Pezzi speciali d'acciaio</i>	237
TUBAZIONI DI GHISA.....	238
<i>Tubazioni di ghisa sferoidale</i>	238
<i>Raccordi di ghisa sferoidale</i>	239
<i>Marcatura dei tubi e raccordi di ghisa sferoidale e delle guarnizioni</i>	239
TUBAZIONI IN PVC RIGIDO NON PLASTIFICATO.....	240
TUBAZIONI IN PEAD.....	240
TUBAZIONI IN GRES CERAMICO.....	241
COLLOCAMENTO IN OPERA –NORME GENERALI.....	241
COLLOCAMENTO IN OPERA DI MATERIALI FORNITI DALLA STAZIONE APPALTANTE.....	242
COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN GENERE.....	242
<i>Generalità</i>	242
<i>Movimentazione delle tubazioni</i>	243
<i>Carico, trasporto e scarico</i>	243
<i>Accatastamento e deposito</i>	243
<i>Scavo per la tubazione</i>	244
<i>Apertura della pista</i>	244
<i>Scavo e nicchie</i>	244
<i>Posa della tubazione</i>	245
<i>Sfilamento tubi</i>	245
<i>Posa in opera dei tubi</i>	245
<i>Posa in opera di pezzi speciali e delle apparecchiature idrauliche</i>	247
<i>Giunzione dei pezzi speciali flangiati e delle apparecchiature idrauliche con la tubazione</i>	247
<i>Prova d'isolamento e protezione catodica</i>	248
<i>Giunzione dei tubi</i>	248
ATTRAVERSAMENTI E PARALLELISMI.....	248
<i>Norme da osservare</i>	248
<i>Attraversamenti di corsi d'acqua, ferrovie e strade</i>	248
<i>Distanze della condotta da esistenti tubazioni e cavi interrati</i>	249
<i>Attraversamenti di pareti e blocchi in calcestruzzo</i>	250
<i>Sostegni per condotte aeree</i>	250
PROVA IDRAULICA DELLA CONDOTTA.....	250
<i>Puntellamenti ed ancoraggi per la prova</i>	250

<i>Tronchi di condotta – Preparazione della prova</i>	250
<i>Disinfezione della condotta</i>	251
<i>Riempimento della condotta</i>	251
<i>Collocazione della pompa e messa in pressione</i>	252
<i>Le due prove</i>	252
RINTERRO	253
<i>Rinfianco e rinterro parziale (cavallottamento)</i>	253
<i>Rinterro e semichiusura del cavo</i>	253
<i>Rinterro definitivo</i>	253
COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN ACCIAIO	254
<i>Movimentazione</i>	254
<i>Revisione del rivestimento – Protezione dei giunti – Posa in opera</i>	254
<i>Giunzioni con saldatura</i>	255
<i>Prova idraulica</i>	256
COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE DI GHISA	256
<i>Movimentazione</i>	256
<i>Il taglio 258</i>	
<i>Le operazioni successive al taglio</i>	259
<i>Giunzione dei tubi di ghisa sferoidale</i>	260
<i>Con giunto automatico (rapido)</i>	260
<i>Con giunto meccanico (express)</i>	262
<i>Prova idraulica</i>	263
COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN PEAD	263
<i>Norme da osservare</i>	263
<i>Movimentazione</i>	263
<i>Posa in opera e rinterro</i>	264
<i>Giunzioni e collegamenti</i>	265
<i>Ancoraggi e prova delle condotte in pead per acquedotto</i>	267
<i>Pozzetti e prova idraulica delle condotte in pead per fognatura</i>	268
GARANZIE E DOCUMENTAZIONE	269
<i>Garanzia degli impianti</i>	269

<i>Prove dell'impianto</i>	269
<i>Documentazione</i>	269
ART. 12 OPERE AMBIENTALI.....	270
SOPRALLUOGHI ED ACCERTAMENTI PRELIMINARI.....	270
CONSERVAZIONE E RECUPERO DELLE PIANTE ESISTENTI NELLA ZONA.....	270
ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE.....	270
APPROVVIGIONAMENTO D'ACQUA.....	270
PULIZIA DELL'AREA DI CANTIERE.....	270
GARANZIA DI ATTECCHIMENTO.....	271
GARANZIA PER I TAPPETI ERBOSI.....	271
RESPONSABILITA' DELL'APPALTATORE NEL CORSO DEI LAVORI.....	271
MATERIALI	271
MATERIALE AGRARIO.....	272
<i>Terra di coltivo e riportata</i>	272
<i>Substrati di coltivazione</i>	272
<i>Concimi minerali ed organici</i>	272
<i>Ammendanti e correttivi</i>	273
<i>Pacciamature</i>	273
<i>Fitofarmaci</i>	273
<i>Pali di sostegno, ancoraggi e legature</i>	273
<i>Drenaggi e materiali antierosione</i>	273
<i>Acqua</i>	273
MATERIALE VEGETALE.....	274
<i>Alberi</i>	274
<i>Arbusti e cespugli</i>	275
<i>Piante esemplari</i>	275
<i>Piante tappezzanti</i>	276
<i>Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti</i>	276
PULIZIA GENERALE DEL TERRENO.....	276
LAVORAZIONI PRELIMINARI.....	276

LAVORAZIONE DEL SUOLO	276
DRENAGGI LOCALIZZATI E IMPIANTI TECNICI.....	277
CORREZIONE, AMMENDAMENTO E CONCIMAZIONE DI FONDO DEL TERRENO - IMPIEGO DI FITOFARMACI E DISERBANTI.....	277
TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE	277
PREPARAZIONE DELLE BUCHE E DEI FOSSI.....	277
APPORTO DI TERRA DI COLTIVO	278
PREPARAZIONE DEL TERRENO PER I PRATI.....	278
MESSA A DIMORA DI ALBERI, ARBUSTIE CESPUGLI	278
<i>Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca</i>	<i>279</i>
<i>Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi.....</i>	<i>279</i>
MESSA A DIMORA DELLE PIANTE TAPPEZZANTI, RAMPICANTI, SARMENTOSE E RICADENTI.....	279
FORMAZIONE DEI PRATI.....	280
<i>Semina dei tappeti erbosi</i>	<i>280</i>
MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE PER IL PERIODO DI GARANZIA	280
<i>Irrigazioni</i>	<i>281</i>
<i>Ripristino conche e rinalzo.....</i>	<i>281</i>
<i>Falciature, diserbi e sarchiature.....</i>	<i>281</i>
<i>Concimazioni</i>	<i>281</i>
<i>Potature</i>	<i>281</i>
<i>Eliminazione e sostituzione delle piante morte.....</i>	<i>282</i>
<i>Rinnovo delle parti non perfettamente riuscite dei tappeti erbosi.....</i>	<i>282</i>
<i>Difesa dalla vegetazione infestante</i>	<i>282</i>
<i>Sistemazione dei danni causati da erosione</i>	<i>282</i>
<i>Ripristino della verticalita' delle piante.....</i>	<i>282</i>
ART 13 BINDER IN CONGLOMERATO BITUMINOSO AD ELEVATE PRESTAZIONI CON BITUME TAL QUALE E COMPOUND POLIMERICO A BASE DI NANOTECNOLOGIE AL GRAFENE PER LA MODIFICA DRY (PMA)...	283
DESCRIZIONE	283
MATERIALI COSTITUENTI	284
<i>Legante</i>	<i>284</i>
<i>Aggregati.....</i>	<i>284</i>
<i>Aggregato grosso.....</i>	<i>285</i>

<i>Aggregato fino</i>	285
<i>Filler di Additivazione</i>	285
<i>Granulato di Conglomerato bituminoso</i>	285
PRODOTTI DI INTEGRAZIONE E MODIFICA DRY.....	286
<i>Attivanti di adesione</i>	286
<i>Attivanti Chimici Funzionali</i>	286
<i>Compound polimerico supermodificante a base di nanotecnologie al grafene per la modifica dry</i>	287
MISCELE 287	
CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	289
PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA.....	289
POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	290
CONTROLLI.....	291
ART 15 LAVORI DI RESTAURO, DI CONSERVAZIONE, DI RECUPERO E DI RISTRUTTURAZIONE SU EDIFICI O MANUFATTI ESISTENTI.....	294
INDAGINI PRELIMINARI.....	294
PONTEGGI 296	
MALTE 297	
PULITURA 304	
ART 16 PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA.....	311
GENERALITÀ.....	311
PONTI E VIADOTTI IN C.A. E C.A.P. ED IN CARPENTERIA METALLICA.....	312
<i>Posa in opera manufatti prefabbricati</i>	312
<i>Martinetti provvisori</i>	313
<i>Collegamenti provvisori con barre tipo Dywidag</i>	313
<i>Montaggio</i>	313
VERNICIATURE.....	314
GIUNTI DI DILATAZIONE.....	314
<i>Riferimenti normativi</i>	314
<i>Definizioni</i>	315
<i>Tipologie di interesse</i>	315
<i>Materiali</i>	316

<i>Impermeabilità</i>	318
<i>Posa in opera</i>	319
<i>Raccordo con la pavimentazione</i>	319
<i>Preregolazione</i>	320
<i>Manutenzione dei dispositivi</i>	320
<i>Prove e controlli</i>	320
APPARECCHI DI APPOGGIO E ISOLATORI ELASTOMETRICI	326
<i>Norme di riferimento</i>	326
<i>Tipologie</i>	327
<i>Apparecchi d'appoggio</i>	327

ART 1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale d'Appalto DM 145/2000.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali proveranno da località o fabbriche che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Appaltatore.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

Acqua.

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n. 65 del 18/3/1992) in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

Leganti idraulici.

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 febbraio 1992, alla legge 26 maggio 1965 n. 595 (G.U. n. 143 del 10.06.1965).

I leganti idraulici si distinguono in:

1. **Cementi** (di cui all'art. 1 lettera A) - B) - C) della legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:
 - D.M. 3.6.1968 che approva le "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n. 180 del 17.7.1968).
 - D.M. 20.11.1984 "Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n. 353 del 27.12.1984).
 - Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n. 26 del 31.1.1985).
 - D.I. 9.3.1988 n. 126 "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi".
2. **Agglomerati cementizi e calci idrauliche** (di cui all'art. 1 lettera D) e E) della Legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:
 - D.M. 31.8.1972 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n. 287 del 6.11.1972).

Calci aeree - Pozzolane.

Dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle calci aeree", R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 ed alle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi.

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992 norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati; e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi da impiegare per pavimentazioni.

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. (Fascicolo n. 4-Ed. 1953) ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni.

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella U.N.I. 2710 - Ed. giugno 1945" ed eventuali e successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

Cubetti di pietra.

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" C.N.R. - Ed. 1954 e nella "Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945".

Cordoni - Bocchette di scarico - Risvolti - Guide di risvolto - Scivoli per accessi - Guide e masselli per pavimentazione.

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle "Tabelle U.N.I. 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 - Ed. 1945"

Scapoli di pietra da impiegare per fondazioni.

Dovranno essere sani e di buona resistenza alla compressione, privi di parti alterate, di dimensioni massime comprese tra 15 e 25 cm ma senza eccessivi divari fra le dimensioni massime e minime misurate nelle diverse dimensioni.

Ciottoli da impiegare per i selciati.

Dovranno essere sani, duri e durevoli, di forma ovoidale e le dimensioni limite verranno fissate dalla D.L. secondo l'impiego cui sono destinati.

Pietra naturale.

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

Pietre da taglio.

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori. Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel Regio Decreto n. 2232 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione". Le forme, le dimensioni, il tipo di lavorazione dei pezzi, verranno di volta in volta indicati dalla Direzione dei Lavori.

Tufi.

Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme evitando quelle pomiciose e facilmente friabili.

Materiali laterizi.

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti con R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" ed altre Norme UNI: 1607; 5628-65; 5629-65; 5630-65; 5631-65; 5632-65; 5633-65.

I materiali dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme e dovranno essere senza calcinaroli e impurità.

I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

Manufatti di cemento.

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

Materiali ferrosi.

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

In particolare essi si distinguono in:

- 1) acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- 2) lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.:
dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm;
- 3) acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

Legnami.

Da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri.

I legnami, grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

I legnami in genere dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 ottobre 1912.

Bitumi - Emulsioni bituminose.

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - Caratteristiche per l'accettazione", Ed. maggio 1978; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali", Fascicolo n. 3, Ed. 1958; "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)", Ed. 1980.

Bitumi liquidi o flussati.

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali", Fascicolo n. 7 - Ed. 1957 del C.N.R.

Polveri di roccia asfaltica

Le polveri di roccia asfaltica non devono contenere mai meno del 7% di bitume; possono essere ottenute miscelando i prodotti della macinazione di rocce con non meno del 6% e non più del 10% di bitume; possono anche essere trattate con olii minerali in quantità non superiori all'1%.

Ai fini applicativi le polveri vengono distinte in tre categorie (I, II, III).

Le polveri della I categoria servono per la preparazione a freddo di tappeti composti di polvere asfaltica, pietrischetto ed olio; le polveri della II categoria servono per i conglomerati, gli asfalti colati e le mattonelle; le polveri della III categoria servono come additivi nei conglomerati e per aggiunte ai bitumi ed ai catrami.

Le polveri di I e II categoria devono avere finezza tale da passare per almeno il 95% dal setaccio 2, U.N.I. - 2332.

Le polveri della III categoria devono avere la finezza prescritta per gli additivi stradali (norme C.N.R.).

Le percentuali e le caratteristiche dei bitumi estratti dalle polveri devono corrispondere ai valori indicati dalle tabelle riportate dalle Norme del C.N.R. Ed. 1956.

Olii asfaltici

Gli olii asfaltici impiegati nei trattamenti superficiali con polveri asfaltiche a freddo vanno distinti a seconda della provenienza della polvere, abruzzese o siciliana, con la quale si devono impiegare e della stagione, estiva od invernale, in cui i lavori si devono eseguire.

Per la stagione invernale si dovranno impiegare olii tipo A, e per quella estiva olii tipo B. Tutti questi olii devono contenere al massimo lo 0,50% di acqua, ed al massimo il 4% di fenoli; le altre caratteristiche, poi, devono essere le seguenti:

- 1) *olii di tipo A (invernale) per polveri abruzzesi*: viscosità Engler a 25°C da 3 a 6; distillato sino a 230°C al massimo il 15%; residuo a 330°C almeno il 25%; punto di rammollimento alla palla e anello 30 ÷ 45°C;
- 2) *olii di tipo A (invernale) per polveri siciliane*: viscosità Engier a 50°C al massimo 10; distillato sino a 230°C al massimo il 10%; residuo a 330°C almeno il 45%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 ÷ 70°C;
- 3) *olii di tipo B (estivo) per polveri abruzzesi*: viscosità Engier a 25°C da 4 a 8; distillato sino a 230°C al massimo l'8%; residuo a 330°C almeno il 30%; punto di rammollimento alla palla e anello 35 ÷ 50°C;
- 4) *olii di tipo B (estivo) per polveri siciliane*: viscosità Engler a 50°C al massimo 15%; distillato sino a 230°C al massimo il 5%; residuo a 330°C almeno il 50%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 ÷ 70°C.

Per gli stessi impieghi si possono usare anche olii derivanti da catrame e da grezzi di petrolio, o da opportune miscele di catrame e petrolio, purché di caratteristiche analoghe a quelle sopra riportate.

In caso di necessità gli olii possono venire riscaldati ad una temperatura non superiore a 60°C.

Materiali per opere in verde.

- 1) *Terra*: la materia da usarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali, dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scortico di aree a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di m. 1,00. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente; esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

- 2) *Concimi*: i concimi minerali semplici o complessi usati per le concimazioni dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale; avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali della fabbrica.
- 3) *Materiale vivaistico*: il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio, sia di proprietà dell'Appaltatore, sia da altri vivaisti, purché l'Appaltatore stessa dichiarare la provenienza e questa venga accettata dalla Direzione Lavori, previa visita ai vivai di provenienza. Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.
- 4) *Semi*: per il seme l'Appaltatore è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semente, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo di essa. Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l'Appaltatore sarà tenuta ad aumentare proporzionalmente le quantità di semi da impiegare per unità di superficie. La Direzione Lavori, a suo giudizio insindacabile, potrà rifiutare partite di seme, con valore reale inferiore al 20% rispetto a quello riportato dalle tavole della Marchettano nella colonna "buona semente" e l'Appaltatore dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti voluti. Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le norme citate in premessa nel presente articolo.
- 5) *Zolle*: queste dovranno provenire dallo scoticamento di vecchio prato polifita stabile asciutto, con assoluta esclusione del prato irriguo e del prato marcitoio. Prima del trasporto a piè d'opera delle zolle, l'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i luoghi di provenienza delle zolle stesse e ottenere il preventivo benestare all'impiego. La composizione floristica della zolla dovrà risultare da un insieme giustamente equilibrato di specie leguminose e graminacee; sarà tollerata la presenza di specie non foraggere ed in particolare della *Achillea millefolium*, della *Plantago sp.pl.*, della *Salvia pratensis*, della *Bellis perennis*, del *Ranunculus sp.pl.*, mentre dovranno in ogni caso essere escluse le zolle con la presenza di erbe particolarmente infestanti fra cui *Rumex sp.pl.*, *Artemisia sp.pl.*, *Catex sp.pl.* e tutte le Umbrellifere. La zolla dovrà presentarsi completamente rivestita dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. Lo spessore della stessa dovrà essere tale da poter raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale e comunque non inferiore a cm 8; a tal fine non saranno ammesse zolle ricavate da prati cresciuti su terreni sabbiosi o comunque sciolti, ma dovranno derivare da prati coltivati su terreno di medio impasto o di impasto pesante, con esclusione dei terreni argillosi.
- 6) *Paletti di castagno per ancoraggio viminate*: dovranno provenire da ceduo castanile e dovranno presentarsi ben dritti, senza nodi, difetti da gelo, cipollature o spaccature. Avranno il diametro minimo in punta di cm 6.
- 7) *Verghe di salice*: le verghe di salice da impiegarsi nell'intreccio delle viminate dovranno risultare di taglio fresco, in modo che sia garantito il ricaccio di polloni e dovranno essere della specie *Salix viminalis* o *Salix purpurea*. Esse avranno la lunghezza massima possibile con diametro massimo di cm. 2,5.
- 8) *Talee di salice*: le talee di salice, da infiggere nel terreno per la formazione dello scheletro delle graticciate, dovranno parimenti risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di cm. 2. Esse dovranno essere della specie *Salix purpurea* e *Salix viminalis* oppure delle specie e degli ibridi spontanei della zona, fra cui *Salix daphnoides*, *Salix incana*, *Salix pentandra*, *Salix fragilis*, *Salix alba*, ecc. e potranno essere anche di *Populus alba* o *Alnus glutinosa*.
- 9) *Rete metallica*: sarà del tipo normalmente usato per gabbioni, formata da filo di ferro zincato a zincatura forte, con dimensioni di filo e di maglia indicate dalla Direzione dei Lavori.

Teli di "geotessile".

Il telo "geotessile" avrà le seguenti caratteristiche:

- composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:
 - 1) con fibre a filo continuo;
 - 2) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
 - 3) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo "geotessile" dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10^{-3} e 10^{-1} cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);
- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a $600 \text{ N}/5\text{cm}^1$, con allungamento a rottura compreso fra il 10% e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a $1200 \text{ N}/5\text{cm}$ o a $1500 \text{ N}/5\text{cm}$, fermi restando gli altri requisiti.

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

¹ Prova condotta su strisce di larghezza 5 cm e lunghezza nominale di 20 cm con velocità di deformazione costante e pari a 2 mm/sec; dal campione saranno prelevati 3 gruppi di 5 strisce cadauno secondo le tre direzioni: longitudinale, trasversale e diagonale; per ciascun gruppo si scarteranno i valori minimo e massimo misurati e la media sui restanti 3 valori dovrà risultare maggiore del valore richiesto.

ART 2 PROVE DEI MATERIALI

Certificato di qualità.

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, barriere di sicurezza, terre, cementi, calci idrauliche, acciai, ecc...) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi "Certificati di qualità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

Accertamenti preventivi.

Prima dell'inizio dei lavori comportanti l'impiego di materiali in quantità superiori a:

- 1.000 m³ per i materiali lapidei e conglomerati bituminosi,
- 500 m³ per i conglomerati cementizi,
- 50 t per i cementi e le calci,
- 5.000 m per le barriere.

Il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Appaltatore, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti, ed all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nell'Art. "Tempo utile per dare compiuti i lavori - penalità in caso di ritardo" delle Norme Generali.

Prove di controllo in fase esecutiva.

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, che saranno richiesti dalla D.L. e dalla Commissione di collaudo.

In particolare, tutte le prove ed analisi dei materiali saranno eseguite, presso il laboratorio ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Compartimentale previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

ART 3 MOVIMENTI MATERIE

Definizioni e classificazioni

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati

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.

Prescrizioni tecniche particolari

Diserbamento e scoticamento

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.

Nella 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 rilevato;
- b) tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito;
- c) il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietato la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati;
- d) La larghezza dello scoticamento ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni che saranno date dalla DL in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scoticamento sarà stabilito di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano campagna e sarà ottenuto praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti di impianto preventivamente accertate anche con l'ausilio di prove di portanza.

Scavi

Si definisce scavo ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata all'impianto di opere costituenti il nastro stradale e le sue pertinenze, quali:

- impianti di rilevati;
- impianti di opere d'arte;
- cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.

Gli scavi si distinguono in:

- scavi di sbancamento;
- scavi di fondazione.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Appaltatore dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:

- Profilare le scarpate degli scavi con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, la cui stabilità dovrà essere accertata con apposite verifiche geotecniche a carico dell'Appaltatore.
- Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Appaltatore compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

- Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche (a totale carico dell'Appaltatore).
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- Provvedere, a proprie cure e spese, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, 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 provvisoriamente deviate.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti.

In caso di inosservanza la D.L. potrà richiedere all'Appaltatore di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

- Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Appaltatore:
 - Il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
 - Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
 - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti.
 - 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.
- I materiali provenienti dagli scavi, in genere, dovranno essere reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra.

Il reimpiego sarà subordinato all'esito di prove di idoneità, eseguite a cura dell'Appaltatore, e sotto il controllo della D.L..

I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Appaltatore, al reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito e custoditi opportunamente.

Se necessario saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali, che, invece, risulteranno non idonei al reimpiego, dovranno essere trasportati, a cura e spesa dell'Appaltatore, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L.(ordine di servizio), fatte salve le vigenti norme di legge e le autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio e dell'ambiente, fermo restando che all'Appaltatore verrà riconosciuto un sovrapprezzo per il trasporto del materiale a discarica per distanze superiori ai 5 km, misurati per il percorso stradale più breve dal punto più vicino del cantiere come da voce di Elenco Prezzi.

L'Appaltatore, a sua cura e spesa, dovrà ottenere la disponibilità delle aree di discarica e/o di deposito, dei loro accessi, e dovrà provvedere alle relative indennità, nonché alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali di discarica secondo quanto previsto in progetto e/o prescritto dall'Ente Concedente la discarica. Per i materiali ritenuti idonei ma in esubero rispetto alla quantità occorrente per la formazione dei rilevati, la D.L. a suo insindacabile giudizio, potrà ordinare all'Appaltatore di accantonare i materiali provenienti dalla escavazione delle gallerie o dagli scavi di sbancamento, su apposite aree per il loro riutilizzo, anche su altri lotti contigui, senza che l'Appaltatore possa pretendere nulla, rimanendo a carico dell'Amministrazione le relative indennità di occupazione temporanea ed all'Appaltatore la sistemazione e la regolarizzazione superficiale dei materiali.

Naturalmente qualora il sito, da adibire a deposito temporaneo, sia concordemente individuato con la D.L. a distanza superiore ai 5 km, le maggiori distanze verranno compensate con l'apposita voce di Elenco Prezzi.

Scavi di sbancamento

Sono così denominati i movimenti terra di grande entità eseguiti generalmente all'aperto senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- apertura della sede stradale;
- apertura dei piazzali e delle opere accessorie;
- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;
- impianto di opere d'arte;
- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali;

Scavi di fondazione

Sono così denominati gli scavi chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della D.L., o per l'intera area di fondazione o per più parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia della accidentalità del terreno, sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della D.L., spinti alla necessaria profondità, fino al rinvenimento del terreno avente la capacità portante prevista in progetto.

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali o disposti a gradoni con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, ma in tal caso, non sarà computati né il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza né il conseguente maggior volume di riempimento.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di fondazione.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, al riempimento con materiali idonei dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista.

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11/3/1988 (S.O. alla G.U. 1/6/1988n. 127; Circ. Serv. Tecnico Centrale LL. PP. del 24/09/1988 n° 30483) e successivi aggiornamenti.

Gli scavi di fondazione saranno considerati scavi subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Appaltatore dovrà provvedere di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi.

Provvederà, a sua cura e spesa, a togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse così al regolatore deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fugatori; analogamente l'Appaltatore dovrà adempiere agli obblighi previsti dalle leggi (Legge 10/5/1976 n. 319 e successivi aggiornamenti ed integrazioni, leggi regionali emanate in applicazione della citata legge) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché all'eventuale trattamento delle acque .

Rinterri e/o bonifiche

Per rinterri si intendono i lavori di:

- bonifica di zone di terreno non idoneo, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti;
- sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Bonifica

a) La bonifica del terreno di appoggio del rilevato, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di progetto, ed ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto. Pertanto il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):

- A₁, A₃ se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A₃, deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A₃ deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

Per il materiale dei gruppi A₂₋₄ e A₂₋₅, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm²)

- b) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto a) 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.

Rinterri

- a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃ (UNI-CNR 10006) opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

Sistemazione superficiale

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃ (UNI-CNR 10006), con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coeff. di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

Rilevati

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali, nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

Formazione del rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali

Si considerano separatamente le seguenti categorie di lavori:

- Rilevati stradali;
- Rilevati realizzati in terra rinforzata.

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme CNR 10006, di cui alla Tabella 1 allegata.

Rilevati stradali

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale (sottofondo).

Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃, il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A₁-a e A₃ (per le terre appartenenti al gruppo A₃ vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm, nonché di soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm.

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), e/o un modulo di deformabilità non minore di 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm²) (CNR 146 - 1992), salvo per l'ultimo strato di 30 cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, che dovrà presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95% e salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e della pavimentazione stradale in trincea, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,15 - 0.25 da N/mm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale sia in rilevato che in trincea;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo.

Nel caso di rilevati aventi notevole altezza, dovranno essere realizzate banchine di scarpata della larghezza di 2 m a quota idonea e comunque ad una distanza verticale dal ciglio del rilevato non superiore a 6 m.

Le scarpate dovranno avere pendenze non superiori a quelle previste in progetto ed indicate nei corrispondenti elaborati.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di appoggio dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Appaltatore sottoporrà alla D.L. un piano per il controllo dell'evoluzione dei cedimenti.

La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore in accordo con la D.L..

In ogni caso l'Appaltatore dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali il terreno costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, con la cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato, di analoga altezza ed il suo costipamento, consentendo nel contempo l'eventuale viabilità del rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la costruzione del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7

Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto.

Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati, soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di costipamento e la umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Appaltatore e sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori, attraverso una opportuna campagna sperimentale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A4, A5,A6,A7

Per quanto riguarda le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7 si esaminerà, di volta in volta, l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione (a calce e/o cemento, punto 2.4.8.1 e seguenti), attraverso una opportuna campagna sperimentale.

I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm.

Generalità

Fintanto che non siano state esaurite, per la formazione dei rilevati, tutte le disponibilità dei materiali idonei proveniente dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Appaltatore volesse aprire, ad esempio per economia dei trasporti, saranno a suo totale carico. L'Appaltatore non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione dei rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

Qualora una volta esauriti i materiali, provenienti dagli scavi, ritenuti idonei in base a quanto precedentemente riportato, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Appaltatore potrà ricorrere al prelievamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

È fatto obbligo all'Appaltatore di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali per la costruzione dei rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali presso Laboratori ufficiali, sempre a spese dell'Appaltatore.

Solo dopo che vi sia stato l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Appaltatore è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Appaltatore dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

Per quanto riguarda le cave di prestito, l'Appaltatore, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche a quanto è prescritto dall'art 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n.1265 e delle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n.3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D.13 febbraio 1933, n.215 e successive modifiche.

Rilevati rinforzati

Dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A₁ e A₃; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore 71 mm, A₂₋₄ e A₂₋₆.

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- contenuto in sali;
- solfuri, del tutto assenti;
- solfati, solubili in acqua, minori di 500 mg/kg;
- cloruri, minori di 100 mg/kg;
- pH compreso tra 5 e 10;
- resistività elettrica superiore a 1.000 ohm x cm per opere all'asciutto, superiore a 3.000 ohm x cm per opere immerse in acqua.

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova AASHO Mod (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), ed il modulo di deformabilità (CNR 146 - 1992) non dovrà essere inferiore ai 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm².

Costruzione del rilevato

Formazione dei piani di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e delle sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm)(CNR 146 - 1992) dovrà risultare non inferiore a:

- 50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm² sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale (sottofondo) sia in rilevato sia in trincea;
- 20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m al di sotto di quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- 15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali, sia differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate con prove rigorose che dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

A rullatura eseguita la massa volumica in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di

deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto, la Direzione Lavori, sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

Strato di transizione (Rilevato-Terreno)

Quando previsto in progetto, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, verrà eseguita:

- la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- la stesa di uno strato di geotessile "non tessuto" come da punto 2.4.7.4.

Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 0,3-0,5 m; sarà composto di materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

Telo Geotessile "tessuto non tessuto"

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene.

Il geotessile dovrà essere del tipo "a filo continuo", prodotto per estrusione del polimero.

Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

Caratteristiche tecniche	POLIPROPILENE
<i>Massa volumica (g/cm³)</i>	0,90
<i>Punto di rammollimento (K)</i>	413
<i>Punto di fusione (K)</i>	443 ÷ 448
<i>Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)</i>	0,04
<i>Resistenza a trazione (N/5 cm)</i>	1900

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare.

Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

Stesa dei materiali

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%. In presenza di strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃ o con rocce frantumate;
- 40 cm per rilevati in terra rinforzata;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇.

Per i rilevati eseguiti con la tecnica della terra rinforzata e in genere per quelli delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (CNR 69 - 1978).

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Appaltatore ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, una energia costipante tale da assicurare il raggiungimento del grado di costipamento prescritto e previsto per ogni singola categoria di lavoro.

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili non dovranno essere scaricate direttamente a ridosso delle murature, ma dovranno essere depositate in loro vicinanza e successivamente predisposte in opera con mezzi adatti, per la formazione degli strati da compattare.

Si dovrà inoltre evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di realizzazioni in muratura che non abbiano raggiunto le sufficienti caratteristiche di resistenza.

Nel caso di inadempienza delle prescrizioni precedenti sarà fatto obbligo all'appaltatore, ed a suo carico, di effettuare tutte le riparazioni e ricostruzioni necessarie per garantire la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

Inoltre si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra rinforzata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti la D.L. ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

Il cemento sarà del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento in funzione della granulometria del materiale da impiegare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezia avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo il caso che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel quale detti gradoni non saranno necessari, e che sia tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

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, si da ottenere i migliori risultati.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà provvedere all'inerbimento mediante sistemi alternativi ai precedenti, purché concordati con la Direzione Lavori.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Appaltatore dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegate e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni e della deformabilità.

Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo del tipo A₆ e A₇.

Restando ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.

Condizioni climatiche

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva si procederà, per il costipamento, mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati, che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

Dreni

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- dreni verticali prefabbricati
- dreni in sabbia

Le caratteristiche dei dreni, per quanto concerne il tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione, saranno definite dal progetto.

Hanno la funzione di realizzare nel terreno percorsi preferenziali per la raccolta delle acque ed accelerare i processi di consolidazione dei terreni argillosi saturi in corrispondenza dei rilevati. Eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della DL.

Tali variazioni dovranno comunque essere tali da garantire la medesima capacità e funzionalità.

Dreni verticali prefabbricati

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili ed arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali similari avvolto intorno ad un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere

semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante.

L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in posto il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi abbandonarlo.

Dreni in sabbia

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente composta sul piano granulometrico in modo che possa operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati. Le metodologie di perforazione sono le medesime di quelle adottate nel caso di pali trivellati.

Dreni verticali prefabbricati - modalità esecutive

a) Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, preventivamente trasmesse alla DL ed approvate dalla medesima.

Sono ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima ed involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto ed in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m²) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 m/anno.

b) Attrezzatura di infissione

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento, in grado di raggiungere con il mandrino od i tubi di infissione la profondità prescritta dal Progetto nel contesto stratigrafico locale. Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere rese note alla DL.

Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercussione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno sarà connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserzione e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Appaltatore provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50-80 cm, con fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio-grossa, con massima percentuale di passante al vaglio UNI da 0.075 mm del 3%.

I punti di infissione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile, e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

d) Installazione

L'infissione dei dreni avverrà mediante pressione o vibrazione, con modalità tali, per quanto concerne le massime pressioni esercitate verso il basso e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

Dreni in sabbia - modalità esecutive

a) Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà essere conforme, per quanto concerne la composizione granulometrica, al fuso definito dal Progetto.

Qualora non definito espressamente, il fuso granulometrico di riferimento sarà il seguente:

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN.	MAX.
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

b) Attrezzatura

Sarà cura dell'Appaltatore comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che lo stesso intende utilizzare.

Sono ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, avvengono mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione ad elica o attrezzature con caratteristiche diverse.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal Progetto con il relativo diametro e permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia

c) Lavori preparatori

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Appaltatore provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50-80 cm.

I punti di perforazione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

d) Perforazione e riempimento dei fori

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla DL, tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazioni diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia sarà eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere rappresentati dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, lo scarto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato e condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

Rilevati Speciali Sperimentali

Con il termine "rilevati speciali" sono definite tutte le opere realizzate con materiali naturali o artificiali, destinate a formare alcune parti del corpo stradale.

Si distinguono in:

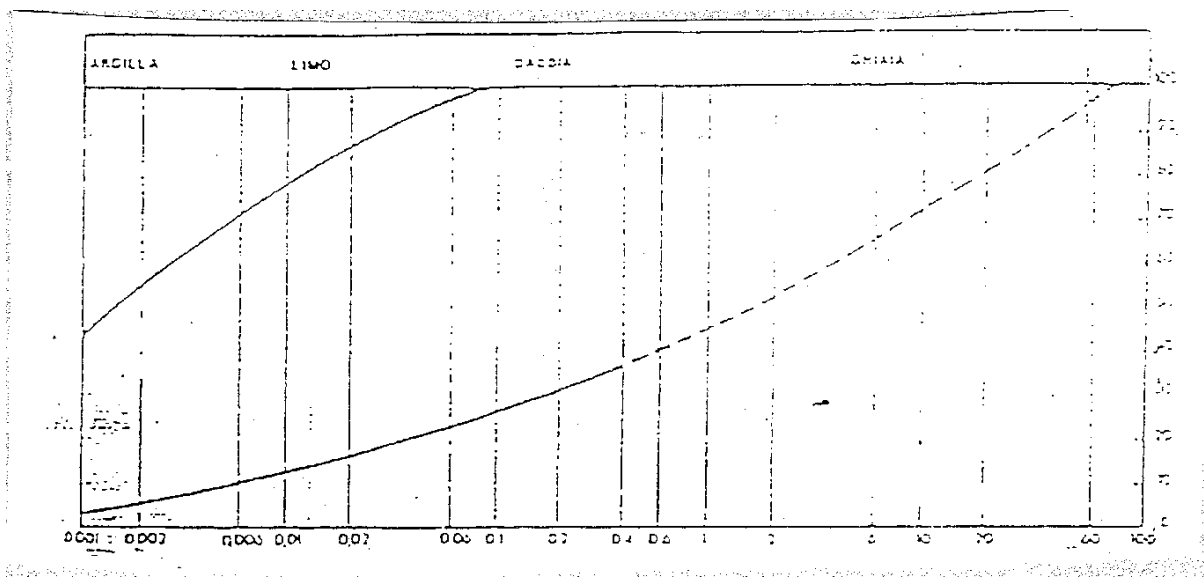
- a) rilevati in terra stabilizzata/migliorata;
- b) rilevati con materiali riciclati.

Rilevati in terra stabilizzata/migliorata e consolidamento piano di appoggio

Terra stabilizzata a calce

La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce deve essere di tipo limo-argilloso ed avere indice di plasticità normalmente maggiore o uguale a 10. Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A₂₋₆ e A₂₋₇) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%. Possono essere trattate con calce anche le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva. La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):



il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell'impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l'accettazione delle calci di cui alle disposizioni vigenti.

La quantità di acqua e di calce con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento ed eventualmente a prove di rottura a compressione, nonché a qualsiasi altra prova necessaria per una adeguata caratterizzazione (CNR 36/73).

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR - UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce, permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, la D. L. definirà di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce.
- il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

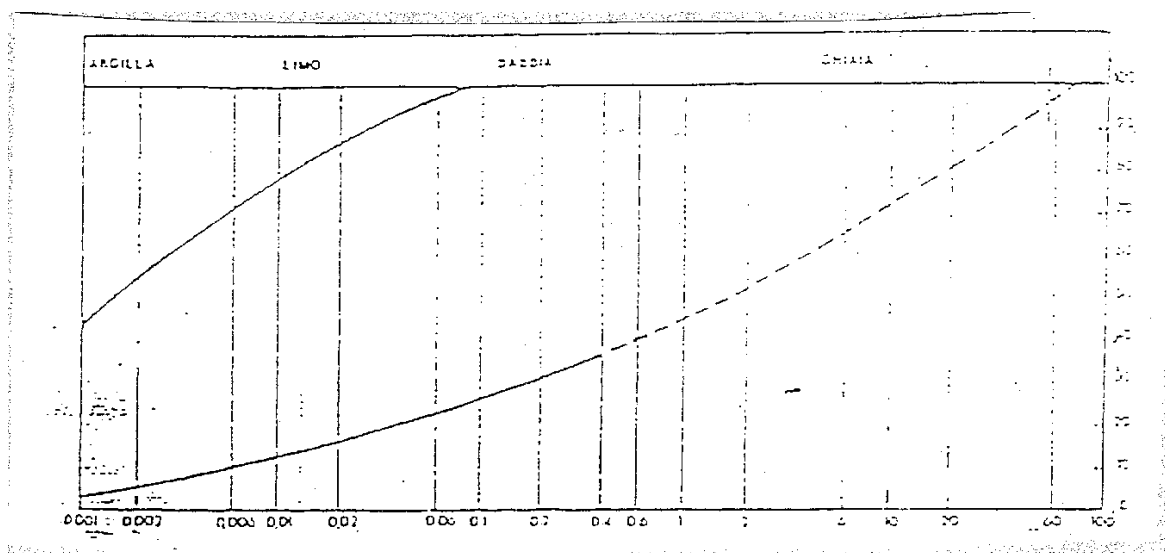
Terra stabilizzata a cemento

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a cemento deve essere di tipo sabbioso, ghiaioso, sabbioso-limoso e/o argilloso, ghiaioso-limoso e/o argilloso e limoso, ed avere indice di plasticità normalmente minore di 15.

Possono essere trattati a cemento anche materiali friabili o profondamente alterati, purché riconducibili con un adeguato trattamento alle volute funzioni portanti.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:



il diametro massimo degli elementi dovrà essere definito in funzione dell'impiego della miscela, preferibilmente dovrà essere inferiore ai 50 mm.

Il passante al setaccio 0.075 mm non deve superare il 50%.

Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre, le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La quantità di acqua e di cemento con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento e prove di rottura a compressione, ed a qualsiasi altra prova che si ritenga necessaria.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso viene determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR - UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di cemento, permettendo di definire come variano con la quantità di cemento i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, la D.L. definirà di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in cemento.
- il suo tenore in cemento sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

Piano di appoggio del rilevato

Il trattamento in sito dei terreni di appoggio di rilevato, trattati con i suddetti leganti (calce o cemento) deve essere tale da garantire le caratteristiche di portanza previste dal progetto e comunque non inferiori a:

Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 Mpa, nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm², (CNR 146 - 1992);

Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm² (CNR 146 - 1992);

Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (CNR - UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 Mpa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm²

Rilevati

I rilevati con materiali corretti, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

Le caratteristiche di portanza delle terre stabilizzate con i leganti (calce o cemento), devono essere quelle previste dal progetto e comunque non inferiori a:

Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR (CNR - UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 Mpa, nell'intervallo di carico compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm² (CNR 146 - 1992);

Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm².

Resistenza al gelo

Nel caso in cui la terra debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali d'impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo. Un aumento del dosaggio del legante può risultare utile a questo scopo.

Modalità di lavorazione

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria.

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed

opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato dalla D.L..

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D.L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Appaltatore sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
- spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno;

Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato, sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D.L.;

- mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni.

L'Appaltatore dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm).

Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Appaltatore dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinché si raggiungano tali requisiti nella miscelazione dell'impasto.

- compattazione e finitura con rulli a "piedi di montone", che precedono i passaggi di rulli gommati pesanti e/o rulli lisci vibranti. La sagomatura finale dovrà essere operata mediante motolivellatrice.

La velocità di compattazione dovrà essere tale da far sì che il materiale in oggetto, venga costipato, prima dell'inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive, variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

Rilevati con materiali riciclati da:

- rifiuti speciali da demolizione edile
- rifiuti speciali industriali - scorie.

Rifiuti speciali da demolizione edile

In alternativa ai materiali naturali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006, può essere previsto, nella costruzione di rilevati, l'impiego di inerti provenienti da recupero e riciclaggio di materiali edili e di scorie industriali.

I rilevati con materiali riciclati, potranno essere eseguiti previa autorizzazione della D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

È comunque vietato l'utilizzo diretto dei materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi ai sensi del D.P.R. 10-9-1982 n. 915 e seguenti, e del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazione.

L'uso di tali materiali è consentito previo loro trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa di Legge vigente.

Gli impianti di riciclaggio dovranno essere costituiti da distinte sezioni di trattamento, attraverso fasi meccanicamente e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione dei materiali ferrosi, legnosi, e delle frazioni leggere, nonché delle residue impurità, per la selezione dei prodotti finali.

Gli impianti dovranno comunque essere dotati di adeguati dispositivi per la individuazione di materiali non idonei.

Dovrà essere preventivamente fornita alla DL oltre all'indicazione dell'impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali.

Il materiale dovrà comunque rispondere alle specifiche tecniche di seguito riportate.

Il materiale fornito dovrà avere pezzatura non superiore a 71 mm. e dovrà rientrare nel fuso granulometrico di seguito riportato.

Serie Crivelli e Setacci UNI	passante % in peso
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0.4	7 - 22

setaccio 0.075	2 - 15
----------------	--------

I componenti lenticolari non dovranno essere (definite come in BU CNR n° 95/84) in quantità superiore al 30 %.

Devono essere assenti sostanze organiche (UNI 7466/75 II parte) o contaminanti, ai sensi del D.P.R. 10.9.1989 n° 915 pubblicato sulla G.U. n°343 del 15.12.82.

Prove di prequalificazione del materiale:

- a) determinazione della percentuale di rigonfiamento, che dovrà essere secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009), inferiore a 1%;
- b) prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;
- c) verifica della sensibilità al gelo (CNR 80/1988 Fasc. 4 art. 23 modificato), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A); sarà ritenuto idoneo il materiale con sensibilità al gelo $G \leq 30$;

Per la posa in opera, si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante procedimento AASHO modificato (CNR 69 - 1978) e per la stesa del materiale si dovrà procedere per strati di spessore compreso fra 15 a 30 cm., secondo le indicazioni della D.L., costipati per mezzo di rulli vibranti di tipo pesante.

Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente sottoposto ad una prima umidificazione, per evitare la separazione delle parti a diversa granulometria, non essendo presente di norma la umidità naturale.

L'umidità da raggiungersi non dovrà essere inferiore al 7-8 %.

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) (CNR 146 - 1992) dovrà risultare non inferiore a:

- 50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm² sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale in rilevato;
- 20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm², sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m, al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale;
- 15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Per i suddetti materiali valgono le stesse prescrizioni di grado di costipamento già specificato per le terre.

Rifiuti speciali industriali – scorie

Sempre in alternativa ai materiali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006 può, essere previsto nella costruzione di rilevati l'impiego di materiali provenienti da scorie industriali - loppe d'altoforno,

esclusivamente di nuova produzione e comunque non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno.

I rilevati con scorie industriali, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

Le caratteristiche dei rifiuti debbono essere rispondenti alle prescrizioni del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazioni e quindi corrispondenti a tutte le prescrizioni contenute nelle direttive CEE, sui rifiuti in genere (CEE 91/156) e sui rifiuti pericolosi (CEE 91/689).

In conformità dell'art. 4 del D.L. n°22 del 5/02/1997, viene favorito il reimpiego ed il riciclaggio di detti rifiuti previ accordi e convenzioni con i soggetti produttori interessati al reimpiego di dette materie, al fine di stabilire anche una positiva valutazione economica.

Tutti gli oneri inerenti alla gestione, sicurezza e garanzia della stabilità chimico-fisica del prodotto da utilizzare, rimangono a carico dell'imprenditore, così come tutti gli oneri e le incombenze derivanti dai permessi da richiedersi presso gli Enti preposti alla tutela dell'ambiente e del territorio.

Tali permessi sono rigorosamente prescritti, prima di procedere a qualsiasi utilizzazione ed impiego del materiale in esame.

È riservata alla Direzione Lavori, la facoltà di adottare la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando le scorie esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando per le fasce laterali di spessore costante dell'ordine dei 2.0 m, terre tradizionali.

Il materiale per essere impiegato nella formazione di strati di rilevato dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

- la curva granulometrica, dovrà presentare un passante al setaccio 0.075 mm, non superiore al 10 %, ed un coefficiente di disuniformità maggiore o uguale a 7;
- l'attività del materiale (caratterizzata dal coefficiente α) dovrà essere compresa tra 20 e 40; l'attività α risulta così definita:

coefficiente calcolato dividendo per 1000 il prodotto della superficie specifica (cm^2/g), determinata con il permeabilmetro di Blain opportunamente adattato, per la friabilità intera come percentuale di elementi $< 80 \mu\text{m}$, ottenuti dopo opportuna frantumazione (Mode opératoire LCPC: Mesure du coefficient α d'activité du latier granulé de haut fourneau - Dunoid - Paris 1970).

- il contenuto naturale di acqua (umidità), deve essere $< 15\%$;

Il materiale verrà posto in opera mediante l'impiego di motolivellatrice (grader) in strati di spessore compreso tra i 15 e i 30 cm.

Nell'eventualità di una parzializzazione del corpo del rilevato i materiali di contronucleo verranno posti in opera con strati aventi medesimo spessore di quelli realizzati con loppa. Quindi si procederà al costipamento dell'intero strato.

A compattazione avvenuta, tutti i materiali utilizzati per la realizzazione del singolo strato, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 90% di quella massima individuata nelle prove di compattazione (CNR 69-1978), (CNR 22 - 1972).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm)(CNR 146 -1992) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm^2 sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm² sui restanti strati del rilevato oltre 1,00 m al di sotto della pavimentazione stradale;

Specifica di controllo

Disposizioni generali

La seguente specifica si applica ai vari tipi di rilevato costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Appaltatore per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte. I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Appaltatore è obbligato 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.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 1, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63, e riportati nell'allegata Tabella 2.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

CATEGORIE DI LAVORO E MATERIALI	CONTROLLI PREVISTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
MOVIMENTI DI TERRA		D.M. 11.03.1988

CATEGORIE DI LAVORO E MATERIALI	CONTROLLI PREVISTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
		C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988
PIANI DI POSA DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
FORMAZIONE DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR Impiego della calce	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.36 A VII

Prove di laboratorio

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) ;

La caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 1.

Prove di controllo in fase esecutiva

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i

campioni di norma presso il Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente. I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti ; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 1.

Prove di controllo sul piano di posa

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato, e dovrà soddisfare alle specifiche riportate al punto 2.4.7.3.

Tabella 1

Frequenza delle prove (almeno 1 ogni m³ _____)

TIPO DI PROVA	RILEVATI STRADALI				TERRE RINFORZATE	
	<i>Corpo del rilevato</i>		<i>Ultimo strato di cm 30</i>		primi 5000 m ³	successivi m ³
	primi 5000 m ³	successivi m ³	primi 5000 m ³	successivi m ³		
Classificazione CNR-UNI 10006/63	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHO Mod. CNR	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volumica	250	5000	250	1000	250	1000

B.U. CNR n.22						
Prova di carico su piastra CNR 9 - 67	*	*	500	2000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	5000	5000
<p>* Su prescrizione delle Direzione Lavori</p> <p>** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato</p>						

Prospetto I - Classificazione delle terre

Classificazione generale	Terre ghiaio - sabbiose						Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche e palustri	
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%						Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%						
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332													
Limite liquido	—	—	\leq 40	$>$ 40	\leq 40	$>$ 40	\leq 40	$>$ 40	\leq 40	$>$ 40	$>$ 40		
Indice di plasticità	\leq 6	N.P.	\leq 10	\leq 10max	$>$ 10	$>$ 10	\leq 10	\leq 10	$>$ 10	$>$ 10	$>$ 10	(IP \leq IL-30)	(IP $>$ LL-30)
Indice di gruppo	0	0	0		\leq 4		\leq 8	\leq 12	\leq 16	\leq 20			

Prospetto I - Classificazione delle terre

Classificazione generale	Terre ghiaio - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%			Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche e palustri
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grassa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa	Limi poco compressibili	Limi poco compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili e plastiche	Argille fortemente compressibili e plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono			Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo

Prospetto I - Classificazione delle terre

Prospetto I - Classificazione delle terre							
Classificazione generale	Terre ghiaio - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%		Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%			Torbe e terre organiche e palustri	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve	Media	Molto elevata	Media	Elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nulla	Nulla o lieve	Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato	
Permeabilità	Elevata	Media o scarsa		Scarsa o nulla			

Prospetto I - Classificazione delle terre

Classificazione generale	Terre ghiaio - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%		Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%		Torbe e terre organiche e palustri	
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile	Aspri al tatto - Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla	Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido	Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido	Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille . Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera , che comparirà comprimendo il campione fra le dita.

Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o cemento

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Il trattamento a calce e/o cemento richiede particolare cura nelle varie fasi della lavorazione. In caso contrario gli esiti positivi riscontrati in laboratorio, potrebbero essere decisamente compromessi.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (una almeno ogni 1.000 m³ di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (una ogni giorno);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (una ogni giorno);

Sul materiale trattato, verranno effettuate le seguenti prove:

- Polverizzazione del materiale trattato (una ogni 500 m²)
- CBR (dopo 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua) (una ogni 500 m²)

Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali, posti in opera, saranno inoltre accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito (una ogni 1000 m³)
- Prova di carico con piastra circolare (una ogni 1000 m³);

Prove di controllo sul piano di posa

Le prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati, sottoposto a stabilizzazione con calce e cemento, avranno la frequenza di una prova ogni 1000 m².

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso.

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale da porre in opera.

Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare.

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali - scorie

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica;
- determinazione dell'attività.

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200 t di materiale.

Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare.

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

Telo Geotessile “tessuto non tessuto”.

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene.

Il geotessile dovrà essere del tipo “a filo continuo”, prodotto per estrusione del polimero.

Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile. Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

Caratteristiche tecniche	POLIPROPILENE
Massa volumica (g/cm ³)	0,90

<i>Punto di rammollimento (K)</i>	413
<i>Punto di fusione (K)</i>	443 ÷ 448
<i>Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)</i>	0,04
<i>Resistenza a trazione (N/5cm)</i>	1900

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Appaltatore sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

La qualificazione del materiale sarà effettuata mediante le prove previste dalle norme UNI e dai B.U. del CNR n° 142/92, n° 143/92, n° 144/92 e n° 145/92, riportate nella seguente tabella:

Campionatura CARATTERISTICA	RIFERIMENTO
(per N deve intendersi il rotolo o la pezza)	UNI 8279/1
Peso, in g/m ²	UNI 5114
Spessore, in mm	UNI 8279/2
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N	UNI 8639
Allungamento, in %	UNI 8639
Lacerazione, in N	UNI 8279/9
Resistenza alla perforazione con il metodo della sfera, MPa	UNI 8279/11
Punzonamento, in N	UNI 8279/14
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13
Comportamento nei confronti di batteri e funghi	UNI 8986
Creep nullo al 25% del carico di rottura ed un allungamento sotto carico di esercizio pari al 2%-9%	
Diametro di filtrazione, espresso in micron, corrispondente a quello del 95% in peso degli elementi di terreno che hanno attraversato il geotessile, determinato mediante filtrazione idrodinamica	

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

REQUISITO	VALORE DI RIFERIMENTO
peso (UNI 5114)	≥ 300 g/m ²
resistenze a trazione su striscia di cm 5 (UNI	> 19 kN
allungamento (UNI 8639)	> 60%
lacerazione (UNI 8279/9)	> 0,5 kN/m
punzonamento (UNI 8279/14) >	> 3,1 kN
permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI 827	> 0,8 cm/s

dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile	< 100 µm
--	----------

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

Controllo scavi

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'Appaltatore, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

a) Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

Terre:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;

eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue :

- ogni 500 m³ di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

b) Prove in sito

Terre:

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce:

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

Controllo dreni prefabbricati

a) Controllo dei materiali

Il produttore alleggerà ad ogni lotto una certificazione del prodotto dove saranno riportate le caratteristiche del materiale conformi a quanto specificato dal presente capitolato.

b) Attrezzature d'infissione

L'Appaltatore dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, alla DL una relazione tecnica riguardante le metodologie scelte per la realizzazione dei dreni e le caratteristiche delle attrezzature.

Qualora si preveda di impiegare sonde a rotazione o a rotopercolazione, la DL dovrà approvare specificatamente l'impiego di tali attrezzature.

Durante la posa in opera dovrà essere redatta una apposita scheda sulla quale dovrà essere riportata la effettiva lunghezza installata per ciascun dreno.

Si dovrà riportare inoltre la posizione planimetrica rispetto agli elaborati di progetto, e che questa non si discosti più di 10 cm dalla suddetta posizione.

Controllo dreni in sabbia

a) Qualifica dei materiali

L'Appaltatore per ogni lotto fornito, e comunque ogni 100 m³ di sabbia, dovrà effettuare prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata negli elaborati progettuali.

In assenza di tali specifiche, si adotterà il fuso riportato nel punto 2.7.8.4. del presente capitolato.

b) Attrezzature d'impiego

Qualora si preveda di impiegare fluidi di perforazione diversi da acqua o additivi di questa, si richiederà l'approvazione specifica della DL.

c) Fase esecutiva

In fase esecutiva per ogni dreno si dovrà compilare una scheda sulla quale verranno riportate:

- discordanza con la posizione di progetto, che comunque non dovrà essere superiore a 10 cm;
- profondità raggiunta dalla perforazione;
- quantitativo complessivo di sabbia immessa;
- caratteristiche della certificazione relativa al lotto di materiale granulare;
- caratteristiche delle attrezzature di perforazione;
- fluido impiegato per la perforazione.

ART. 4 CALCESTRUZZI

GENERALITÀ

Normativa di riferimento

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

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

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- della Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n. 76 del 21.03.1974);
- del D.M. 19.06.1984, n. 24771 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 208 del 30.07.1984);
- del D.M. 29.01.1985 "Norme Tecniche – di rettifica – relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 26 del 31.01.1985);
- del Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 24.01.1986 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 108 del 12.05.1986) e relative istruzioni emanate con Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 27690 del 19.07.1986 (Circolare ANAS. n. 55/1986);
- del D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" (G.U. n. 24 del 29.01.1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 34233 del 25.02.1991 (Circolare ANAS. n. 28/1991 del 18.06.1991).
- del D.M. 14 febbraio 1992 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 65 del 18.03.1992);
- del D.M. 9 gennaio 1996 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 19 del 05.02.1996);
- del D.M. 16 gennaio 1996 "Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. alla G.U. n. 29 del 05.02.1996) e relative integrazioni, proroghe e istruzioni emanate con circolare del Ministero LL.PP. n° 65 del 10.04.1997 (S.O. alla G.U. n. 97 del 28.04.1997);
- della circolare del Ministero LL.PP. n° 156 del 04.07.1996 concernente "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche relative ai criteri generali e la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. alla G.U. n. 217 del 16.09.1996);
- della circolare del Ministero LL.PP. n° 252 del 15.10.1996 concernente "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 227 del 26.11.1996);
- del DPR 6 giugno 2001 n° 380-Testo unico per l'edilizia;
- del DM 14 Gennaio 2008 - Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni
- UNI EN 206-1 UNI 11104: "Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità"
- UNI 8991 "Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo"
- del DM 17 Gennaio 2018 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare esplicativa 21 Gennaio 2019 alle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

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

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito

per ogni tipo di conglomerato cementizio utilizzato per le opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà caratteristiche prestazionali non inferiori a quelle richieste dal progetto e dalle presenti norme tecniche.

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

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

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

CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Nella Tabella I, vengono riportati i tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego.

Tabella Ia

TIPO DI CLS	IMPIEGO DEI CONGLOMERATI	CLASSI Rck (minima)	CONSISTENZA UNI 9418
I	Conci prefabbricati per ponti in c.a.p realizzati a sbalzo per conci successivi e Travi prefabbricate in c.a.p. a fili aderenti	55 Mpa	S4
II	Conci gettati in opera per ponti in c.a.p realizzati a sbalzo per conci successivi	45 Mpa	S4
III	Trasversi gettati in opera su travi prefabbricate in c.a.p. e Impalcati completi gettati in opera	40 Mpa	S4
IV	Strutture in elevazione (pile, paramenti e muri di spalle) e Solette gettate in opera su travi in acciaio	35 Mpa	S4
V	Strutture di fondazione (plinti, zattere, platee), Rivestimenti definitivi di gallerie e Opere Minori (sottovia, tombini, barriere parapetti, cunette, cordoli, pavimentazioni, muri di sostegno delle terre, opere di difesa)	30 Mpa	S4
VI	Fondazioni non armate o debolmente armate (pozzi, sottoplinti, ecc.) e Pali	25 Mpa	S4
VII	Cls di sottofondazione (magroni)	15 Mpa	S3

TIPO DI CLS	IMPIEGO DEI CONGLOMERATI	CLASSI Rck (minima)	CONSISTENZA A UNI 9418
VIII	Cls leggeri per zone di transizione a tergo delle spalle delle opere d'arte (peso di volume non maggiore di 1800kg/m ³)	15 Mpa	S3

Per tutte le opere possono essere adottate consistenze diverse previa autorizzazione della D.L. che valuterà i singoli casi.

S1 slump 1-5 cm
S2 slump 6-10 cm
S3 slump 11-15cm
S4 slump 16-20cm
S5 slump 21-25cm

Le prescrizioni relative alla classe di conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono da ritenersi come minime al fine di garantire le prestazioni meccaniche richieste dal progetto esecutivo in funzione dei rapporti acqua/cemento individuati nel paragrafo dedicato alla durabilità dei cls.

Per i cls da impiegare negli elementi precompressi la resistenza caratteristica cubica al momento della tesatura dei cavi indicata negli elaborati progettuali vale:

$R_{ckj}=45\text{Mpa}$ al tempo "j" di tesatura per cls tipo I;

$R_{ckj}=40\text{Mpa}$ al tempo "j" di tesatura per cls tipo II.

Durabilità dei calcestruzzi

Le norme UNI EN 206-1 UNI 11104 elenca i requisiti dei calcestruzzi perché abbiano la durabilità adeguata alla classe di esposizione ambientale prevista. Tali caratteristiche interessano le seguenti caratteristiche dei cls:

il rapporto a/c massimo;

il dosaggio minimo del cemento;

il volume di aria inglobata;

la resistenza al gelo degli aggregati;

l'impermeabilità del cls;

il tipo di cemento utilizzato;

la stagionatura.

Sul calcestruzzo indurito si effettua, come misura indiretta del rapporto a/c, la misura della resistenza caratteristica Rck poiché strettamente legata al suddetto rapporto, una volta stabilito il tipo e la classe di resistenza del cemento da utilizzare. Per questo si richiama l'attenzione sulla necessità di rispettare le specifiche indicate non solo per quel che riguarda la Rck, ma altresì il tipo e la classe di resistenza del cemento. Infatti, se si confezionasse un calcestruzzo avente la stessa resistenza caratteristica ma con cemento di classe di resistenza superiore, si otterrebbe un prodotto meno rispondente ai requisiti di durabilità poiché caratterizzato da un rapporto a/c più elevato.

Di seguito si ricordano le limitazioni sul rapporto a/c e sul quantitativo di cemento della norma UNI EN 206-1 UNI 11104 per le classi di esposizioni d'interesse individuate per i manufatti in esame:

Tabella Ib

TIPO DI CLS	Classe di esposizione	Tipo di cemento	Contenuto minimo di cemento	Massimo rapporto a/c	CLASSI Rck (minima)
I	XC 3	CEM I, II	330 kg/m ³	0.40	55 Mpa
II	XC 4	CEM I, II, IV	340 kg/m ³	0.50	40 Mpa
III	XC 3	CEM I - IV	340 kg/m ³	0.55	35 Mpa
IV	XC 2	CEM I - IV	300 kg/m ³	0.55	30 Mpa

I valori indicati nella tabella saranno intesi come limiti per il confezionamento di cls durabili ai sensi della UNI EN 206-1 UNI 11104. Valori più restrittivi eventualmente indicati negli elaborati progettuali sostituiranno i valori della presente tabella per l'opera indicata dagli elaborati stessi.

Per tutti i cls saranno impiegati aggregati resistenti al gelo, nonché sarà richiesto il requisito di impermeabilità degli stessi secondo UNI EN 206-1 UNI 11104.

I cementi Pozzolatici e d'Altoforno prescritti si caratterizzano per una maggior stabilità chimica (resistenza ai solfati, ai cloruri e alla CO₂ presente nelle acque), e per un più basso valore del calore d'idratazione attribuibile alla classe di resistenza 32.5 che, come è noto, offre maggiori garanzie se è necessario ottenere un calcestruzzo indurito esente anche da fessurazioni capillari.

La minima classe di esposizione da garantire per le opere a diretto contatto con il terreno e con la falda è la XC 2.

La durabilità del calcestruzzo si consegue, ancora, prevedendo un'opportuna lavorabilità per la posa in opera e la compattazione dei getti ed un'adeguata stagionatura.

La stagionatura infine, come trattato nel paragrafo dedicato, individua la durata minima per la protezione dei getti in relazione alle condizioni termoisometriche dell'ambiente al momento del getto ed allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI

Cemento

Nella confezione dei conglomerati sono ammessi:

- cemento pozzolanico;
- cemento d'altoforno con contenuto di loppa non inferiore al 36%, che la Cementeria dovrà garantire specificando il metodo di misura;
- cemento Portland, solo per le strutture prefabbricate per c.a.p.

Per le altre strutture è altresì ammesso l'uso del cemento Portland, a condizione che siano rispettati i seguenti limiti: il tenore di alluminato tricalcico (C3A) sia inferiore a 8%; il rapporto a/c sia inferiore di 0.05 di quanto prescritto per gli altri cementi; la resistenza sia superiore di 5.00 Mpa rispetto a quanto previsto per i cls confezionati con gli altri cementi in conformità alle prescrizioni inerenti la durabilità di cui al paragrafo precedente.

L'Appaltatore dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

La qualità del cemento dovrà essere garantita e controllata dall'istituto ICITE CNR e dal relativo marchio.

A cura ed a spese dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovranno essere verificate presso un Laboratorio Ufficiale le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento secondo le Norme di cui alla Legge 26/5/1965 n. 595 D.M. 3/6/1968 e D.M. 13/9/1993 (per cementi sfusi prelievo di un campione ogni 250 t o frazione).

Copia di tutti i certificati di prova sarà custodita dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore. È facoltà della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi.

È vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo; ciascun silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unica provenienza, ed a tale scopo chiaramente identificato.

Inerti

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste per la Classe A nella Norma UNI 8520 parte 2^a.

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

Non dovranno contenere i minerali dannosi:

- * pirite;

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

A cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della DL, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8520 parte 4) presso un laboratorio ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

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

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla DL e dall'Appaltatore. In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

Nella Tabella 2, sono riepilogate le principali prove cui devono essere sottoposti gli inerti.

Tali esami, dovranno essere effettuati prima dell'autorizzazione all'impiego, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava, ogni 8000 m³ di materiali impiegati e comunque almeno una volta all'anno, nonché ogni volta la Direzione Lavori lo riterrà necessario, salvo per quanto riguarda il contenuto di solfati e di cloruri che dovrà essere effettuato giornalmente.

Per quanto riguarda il coefficiente di forma degli inerti e la granulometria si dovrà verificare che soddisfino alle indicazioni riportate nel predetto punto, ogni 1000 m³ di materiale impiegato, nonché ogni volta che la DL lo riterrà necessario.

Tabella 2

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITA'
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 UNI 8520 (parte 20)	Perdita di massa ≤ 4% dopo 20 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	CNR 34 UNI 8520 (parte 19)	Perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità delle soluzioni solfatiche	UNI 8520 (parte 10)	Perdita di massa dopo 5 cicli ≤ 10%
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8520 (parte 11)	SO ₃ ≤ 0,05%
Presenza di argille	Equivalenti in sabbia	UNI 8520 (parte 15)	ES ≥ 80 VB ≤ 0,6 cm ³ /gr di fini

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITA'
Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica	UNI 8520 (parte 4)	Assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 8520 (parte 14)	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: <ul style="list-style-type: none"> metodo chimico Potenziale attività delle miscele cemento aggregati: <ul style="list-style-type: none"> metodo del prisma di malta 	UNI 8520 (parte 22)	<ul style="list-style-type: none"> UNI 8520 (parte 22 punto 4) UNI 8520 (parte 22 punto 5)
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8520 (parte 12)	$Cl \leq 0,05\%$
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 (parte 18)	$Cf \geq 0,15$ ($D_{max} = 32$ mm) $Cf \geq 0,12$ ($D_{max} = 64$ mm)
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla D.L. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 5000 mc di aggregati impiegati, con un minimo di 2 prove.		

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 parte 18, minore di 0,15 (per un diametro massimo D_{max} fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un diametro massimo D_{max} fino a 64 mm).

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

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

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno tre pezzature, la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm di lato.

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

La dimensione massima (Dmax) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore dello spessore del copriferro.

Acqua di impasto

L'acqua di impasto dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con DM 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".

L'acqua proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate di seguito.

Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati.

Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro.

In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o precompresso, si dovrà tenere conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 per il contenuto totale di tale ione.

La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati, (si faccia riferimento alla condizione "satura a superficie asciutta" della Norma UNI 8520 parte 5).

Additivi e disarmanti

L'Appaltatore dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi.

Gli additivi dovranno rispondere alle Norme UNI 7101, 7102, 7103, 7104, 7105, 7106, 7107, 7108, 7109, 7120 e 8145.

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

Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità si farà costantemente uso di additivi superfluidificanti di nuova generazione a rilascio progressivo al fine di realizzare calcestruzzi reoplastici preconfezionati ad elevato mantenimento della lavorabilità.

Nel caso si verifichi una perdita di lavorabilità sono ammesse riaggiunte di additivi superfluidificanti dello stesso tipo già inserito precedentemente nell'impasto con un quantitativo massimo di 300cc per ogni 100 kg di cemento

Nel caso che la lavorabilità prevista non venga ottenuta dopo la riaggiunta di additivi a piè d'opera il calcestruzzo verrà scartato.

La classe di consistenza dovrà essere sempre garantita al momento della posa.

In caso di particolari condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati ulteriori additivi aeranti, fluidificante - ritardante e accelerante.

Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore e comunque esso non dovrà superare il 2 % in peso rispetto al cemento.

Additivi ritardanti e acceleranti

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche.

Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Additivi antigelo

Gli additivi antigelo abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi.

Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

La percentuale di aria inglobata varierà in funzione del diametro massimo, vedi tabella seguente, degli inerti e sarà misurata secondo la UNI6395 sul cls fresco all'atto della posa in opera con tolleranza di $\pm 1\%$.

Dmax aggregati	% aria occlusa
10	7
12.5	6.5
20	6
25	5
40	4.5
50	4
75	3.5

In sede di posa in opera saranno adottati gli opportuni accorgimenti affinché non si abbia una riduzione del tenore d'aria al di sotto dei limiti di tabella.

Gli additivi aeranti saranno conformi a quanto indicato nella norma ASTM C260 e dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nella betoniera in soluzione con l'acqua di impasto con un sistema tale da garantire una tolleranza pari al 5% e che ne assicuri la omogenea dispersione nell'impasto.

Su richiesta della Direzione Lavori l'appaltatore dovrà fornire prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle vigenti norme UNI.

Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)

Quando previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori, potranno essere impiegati additivi in polvere costituiti da silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (silicafume), o da superfluidificanti posti su un supporto costituito dalla silice amorfa di cui sopra.

Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di gelo e disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, dell'ordine del 5÷10% sul peso del cemento più aggiunte, dovrà essere definita d'intesa con il Progettista e la Direzione Lavori in sede di qualifica preliminare del conglomerato cementizio, previa verifica mediante immersione di provini in soluzione al 30% di CaCl₂ a 278 K per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie. La silice amorfa ad elevatissima superficie specifica si divide in due classi di prodotti, dette Classe A e Classe B così come previsto dalla norma NFP 18-502.

Le caratteristiche tecniche previste per le due classi di riferimento dovranno essere le seguenti:

Parametro	Classe	
	A	B
SiO ₂	> 85%	70÷85%
CaO	<1,2%	<2,0%
SO ₃	<2,5%	<2,5%
Na ₂ O + K ₂ O	<4,0%	,0%<
Cl	<0,2%	<0,2%
Area specifica B. E. T:	20÷35 m ² /g	10÷20 m ² /g
Massa volumica assoluta	2,1÷2,3 kg/l	2,1÷2,4 kg/l

La silicafume di classe B potrà essere utilizzata per i conglomerati cementizi proiettati all'aperto; la silicafume di classe A dovrà essere utilizzata per tutti i conglomerati cementizi, compresi quelli proiettati in sotterraneo.

Al fine di ottenere una corretta progettazione del mix design del conglomerato cementizio, ove previsto l'impiego del silicafume, il rapporto fra la stessa ed il cemento sarà di 1/1, per la distribuzione delle parti fini e la definizione del rapporto a/c (per l'ottenimento delle resistenze inferiori a 7 giorni la silice non dovrà essere presa in considerazione).

QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

L'Appaltatore è tenuto all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, nonché il DM 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".

Lo studio, per ogni tipo di conglomerato cementizio, dovrà essere fornito almeno 30 giorni prima dell'inizio dei getti. Tale studio, da eseguire presso un Laboratorio Ufficiale a cura ed onere dell'Appaltatore, dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

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

- * resistenza caratteristica a compressione R_{ck};
- * rapporto a/c;
- * peso di volume;
- * tipo e dosaggio degli additivi;
- classe di esposizione e durabilità delle opere (UNI EN 206-1 UNI 11104 e UNI8981);
- lavorabilità (abbassamento al cono di ABRAMS UNI 9418/89);

- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipo e dosaggio di cemento;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI 6133/83;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI 6395);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (UNI 7699 - ISO DIS 7032 - DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 278 K);
- * descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che si intenderà utilizzare in caso di maturazione accelerata a vapore;
- * evoluzione della resistenza nel tempo in funzione del procedimento di maturazione impiegato.

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

- a) i campioni dei materiali che si intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- c) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- d) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- e) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato in precedenza sulla base delle classi di esposizione individuate per le singole opere o parti di esse.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Appaltatore, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella 1.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione caratteristica per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, non si discosti di $\pm 10\%$ dalla resistenza indicata nella relazione di qualificazione.

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

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

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

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

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI EN 206-1 UNI 11104/91, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1 UNI 11104.

In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma.

Prove in fase di qualifica dei conglomerati cementizi

La Direzione Lavori potrà fare eseguire prove sui provini confezionati in fase di qualifica dei cls finalizzate a valutare la durabilità.

Le prove potranno essere:

- * prove di resistenza al gelo;
- * prove di permeabilità all'aria;
- * prove di assorbimento d'acqua;
- * prove di scagliamento in presenza di cloruri;
- * prove di penetrabilità dei cloruri e solfati.

Prova di resistenza al gelo

La prova di resistenza al gelo verrà effettuata sottoponendo i campioni a cicli di gelo e disgelo secondo UNI 7087. Le variazioni delle caratteristiche dei provini saranno contenute entro i limiti seguenti:

Riduzione del modulo di elasticità:	20%
Perdita di massa:	2%
Espansione lineare:	0÷2%
Coefficiente di permeabilità:	
- prima dei cicli	10^{-9} cm/sec
- dopo i cicli	10^{-8} cm/sec

Prova del grado di permeabilità all'aria

Per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio verrà impiegato il metodo di Figg su richiesta della Direzione Lavori.

Il metodo di Figg è diretto a fornire elementi di giudizio sulla capacità del conglomerato cementizio a resistere agli attacchi chimico-fisici dell'ambiente.

La prova si basa sul fatto che la relazione esistente tra un gradiente di depressione, creato in un foro di un blocco di conglomerato cementizio ed il tempo necessario perché tale gradiente si annulli, è pressoché lineare.

Le apparecchiature impiegate consistono:

- Trapano a bassa velocità dotato di sistema di bloccaggio della profondità, con punte da 10 e 12 mm di diametro;
- cilindri in gomma del diametro di 12 mm e altezza di 10 mm;
- aghi ipodermici;
- calibratore di pressione dotato di pompa manuale per il vuoto con le apposite tubazioni per la connessione del sistema agli aghi ipodermici;
- silicone;
- n° 2 cronometri.

Metodologia di prova

Per eseguire la prova occorre delimitare un'area triangolare avente i lati di 10 cm; in corrispondenza dei tre vertici dovranno essere realizzati, perpendicolarmente alla superficie del conglomerato cementizio, dei fori da 40 mm di profondità aventi diametro di 12 mm per i primi 20 mm e diametro di 10 mm per i restanti 20 mm.

Nella parte superiore del foro viene inserito un cilindro in gomma, di diametro uguale a quello del foro, opportunamente siliconato sulla superficie laterale per favorire l'adesione alle pareti del conglomerato cementizio e isolare completamente la parte inferiore del foro.

Quest'ultima viene raggiunta con un ago ipodermico, tramite il quale viene creata una depressione di poco superiore a 0,55 bar.

La prova consiste nel misurare il tempo occorrente per ottenere un incremento di pressione da -0,55 a -0,50 bar.

Per conglomerati cementizi poco permeabili ($T > 3000$ s), vista la proporzionalità indiretta tra tempo e pressione, la suddetta determinazione può essere assunta pari a cinque volte il tempo parziale corrispondente alla variazione di pressione tra -0,55 e -0,54 bar.

Classificazione del conglomerato cementizio in base al valore di permeabilità all'aria espresso in secondi.

Nella tabella che segue è riportato, in funzione del tempo, il giudizio sulla qualità del conglomerato cementizio.

La categoria di appartenenza, in rapporto alla permeabilità all'aria, verrà stabilita sulla base di tre prove effettuate su una superficie di 1,00 m² e sarà assegnata quando l'80% delle determinazioni, ricadono in uno degli intervalli di tempo riportati in tabella.

TEMPO	GIUDIZIO	CATEGORIA
< 30	Scarso	0,00
30 – 100	Sufficiente	1,00
100 – 300	Discreto	2,00
300 – 1000	Buono	3,00
> 1000	Eccellente	4,00

Resoconto di prova

Dovrà comprendere:

- data della prova;
- caratteristiche fisiche dell'area analizzata;
- provenienza e caratteristiche dell'impasto usato; tipo e granulometria degli aggregati; rapporto A/C; tipo e dosaggio del cemento; dosaggio e tipo di eventuali additivi; contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco;
- classe di permeabilità del conglomerato cementizio determinata sulla base dei risultati ottenuti, che dovranno essere tabellati e riportati su grafico;
- ogni altra informazione utile.

Prova di assorbimento d'acqua

La prova di assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica sarà eseguita secondo UNI7699.

Prova di scagliatura in presenza di cloruri

La prova sarà eseguita secondo la norma UNI vigente.

Prova di penetrabilità dei cloruri e solfati

La prova di penetrabilità dei cloruri sarà eseguita secondo la norma UNI7928.

La prova di penetrabilità dei solfati sarà eseguita secondo la norma UNI8019.

CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

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

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

Le prove potranno essere sul cls fresco o sul cls indurito, eseguite con le modalità descritte nel paragrafo dedicato ai controlli in fase di qualifica o secondo quanto descritto nei paragrafi successivi.

Inerti

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

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

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

I controlli saranno quelli riportati in tabella 2 nel paragrafo precedente.

Resistenza dei conglomerati cementizi

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, dovranno essere osservate le prescrizioni previste nel DM 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".

Ad integrazione di tali norme, la Direzione dei Lavori ordinerà n. 3 (tre) prelievi costituiti ciascuno da n. 2 provini in modo da poter assoggettare uno dei prelievi a prove preliminari di accettazione presso il laboratorio di cantiere, o altro posto nelle vicinanze del cantiere stesso, resta inteso che il secondo prelievo andrà sottoposto a prove presso un Laboratorio ufficiale ed il terzo prelievo sarà utilizzato, all'occorrenza, nel caso si rendesse necessario eseguire altre prove.

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

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

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

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

Nel caso che la R_{ck} non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

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

Nel caso in cui la DL richieda il prelievo di campioni da strutture già realizzate e stagionate, questo prelievo da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire sia asportando un blocco informe dal quale ricavare successivamente i provini di forma cubica, sia eseguendo carotaggi dai quali ricavare i provini di forma cubica, sia eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici mediante operazioni di taglio e verifica delle basi.

Sulle opere già eseguite potranno essere eseguite prove non distruttive, a mezzo di sclerometro od altre apparecchiature.

Con lo sclerometro le modalità di prova saranno le seguenti:

- * nell'intorno del punto prescelto dalla Direzione Lavori verrà fissata un'area non superiore a 0,1 m², su di esso si eseguiranno 10 percussioni con sclerometro, annotando i valori dell'indice letti volta per volta. Si determinerà la media aritmetica di tali valori.
- * Verranno scartati i valori che differiscono più di 15 centesimi dall'escursione totale della scala sclerometro.
- * Tra i valori non scartati, se non inferiori a 6, verrà dedotta la media aritmetica che, attraverso la tabella di taratura dello sclerometro, darà la resistenza a compressione del calcestruzzo.
- * Se il numero dei valori non scartati è inferiore a 6 la prova sarà ritenuta non valida e dovrà essere rieseguita in una zona vicina.
- * Di norma per ciascun tipo di sclerometro verrà adottata la tabella di taratura fornita dalla relativa casa costruttrice. La DL si riserva di effettuare in contraddittorio la taratura dello sclerometro direttamente sui provini che successivamente verranno sottoposti a prova distruttiva di rottura a compressione.

Per l'interpretazione dei risultati è buona norma procedere anche a prove di confronto su strutture le cui prove di controllo abbiano dato risultati certi.

Nella eventualità di risultati dubbi, si dovrà procedere al controllo diretto della resistenza a rottura per compressione mediante prove distruttive su provini prelevati direttamente in punti opportuni delle strutture, secondo le metodologie precedentemente richiamate.

La stima delle caratteristiche meccaniche sui provini cubici e/o cilindrici ricavati dal carotaggio della struttura potrà essere effettuata adottando la metodologia di seguito descritta.

L'affidabilità della stima della resistenza caratteristica del conglomerato cementizio si dovrà basare sul numero di provini n il cui diametro, di norma non inferiore a 100 mm, dovrà essere compreso tra 2,5 e 5 volte il diametro massimo dell'aggregato impiegato.

Il rapporto tra altezza e diametro del provino cilindrico tra il valore $s = 1,0$ e $s = 1,2$.

Nel caso di provini cubici si assume $s = 1,0$.

Per ogni lotto di conglomerato di 100 m³ di conglomerato cementizio indagato o frazione, n dovrà essere non inferiore a 4 (quattro).

Al fine di riportare la resistenza misurata sul provino prelevato dalla struttura a quella del corrispondente provino cubico prelevato durante il getto, si dovranno adottare le seguenti relazioni valide rispettivamente per carotaggi eseguiti perpendicolarmente e parallelamente alla direzione di getto:

$$R_i = 2.5 \square / (1.5 + 1/s)$$

$$R_i = 2.3 \square / (1.5 + 1/s)$$

Dove \square è la resistenza a compressione misurata sul singolo provino cilindrico o cubico sottoposto a prova di compressione semplice previste dalla Norma UNI 6132.

Poiché l'attendibilità dei risultati, al 95% dell'intervallo di confidenza, è stimata pari a:

$$\pm 12\% / (n)^{1/2}$$

la valutazione della resistenza stimata del lotto di conglomerato cementizio indagato risulta:

$$F_{stim} = (1 - (12\% / (n)^{1/2})) \square R_i / n$$

dove:

- * F_{stim} = resistenza stimata del lotto di conglomerato cementizio;
- * n = numero dei provini relativi al lotto di conglomerato cementizio indagato;
- * R_i = resistenza cubica del singolo provino prelevato.

Tale resistenza dovrà essere incrementata di un coefficiente b , assunto pari a 1,20, per tenere in considerazione eventuali disturbi arrecati dal carotaggio, differenti condizioni di costipazione, maturazione, conservazione tra il conglomerato cementizio gettato in opera e quello dei provini cubici prelevati per determinare la resistenza caratteristica R_{ck} .

Pertanto, se :

$$(F_{stim} * b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 > R_{ck}$$

la resistenza caratteristica del lotto di conglomerato cementizio posto in opera è conforme a quella prevista in progetto;

ovvero, se:

$$(F_{stim} * b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 < R_{ck}$$

la resistenza caratteristica del lotto di conglomerato cementizio posto in opera non è conforme a quella prevista nel progetto ed in tal caso la DL, sentito il progettista, al fine di accettare si riserva di adottare più accurate determinazioni e verifiche che saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Le prove di compressione sulle carote o cubi dovranno essere eseguite esclusivamente presso Laboratori Ufficiali.

I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura della DL.

Controllo della lavorabilità

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di Abrams (slump), come disposto dalla Norma UNI 9418/89. Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto, dal personale del laboratorio dell'Appaltatore o dal personale dei laboratori di fiducia della Direzione Lavori. Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri a cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nello studio progettuale. Ad ogni controllo verrà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzione Lavori. Qualora l'abbassamento, con tolleranza di ± 1 cm, non fosse quello progettualmente previsto l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere; sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto di eventuali manipolazioni, ma bensì sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 23 cm.

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la norma UNI 8020/89 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI 9419/89.

Controllo del rapporto acqua/cemento

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi (Norma UNI 8520 parte 13 e 16, condizione di inerte "saturato a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto).

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI 6393 (par. 5 e 6), e non dovrà discostarsi di ± 0.02 da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Il rapporto a/c dovrà essere controllato in cantiere almeno una volta al giorno, tale rapporto non dovrà scostarsi più del ± 0.02 da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

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.

Tale controllo sarà eseguito periodicamente in corso d'opera.

Controllo del contenuto di aria

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

Essa verrà eseguita con il metodo UNI 6395 – 72.

Tale contenuto dovrà essere determinato con le cadenze previste al punto 11.3.10 della Norma UNI EN 206-1 UNI 11104.

Controllo del contenuto, del tipo e della classe di cemento

Il controllo del contenuto di cemento dovrà essere eseguito su conglomerato cementizio fresco, secondo quanto stabilito dalle Norme UNI 6126 – 72 e 6394 – 69.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta del luogo di esecuzione, in quanto tale prova deve essere eseguita su conglomerato cementizio fresco, entro 30 minuti dall'impasto.

Il controllo sul tipo e classe di cemento sarà eseguito mediante analisi chimica effettuata presso Laboratori Ufficiali di campioni prelevati in corso d'opera o direttamente presso le centrali di betonaggio.

Tali controlli saranno eseguiti periodicamente in corso d'opera.

Controllo della Rckj

Potrà essere richiesto il controllo il controllo della Rck per diverse epoche di maturazione su campioni appositamente prelevati durante le operazioni di posa in opera.

Controllo del peso di volume

Potrà essere richiesto il controllo il controllo del peso di volume sia per i cls ordinari sia per i cls alleggeriti.

TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE

Confezione dei conglomerati cementizi

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 dispositivo 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 punto 1.5.5.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 – 79.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio.

L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla DL, anche se non previsti negli studi preliminari.

In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Appaltatore, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura possa scendere 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.

Trasporto

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

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

Lo scarico dei componenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga scaricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione di efficacia dovuta sia all'accumulo di conglomerato indurito o legante che per l'usura delle lame.

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

- * data;
- * tipo e classe di conglomerato;
- * tipo, classe e dosaggio di cemento;
- * dimensione massima dell'aggregato;
- * la classe di consistenza;
- * i metri cubi trasportati;
- * l'ora di partenza dall'impianto di confezionamento;
- * la struttura a cui è destinato.

L'Appaltatore dovrà esibire detta documentazione alla DL.

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

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata al paragrafo precedente della presente sezione.

La lavorabilità dell'impasto sarà controllata, secondo quanto indicato al paragrafo precedente, sia all'uscita dell'impianto di betonaggio o dalla bocca della betoniera, sia al termine dello scarico in opera, la differenza fra i risultati delle due prove non dovrà essere maggiore di 5 cm e comunque non dovrà superare quanto specificato dalla Norma UNI 7163 – 79, salvo l'uso di particolari additivi.

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

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore ai 90 minuti.

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

Posa in opera

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

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

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Appaltatore dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale, saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento, immediatamente dopo il disarmo, ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 5 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Appaltatore mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- * malta fine di cemento;
- * conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco non dovrà mai essere superiore a 100 cm misurati dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formatisi, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del conglomerato cementizio.

Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrato efficacemente.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo Impermeabile (waterstop) , o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La massa volumica del conglomerato cementizio indurito, misurata secondo la Norma UNI 6394 su provini prelevati dalla struttura, non dovrà risultare inferiore al 97% della massa volumica della miscela fresca misurata nelle prove di qualificazione e/o di quella dichiarata nel mix design.

Tolleranze Geometriche

Gli elementi strutturali devono essere realizzati e posizionati secondo le geometrie e le indicazioni di progetto, salvo variazioni richieste dalla D.L. in specifiche situazioni.

Le tolleranze relative alle strutture in calcestruzzo gettato in opera sono le seguenti:
deviazione dalla posizione relativa: ± 10 mm;

deviazione dalla verticale: ± 5 mm in 3 ml, con un massimo di ± 15 mm.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere e/o lavorazioni sostitutive e/o complementari, comprese le demolizioni, che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per garantire la piena funzionalità delle strutture in caso di esecuzione non conforme alle specifiche progettuali o alle tolleranze ammesse.

Riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive, e senza che l'Appaltatore possa avanzare richiesta alcuna di maggiore compenso.

Nel caso ciò non fosse possibile, dopo aver interrotto il getto e prima che inizi il processo di indurimento del cls, la superficie di conglomerato cementizio dovrà essere adeguatamente scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa da garantire una perfetta aderenza con i getti successivi.

La Direzione Lavori avrà altresì la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario e senza che l'Appaltatore possa avanzare richiesta alcuna di maggiore compenso, l'utilizzo di opportune resine come aggrappanti per la ripresa di getti. Le caratteristiche e le modalità di applicazione delle resine saranno sottoposte per accettazione alla Direzione Lavori da parte dell'Appaltatore.

Tra le diverse riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

Posa in opera in climi freddi

Il clima si definisce freddo quando la temperatura risulta inferiore a 278 K (5 °C).

Valgono le prescrizioni riportate nel punto "Confezione dei conglomerati cementizi" della presente sezione.

Si dovrà controllare comunque che la temperatura del conglomerato cementizio appena miscelato non sia inferiore a 287 K (14 °C) e che non siano congelate o innevate le superfici di fondo o di contenimento del getto.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di 263 K (-10 °C).

Posa in opera in climi caldi

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 306 K (33 °C), la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 298 K (25 °C), per getti massivi tale limite dovrà essere convenientemente abbassato.

Al fine di abbassare la temperatura del conglomerato cementizio potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto.

Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa preventivamente autorizzati dalla DL.

È tassativo l'obbligo di adottare adeguati sistemi di protezione delle superfici esposte.

Per i tempi di rimozione dei casseri si dovrà rispettare quanto previsto nella Norma UNI EN 206-1 UNI 11104.

Stagionatura e disarmo

Stagionatura

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

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 giorni, 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'Appaltatore, 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 antievdaporanti 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/m³.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'Appaltatore 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.

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 6127.

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'Appaltatore dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".

Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non manchi 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.

Protezione dopo la scasseratura

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma 9858/91; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e impermeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni del punto 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI EN 206-1 UNI 11104.

Giunti di discontinuità nelle strutture in conglomerato cementizio

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti a faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate, e devono seguire le indicazioni di progetto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose silconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.).

In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ed oneri vari

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

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

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

ART 5 PALI

CLASSIFICAZIONE

a) Pali di medio e grande diametro

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

- Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)
 - Pali trivellati
 - Pali trivellati ad elica continui
- #### *b) Micropali*

Con tale denominazione devono essere intesi, i pali trivellati aventi diametro ≤ 250 mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie, a seconda delle modalità di connessione al terreno:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Definizioni

a) Pali infissi

a1) Pali infissi gettati in opera

Con tale denominazione devono essere intesi i pali infissi realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- Pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato.
- Pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

a2) Pali infissi prefabbricati

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali infissi realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- Pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica.
- Pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.
- Pali in legno: dovranno essere realizzati con legno di essenza forte (querchia, rovere, larice rosso, ontano, castagno), scortecciati, ben diritti, di taglio fresco, conguagliati alla superficie ed esenti da carie. Il loro diametro sarà misurato a metà della lunghezza. La parte inferiore del palo sarà sagomata a punta, e ove prescritto, munita di cuspidi di ferro, con o senza punta di acciaio, secondo campione approvato dalla DL. Per le modalità di posa in operati farà di seguito riferimento a quelle valide per i pali battuti prefabbricati ed alle quali si rimanda.

b) Pali trivellati

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

c) Pali trivellati ad elica continua

Con tale denominazione si vengono ad identificare, i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

d) Micropali

Con tale denominazione vengono identificati pali trivellati ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro ($d \leq 250$ mm) con tubi metallici, che possono anche essere dotati di valvole di non ritorno (a secondo delle modalità di solidarizzazione con il terreno), che sono connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità di connessione con il terreno, sono da applicare rispettivamente:

- per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformabilità a breve termine sia superiore ai 200 MPa, utilizzeremo il primo tipo di connessione;
- per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine inferiore a 200 MPa, utilizzeremo il secondo ed il terzo tipo di connessione.

L'armatura metallica può essere costituita da:

- tubo senza saldature, eventualmente dotato di valvole di non ritorno;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armature costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirali continue in tondo ad aderenza migliorata o liscio.

Normative di riferimento

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative:

- 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);
- Decreto del Presidente della Repubblica n° 380 del 6 giugno 2001, "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001)
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4-2-2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984
- Altre norme Eurocodici, UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.
- DM 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare esplicativa 21 Gennaio 2019 alle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

Preparazione del piano di lavoro

L'Appaltatore dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Appaltatore predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

Soggezioni geotecniche e ambientali

a) PALI INFISSI

L'adozione di pali infissi (gettati in opera o prefabbricati), è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali;

Quelli che meritano particolare attenzione sono:

- disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori causati dall'infissione dei pali;
- danni che l'installazione dei pali può arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno provocati durante l'infissione;
- danni che l'infissione dei pali può causare ai pali adiacenti;

L'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per accertare, se vengono superati i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150, e nella eventualità di superamento di questi limiti, dovrà sottoporre alla DL i provvedimenti che intende adottare nel caso che tali limiti vengono ad essere superati, che si riserva la facoltà di approvazione.

L'esecuzione di prefori per la riduzione delle vibrazioni è ammessa, con le limitazioni che vedremo in seguito.

I prefori sono a cura e spese dell'Appaltatore.

b) PALI TRIVELLATI

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata (C_u) che alla generica profondità di scavo H soddisfi la seguente condizione:
- $c_u \geq \frac{1}{3} H$
dove:
? = peso di volume totale;
Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro;
- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4 \text{ mm}$). Durante le operazioni di perforazione si dovrà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo, si dovrà quindi minimizzare e/o evitare:
- rammollimento di strati coesivi, minimizzando e/o annullando l'intervallo di tempo tra la perforazione e il getto del palo;
- la diminuzione di densità relativa (D_r) degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci, proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza palo-terreno, a causa dell'uso improprio dei fanghi.

Nel caso di attraversamento di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di scavo, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una sufficiente ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base, si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, del peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

Sulle attrezzature di manovra degli utensili di scavo, saranno disposte delle marcature regolari (1-2 m) che consentiranno il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide, dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

c) PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

Nel caso vengono ad interessare terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

Prove tecnologiche preliminari

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Appaltatore alla DL.

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione dell'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), a cura dell'Appaltatore, saranno eseguiti in numero di 1 per ogni tratta con caratteristiche geotecnicamente omogenee.

I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza dalla stessa non inferiore ai 10 m presa ortogonalmente dal bordo più vicino del plinto di raccordo, in maniera tale da ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive

Nel caso in cui l'Appaltatore proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso sempre a sua cura, alle prove tecnologiche precedentemente descritte.

Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Appaltatore si farà carico di presentare documentazione scritta.

Materiali

Le prescrizioni che seguono sono da intendersi integrative di quelle riguardanti le Opere in Conglomerato Cementizio, e che si intendono integralmente applicabili.

Armature metalliche

Le armature metalliche saranno di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

Le armature saranno preassemblate fuori opera in gabbie; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con punti di saldatura elettrica.

I pali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.

Non si ammette di norma la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm con aggregati di diametro minimo non superiore ai 2 cm, e 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 5.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro, ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma, per i pali battuti, potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza di acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tubo forma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazione di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta, previo riempimento con conglomerato cementizio magro.

Tale palo sarà successivamente sostituito, a cura e spese dell'Appaltatore, da uno o due pali supplementari, sentito il progettista.

L'Appaltatore esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto.

A getto terminato, si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri d'armatura.

Al fine di irrigidire le gabbie di armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre d'armatura.

Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali, orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà prevedersi un cerchiate ogni 2.5 – 3 m.

Per i pali trivellati, al fine di eseguire le prove geofisiche che sono descritte nel punto, l'Appaltatore dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 5% del numero totale dei pali trivellati con un diametro $d \geq 700$ mm, con un minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso di pali battuti questi saranno in acciaio, di qualità, forma e spessori tali da sopportare tutte le sollecitazioni durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e senza che subiscano distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od all'infissione dei pali vicini.

Il dimensionamento dei tubi di rivestimento, per pali battuti senza asportazione di terreno, potrà essere effettuato mediante il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto.

Questa sarà realizzata mediante una piastra di spessore non inferiore ai 3 mm, saldata per l'intera circonferenza del tubo di rivestimento.

Dovrà essere priva di sporgenze rispetto al rivestimento, la saldatura dovrà impedire l'ingresso di acqua all'interno del tubo per l'intera durata della battitura ed oltre.

La piastra dovrà essere tale da resistere alle sollecitazioni di battitura e ribattitura.

I rivestimenti possono essere realizzati anche a sezione variabile, con l'impiego di raccordi flangiati.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, può essere eseguita con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Può essere impiegato, tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

Nel caso dei pali trivellati, con tubazioni di rivestimento, questa dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2.0 – 2.5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta, imprimendole un movimento rototraslatorio mediante morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi).

In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2.50 m o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purchè non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

Conglomerato cementizio

Sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nella sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato.

Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

Le classi di aggregato da impiegare dovranno essere tali da soddisfare il criterio della massima densità (curva di Fuller) per la loro granulometria.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che $D_{max}/2.5 \geq i_{min}$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 40 mm.

Il cemento da impiegato dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica cubica (R_{bk}) così come indicato in progetto, e comunque non inferiore a $R_{bk} \geq 25$.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il limite di 0.5, nella condizione di aggregato saturo e superficie asciutta.

La lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams (CNR UNI 7163-79) compreso fra 16 e 20 cm.

Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

È ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della DL.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 15 m³/ora per pali di diametro $d < 800$ mm e di 20 m³/ora per pali di diametro $d \geq 800$ mm.

L'Appaltatore dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

Fanghi bentonitici

I fanghi bentonitici da impiegare nella esecuzione di prefiori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua (chiara di cantiere);
- bentonite in polvere;
- eventuali additivi (disperdenti, sali tampone, etc.)

Bentonite in polvere

La bentonite che verrà impiegata per la realizzazione di fanghi dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

residui al setaccio 38 della serie UNI n° 2331-2332	< 1%
Tenore di umidità	< 15%
Limite di liquidità	> 400
Viscosità 1500-1000 Marsh della sospensione al 6% di acqua distillata	> 40 s
Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	< 2%

Acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm ³ della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0.7 MPa	< 18 cm ³
PH dell'acqua filtrata	7 < pH < 9
Spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro-pressa	2,5 mm

La bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

Preparazione fanghi bentonitici

Il dosaggio di bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare di norma compreso fra il 4,5 ed il 9%, salva la facoltà della DL di ordinare dosaggi diversi in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

In ogni caso dovranno essere installate apposite vasche di adeguata capacità (>20m³) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per almeno 24 ore dopo la preparazione, prima di essere impiegato.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1.08 t/m³
- viscosità Marsh: compresa fra 38" e 55"

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentono di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

Tali apparecchiature devono mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i seguenti limiti:

- peso di volume nel corso dello scavo ≤ 12.5 kN/m³;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango, prima dell'inizio delle operazioni di getto: < 6%

La determinazione dei valori sopraindicati sarà condotta su campioni di fango prelevati a mezzo di campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo.

Per riportare il fango entro i limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, attraverso separatori a ciclone (o di pari efficacia), con una condotta dal fondo dello scavo, prima di reimmetterlo all'interno del cavo. In alternativa, il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco.

Il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate, nel rispetto delle vigenti Norme di Legge.

Fanghi biodegradabili

Per fango biodegradabile si intende un fluido di perforazione ad alta viscosità che muta spontaneamente le proprie caratteristiche nel tempo, riassumendo dopo pochi giorni le caratteristiche di viscosità proprie dell'acqua.

Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili

Per la produzione dei fanghi biodegradabili si utilizzeranno di norma prodotti a base di amidi. La formulazione del fango deve essere preventivamente studiata con prove di laboratorio e comunicata preventivamente alla D.L.

Nelle prove occorrerà tenere conto della effettiva temperatura di utilizzo del fango (temperatura dell'acqua disponibile in cantiere, e temperatura dell'acqua di falda).

Il decadimento della viscosità deve avvenire di norma dopo un tempo sufficiente al completamento degli scavi.

In linea generale la perdita di viscosità deve iniziare dopo 20 ÷ 40 ore dalla preparazione.

Se necessario, i fanghi potranno essere additivati utilizzando correttivi idrolizzanti.

TIPOLOGIE ESECUTIVE

Pali infissi

Pali infissi prefabbricati

I pali potranno essere prefabbricati fuori opera sia in stabilimenti di produzione sia direttamente in cantiere.

In entrambi i casi il conglomerato cementizio dovrà presentare una resistenza caratteristica cubica (R_{bk}) R_{bk} ≥ 50 MPa, pertanto dovranno impiegarsi impasti con bassi valori del rapporto acqua/cemento aventi "slump" inferiore ai 7,5 cm (CNR-UNI 7163 – 79).

Il conglomerato cementizio dovrà essere opportunamente centrifugato o vibrato, le gabbie di armatura avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie esterna del palo non inferiore ai 3 cm.

La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido, oppure a vapore.

I pali potranno essere precompressi, se richiesto mediante il metodo dei fili di acciaio aderenti.

I materiali impiegati dovranno presentare caratteristiche di resistenza (alla compressione e all'urto) tali da consentire l'infissione senza lesioni e rotture, nonché il trasporto ed il sollevamento ed ogni altra sollecitazione a cui i pali saranno sottoposti.

L'estremità inferiore del palo sarà protetta e rinforzata mediante puntazza metallica la cui configurazione è funzione delle caratteristiche e della natura dei terreni del sottosuolo.

Ogni partita di pali dovrà essere accompagnata da un certificato attestante la resistenza caratteristica cubica (R_{ck}) del conglomerato cementizio impiegato, la distribuzione delle armature, la data del getto.

La DL ha la facoltà di far eseguire prove di controllo della geometria del fusto del palo e delle armature e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati, il tutto a cura dell'Appaltatore.

Nel caso di pali aventi lunghezza superiore ai 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi.

Il giunto dovrà essere realizzato con un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire.

Gli anelli verranno saldati tra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

Tolleranze geometriche

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- sulla lunghezza: uguale a $\pm 1\%$ e comunque non superiore ai ± 15 cm, per pali aventi diametro $d < 600$ mm e ± 25 cm per pali aventi diametro $d \geq 600$ mm;
- sul perimetro: uguale al $\pm 2\%$;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità): $\leq \pm 3\%$;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: $\leq 15\%$ del diametro nominale in testa;
- quota testa palo: ± 5 cm.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa, tutte le sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà a cura e spese dell'Appaltatore, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. Su ciascun picchetto, dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Appaltatore dovrà presentare sugli elaborati grafici riguardanti le fondazioni, la pianta della palificata e la posizione planimetrica di tutti i pali (inclusi gli eventuali pali di prova) con numero progressivo, ed un programma cronologico delle modalità di infissione elaborato in maniera tale da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere adiacenti e sui pali già installati.

Attrezzature per infissione

Le attrezzature di infissione dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto.

I tipi di battipalo impiegati per l'infissione dei pali sono i seguenti:

- battipalo con meglio a caduta libera;
- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel;
- vibratore.

In ogni caso il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti in sito, è da prescriversi una energia minima di 120 kJ.

L'Appaltatore dovrà fornire le seguenti informazioni concernenti il sistema di infissione che intende utilizzare.

A) nel caso di impiego dei battipali:

- marca e tipo di battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero dei colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza del battipalo;
- caratteristiche del cuscino, la sua costante elastica e il suo coefficiente di restituzione;
- peso della cuffia;
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

B) utilizzando maglio a caduta libera:

- peso del maglio;
- massima altezza di caduta che si intende utilizzare.

C) utilizzando il vibratore:

- marca del vibratore;
- peso della morsa vibrante;

- ampiezza e frequenza del vibratore.

L'efficienza "E" non dovrà essere inferiore al 70 %.

La DL potrà richiedere la strumentazione del battipalo, per misurare la velocità terminale del maglio per ricavare sulla base delle reali caratteristiche dell'attrezzatura certificata dal costruttore, la reale efficienza "E" del battipalo.

Infissione

L'infissione si realizzerà tramite battitura, senza asportazione di materiale.

Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni di acqua.

L'avanzamento del palo in tali terreni avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Tali iniezioni di acqua dovranno essere sospese non appena si è superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto.

Nella eventualità di esigenze realizzative di riduzione delle vibrazioni o in alternativa all'uso delle iniezioni di acqua, si potranno eseguire dei "prefori", aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla sezione minima del palo.

Il preforo non dovrà raggiungere lo strato portante (se presente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.

I prefori sono a cura e spese dell'Appaltatore.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di m 0,5, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo.

Gli ultimi m 2,0 - m 4,0 del palo dovranno essere suddivisi in tratti da m 0,1, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- a) la lunghezza minima di progetto;
- b) il rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 2,5 cm.

Precisazioni dettagliate concernenti il punto b) saranno fornite all'Appaltatore dalla Direzione Lavori, note le caratteristiche del sistema d'infissione.

Nei casi in cui fosse evidenziata l'impossibilità di raggiungere le quote minime di progetto dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano la definizione alla Direzione Lavori degli eventuali adeguamenti alle modalità operative e/o al Progettista delle eventuali variazioni progettuali.

In condizioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.) la Direzione Lavori può richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3.-0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni m 0,1 di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapportini che si tratta di ribattitura.

Pali infissi gettati in opera

Si tratta di pali in c.a. realizzati, senza esportazione alcuna di terreno, previa infissione di un tuboforma provvisorio o permanente costituito da un tubo metallico di adeguato spessore chiuso inferiormente da un tappo provvisorio o non.

Completata l'infissione del tubo forma, dopo aver installato la gabbia di armatura si procede al getto del conglomerato cementizio estraendo contemporaneamente, se previsto, il tuboforma.

L'installazione della gabbia d'armatura sarà preceduta, se previsto dal progetto, dalla formazione di un bulbo di base in conglomerato cementizio realizzato forzando, mediante battitura, il conglomerato cementizio nel terreno.

L'adozione della tipologia di esecuzione sarà conforme a quanto esposto in progetto.

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sul diametro esterno della cassaforma infissa: $\pm 2\%$;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità): $\leq 2\%$;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: non superiore al 15% del diametro nominale;
- per la lunghezza e la quota testa palo, vale quanto riportato nel punto 3.1.1.0.

Inoltre la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare in inferiore a quella di progetto.

Tolleranze geometriche

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a sua esclusiva cura e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura ed onere dell'Appaltatore, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo; su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Appaltatore dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore ai tre diametri).

Attrezzature per infissione

È prevista la possibilità di impiego di un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello.

È ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

È ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

È ammesso se previsto dal progetto, o se approvato dalla DL, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento.

Nel caso si impieghi un mandrino, questo verrà introdotto nel rivestimento, sarà espanso e mantenuto solidale al tubo forma per tutta la durata dell'infissione e alla fine della quale verrà estratto.

Per i pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso.

Il secondo spezzone, nel caso della saldatura, sarà mantenuto in posizione fissa da una opportuna attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- a) raggiungimento della quota di progetto;
- b) raggiungimento del rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 100 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 10 cm.

Nel caso del raggiungimento del rifiuto la DL potrà richiedere all'Appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc).

L'Appaltatore al fine di contenere le vibrazioni o il danneggiamento di opere o pali già esistenti, potrà eseguire prefori, i quali dovranno avere un diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento.

Di norma la profondità da raggiungere sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante se esistente.

Il preforo, potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati e/o cementati.

I prefori sono a cura e spese dell'Appaltatore.

Formazione del fusto del palo

Terminata l'infissione del tuboforma, verrà posta al suo interno la gabbia di armatura.

Prima del posizionamento si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non sia superiore ai 15 cm.

Il getto del calcestruzzo dovrà essere effettuato a partire dal fondo del foro utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro $d = 20 - 25$ cm, in spezzoni della lunghezza di 3.0 m, alla cui estremità superiore è collocata una tramoggia di capacità pari a 0.40 – 0.60 m³.

Il getto dovrà essere portato sino a 0.5 – 1.0 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo.

Nel caso di pali infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio, si provvederà alla espulsione del tappo ed alla formazione del bulbo di base, forzando mediante battitura il conglomerato cementizio nel terreno ed evitando nel modo più assoluto l'ingresso di acqua e/o terreno nel tuboforma.

Per la formazione del bulbo di base si adotterà un conglomerato cementizio avente le seguenti caratteristiche:

rapporto a/c $\leq 0,4$;

“slump” $s \leq 4$ cm

Il getto del fusto del palo si effettuerà evitando segregazioni ed in totale assenza di acqua e/o terreno.

A tale scopo il rivestimento dovrà avere la scarpa sotto un battente di calcestruzzo di almeno 2.0 m.

Il conglomerato cementizio impiegato dovrà essere tale da rispettare le caratteristiche riportate nel punto 2.3.3.

Pali trivellati

Si tratta di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Nel caso si vengono a riscontrare nel terreno trovanti lapidei o strati rocciosi, nonché per l'ammorsamento in strati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia a percussione, con opportune strumentazioni per la guida dell'utensile.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio spinto sino al tetto della formazione lapidea, questo per evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Possono essere usati sempre per tale scopo altri utensili adatti (eliche per roccia, etc.).

Tolleranze geometriche

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della D.L.. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito rilevate con la frequenza riportata al punto 5.3, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra “- 0,01 D” e “+ 0,1 D”;
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra “- 0,01 D” e “+ 0,1 D”;
- lunghezza:
 - pali aventi diametro $D < 600 \text{ mm} \pm 15 \text{ cm}$;
 - pali aventi diametro $D \geq 600 \text{ mm} \pm 25 \text{ cm}$;
- quota testa palo: $\pm 5 \text{ cm}$;

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'Appaltatore si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Appaltatore, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planoaltimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

Pali trivellati con fanghi bentonitici

La perforazione sarà eseguita mediante l'impiego dell'utensile di scavo ritenuto più idoneo allo scopo, e con le attrezzature della potenza adeguata, in relazione alle condizioni ambientali, litologiche ed idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Il fango bentonitico impiegato nella perforazione, dovrà avere le caratteristiche riportate nel punto 2.3.4.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore ad 1.0 m, e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile nel foro.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.

Formazione del fusto del palo

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura.

In seguito si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

In presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m³.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro.

Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedere alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm, sono escluse le giunzioni a flangia.

Per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo formato con una palla di malta plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3.0 – 4.0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno 0,5 – 1 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura).

Tale operazione di scapitozzatura, si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Appaltatore procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

Pali trivellati con fanghi biodegradabili

Valgono le indicazioni già riportate nel caso dei pali trivellati con fanghi bentonitici.

Il fango biodegradabile dovrà soddisfare le indicazioni riportate al punto 10.2.3.5.

Pali trivellati con rivestimento provvisorio

Per quanto riguarda le attrezzature di perforazione, queste dovranno soddisfare i requisiti riportati al punto 3.2.3.

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

In presenza di falda il foro dovrà essere tenuto costantemente pieno di acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

L'infissione sottoscarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti da fondo foro.

La tubazione è costituita da tubi di acciaio di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio-femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante opportuna attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non-coesivi, applicando in sommità un vibratore di idonea potenza.

In quest'ultimo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni, ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

Formazione del fusto del palo

Valgono le indicazioni riportate nel punto 10.3.2.3.1.

Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta. L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Appaltatore, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

Formazione del fusto del palo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

La gabbia, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

Pali trivellati ad elica continua armati prima del getto

Valgono le prescrizioni di cui al punto 10.3.2.5.

Formazione del fusto del palo

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno. Per il getto del calcestruzzo valgono le specifiche riportate nel punto 10.3.2.3.1.

Micropali

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto a cura e spese

dell'Appaltatore, anche mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla DL prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Dovranno essere adottate durante la perforazione tutte le tecniche per evitare il franamento del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Le perforazioni dovranno quindi essere eseguite con rivestimento, ed i detriti allontanati mediante opportuni fluidi di perforazione.

Questo potrà consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DL.

E' di facoltà della DL far adottare la perforazione senza rivestimento, impiegando solamente fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco" senza rivestimento potrà essere adottata, previa comunicazione alla DL, solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata (c_u) che alla generica profondità di scavo H soddisfi la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

γ = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro, ed è raccomandata nei terreni argillosi sovraconsolidati.

Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;
- quota testa micropalo: ± 5 cm;
- lunghezza: ± 15 cm.

Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata. Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'Appaltatore, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

Armatura

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

Armatura con barre di acciaio per c.a.

Si useranno barre longitudinali ad aderenza migliorata e spirale di tondino liscio, aventi le caratteristiche di cui al punto 2.3.1. Saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione, la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante doppia legatura, tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti.

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale.

In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

Armature tubolari

Si useranno tubi di acciaio S355, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori $d = 8$ mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo $s = 3.5$ mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 3 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

Armature con profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati, dovranno essere conformi a quelle prescritte in progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici.

Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12 – 14 m). Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti.

Malte e miscele cementizie

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione. In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm.

È ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a $R_{ck} \geq 25$ Mpa.

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.5$$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m³ di prodotto, dovrà essere la seguente:

- acqua: 600 kg
- cemento: 1200 kg
- additivi: 10 ÷ 20 kg

con un peso specifico pari a circa 1.8 kg/dm³

Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace miscelazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 m³ di prodotto finito:

- acqua: 300 kg
- cemento: 600 kg
- additivi: 5 ÷ 10 kg
- inerti: 1100 ÷ 1300 kg

Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m³/min
- pressione 8 bar.

Formazione del fusto del micropalo

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: ≈ 100 bar
- portata max : ≈ 2 m³/ora
- n. max pistonate/minuto: ≈ 60 .

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione

Formazione del fusto del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno ≥ 80 mm.

Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5÷0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

PROVE DI CARICO

Generalità

In seguito vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es});

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre ad eventuali prove di carico a rottura devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'Appaltatore dovrà effettuare prove di carico assiale di collaudo sull'1% dei pali e micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della DL, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

Prove sui pali di grande diametro

Prove di carico assiale

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

- $-P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$ per $D \leq 100$ cm e $P_{prova} = 1,2 P_{esercizio}$ per $D > 100$ cm
- $-P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

Attrezzatura e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (≈ 3 mesi). Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica. La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:
$$M \geq 1.2 \cdot P_{prova} / g = 0.12 P_{prova}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Appaltatore, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità

da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico. Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

È raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante (± 20 kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a $\approx 120^\circ$ intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo. Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo. Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

Preparazione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a 120° , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ($h_{\min.} = 1.5$ m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

- A) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico Pes.
- B) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
- t = 0 (applicazione del carico)- t = 2'
 - t = 4'
 - t = 8'
 - t = 15'

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive (t = 15'):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a Pes il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- t = 0
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t = 30'
- t = 45'
- t = 60'

2° CICLO

- A) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- B) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.
- C) Il carico P_{prova}, quando è minore di P_{lim}, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità 3 δP) con misure a:
- t=0
 - t=5'
 - t=10'
 - t=15'

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60'; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim}, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento (P_{lim} - δP)
- cedimento (P_{lim}) ≥ 0.10 diametri.

Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;

- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale")).
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

Prove di carico su pali strumentati

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nel punto 4.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

Attrezzature e dispositivi di prova

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto. Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione. L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

Preparazione ed esecuzione della prova

Prove di carico laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova saranno definiti dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità. Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro $d = 81/76$ mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

Prove di carico su micropali

Prove di carico assiale

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa. Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui al punto 4.1.1.2.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di ≈ 20 cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a 120° , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

- A) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{es} .
- B) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
 - $t = 0$ (applicazione del carico)
 - $t = 2'$
 - $t = 4'$
 - $t = 8'$
 - $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento se è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$): $s \leq 0.025$ mm.

- C) Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$, $t = 15'$. Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30'$, $t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

- A) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{es}$
- B) Lettura dei cedimenti a $t = 0$, $1'$, $2'$, $4'$, $8'$, $15'$
- C) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$
- D) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{es}$
- E) Lettura dei cedimenti come in "b"
- F) Scarico come in "c"
- G) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}
- H) Lettura dei cedimenti come in "b"

l) Scarico con letture a $t = 0, 5', 10', 15'$ e $30'$.

3° CICLO

- A) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- B) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- C) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0, t = 5', t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s (P_{lim}) \geq 2 \cdot s (P_{lim} - \delta P)$
- $s (P_{lim}) \geq 0.2 d + sel$

ove:

- d = diametro del micropalo
- sel = cedimento elastico del micropalo.

Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con strumenti e livello di precisione definiti dalla DL.

Prove non distruttive

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- a) prove geofisiche;
- b) carotaggio continuo meccanico;
- c) scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Appaltatore provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di diametro > 800 mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Appaltatore a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dal presente Capitolato.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5% del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sonde di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro $d \leq 1200$ mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa: dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Appaltatore, quando ordinato della Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 – 5.0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Appaltatore, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

SPECIFICHE DI CONTROLLO

Generalità

La seguente specifica si applica alle varie tipologie di pali di fondazione precedentemente descritte.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc..

Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia.

Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

- D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- AGI- Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);
- Norme UNI 7163 – 1979;
- DIN – 4150;
- Eurocodici.

L'Appaltatore dovrà attrezzare con le predisposizioni necessarie per l'effettuazione di controlli non distruttivi di tipo sonico (per pali di medio e grande diametro) il 30% dei pali realizzati.

Questi infatti, sono prove da eseguirsi su pali prescelti prima della loro esecuzione, in quanto devono essere attrezzati con tubazioni (uno o più) da annegare nel getto di calcestruzzo, aventi diametro interno non inferiore a 1" ½.

Dovrà inoltre prevedersi di assoggettare a prove di carotaggio continuo, in asse palo, con prelievo di carote, sull'1% del totale dei pali eseguiti.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla DL.

Pali infissi

Per i pali infissi gettati in opera e per i pali prefabbricati in cantiere, si dovrà verificare che ogni lotto di armature posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste in progetto.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già preconfezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e del punto 2.3.3 del presente Capitolato.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Per quanto riguarda i pali realizzati mediante l'infissione di rivestimenti metallici, questi dovranno soddisfare le indicazioni riportate nel punto 2.3.2 del presente Capitolato.

Nel caso sia previsto un rivestimento protettivo per la camicia metallica, si dovrà che questo sia presente su tutto il rivestimento e sia al tempo stesso integro nonché rispondente alle indicazioni di progetto e del presente Capitolato.

Nel caso di impiego di pali infissi prefabbricati in stabilimento, ogni lotto utilizzato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati per l'armatura metallica utilizzata e per il calcestruzzo impiegato (Rck).

L'Appaltatore dovrà operare in maniera tale che per ogni palo prefabbricato sia rintracciabile il lotto corrispondente di materiale impiegato.

In assenza di tali certificazioni i manufatti corrispondenti non potranno essere posti in opera.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle geometrie e delle caratteristiche dei materiali.

I pali infissi dovranno essere realizzati nel rispetto delle tolleranze che sono riportate in corrispondenza dei punti 3.1.1.0 e 3.1.2.0 del presente Capitolato, rispettivamente per ciascuna tipologia di palo impiegato.

Per ciascun palo l'Appaltatore dovrà redigere una scheda dove verrà riportato quelli che sono i risultati dei controlli delle tolleranze, ed inoltre dovrà essere riportato:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- data di infissione;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tempo di infissione;
- rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 4 m, e ogni 1 m nel tratto precedente;
- profondità di progetto;
- rifiuti per eventuale ribattitura;
- eventuale strumentazione e posizione della stessa per il controllo dell'efficienza del battipalo e della velocità terminale del maglio;
- controllo delle vibrazioni (DIN – 4150);
- risultati delle eventuali prove richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso di pali battuti gettati in opera, oltre ai precedenti controlli:

- data del getto;
- tipo di tappo impiegato;
- quantità di calcestruzzo posto in opera nella formazione dell'eventuale bulbo e fusto;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- eventuali ulteriori prove richieste dalla Direzione Lavori.

PALI TRIVELLATI

Per i pali trivellati, si dovrà verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste per tale materiale.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già confezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e del punto 2.3.3 del presente Capitolato. La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Nel caso si venga ad impiegare un rivestimento di acciaio si dovrà verificare che questo presenti le caratteristiche così come indicato in progetto e nel presente Capitolato (punti 2.3.2 e 3.2.5).

Durante le operazioni di getto si dovrà verificare che queste vengano effettuate secondo le modalità riportate al punto 3.2.3.1.

Per ciascun palo l'Appaltatore dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze (punto 3.2.1), ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;

- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.
- I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

Controllo del fango bentonitico

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Appaltatore e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):

- prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera. La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Appaltatore dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera, e dello spessore del "cake";

mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n.2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà a cura e spese dell'Appaltatore, a Laboratorio Ufficiale.

Prove di controllo

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

Misure del peso specifico o di volume

Si userà di regola una bilancia che consiste in un'asta graduata in g/l imperniata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso ed all'altro di un contenitore per il fango. Quest'ultimo una volta riempito di fango sarà chiuso con un coperchio forato.

Si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che del fango fuoriesca dal foro.

Successivamente si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume del fango racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a 1000 g/l; in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere di ± 5 g/l.

Misura della viscosità

Si userà di regola l'imbuto di Marsh che consiste in un recipiente tronco - conico, avente la forma e le dimensioni seguenti: diametro della base superiore 152 mm (611), altezza del tronco di cono 305 mm (1211); base inferiore costituita da ugello cilindrico di diametro interno 4,76 mm (3/1611) e altezza 50,8 mm (211). Si riempirà l'imbuto tenendo manualmente otturato il tubicino.

Durante il riempimento si avrà cura di fare passare il fango attraverso la reticella che è posta sulla bocca del recipiente permettendo così il filtraggio delle eventuali impurità.

La viscosità del fango sarà determinata misurando il tempo di deflusso del contenuto del cono compreso tra il livello corrispondente ad un riempimento di 1500 cm³ e il livello corrispondente 500 cm³.

Misura del pH

Questa misura si effettuerà usando delle speciali cartine reagenti dotate della capacità di assumere per ogni valore del pH un particolare colore.

Dopo avere immerso la cartina nel fango, si confronterà il colore che la cartina ha assunto con quelli di riscontro: il corrispondente colore indicherà il valore del pH del fango.

Si avrà cura di non toccare con le mani la cartina reagente per non falsare la misura.

Misura del contenuto in sabbia

Si userà di regola un sabbimetro costituito da: una provetta conica graduata, un imbuto ed un filtro con rete a 200 MESH.

Si riempirà di fango la provetta fino al primo livello; poi si aggiungerà acqua fino al secondo livello indicato sulla provetta stessa. Si otterrà con il pollice la bocca della provetta e si agiterà energicamente in modo da diluire il fango con l'acqua. Si verserà il contenuto della provetta attraverso il filtro avendo cura di sciacquare la provetta con acqua pulita.

Si porrà quindi l'imbuto sulla provetta lavata e su di esso si disporrà il filtro rovesciato in modo che tutte le parti sabbiose trattenute cadano nella provetta.

Lavando il filtro con acqua pulita si farà scendere tutta la sabbia nella provetta e la si farà decantare.

Si leggerà direttamente sulla graduazione della provetta il contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango esaminato.

Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"

Si userà una filtropressa che è di regola costituita da un telaio sul quale viene alloggiato un contenitore cilindrico munito superiormente di una apposita vite di blocco ed inferiormente di un tubicino che lo collega ad un cilindretto graduato.

Il contenitore a sua volta è composto, dal basso verso l'alto, dai seguenti elementi: un basamento, nel quale è inserito il tubicino; una guarnizione di gomma; una reticella; un disco di carta filtro; un'altra guarnizione di gomma; una cella; una terza guarnizione di gomma; un coperchio (predisposto per essere collegato ad una bomboletta di CO₂).

Per l'uso si assemblerà la cella con il basamento avendo cura di usare ogni volta un disco di carta da filtro nuovo.

Quindi si riempirà la cella con fango fino a 6 mm dal bordo superiore della cella.

Poi si monterà il coperchio e si alloggerà la cella nel telaio bloccandola permanente con la vite di pressione. Poi si monterà la bomboletta di CO₂ e si darà pressione alla cella controllando che la pressione della cella sia di 7 bar.

Nello stesso momento in cui si darà pressione si farà scattare il cronometro e si misurerà l'acqua che esce dal tubicino posto al fondo della base della cella.

L'acqua sarà raccolta nel cilindretto graduato. Le misure in cm³ verranno effettuate dopo 30 minuti primi ed indicheranno il valore di acqua libera del fango esaminato.

Finita la prova si estrarrà la carta da filtro e si misurerà lo spessore in millimetri del pannello di fango (cake) formatosi sul filtro.

Controllo del fango biodegradabile

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Appaltatore e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango biodegradabile fresco;
- densità del fango biodegradabile e viscosità del fango pronto per l'impiego;
- prova di decadimento.

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi, tranne che la prova di decadimento, che dovrà essere eseguita con frequenza settimanale, presso il laboratorio di cantiere.

La formula prevista e studiata dall'Appaltatore, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla D.L.

Pali trivellati ad elica

Per i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate al punto 5.3.

Per ciascun palo l'Appaltatore dovrà redigere una scheda dove dovranno essere riportati i controlli delle tolleranze (punto 3.2.1) ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m3 di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- spinta del mandrino, misurata durante l'estrazione della trivella;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso si vengano a riscontrare delle differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali provvedimenti (modifica del numero e profondità dei pali, esecuzione dei prefori, etc.) che dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

Micropali

Per i micropali, si dovrà verificare che per ogni lotto posto in opera di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazioni di progetto.

In caso contrario il materiale non dovrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, possono provenire da impianti di confezionamento, oppure essere prodotte in cantiere da apposite centrali di betonaggio.

In entrambi i casi è possibile realizzare gli stessi controlli riportati per le miscele di iniezione degli ancoraggi.

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati al punto 10.5.3.1 e seguenti.

Nel caso di impiego di schiume queste dovranno essere accompagnate dai relativi certificati forniti dai produttori, per ogni lotto impiegato.

Le modalità di preparazione ed uso, dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Il controllo della profondità dei prefori, rispetto alla quota di sottoplinto, verrà effettuato in doppio modo:

- A) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- B) in base alla lunghezza dell'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

- nel caso di armature in barre longitudinale ad aderenza migliorata, in base alle risposdenze al progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in progetto.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico (vedi punto 5.3.1.1) e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata, così come descritto nel punto 2.6 della sezione "gallerie" del presente Capitolato.

Il peso specifico dovrà risultare pari almeno al 90% del peso specifico teorico, calcolato assumendo 3 g/cm³ il peso specifico assoluto del cemento 2.65 g/cm³ quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga incluso aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata non dovrà superare il 2% in volume.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura di almeno una prova a micropalo.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Appaltatore in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i controlli delle tolleranze e i dati seguenti:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- identificazione del micropalo;
- dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- fluido di perforazione impiegato;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- geometria e tipologia dell'armatura;
- volumi di miscele per la formazione della guaina (per micropali ad iniezioni multiple selettive);
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- risultati delle prove di controllo sulla miscela di iniezione (peso di volume, essudazione, etc.), numero di campioni prelevati e loro resistenza a compressione monoassiale.
- risultati di ulteriori prove condotte o ordinate dalla Direzione Lavori.

ART 6 DIAFRAMMI E PALANCOLATI

Generalità

Classificazione

Si farà riferimento alle seguenti tipologie di opere:

- Diaframmi in c.a. scavati e gettati in opera;
- Palancolati.

Diaframmi

Per diaframma si intende un muro realizzato asportando e sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo è eseguito per elementi singoli (pannelli), le cui dimensioni corrispondono alle dimensioni nominali dell'utensile di scavo, o ad un suo multiplo, gettati monoliticamente. Per pannelli si intendono i singoli elementi costituenti il diaframma. Pannelli isolati possono essere utilizzati per realizzare fondazioni profonde, alla stregua di pali trivellati di grande diametro. I giunti di un diaframma sono costituiti dalle superfici di contatto tra i singoli pannelli costituenti il diaframma. I diaframmi plastici sono realizzati con una miscela di cemento e bentonite.

Palancolati

Un palancolato è un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità.

In questi casi le palancole vengono recuperate, estraendole mediante impiego di un vibratore.

Meno frequente è l'impiego di palancole per realizzare opere di sostegno o di protezione a carattere definitivo.

In questi casi possono essere talvolta utilizzate delle palancole in cemento armato, eventualmente precompresso con la tecnica dei fili aderenti, prefabbricate in stabilimento.

Normative di riferimento.

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi:

- Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17.01.2018 Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni
- Decreto Ministeriale 11/03/1988: 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- ASTM D1143-81 (1994) "Standard Test Method for piles under static and compressive load".
- DIN 4150

Prescrizioni tecniche

Diaframmi in cemento armato

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici.

Nel caso di terreni argillosi da mediamente consistenti a molto consistenti, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, con valori della resistenza al taglio non drenata (C_u), che alla generica profondità h soddisfino alle condizioni:

$$C_u \geq \frac{h}{3}$$

Dove:

h = peso di unità di volume totale;

la perforazione potrà essere eseguita a secco, sempre che non vi sia alcun ingresso di acqua nel foro.

Durante la perforazione occorrerà tener conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma.

Dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un impiego improprio.

La perforazione a secco è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro e dove non si abbia rigonfiamento delle argille. La perforazione a fango in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4$ mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti. La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione.

Prescrizioni ed oneri generali

- Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i pannelli costituenti i diaframmi, inclusi quelli di prova, ciascun pannello dovrà essere identificato da un numero progressivo.
- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che potrebbero interferire con i diaframmi. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o di rimozione di tali ostacoli prima di dare corso alle attività di scavo.
- L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni.
- Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo.
- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'installazione di diaframmi.

- Sarà cura del l'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori, si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.
- Saranno a carico del l'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione di tutte le opere provvisorie che si rendesse necessario costruire per la presenza vicino all'opera di fabbricati, manufatti, viabilità di qualunque genere.

Prove tecnologiche preliminari.

L'Appaltatore dovrà comunicare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori il tipo di attrezzature, i procedimenti operativi ed i principali dettagli esecutivi per la realizzazione di diaframmi. Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e modalità sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari. Dovrà inoltre essere comunicata la composizione della miscela da utilizzare per i diaframmi plastici.

Palancolati

L'Impresa dovrà comunicare alla DL le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni.

Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle Norme DIN 4150, in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla DL i provvedimenti che intende adottare nel caso dei superamenti dei limiti stessi.

La DL, a sua discrezione, può richiedere che l'Impresa provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico dell'Impresa stessa.

Tolleranze geometriche

Diaframmi in c.a.

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%; nel caso di diaframmi a tenuta idraulica dovrà essere garantita una tolleranza di un valore massimo pari a $S/3 L$ (S = Spessore; L = profondità del diaframma).

Le tolleranze $\pm S$ sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale:

$$- 0,01 S < \pm S < 0,1 S$$

- per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera):

$$- 0,01 S < \pm S < 0,01 S$$

La profondità "L", dovrà risultare conforme al progetto ± 20 cm.

L'ordine di realizzazione dei singoli pannelli potrà essere fissato o variato a giudizio della Direzione Lavori, senza che perciò l'impresa abbia diritto ad alcun speciale compenso.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Palancolati

Per quanto riguarda i palancolati si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

-posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato:	± 3 cm
-verticalità :	± 2 %
-quota testa :	± 5 cm
-profondità :	± 25 cm

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Impresa, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO

Diaframmi

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che se incontrati nella perforazione possono recare danno alle maestranze in cantiere o a terzi.

Le attrezzature di perforazione e di servizio dovranno operare da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento.

La quota dei piani di lavoro dovrà essere posta almeno 1.0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici delle falde acquifere (freatiche e/o artesiane) presenti nel terreno.

Gli assi longitudinali dei diaframmi saranno materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti ad una distanza netta pari allo spessore nominale del diaframma, aumentato di 10 cm. con riferimento ai capisaldi plano-altimetrici di progetto.

I cordoli saranno realizzati in conglomerato cementizio armato. Le dimensioni minime sono 0.35 x 0.80 m; l'armatura sarà continua ed il getto sarà fatto contro il terreno naturale.

Nella realizzazione dei cordoli si avrà cura di posizionare con precisione le casserature metalliche, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

I cordoli hanno inoltre la funzione di guidare l'utensile di scavo, sostenere il terreno più superficiale e costituire un'adeguata vasca per le escursioni del livello del fango bentonitico durante l'introduzione dell'utensile di scavo.

Particolare cura dovrà quindi essere posta nella loro esecuzione sia nei riguardi del tracciamento (quota superiore e direzione), sia per la loro verticalità, in quanto essi costituiscono l'elemento fondamentale per ogni riferimento del diaframma (quote ed allineamento).

I cordoli saranno adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da scavare.

I diaframmi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

posizione planimetrica dell'asse del diaframma

rispetto alla linea mediana delle corree ± 3 cm;

quota di testa diaframma ± 5 cm;

profondità ± 25 cm;

verticalità assoluta $\pm 1\%$;

complanarità dei giunti $\pm 1\%$.

Il rispetto della complanarità dei giunti comporta una limitazione nella tolleranza ammessa per la verticalità assoluta dei pannelli; se un pannello è discosto dell'1 %, il pannello adiacente deve essere discosto dalla verticale nella stessa direzione, oppure deve essere perfettamente verticale.

Ad ultimazione dello scavo di ciascun pannello si dovrà procedere alla registrazione dell'inclinazione dello stesso a mezzo d'inclinometri applicati alle aste di perforazione; per garantire la complanarità dei pannelli, data la tendenza della benna d'inclinarsi in direzione dell'escavatore, sarà necessario operare con gli escavatori sempre dalla stessa parte del diaframma.

Per pannelli singoli, da utilizzare quali strutture di fondazione, si prescrivono le seguenti tolleranze:

coordinate planimetriche ± 3 cm

verticalità $\pm 2\%$

lunghezza ± 25 cm

quota di testa pannello ± 5 cm.

Palancolati

I piani di lavoro dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare, la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto relative alla testa del palancolato.

Materiali

Diaframmi

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei diaframmi da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (1m-2m) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

Il fango bentonitico dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità descritte nel punto della sezione "pali" del presente Capitolato.

Nel caso che la perforazione sarà eseguita mediante benna mordente, il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

La benna mordente sarà provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione.

Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a 1,00 m e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro; a tale scopo si potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto al foro, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura ad avvenuta presa del conglomerato cementizio di quelli eseguiti in prima fase.

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati.

Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato alla discarica, previo trattamento dei fanghi bentonitici, secondo la legislazione vigente.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del conglomerato cementizio o qualunque altro motivo), si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimarla nell'imminenza del getto.

Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidi, non estraibili con i normali metodi di estrazione, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una adeguata immorsatura del diaframma nei substrati rocciosi di base si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto e rispondere alle prescrizioni richieste dal presente Capitolato.

Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali potranno essere costituite da barre tonde oppure da barre ad aderenza migliorata; verranno pre-assemblate fuori opera in «gabbie»; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura dovranno essere predisposti i necessari ferri diagonali, ad W, ed altri, atti a sollevare e trasportare le stesse. Di norma non è ammessa la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12-15 cm, larghezza > 6 cm) con perno in tondino metallico fissato a due ferri verticali contigui.

Per i distanziatori in plastica al fine di garantire la solidarietà con il calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di 3,0-4,0 m.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiore a 7,5 cm con aggregati inferiori ai 2 cm e a 10 cm con aggregati di classe superiore, e comunque con Dmax non superiore ai 40 mm.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera sul fondo del cavo.

Calcestruzzo

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 40 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 30 MPa.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,50 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno «slump» al cono di Abrams compreso fra 16 e 18 cm.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m³/h.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.

Fanghi bentonici

La composizione dei fanghi bentonitici dovrà corrispondere alle prescrizioni del progettista, e dovrà essere tale da garantire la stabilità delle pareti dello scavo; al momento dell'impiego i fanghi dovranno avere massa volumica non superiore a 1.04, 1.07 t/m³ e viscosità Marsh compresa tra 38" e 55" e dovranno essere stati ottenuti con bentonite avente limite di liquidità non inferiore al 200%.

Inoltre, prima di essere utilizzati, dovranno essere lasciati almeno 24 ore nelle vasche di maturazione. La bentonite da impiegare dovrà inoltre corrispondere ai seguenti requisiti:

- residuo al setaccio n. 38: < 1%
- tenore di umidità: < 15%

- limite di liquidità: > 400
- viscosità Marsh 1500/1000 della sospensione al 6% in acqua distillata: > 40"
- decantazione della sospensione al 6% in 24 h: < 2%
- acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30 minuti alla
- pressione di 0.7 MPa: < 18 cm³
- pH dell'acqua filtrata: > 7; < 9
- spessore del cake sul filtro della filtropressa: < 2.5 mm

L'Appaltatore dovrà essere dotato di apparecchiature di depurazione che consentano di limitare la quantità di materiale trattenuto in sospensione dei fanghi. Tali apparecchiature dovranno essere in grado di mantenere costantemente una massa di volume dei fanghi < 1.25 t/m³ nel corso della perforazione e < 1.15 t/m³ prima dell'inizio delle operazioni di getto, con contenuto percentuale volumetrico in sabbia < 6%. I valori sopra specificati si riferiscono ai fanghi prossimi al fondo dello scavo. Nel caso d'impiego della "circolazione rovescia", le determinazioni potranno essere fatte sui fanghi in circolo immessi alla bocca dello scavo stesso, mentre nel caso di "fanghi in quiete", dovranno essere condotte su campioni di fanghi prelevati a mezzo di apposito campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo. Le determinazioni prima dell'inizio del getto dovranno essere eseguite su campioni prelevati con campionatore ad una quota di 80 cm superiore a quella del fondo dello scavo.

Palancole metalliche

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisorio, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione.

Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura $f_t = 550 \text{ N/mm}^2$
- limite elastico $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$.

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

Modalità esecutive

Diaframmi

Prescrizioni generali

Nella esecuzione dei diaframmi dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e la impermeabilità dei giunti. Le attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo dovranno essere definite dall'Appaltatore in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di eventuali strati di terreno lapidei o cementati, l'immorsamento nel sub-strato roccioso.

La distanza minima fra gli assi di due scavi attigui, in corso, appena ultimati o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione, Qualora in fase di completamento della

perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto.

Attrezzature

Le caratteristiche degli escavatori e delle gru di servizio dovranno essere scelte dall'Appaltatore in relazione alle capacità operative effettivamente necessarie per eseguire gli scavi ed i getti in conformità con le prescrizioni di progetto.

Le dimensioni delle benne mordenti dovranno corrispondere alle dimensioni nominali dei pannelli da scavare, a meno di prevedere lo scavo di pannelli multipli. Le benne mordenti possono essere a funzionamento idraulico o meccanico. Le benne possono essere manovrate mediante fune libera, o tramite aste di guida tipo Kelly. Le attrezzature Kelly possono essere del tipo monoblocco, o telescopico. Nei Kelly telescopici i dispositivi di battuta devono essere tali da evitare rotazioni relative tra le varie aste. L'ancoraggio del Kelly sull'escavatore deve essere realizzato in modo da ridurre gli effetti di beccheggio dell'attrezzatura, conseguenti alla variazione di baricentro durante le manovre di scavo.

Le frese idrauliche per lo scavo dei pannelli dovranno essere costituite da due ruote fresanti, dotate di opportuna dentatura, in movimento rotativo sincrono opposto. I tamburi fresanti saranno azionati da motori idraulici ad albero fisso e telaio ruotante inseriti al loro interno, oppure ad essi collegati con opportuni cinematismi. Il telaio della fresa idraulica dovrà contenere anche una pompa per la circolazione del fango di perforazione, avente portata non inferiore a 120 l/s e prevalenza adeguata a superare tutti i dislivelli e le perdite di carico esistenti tra il piano di corree e l'impianto di recupero dei fanghi. Le dimensioni dell'idrofresa in pianta dovranno corrispondere a quelle dei pannelli da scavare; e ammessa l'esecuzione di pannelli multipli.

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di eliminare o ridurre le quantità di detrito trattenuto in sospensione.

L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere il peso di volume del fango presente nello scavo entro i limiti seguenti:

- non superiore a 1.25 t/m³ nel corso della perforazione;
- non superiore a 1.15 t/m³ prima dell'inizio delle operazioni di getto.

La determinazione prima dell'inizio del getto dovrà essere eseguita su campioni prelevati con campionatore ad una quota di circa un metro superiore a quella di fondo del pannello. L'efficienza dell'impianto e delle procedure adottate per la dissabbiatura e la rigenerazione del fango, verrà controllata come indicato nello specifico articolo sul controllo di qualità.

I dissabbiatori dovranno essere dotati di un vaglio vibrante in corrispondenza dell'arrivo della tubazione di mandata, di una pompa centrifuga per fanghi e di un numero adeguato di cicloni. E' richiesta una capacità minima di 100 m³/ora per ogni dissabbiatore. Numero e potenza dei dissabbiatori dovranno essere commisurati alle effettive necessità derivanti dai ritmi di perforazione delle attrezzature di scavo. Gli impianti di recupero dei fanghi asserviti alle idrofresche dovranno avere una capacità operativa commisurata alla pompa di aspirazione della fresa. Nel caso di scavo in terreni coesivi, a valle dei dissabbiatori dovrà essere prevista una centrifuga per la separazione delle frazioni fini inattive tenute in sospensione nel fango.

Perforazione con benna mordente

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore fornirà i disegni costruttivi di cantiere, contenenti la planimetria con i pannelli numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Lo scavo con benna mordente sarà eseguito in presenza di fango bentonitico in quiete. Le lunghezze dei singoli elementi di scavo (pannelli) dovranno essere indicate dall'Appaltatore in funzione delle esigenze

costruttive dell'opera, della natura del terreno, della profondità di scavo, della sicurezza delle opere adiacenti, e tenendo conto delle dimensioni caratteristiche degli attrezzi di scavo. In ogni caso, la lunghezza massima di ogni singolo pannello non potrà superare i 6 m. Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro. Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo. Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale od integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto:

- contenuto in sabbia del fango non superiore al 5%;
- densità non superiore a 1.15 t/m³.

In caso contrario, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste. Tipo e numero dei controlli saranno commisurati, per ogni pannello, al raggiungimento delle suddette prescrizioni.

Perforazione con idrofresa

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore fornirà i disegni costruttivi di cantiere, contenenti la planimetria con pannelli numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Nelle prime fasi di scavo è previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sarà impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto. Le due attrezzature, dunque, costituiranno un unico gruppo di scavo. In relazione alla natura dei litotipi presenti, si potrà effettuare un pre-scavo oltre la profondità minima richiesta per l'innescò della circolazione inversa del fango bentonitico, ottimizzando i tempi di impiego delle due attrezzature ai fini di un corretto e rapido completamento dello scavo. Di norma l'impiego dell'idrofresa e da prevedersi nella realizzazione di diaframmi di grande profondità e/o interessanti sub-strati di consistenza litoide.

Dispositivi per la formazione dei giunti

Per la corretta formazione dei giunti, si utilizzeranno tubi-spalla di opportuna forma e dimensione:

- colonne semi-circolari;
- profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari;
- "canne d'organo", etc.

Di norma i tubi spalla saranno messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello. Ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Si avrà cura di pulire adeguatamente i tubi spalla prima del loro impiego.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma e ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori saranno utilizzati a fine perforazione, fissando i rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa è possibile realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

Posa in opera del conglomerato cementizio

Prima del getto si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia. Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di scavo con idrofresa l'eventuale dissabbiamento, se necessario, sarà condotto mantenendo l'utensile a fondo foro e prolungando la circolazione inversa del fango.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera impiegando un tubo di convogliamento costituito da elementi non più lunghi di 2,50 m di un tubo in acciaio avente diametro interno di 20-25 cm.

L'interno dei tubi sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di 0,4-0,6 mc, mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento sarà eseguita una ulteriore misura del fondo cavo.

Per diaframmi eseguiti in presenza di fango bentonitico, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30-60 cm dal fondo della perforazione.

Prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o di palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo getto di almeno 3-4 m di diaframma.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20,30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo. Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.5 m e massima di 6 m. Per diaframmi perforati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo-getto.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di pannello. E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 20 m³/ora.

Il getto di un pannello dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento. In presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo. Per nessuna ragione il getto dovrà essere sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sarà proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

Nei casi in cui sia richiesta la impermeabilità del diaframma o la collaborazione statica tra gli elementi che lo compongono, i giunti tra gli elementi dovranno essere opportunamente conformati.

A tale scopo prima del getto degli elementi primari, si poseranno ai due estremi del pannello da gettare e per tutta la profondità due casseforme metalliche a sezione circolare (o di diversa sezione opportunamente sagomata ed approvata dalla Direzione Lavori).

A presa iniziata, si provvederà ad estrarre per 2 -3 cm le casseforme mediante un'opportuna attrezzatura oleodinamica, ripetendo l'operazione in tempi successivi qualora le dimensioni dell'elemento comportino durate del getto notevoli e quindi tempi di presa scaglionati per le diverse fasce di profondità di ciascun elemento.

A presa ultimata per tutto il pannello si provvederà all'estrazione completa delle casseforme.

La superficie esterna delle casseforme dovrà essere continua, liscia, priva di incrostazioni ed all'occorrenza spalmata di un prodotto disarmante, in modo da permettere l'esecuzione agevole delle operazioni sopra indicate, senza danni per il getto.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei diaframmi sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del diaframma non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del diaframma sino alla quota di sottoplinto o alla quota testa diaframma di progetto.

Nel caso che, durante la eventuale scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, ecc.), sarà onere dell'Impresa adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

Palancolati

La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perchè l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Impresa allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi.

L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione.

Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti.

Si potranno impiegare battipali a vapore o diesel, in ogni caso in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.

La massa battente del battipalo agirà su una cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni.

Per ogni attrezzatura l'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- caratteristiche della cuffia o testa di battuta;
- peso del battipalo.

Il vibratore sarà a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche dell'attrezzatura (momento di eccentricità, numero di vibrazioni al minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'Impresa in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

Le palancole saranno di tipo metallico, con caratteristiche geometriche conformi alle prescrizioni di progetto.

Tipo e qualità dei materiali costituenti saranno invece corrispondenti a quanto definito al punto relativo del presente Capitolato.

Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

L'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione per tutte le palancole, prima dell'inizio dell'infissione stessa.

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm.

L'Impresa potrà, informandone la Direzione Lavori, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto devono essere comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'Impresa dovrà immediatamente informare la Direzione Lavori.

Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione.

Per la fase di estrazione si compilerà una scheda analoga a quella descritta per l'infissione.

A estrazione avvenuta, la palancola sarà esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

SPECIFICA DI CONTROLLO

La seguente specifica si applica ai diaframmi e palancolati, precedentemente esaminate.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc.

Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia.

Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla DL.

Diaframmi

Materiali

Per le opere realizzate in conglomerato cementizio, si utilizzeranno le specifiche di controllo riportate in corrispondenza dei punti della sezione "pali" del presente Capitolato.

In particolare, per le armature, si dovrà verificare la loro congruità con i disegni di progetto, e che siano dotati di dei corrispondenti certificati forniti dal produttore, su ogni lotto di fornitura, corrispondenti alle specifiche del presente Capitolato.

In caso di assenza di tali certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera.

Documentazione preliminare

Prima di procedere all'esecuzione l'Appaltatore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori:

- la dichiarazione che è stata verificata l'area in cui debbono essere eseguiti i diaframmi ed è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi;
- la tipologia e le caratteristiche delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate in Capitolato ed alle risultanze tecniche delle specifiche operative;
- il programma temporale dei lavori in riferimento alla realizzazione dei singoli pannelli individuati mediante il loro numero di identificazione.

Controlli particolari preliminari

Prima della posa in opera dei diaframmi la Direzione Lavori avrà cura di eseguire e verbalizzare i controlli qui di seguito indicati:

- verificherà che sia stato predisposto il trasporto presso una discarica autorizzata dei materiali di risulta, oppure che gli stessi vengano accantonati in aree di deposito provvisorie in attesa di riutilizzo;
- controllerà la conformità del piano di lavoro per le attrezzature e dei cordoli guida a quanto indicato in Capitolato.

Controlli in corso d'opera sugli scavi

Per quanto riguarda le verifiche sulle conformità, rispetto al progetto, delle dimensioni e delle posizioni dei diaframmi realizzati e delle loro opere accessorie, varranno le tolleranze precedentemente riportate. Durante l'esecuzione degli scavi la Direzione Lavori dovrà effettuare i seguenti controlli:

- controllo che ogni lotto di fango stabilizzante impiegato provenga da un fornitore qualificato;
- a perforazione avvenuta controllo che il fango di stabilizzazione abbia una densità non superiore a 1,15 t/m³. Il controllo sarà eseguito per ogni pannello gettato e dovrà essere certificato da un laboratorio ufficiale o autorizzato. I certificati saranno allegati al giornale dei lavori;

- controllo delle dimensioni di ogni scavo eseguito e della sua conformità al progetto e, in particolare per le lunghezze dei pannelli, alle misure previste da progetto. Si dovrà inoltre controllare la verticalità dello scavo secondo le metodologie prescritte nei punti relativi;

Controlli in fase esecutiva

Durante l'esecuzione di ogni elemento di diaframma, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, per riportare il riscontro delle tolleranze ammissibili e per riportare i seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
- successione stratigrafica dei terreni attraversati;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- valore degli "slump" del calcestruzzo, effettuato per ogni betoniera o 10 m³ di conglomerato cementizio impiegato;
- profondità prima del getto;
- il numero di campioni prelevati secondo le modalità e prescrizioni previste;
- i controlli su ogni lotto di fango bentonitico impiegato;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- le caratteristiche degli additivi utilizzati;
- la quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma, con una tecnica analoga a quella descritta nella sezione "pali" del presente Capitolato.

Prove di controllo sugli elementi di diaframma

Generalità

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pannelli isolati di fondazione. Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di: accertare eventuali gravi deficienze esecutive, verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema fondazione-terreno, valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema fondazione terreno. Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pannelli facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P max) e in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio;
- prove a carico limite le prove effettuate su pannelli appositamente predisposti all'esterno della fondazione, spinte fino a carichi di rottura del sistema pannello-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P max) e in generale pari a 2.5 - 3 volte il carico di esercizio.

Normative e specifiche di riferimento

ASTM D11 43-81: "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load"

Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale

Il numero di elementi da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo, tale numero deve essere pari ad almeno il 2% del totale del numero degli elementi, con un minimo di due.

La scelta degli elementi di prova è di competenza della Direzione Lavori che tra l'altro dovrà tener presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo, evitandone la concentrazione.

Il carico di prova sarà in genere pari a 1,5 volte il carico di esercizio.

Al momento della prova il conglomerato cementizio del diaframma dovrà avere almeno ventotto giorni di stagionatura.

Le modalità di applicazione e la durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori anche in funzione della natura dei terreni di fondazione.

Il carico sarà applicato mediante un martinetto che trova contrasto su un'adeguata zavorra o elementi di diaframma di reazione, il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura di data non anteriore a trenta giorni.

Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante 4 micrometri centesimali, interposti tra la testa dell'elemento di diaframma e una struttura porta micrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dall'elemento di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.

I supporti di tale struttura devono distare non meno di 3,0 m dall'elemento di diaframma di prova e non meno di 3 volte lo spessore dell'elemento di prova, e non meno di 2,0 m dalla impronta della zavorra o da elementi di diaframma di reazione.

La struttura portamicrometri dovrà essere protetta da vibrazioni e urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi-cedimenti.

Al verbale verranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

In taluni casi si dovranno effettuare delle prove di carico limite per accertare i carichi che producono il collasso del complesso pannello - terreno.

Questo tipo di prove dovrà essere effettuato su pannelli opportunamente predisposti, all'esterno del diaframma, ed in una situazione geotecnica analoga.

Il carico massimo da applicare nel corso della prova deve raggiungere il valore di 2,5 – 3 volte il valore del carico di esercizio scelto dal progettista.

Il numero minimo di prove sarà pari a 1 per ogni tipo di diaframma e per una situazione geotecnica equivalente.

Prove di carico laterale

Tali tipologie di prove saranno effettuate su quei pannelli indicati dal progettista e/o preventivamente concordati con la DL.

Essa sarà unicamente del tipo non distruttivo, e verranno eseguite con l'ausilio di pannelli di contrasto posti almeno a 3 m di distanza dal pannello di prova.

Per le prove di carico laterale valgono le indicazioni per le prove di carico assiale.

Attrezzatura e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto agli assi del pannello. I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (≈ 3 mesi). Nel caso di impiego di più martinetti occorre che i martinetti siano uguali e che l'alimentazione del circuito idraulico sia unica. La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova: $M \geq 1.2 P_{prova} / g = 0.12 P_{prova}$. La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia. In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con pannelli di contrasto, dimensionati a trazione o con tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto. In questi casi si avrà cura di ubicare i pannelli o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal pannello di prova (minimo 5 metri). Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate. Per realizzare ciò si può disporre di un sistema di comando costituito da un pannello di facile utilizzo (oppure di una tastiera collegata all'eventuale microprocessore di controllo); per misurare il carico applicato alla testa del pannello si interporrà tra il martinetto di spinta ed il pannello una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici con opportuno fondo scala. Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al pannello verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro. Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale. Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico. Il quadrante del manometro dovrà avere tacche di divisione adeguata alla agevole lettura con la precisione richiesta. E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante (± 20 kN) il carico applicato sul pannello, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del pannello.

Dispositivi per la misura dei cedimenti

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a $\approx 120^\circ$ intorno all'asse verticale del pannello. Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 5 metri dal pannello. Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti. Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

Preparazione della prova

I pannelli prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm. Nel tratto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a 120° , per la successiva apposizione dei micrometri. Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo. Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di adeguata superficie, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere preliminarmente posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 metri dall'asse del pannello. L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. In ogni caso l'altezza deve essere tale da consentire le operazioni di lettura

con sufficiente agio ($h_{min} = 1.5 \text{ m}$). Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone. Questo dispositivo può essere realizzato mediante un giunto a rotula, costituito da una sfera di acciaio F 50 mm circa, inserita entro due piastre metalliche dotate di opportune cavità portasfera.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pannelli o tiranti di ancoraggio.

Programma di carico

Il programma di carico sarà definitivo di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

_ 1° Ciclo: Applicazione di 'n' ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari αP , fino a raggiungere il carico Pes. In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza: $t = 0$ (applicazione del carico), $t = 2'$, $t = 4'$, $t = 8'$, $t = 15'$. Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la seguente condizione tra due misure successive ($\Delta t = 15'$): $\Delta s \leq 0.025 \text{ mm}$. Per il livello corrispondente a Pes il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$, $t = 15'$. Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30'$, $t = 45'$ e $t = 60'$.

_ 2° Ciclo: Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico P fino a raggiungere il carico prova Pprova (o Plim). In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b". Il carico Pprova quando è minore di Plim sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il pannello sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità 3 P) con misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$. Si considererà raggiunto il carico limite Plim e conseguentemente si interromperà la prova, allorché risulti verificata una delle seguenti condizioni: cedimento (Plim) ≥ 2 cedimento (Plim - P), cedimento (Plim) $\geq 0.10 s$, ove s indica lo spessore del pannello.

Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti: il n° del pannello, l'orario di ogni singola operazione, la temperatura, il carico applicato, il tempo progressivo di applicazione del carico, le corrispondenti misure di ogni comparatore, i relativi valori medi, le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova. La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

_ tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale")).

_ diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio;

_ diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;

_ numero di identificazione e caratteristiche nominali del pannello (lunghezza, diametro);

_ stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione;

_ geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);

_ disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;

_ scheda tecnica del pannello, preparata all'atto dell'esecuzione.

Prove di carico laterale

Queste prove sono da prevedersi nei casi in cui ai pannelli di fondazione è affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità. Il numero ed i pannelli da sottoporre a prova saranno definiti dal progettista. Nella esecuzione delle prove ci si atterra alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato. Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un pannello di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 m. Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità. Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pannelli. Si utilizzeranno per ciascun pannello 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Controlli non distruttivi

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di diaframma non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- a) prove geofisiche;
- b) carotaggio continuo meccanico;
- c) scavi attorno al fusto dell'elemento di diaframma.

Per tutti i controlli non distruttivi l'impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti, attraverso la posa in opera di almeno due tubi di diametro interno non inferiore a 1" ½.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli su almeno il 5% del numero totale degli elementi di diaframma con un numero minimo di due.

Prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sonde di emissione e ricezione, dovranno essere predisposte per il 15% dello sviluppo totale dei diaframmi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Le prove dovranno essere eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto

Le misure dovranno essere eseguite ogni 10 cm di avanzamento della sonda nelle tubazioni predisposte.

L'esito della prova sarà registrato con apparecchiatura digitale.

Nel caso si identifichino anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

I risultati di tali prove saranno riportati su apposita scheda in cui verrà indicato:

- i dati di identificazione del pannello, rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione della prova;
- le registrazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda e la tipologia della sonda;
- caratteristiche della centralina di registrazione.

Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime di imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto le presenti norme tecniche di appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

Scavi attorno al fusto del diaframma

Verranno richiesti dalla Direzione Lavori, ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 metri di diaframma.

Il fusto del diaframma dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, in corrispondenza di quegli elementi del diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme tecniche di appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

Prove su pannelli strumentati

Per tali tipi di pannelli oltre alle prove di carico assiale e laterale, per cui valgono i controlli descritti ai precedenti punti.

Si dovrà procedere ai seguenti controlli:

Subito dopo il getto del pannello strumentato si dovrà procedere alla verifica della funzionalità della strumentazione installata, al fine di accertarsi che non abbia subito alcun danno.

Oltre al controllo di funzionalità precedente, si dovranno eseguire degli ulteriori controlli, ma con registrazione dei dati.

Tali controlli verranno effettuati con le seguenti cadenze a partire dalla data del getto:

1° controllo: a 7 giorni;

2° controllo: a 14 giorni;

3° controllo: a 28 giorni;

4° controllo: immediatamente prima della prova di carico.

I dati dovranno essere registrati su apposito modulo, riportante oltre all'identificazione del pannello anche la data (giornaliera e progressiva) dei controlli, saranno allegati, insieme alla documentazione della prova di carico. In particolare, il controllo n. 4 costituirà la misura origine per le letture successive.

Per quanto riguarda la prova di carico laterale, questa avverrà con l'ausilio del tubo inclinometrico e con gli estensimetri elettrici già predisposti se ciò era già stato concordato con la Direzione Lavori.

Controllo delle deformazioni

Questo tipo di controllo si eseguirà con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro ϕ 81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo guida.

La frequenza delle misure sarà stabilita volta per volta in accordo con la D.L., in relazione ai programmi di scavo del pannello ed alla messa in trazione degli eventuali tiranti di ancoraggio.

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda inclinometrica impiegata;
- i dati sulla torsione iniziale dei tubi guida;
- le registrazioni dei dati inclinometrici rilevati

Controllo della verticalità

Per il controllo della verticalità dello scavo, e quindi dei pannelli, saranno utilizzati sistemi la cui precisione è commisurata alle profondità dei pannelli ed all'importanza dell'opera. Di norma potranno essere utilizzati inclinometri biassiali da fissare sull'utensile di scavo, in modo da avere il controllo della perforazione a varie profondità. Poiché l'inclinometro non dà indicazioni circa l'eventuale rotazione del pannello, si provvederà, ove richiesto dalla Supervisione Lavori, a misure più precise o integrative quali:

- rilievo della geometria del pannello mediante sonda ad ultrasuoni (tipo sistema KODEN);
- rilievo della rotazione mediante controllo della posizione delle funi di sospensione di un "pendolo" di massa non inferiore a 2000 kg, a forma di parallelepipedo a base quadrata, il cui lato è pari allo spessore del pannello meno 5 cm.

Sia la sonda che il pendolo saranno fatti discendere in corrispondenza delle estremità del pannello da misurare. Le misure saranno eseguite in risalita.

Palancole

Materiali

Si dovrà verificare che gli acciai impiegati siano conformi alle prescrizioni del presente Capitolato e siano dotati dei relativi certificati per ogni lotto di fornitura.

In assenza di questi non sarà possibile mettere in opera l'elemento.

Controlli in fase esecutiva

Nel corso della infissione per battitura, verrà conteggiato il numero dei colpi per avanzamenti di 1 m. In corrispondenza degli ultimi metri, se richiesto dalla Direzione Lavori, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm.

Al termine della infissione, l'Impresa dovrà controllare la posizione plano-altimetrica e l'effettivo incastro laterale reciproco degli elementi.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola, riportato sulla planimetria di progetto
- dati tecnici della attrezzatura
- tempo necessario per l'infissione
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile)
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa a comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà una analoga scheda, a quella descritta precedentemente, dove si verificherà l'integrità della stessa.

Diaframmi in c.a. e plastici: controlli di qualità

Controlli in corso d'opera

Diaframmi in c.a.: prove di carico

ART. 7 CARPENTERIA METALLICA

GENERALITÀ

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- 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);
- D.M. 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni.
- DM 17/01/2018 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare esplicativa 21 Gennaio 2019 alle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

Documentazione

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere "qualificati" ai sensi del DM 17/01/2018; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile, gli elaborati costruttivi di officina delle strutture, nei quali, in conformità a quanto riportato negli elaborati forniti dal Progettista, dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- tipi e qualità degli acciai impiegati;
- tipi e qualità dei bulloni impiegati;
- i diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature;
- gli schemi di montaggio e controfrecce di officina;
- la relazione di calcolo in cui devono essere indicate le modalità di montaggio dell'opera e specificato il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi di montaggio.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura.

Per ciascun manufatto composto con laminati, l'Appaltatore dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

- posizioni e marche d'officina costituenti il manufatto;
- numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione e marca di officina;
- estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.

Gli oneri suddetti sono a carico dell'Appaltatore.

Per quanto concerne il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registra Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto di officina.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature alla consulenza di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M.17/01/2018 e tenendo conto delle

raccomandazioni fornite dall'Ente di consulenza o dalle prescrizioni indicate nelle presenti Norme Tecniche.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

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

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

Materiali

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai del tipo S355J0W e comunque materiali conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1 del DM 17/01/2018.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = R_eH$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del §11.1 e si applica la procedura di cui al § 11.3.4.11 del DM 17/01/2018.

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

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
- (per temperature fino a $100 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Identificazione e rintracciabilità dei materiali

All'atto del taglio delle lamiere sarà garantita la rintracciabilità delle stesse almeno per quanto riguarda anima e piattabanda delle travi e in genere per tutti i componenti principali.

Tale rintracciabilità sarà ottenuta o con punzonatura delle lamiere o con opportuna documentazione (Piani di taglio).

Modalità esecutive

Soggezioni ambientali

Per le saldature le prescrizioni che verranno stabilite per il preriscaldamento locale saranno in relazione agli spessori, ai tipi di acciaio ed alla temperatura ambiente durante la costruzione.

La verniciatura in opera, ove prevista, deve essere fatta in stagione favorevole, evitando il tempo umido e temperature eccessivamente elevate.

Tolleranze geometriche

In generale le tolleranze di costruzione devono essere compatibili con quelle relative all'opera finita, tenuto conto delle modalità di montaggio e delle tolleranze riconosciute come accettabili da normative nazionali e/o europee in atto od in emissione alla data di realizzazione dell'opera.

Taglio e cianfrinatura delle lamiere

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice ad ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia. L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se una adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Prima delle operazioni di saldatura dovrà effettuarsi un esame visivo dei lembi al fine di riscontrare eventuali discontinuità; qualora vengano riscontrate discontinuità si dovrà procedere ad un esame magnetoscopico. Le discontinuità di modeste dimensioni (2-3m di profondità) saranno asportate tramite molatura, altrimenti riparate con procedimento adeguato. A tal proposito la procedura di riparazione sarà sottoposta alla DL per approvazione.

In particolare l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione.
- possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;
- negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da 2 a 5 mm di ampiezza, secondo il maggiore o minore spessore del laminato.

Saldature

In generale non potranno essere eseguite saldature qualora la temperatura ambiente sia inferiore a +5 °C, e quando le superfici da unire siano umide; in questo ultimo caso è necessario provvedere all'asciugatura delle superfici mediante fiamma (T=50°C).

Classi delle saldature

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere

specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2001; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello.

Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al precedente § 11.3.1.7, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nel Tab. 11.3.XI di seguito riportata.

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Specifiche di saldatura

Per quanto concerne il progetto, le tecnologie di esecuzione ed i controlli delle saldature, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registra Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto di officina.

Le specifiche dei giunti di produzione (WPS) saranno redatte sulla base di quanto indicato nella norma UNI EN 288-2.

In generale dovranno essere indicate le seguenti informazioni:

- Identificazione del costruttore;
- Identificazione della WPS;
- Riferimento al verbale di qualificazione di procedura di saldatura (WPAR) o ad altri documenti richiesti;
- Tipo di metallo base;
- Dimensione del materiale: campi di spessori del giunto;
- Procedimento di saldatura;
- Geometria del giunto: schizzo del giunto mostrante forma e dimensioni, e sequenza passate;
- Posizione di saldatura;
- Preparazione del cianfrino;
- Tecnica di saldatura: angolazione della torcia, oscillazione, ecc.;
- Eventuale solcatura a rovescio;
- Eventuale sostegno a rovescio;
- Materiali d'apporto: designazione, dimensioni, trattamenti di condizionamento;
- Parametri elettrici: Tipo di corrente, campo di corrente, campo di tensione, ecc.;
- Eventuali parametri di macchina: velocità di avanzamento e di alimentazione filo;
- Temperatura di preriscaldamento;
- Temperatura di interpass;
- Eventuale trattamento termico dopo saldatura;
- Indicazioni specifiche per i vari gruppi di procedimenti di saldatura.

In particolare per quanto riguarda la temperatura di preriscaldamento, si dovrà fare riferimento a quanto stabilito dalla norma prEN 1011-2, individuando il corretto valore di tale temperatura, noti lo spessore combinato del giunto, l'apporto termico specifico di saldatura, il valore del Carbonio Equivalente CE, funzione della composizione chimica del materiale base e ottenibile attraverso la formula:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Modalità esecutive

Le operazioni di puntatura saranno effettuate da personale opportunamente qualificato, adottando gli stessi materiali d'apporto nonché tutti gli accorgimenti prescritti per le operazioni di saldatura, compreso il rispetto della temperatura di preriscaldamento. I punti depositati da personale non qualificato dovranno essere rimossi prima dell'esecuzione della saldatura.

La lunghezza dei tratti di puntatura dovrà essere di almeno 50 mm. Le estremità di tali tratti dovranno essere accuratamente molate e controllate per evitare la presenza di difetti.

Le saldature dovranno essere eseguite con tecnica ad una o più passate, in accordo con le WPS approvate.

Per quanto possibile i componenti dovranno essere saldati a ritiro libero, in modo da ridurre il grado di vincolo durante la saldatura.

Dove possibile le saldature dovranno essere eseguite in piano. Non è consentita la posizione verticale discendente.

In generale i giunti testa a testa dovranno essere saldati senza interruzione fino al completamento di almeno metà dello spessore.

Tutte le tracce di scoria e di flusso residuo di ogni passata dovranno essere rimosse prima della passata successiva.

Fatta eccezione per la posizione verticale ascendente, dovrà essere adottata la tecnica di saldatura a passata stretta.

L'innesco d'arco dovrà avvenire all'interno del giunto, interessando solo le superfici dei lembi.

Nei giunti testa a testa si predisporranno sempre talloni di estremità da rimuovere a fine saldatura.

Le temperature di preriscaldamento e di interpass, in accordo con le WPS approvate, saranno controllate in fase di saldatura con gessetti termometrici o altri mezzi idonei.

Sequenze di saldatura.

I giunti testa a testa trasversali di giunzione delle travi e del fondo, dovranno essere effettuati con sequenza opportuna.

A tal fine dovrà essere prevista, in fase di prefabbricazione, una scucitura tra anima e piattabanda e anima e fondo cassone di almeno 250 mm da ogni lato del giunto, per consentire il corretto allineamento delle lamiere delle piattabande, del fondo e delle anime delle travi.

In cantiere si procederà saldando piattabande e fondo, anime, e infine il tratto di 500 mm anima piattabanda a cavallo del giunto trasversale.

Riparazione dei giunti saldati.

L'eliminazione dei difetti dovrà essere realizzata tramite molatura o scricatura con arc-air seguita da molatura.

Nel caso di impiego di arc-air, si dovrà provvedere ad applicare un preriscaldamento con temperatura di 25°C maggiore di quella adottata per le saldature.

Dopo la scricatura si dovrà verificare con esame visivo e magnetoscopico la completa rimozione del difetto; lo scavo dovrà presentarsi ben raccordato al materiale base circostante.

Le riparazioni saranno effettuate con procedimento a elettrodo rivestito SMAW, da saldatori certificati.

Le riparazioni effettuate dovranno essere ricontrollate al 100% con controllo visivo, e con il controllo non distruttivo più adeguato.

Finitura delle superfici.

In fase di finitura dovranno essere eliminati, tramite molatura, tutti gli spruzzi, le puntature, e tutti gli elementi utilizzati come collegamenti provvisori durante la fabbricazione.

Una volta rimosse le puntature e gli elementi provvisori, si dovrà procedere ad un esame visivo della superficie lavorata e, se necessario, anche ad esame magnetoscopico.

Eventuali colpi d'arco dovranno essere molati.

Unioni Bullonate

I fori per chiodi e bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza), le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale.

I bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per la intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro.

Nelle unioni di strutture normali o ad attrito che potranno essere soggette a vibrazioni od inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi.

Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-chiodo (o bullone) previste dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. in vigore) ; entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone, oltre la tolleranza prevista dal D.M. 17/01/2018 sopracitato, 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 il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi equipaggiate con un meccanismo limitatore della coppia applicata.

Tali meccanismi dovranno garantire una precisione non minore del $\pm 5\%$.

I bulloni dovranno essere montati in opera con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

Si provvederà quindi al serraggio dell'altra estremità dell'elemento con modalità analoghe a quelle su esposte. Si provvederà infine al serraggio di tutti i bulloni con una coppia pari al 100% di quella prevista.

Per ogni unione con bulloni, l'Appaltatore 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, il Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

Connettori e parti annegate nei getti

Ove indicato in progetto, si provvederà ad equipaggiare le membrature in acciaio con appositi connettori per la trasmissione degli sforzi dalle strutture in calcestruzzo a quelle in acciaio.

Il dimensionamento e le modalità di montaggio dei connettori sulle strutture in acciaio dovranno essere eseguiti in accordo alle specifiche indicate DM 17/01/2018.

Le parti destinate ad essere integralmente incorporate nei getti di conglomerato cementizio devono essere soltanto accuratamente sgrassate e sabbiate.

Durabilità

Tutte le strutture in acciaio, laddove di tipo non auto protetto, dovranno essere protette contro la corrosione.

Al fine di evitare ristagni di acqua nella carpenteria metallica si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di infiltrazione, evitando la formazione di punti di ristagno.

Le modalità di controllo (delle vernici e della loro applicazione) saranno le medesime di quelle riportate nell'articolo precedentemente richiamato.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto, in mancanza di indicazioni specifiche il Appaltatore dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

Collaudo tecnologico dei materiali

Tutti i materiali destinati alla costruzione di strutture in acciaio dovranno essere collaudati a cura e spese dell'Appaltatore e sotto il controllo della Direzione Lavori, prima dell'inizio delle lavorazioni.

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato alla costruzione delle travi e degli apparecchi di appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Appaltatore 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 da.

La frequenza delle prove dovrà essere conforme a quanto specificato nel DM 17/01/2018, salvo più restrittive prescrizioni della Direzione Lavori.

La certificazione dei controlli sui materiali farà parte della documentazione da consegnare alla DL.

Ogni lotto deve essere accompagnato da certificazione in accordo alle norme vigenti.

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 per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto.

Tutti gli oneri relativi alle prove e ai collaudi sono a carico dell'Appaltatore.

Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura e spese dell'Appaltatore, apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore.

Di questo verbale verrà consegnato l'originale alla Direzione Lavori.

Un'altra copia verrà conservata dall'Appaltatore che avrà l'obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori, come specificato al successivo paragrafo.

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'Appaltatore.

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, il Appaltatore 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 ogni una delle parti componenti le opere appaltate, quanto per l'insieme di esse, la 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.

Montaggio

L'Appaltatore dovrà, sulla base delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo:

- redigere un piano dettagliato di lavorazione,
- definire le modalità di assemblaggio delle travate;
- definire, per le stesse travate, le modalità di protezione.

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.

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo è previsto negli elaborati di progetto.

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 contofreccia 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.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, il Appaltatore 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.

Prove e controlli in corso d'opera

Tutte le ispezioni e prove saranno eseguite in presenza della DL a cure ed onere dell'Appaltatore.

Controllo delle saldature

Prima delle operazioni di saldatura dovrà effettuarsi un esame visivo dei lembi al fine di riscontrare eventuali discontinuità; qualora vengano riscontrate discontinuità si dovrà procedere ad un esame magnetoscopico. Le discontinuità di modeste dimensioni (2-3m di profondità) saranno asportate tramite molatura, altrimenti riparate con procedimento adeguato. A tal proposito la procedura di riparazione sarà sottoposta alla DL per approvazione.

Le saldature devono essere controllate a cura dell'Appaltatore con adeguati procedimenti (magnetoscopici, radiografici, ultrasuoni, ecc.) e non devono presentare difetti quale mancanza di penetrazione, depositi di scorie, cricche di lavorazione, mancanza di continuità ecc.

I controlli eseguiti devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro identificazione successiva in base alla documentazione.

I collegamenti saldati saranno sottoposti ai seguenti controlli non distruttivi, nelle percentuali indicate:

Giunti a T con cordoni d'angolo e a parziale penetrazione:

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico: 20% delle saldature anima-piattabanda delle travi; 10% delle saldature rimanenti.

Giunti testa a testa a piena penetrazione:

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico: 20% delle saldature;

Esame ultrasonoro: 100% dei giunti tesi ;50% dei giunti compressi trasversali; 25% dei giunti longitudinali di anima e fondo.

Pioli NELSON:

Esame visivo: 100% delle saldature;

Prova di piegamento a 30°: 5% delle saldature.

Esame visivo

Sarà applicato, secondo le modalità della UNI EN 970.

Esame magnetoscopico

L'esame magnetoscopico sarà condotto secondo le modalità della EN UNI 1290.

Esame ultrasonoro.

L'esame ultrasonoro sarà adottato in tutti i giunti a piena penetrazione, e sarà condotto secondo le modalità di classe 1 della norma UNI EN 1714.

Controllo delle unioni bullonate

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 rinserrerà 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.

Controllo dei connettori tipo Nelson

Tutti i pioli saranno sottoposti ad esame visivo per accertare l'assenza di discontinuità nel collarino metallico dopo saldatura.

Eventuali discontinuità saranno ripristinate con elettrodi rivestiti.

Non ammessa la presenza di cricche nelle saldature dei pioli.

Su almeno il 5% sarà eseguita una prova di piega ai sensi delle istruzioni CNR UNI 10016, consistente nel piegamento a 30° a colpi di mazza. In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli testati, tutti i pioli della stessa membratura saranno sottoposti alla stessa prova.

Criteri di accettabilità dei difetti

Per quanto riguarda i controlli non distruttivi di cui sopra, le saldature, in funzione della loro importanza, dovranno soddisfare i seguenti requisiti :

Saldature principali : i giunti di testa, i giunti anima-piattabanda, le nervature trasversali alle piattabande o al fondo, dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B ;

Saldature secondarie : le altre saldature dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità C ;

Saldature dei pioli NELSON : le saldature dei pioli dovranno soddisfare i requisiti della norma CNR 10016-85 Appendice B ;

Estensione dei controlli in caso di esito negativo

Nel caso di esito negativo, i controlli non distruttivi saranno estesi per 1 m da ogni lato del difetto o, nel caso di giunti corti (inferiori a 1 m) a due giunti adiacenti.

Nel caso di ulteriori difetti i controlli saranno estesi al 100% del giunto difettoso.

Nel caso vengano rilevati difetti planari, l'estensione al 100% sarà immediata.

Il ritorno alle percentuali di controllo stabilite dalla specifica sarà deciso dal committente o dai suoi rappresentanti in funzione dell'esito dei successivi controlli.

Collegamenti speciali

I giunti testa a testa di lamiere non previsti a disegno, verranno controllati al 100% con esame visivo (secondo UNI EN 970), magnetoscopico (secondo UNI EN 1290) e ultrasonoro (secondo UNI EN 1714), e verranno riportati sui disegni "as built".

Come criterio di accettabilità, tali giunti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B.

Personale addetto alle ispezioni e controlli delle saldature

I lavori di preparazione, assiemaggio e saldatura degli elementi strutturali in officina ed in cantiere dovranno essere eseguiti sotto la supervisione di un Organismo Indipendente che dovrà mettere a disposizione personale certificato come EWI (European Welding Inspector) con specifica e documentata esperienza nel campo della realizzazione delle strutture metalliche e dei ponti in particolare, con il coordinamento di un EWE (European Welding Engineer).

I controlli non distruttivi dovranno essere condotti da personale dello stesso Organismo Indipendente, certificato di Livello 2 secondo UNI EN 473, sotto la supervisione di un esperto di Livello 3.

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 spesa dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute D.M. 17/01/2018.

ART 8 IMPERMEABILIZZAZIONE MANUFATTI

GENERALITÀ

Ove i disegni di progetto lo prevedano o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno si provvederà alla impermeabilizzazione dell'estradosso di manufatti in conglomerato cementizio, interrati e non, quali i volti delle gallerie artificiali, ponti e viadotti, sottovia ecc.

Tali impermeabilizzazioni saranno effettuate mediante:

- membrane elastiche continue in materiale sintetico;
- cappa di mastice di asfalto sintetico;
- guaine bituminose preformate ed armate;
- bitume modificato con elastomeri ed armato;
- vernici bicomponenti in catrame e resine epossidiche.

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;
- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);
- altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le suaccennate caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di -10° e $+60^{\circ}$ C;
- sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Tutti i materiali per impermeabilizzazioni dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione.

Strutture sovrastanti strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni di qualsiasi genere dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne, ecc.; il convogliamento di acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie. L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti.

Eventuali perdite che si manifestassero, sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dall'Appaltatore, a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture.

Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi sane, regolari, perfettamente pulite, esenti da olii, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia, asciutte e stagionate almeno 20 giorni, per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante. La pulizia sarà ottenuta mediante lavaggio con getti d'acqua in pressione per l'adeguato asporto delle parti incoerenti seguito da una energica soffiatura con aria compressa.

La posa in opera di tutte le impermeabilizzazioni dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie, affinché il supporto sia libero da detriti ed altre irregolarità che possano arrecare danni per punzonamento al manto impermeabile, e comprenderà:

- eliminazione di eventuali asperità, dislivelli, grumi ed imperfezioni in genere mediante bocciardatura, spinta anche a fondo;
- stuccatura di eventuali lesioni o vespai;
- pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione (almeno 50bar).

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

Manto di impermeabilizzazione realizzato con membrana elastica continua in materiale sintetico epossipoliuretano spruzzata in opera

La superficie in calcestruzzo da trattare dovrà risultare priva di prodotti disarmanti, come residui di boiaccia, di eventuali residui di impermeabilizzazione preesistente ed altro. A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, come pure quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato. A questi interventi preparatori dovrà seguire una accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

Primer di adesione

Il primer di adesione dovrà essere costituito da base epossidica ed induritore poliaminoalifatico con solventi, per un residuo secco non inferiore al 60% in peso.

Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera

La membrana impermeabilizzante elastica continua dovrà essere costituita da un copolimero epossipoliuretano con presenza attiva di un terzo polimero elastomerico. Il prodotto deve polimerizzare entro le 24 h dal termine della stesa alle condizioni di temperatura $T \geq 293 \text{ K}$ ed UR $65\% \pm 5\%$.

Il materiale applicato dovrà, a polimerizzazione avvenuta, avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- Densità relativa (riferita al prodotto A+B polimerizzato): $1,15 \pm 0,05 \text{ kg/dm}^3$ (UNI 89-1970).
- Durezza superficiale: $90 \pm 5 \text{ Shore "A"}$ (UNI 4916-74).
- Resistenza a sollecitazione per trazione: minimo 6 Mpa (UNI 8202 par. 8°).
- Allungamento percentuale a trazione: minimo 80% (UNI 8202 par. 8°).
- Elasticità: massimo 15% (verificata come deformazione residua a trazione) (UNI 8202 par. 10°).
- Resistenza alle basse temperature: integrità per avvolgimento su mandrino cilindrico fino a $T = 253 \text{ K}$ (UNI 8202 par. 15°).

Adesione al supporto cementizio: minimo 3 Mpa e per valori inferiori purché risulti una rottura coesiva del supporto (riferito alla superficie di prova) almeno pari al 60% della superficie (ASTM 2197-68).

Mano d'attacco per il collegamento della membrana con la pavimentazione

La mano d'attacco tra membrana e pavimentazione dovrà essere costituita da un bitume modificato con polimeri SBS-R da spruzzare a caldo ($T \geq 180 \text{ }^\circ\text{C}$) in ragione di circa $0,8 \text{ kg/m}^2$ e le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme Tecniche nell'Articolo dedicato alle pavimentazioni in conglomerato bituminoso.

Modalità di applicazione

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra membrana e supporto alla stesa del "primer" applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura, in quantità comprese tra $0,20$ e $0,25 \text{ kg/m}^2$.

Tale stesa si dovrà estendere a tutta la superficie interna dei cordoli ed anche sulla superficie orizzontale degli stessi, qualora essi non siano già stati protetti con guaine bituminose per effettuare il montaggio dei parapetti New Jersey prima dell'impermeabilizzazione dell'impalcato.

Sulla superficie così pretrattata si dovrà procedere all'applicazione della membrana epossipoliuretana elastomerica mediante idonee apparecchiature automontate ed automatiche che garantiscano, oltre che potenzialità di lavoro adeguata, il controllo dei quantitativi di stesa.

La realizzazione della membrana dovrà essere fatta mediante l'applicazione di un quantitativo di prodotto medio di $2,9 \div 3,1 \text{ kg/m}^2$ (spessore secco $2,5 \text{ mm}$) tale da garantire una elevata protezione all'azione delle acque meteoriche e degli agenti aggressivi in soluzione (sali fondenti antigelo). La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

La posa in opera dell'intero ciclo impermeabilizzante non verrà effettuata quando, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche saranno tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 10°C .

Non prima di 12 h dal termine della stesa della membrana impermeabile, nel caso di temperature $\geq 20^\circ\text{C}$, dovrà seguire l'accurata ed uniforme applicazione della mano di attacco e di collegamento alla pavimentazione nella quantità di $0,8 \text{ kg/m}^2$.

Detto materiale dovrà essere spruzzato anche sulla parte verticale interna dei cordoli che sarà coperta dalla pavimentazione.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 Mpa in permeometro, a 333 K per 5 h , anche nelle zone di giunto.

Cappa di mastice di asfalto sintetico

Materiali

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte verrà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm .

Il mastice d'asfalto dovrà avere la seguente composizione:

Legante:

dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epureè in rapporto di 5 a 2 in peso.

In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 19% in peso sulla miscela degli aggregati (corrispondenti al 13% - 16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asfaltico.

Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra $-0,1 < IP < +0,1$ calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50V}$$

in cui:

$v = \log 800 - \log$ penetrazione a 298 K;

$u =$ temperatura di P. e A. in K detratti 298 K;

Filler:

dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI (ASTM n 80) e per il 90% al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200 granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela degli aggregati.

Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 K superiore a quello del bitume puro;

Sabbia:

dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0,075 UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli aggregati;

Miscela finale:

la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra 18 e 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5% ed il 7% ($V_b - V = 5 - 7$ in cui V_b è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle Norme sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 373 e 388 K.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori tra 373 e 403 K.

L'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove previste nelle presenti Norme.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Modalità di applicazione

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia): prima dell'applicazione del mastice si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

Eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.

Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori da emulsione bituminosa al 50-55% o da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P.e A. 358-363 K), in opportuni solventi selettivi additivati di miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di 0,5-0,7 Kg/m² nel primo caso e di 0,35-0,50 Kg/m² nel secondo.

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura di 473 K (± 10 K); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando a giudizio della Direzione Lavori le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 281 K.

Il mastice asphaltico dovrà essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare e di spessore costante.

Sulla parete interna dei cordoli dovrà essere applicata a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una guaina bituminosa preformata dello spessore di 4-5 mm, avente i requisiti di cui al paragrafo dedicato alle guaine bituminose preformate armate, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 250 g/m².

La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo. In corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento sarà curata la sede di appoggio della guaina come da dettagli indicati nel punto successivo.

In alternativa al sistema con le guaine potrà essere usato un cordone preformato in mastice bituminoso del tipo TOK-BAND a sezione rettangolare, da far aderire con fiamma in corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento e che si sciolga con il calore stesso dell'impermeabilizzazione.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in conglomerato cementizio con degli stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei conglomerati cementizi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia almeno di 413 K in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto.

Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere eseguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione:

Procedura I:

- a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483-503 K;
- b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso portato alla temperatura di 423-433 K;
- c) mescolazione dell'impasto per almeno 5 min;
- d) scarico dell'impasto in una apposita caldaia (cooker) coibentata, munita di sistema di riscaldamento e di apposito agitatore;
- e) mescolazione dell'impasto nella caldaia, per un tempo non inferiore a 30 min, alla temperatura di 473-483K onde ottenere l'intima miscela del bitume col filler.

Procedura 2:

- a) introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso, e miscelazione alla temperatura di 473 K per almeno 30 min, fino ad ottenere l'intima miscelazione del bitume col filler;
- b) aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura di 473-483 K, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.

La procedura da adottare sarà scelta subordinatamente alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori, in ambedue i metodi di confezionamento occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anche esse di agitatore meccanico e apposito impianto di riscaldamento.

Guaine bituminose preformate armate

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine preformate bitume-polimero, a base di bitume distillato, plastomeri, elastomeri e armatura in tessuto non tessuto di poliestere puro a filo continuo da non meno di 250 g/m². Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco

Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione

L'Appaltatore dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni delle guaine che intende adottare e dei materiali componenti per essere sottoposti, a cura e spese della stessa, alle prove di idoneità che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche indicate nel seguito, i materiali saranno rifiutati e l'Appaltatore dovrà allontanarli a sua cura e spese.

Primer di adesione al supporto

Il primer di adesione alle superfici in conglomerato cementizio sarà costituito da soluzioni in opportuni solventi selettivi di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P. e A. 358-363 K); sarà additivato con miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo della evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Il primer dovrà essere steso soltanto mediante spazzoloni, su superfici asciutte, prive di residui di lavorazione, oli grassi e polveri, o rese tali. La percentuale di bitume e butadiene presenti nel primer all'atto della stesa sarà compresa tra il 25 ed il 50% in relazione alle condizioni della soletta. La quantità del primer messo in opera sarà compresa tra 350-500 g/m².

L'adesione del primer alla soletta non dovrà risultare inferiore a 0,2 MPa misurati in senso perpendicolare a quest'ultima (prova di trazione) a velocità di deformazione costante di 1,27 mm/min e temp. di 293 K (\pm 5 K).

La viscosità del primer, misurata in "tazza" FORD 4 a 298 K, dovrà essere compresa tra 20 e 25 s (primer con 50 % di residuo secco).

La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del solvente. Il tempo di essiccazione a 20° con umidità relativa pari al 65% sarà pari a circa 3 ore.

Massa bituminosa della guaina

Sarà di tipo plastomerico o elasto-plastomerico.

Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale.

La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito, da accertare con prove di qualificazione:

- punto di rammollimento P. e A.: ≥ 423 K;
- punto di rottura Frass: 258 K;
- massa volumica del compound $< 1,00$ kg/dm³;
- penetrabilità DOW a 298 K (con peso 100 g a 299 K): 20 - 30 dmm.

La non rispondenza a quanto sopra comporterà il rifiuto delle guaine.

Armatura delle guaine

Sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo coesionato mediante agugliatura ed avente le caratteristiche di seguito riportate, da accertare con prove di qualificazione.

Saranno ammesse anche guaine con armatura mista in geotessile non tessuto in poliestere e rete o velo in fibra di vetro (o altro materiale non putrescibile).

Dalle prove di qualificazione del tessuto non tessuto dovranno risultare i seguenti valori:

- peso (UNI 5114) > 250 g/m²
- resistenza a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639) ≥ 18 kN/m
- allungamento (UNI 8939) $> 60\%$
- lacerazione (UNI 8279/9) $\geq 0,5$ kN
- punzonamento (UNI 8279/9) ≥ 3 kN
- inalterabilità all'azione anche prolungato di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microorganismi
- perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa

Guaina preformata

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa.

Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente a prove dalle quali dovrà risultare la rispondenza ai requisiti sottoelencati (con le tolleranze secondo UEAtc):

- massa areica (UNI 8202/7):
 - guaina di spessore non minore di 5 mm $< 5,300$ kg/m²
 - guaina di spessore non minore di 4 mm $< 4,300$ kg/m²
- comportamento a trazione (UNI 8202/8):
 - resistenza longitudinale ≥ 18 kN/m
 - resistenza trasversale ≥ 16 kN/m
 - allungamento a rottura $\geq 50\%$
- resistenza alla lacerazione (UNI 8202/9, metodo B):
 - longitudinale 0,16 kN
 - trasversale 0,17 kN
- punzonamento statico (UNI 8202/11):
classe di resistenza/carico sopportato su sfera $\varnothing 10$ mm
 - su supporto rigido Ps4 > 25 kg
 - su supporto non rigido Ps4/ > 25 kg
- flessibilità a freddo su mandrino (UNI 8202/15) -20°
- scorrimento a 343 K (UNI 8202/16) < 1 mm
- impermeabilità all'acqua (UNI 8202/21) > 100 kPa
- stabilità di forma a caldo (UNI 8202/18) ≥ 140 °C

- resistenza all'ozono (UNI 8202/28)

nessuna screpolatura dopo la prova

Tali prove dovranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere. Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sui campioni inviati in laboratorio o sui materiali in cantiere.

Qualora anche una sola delle prove dia esito negativo la guaina sarà rifiutata e la partita dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

Le prove elencate necessarie alla qualificazione delle guaine, potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali effettivamente messi in opera.

Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sul campione inviato o ricostituito in laboratorio, o sui materiali in cantiere.

Modalità di posa in opera e prove sul prodotto finito

Per le modalità di preparazione delle solette valgono le prescrizioni dei precedenti punti.

Le guaine saranno incollate, previa fusione con fiamma, al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

I teli saranno posati con sormonto di 10cm longitudinalmente e 15cm trasversalmente, saldati a fiamma di gas propano al piano di posa e quindi risvoltati verso l'alto sui cordoli ed incollati a fiamma sulle parti verticali e/o orizzontali per una lunghezza di almeno 15cm misurata a partire dalla pavimentazione carrabile. Il lembo esterno della guaina sarà infine saldato al cls a mezzo di mastice bituminoso.

In corrispondenza del punto d'incontro soletta-cordolo sarà curata la sede di appoggio della guaina creando un cordone d'angolo in cls o in malta di lato pari a 5,00cm.

Ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, verrà adottato uno dei metodi di posa in opera di seguito descritti:

metodo di posa n° 1:

da adottare indicativamente nel caso di solette lisce, regolari, ben asciutte e stagionate, con temperatura media diurna dell'aria non minore di 10°C.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm, armata con geotessile non tessuto in poliestere, verrà posta in opera direttamente sul primer di attacco alla soletta.

metodo di posa n° 2:

da adottare indicativamente nel caso di solette con superfici sciolari o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate, con temperatura media diurna dell'aria minore di 10°C.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm e di larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere, verrà posta in opera previa spalmatura, sul primer di attacco alla soletta, di 1,00 kg/m² di materiale bituminoso avente le stesse caratteristiche di quello formante la guaina.

In ambedue i casi descritti la adesione della guaina al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1,00 MPa in permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

Manto di impermeabilizzazione continuo realizzato in opera con bitume modificato con elastomeri ed armato con tessuto non tessuto

Materiali

Il manto impermeabile continuo sarà costituito dai seguenti materiali:

- Primer, dovrà essere impiegato bitume con modifica tipo “soft” spruzzato a caldo a temperature non inferiori a 453K (± 10 K), le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso).
- Legante, sarà costituito da doppio strato di bitume modificato con polimeri di tipo C, le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso). Il primo strato sarà sottoposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 2,00mm in alcun punto. Il secondo strato sarà sovrapposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 1,00mm in alcun punto.
- Armatura, sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agogliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi UV. Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco.

Le caratteristiche del geotessile dovranno essere:

- Peso del tessuto non tessuto ≥ 200 g/m²;
- Resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 293 K non inferiore a 400 N (ASTM-D 1682);
- Perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.

I sormonti dell'armatura saranno non inferiori a 15,00cm.

Modalità esecutive

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo “airless” e con adeguata apparecchiatura.

Sulla superficie così pretrattata verrà realizzato il manto impermeabile costituito da una armatura di tessuto non tessuto applicato sulla mano di legante steso in precedenza, nella quantità minima di 1,0÷1,5 kg/m², curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

Successivamente, dopo la stesa del tessuto non tessuto, verrà applicata una seconda mano di legante. La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile dopo la stesa e la compattazione su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeometro, a 333 K, per 5 h, anche nelle eventuali zone di giunto.

Vernici bicomponenti in catrame e resine epossidiche

Sistema protettivo a base di vernici reattive bicomponenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcato in acciaio a piastra ortotropa

Pianificazione

Prima di iniziare i lavori sul campo, l'Appaltatore è tenuto a redigere una serie di documenti che costituiranno il supporto tecnico per l'esecuzione del lavoro.

Tali documenti avranno i seguenti contenuti:

MATERIALI

Verrà prodotta una lista dei materiali da impiegare per l'esecuzione delle varie lavorazioni. Tale lista sarà integrata dalle relative schede tecniche per materiali da acquistare confezionati e sottoposti ad approvazione da parte del direttore dei lavori.

ATTREZZATURE

Verrà prodotta una lista delle attrezzature che l'Appaltatore intenderà introdurre ed utilizzare nel cantiere per la realizzazione del lavoro per ogni sua fase, ne verranno indicate le marche, la condizione, ed i tempi di reperibilità dei pezzi di ricambio.

ORGANIZZAZIONE

Verrà presentato un dettagliato modus operandi per l'esecuzione del lavoro nelle sue varie fasi, con riferimento alla composizione delle squadre, alla produttività delle macchine, alle condizioni di lavoro in relazione alle caratteristiche climatiche ed ambientali, ed ai tempi di produzione, trasporto, lavorazione o messa in opera dei materiali.

CONTROLLO QUALITÀ

Verrà instaurato un sistema di controllo qualità che fornirà elementi in merito a:

- Procedure di qualificazione materiali.
- Procedure operative
- Procedure d'ispezione
- Procedure di rintracciabilità

Al termine di tutti questi adempimenti verrà redatto un programma lavori che tenga presente le condizioni di installazione e funzionalità del cantiere, modus operandi, rate di produzione, avanzamenti.

Elementi protettivi dalla corrosione dell'impalcato

Sistema protettivo a base di vernici reattive bicomponenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcato in acciaio a piastra ortotropa previa preparazione della superficie dell'impalcato.

Il sistema protettivo deve garantire:

- Impermeabilità all'acqua sotto tutte le condizioni, tanto per la piastra, quanto per tutti i suoi angoli, i suoi bordi, gli elementi che lo delimitano ed i particolari che lo compongono.
- Stabilità meccanica sotto lo sforzo dei carichi del traffico sia per azioni di compressione, che taglianti, tanto in curva che in condizioni di arresto o di accelerazione dei veicoli.
- Resistenza alla formazione di fessure o di stratificazioni e distacchi in generale dovuti tanto all'azione del traffico quanto al movimento degli strati sottostanti o dal supporto.
- Mantenimento delle proprietà di impermeabilità e meccaniche in condizioni di carico di esercizio del traffico, delle azioni degli agenti atmosferici, di agenti chimici ed in particolare delle sostanze anticongelanti ed altri fattori deleteri in generale.
- Compatibilità tra i vari costituenti e con i materiali con i quali gli elementi dell'impermeabilizzazione e della pavimentazione vengono a contatto.
- Resistenza a carichi teorici o meccanici di ogni strato durante l'applicazione dello strato successivo.

Le specifiche che seguono vanno dunque considerate come requisiti minimi da soddisfare, ma l'accettazione finale contrattuale del lavoro dipenderà dall'aver conseguito o meno i requisiti sopra menzionati.

Materiali

Graniglia metallica

Verrà impiegata per la granigliatura della superficie. Sarà di tipo spigoloso la granulometria verrà stabilita mediante prove sul campo in maniera tale da conseguire il profilo di rugosità prescritto per l'applicazione dei primers.

Abrasivo minerale

Verrà impiegato per le eventuali operazioni di sabbiatura di quei particolari non eseguibili con granigliatrici meccaniche, avrà granulometria da stabilire mediante prove sul campo in maniera tale da conseguire il profilo di rugosità prescritto per l'applicazione dei primers. Sarà del tipo consentito dalle vigenti normative ed indicazioni tecniche di sicurezza contro il rischio da silicosi.

Impermeabilizzante

Vernice epossicatrame in solvente per protezione antiacida di superfici in acciaio resistente all'acqua dolce e salata, agli acidi ed alcali diluiti, ai sali neutri, agli oli minerali e combustibili, agli oli grassi, ai detersivi ecc. e resistente alle seguenti temperature: fino a 100° di calore secco e fino a 60° di calore umido (anche acqua calda).

Esecuzione del lavoro

Preparazione della superficie

La tecnica da prediligere è la granigliatura mediante macchine granigliatrici a turbina con aspirazione e filtraggio automatico delle polveri.

Il grado di sabbiatura dovrà essere Sa 2,5 secondo ISO 8501 e DIN 55928 sul 100% della superficie. Aree minori (meno di 100 cm²) potranno essere accettate solamente se ammonteranno complessivamente a meno del 5% della superficie totale lavorata per ogni rata di produzione.

Particolare attenzione verrà dedicata alla granigliatura dei cordoni di saldatura tra le lamiere.

La sabbiatura mediante sabbiatrici ad aria compressa deve avvenire su aree contenute.

La superficie trattata deve presentarsi rugosa.

Prima della granigliatura si dovrà procedere alle operazioni di pulizia e sgrassaggio della superficie. Le condizioni ambientali saranno tali da mantenere la temperatura del supporto superiore a 0° C e comunque conforme al criterio del dew -point con scarto di 3° C. L'umidità relativa non potrà superare l'80% altrimenti le operazioni di granigliatura non potranno avere inizio. In presenza di condizioni ambientali avverse sarà possibile il ricorso a strutture di riparo mobili, (capannoni mobili), che permettano di ricostituire i parametri ambientali ideali alla esecuzione dei lavori. Il ricorso a tali strutture di riparo non costituirà onere aggiuntivo per la committenza. I tempi di mantenimento del supporto sabbiato saranno dettati dalle schede tecniche del produttore.

Particolari procedure verranno sviluppate dall'Appaltatore in merito all'accettazione della superficie ed a una risabbiatura di superfici già sabbiate.

Applicazione di impermeabilizzante

L'impermeabilizzante deve essere applicato a spruzzo airless praticabile con spruzzatori con una pressione di 150 bar, ugelli con foro di 0.66 mm, angolo di spruzzo di 80°. Si applicheranno due mani di

vernice secondo le prescrizioni della casa fornitrice per quanto riguarda preparazione del prodotto, miscelazione dei componenti, temperature e tempi di applicazione, tempo di attesa tra le mani.

Particolari procedure verranno redatte per stabilire le modalità delle riparazioni e della accettazione della superficie.

L'impermeabilizzante steso non deve venire danneggiato dal traffico o da qualsiasi fattore prima di essere ricoperto da sabbia e dallo strato di pavimentazione bituminosa particolare attenzione dovrà essere rivolta ad evitare perdite di olio o di qualsiasi altro possibile solvente del bitume.

SPECIFICHE DI CONTROLLO

Prima di procedere alle operazioni di posa in opera delle impermeabilizzazioni, l'Appaltatore dovrà presentare alla D.L. la documentazione relativa alle certificazioni delle prove di prequalifica, in accordo a quanto indicato nel presente articolo.

La documentazione dovrà essere trasmessa alla D.L. prima della messa in opera dell'impermeabilizzazione.

Prove di accettazione

Tali prove saranno effettuate in sede di prequalifica, e durante la posa in opera per ogni 4000 m² di manto realizzato con il minimo di almeno 1 prova per ogni opera d'arte o manufatto. Tali prove potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere.

Controlli sulla posa in opera

Durante le fasi di posa in opera, che avverrà secondo le indicazioni riportate nel presente articolo, si dovranno effettuare i controlli indicati nei precedenti capitoli, nonché dei controlli di seguito riportati. Gli esiti e le certificazioni di queste verifiche dovranno essere riportati in apposito registro.

A) Manti realizzati in opera

- verifica delle condizioni ambientali;
- verifica della pulizia delle superfici di applicazione;
- verifica della omogeneità di distribuzione del mastice;
- verifica delle certificazioni, di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;
- verifica degli spessori;
- verifica della miscela alla composizione prevista.

B) Manti in guaine preformate

- verifica delle condizioni ambientali;
- verifica della pulizia e regolarizzazione delle superfici delle superfici di applicazione;
- verifica della omogeneità di distribuzione del primer;
- verifica delle certificazioni, di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;
- verifica degli spessori.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della formazione della pavimentazione. Le prove saranno effettuate in presenza della DL.

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una ogni 4 campate a scelta della DL (con un minimo di una prova per opere con meno di 4 campate).

La prova consiste nello strappo di 6 piastrine metalliche di diametro compreso tra 5,00 e 10,00cm. Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla DL ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a

200cm. L'adesione delle piastrine al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbiatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrine dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

- ogni punto di prova avrà adesioni superiori a $0,80 \text{ kg/cm}^2$
- il valor medio di tutte le prove dovrà essere superiore a $1,00 \text{ kg/cm}^2$.

In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione per la campata in esame e si ripeteranno le prove per le campate adiacenti non investigate con le stesse modalità di accettazione.

Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso del manto e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo.

Le prove e gli eventuali ripristini e demolizioni della impermeabilizzazione, nonché i ripristini della impermeabilizzazione sottoposta a test, saranno a cura ed onere dell'Appaltatore.

ART 9 CONGLOMERATI CEMENTIZI

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al DM 17 gennaio 2018, emanate in applicazione all'art. 52 del DPR n° 380 del 06/06/2001.

In particolare le verifiche e le elaborazioni saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- del Decreto del Presidente della Repubblica n° 380 del 6 giugno 2001, "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001)
- del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4-2-2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- del D.M. Infrastrutture 17 Gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare esplicativa 21 Gennaio 2019 alle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

Gli elaborati di progetto, dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo (come meglio specificato nel seguito) ed i tipi di acciaio da impiegare.

CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Tutti i calcestruzzi impiegati saranno a "prestazione garantita", in conformità alla UNI EN 206-1. Ciascuna tipologia di conglomerato dovrà soddisfare i seguenti requisiti in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206-1 in base alla classe (ovvero alle classi) di esposizione ambientale dell'opera cui il calcestruzzo è destinato:

- massimo rapporto (a/c);
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- classe di consistenza o indicazione numerica di abbassamento al cono ovvero, nei casi previsti al punto 6.3, classe di spandimento alla tavola a scosse;
- aria aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4);
- contenuto minimo di cemento al m³;
- tipo di cemento (solo quando esplicitamente richiesto dalle norme succitate);
- diametro massimo (D_{MAX}) nominale dell'aggregato;
- classe di contenuto in cloruri del calcestruzzo (secondo il § 5.2.7 della UNI EN 206-1).

Nella Tabella I sono riportate le tipologie di conglomerato ed i loro campi di impiego in via generale. Resta inteso che le indicazioni del Progettista, qualora differenti, sono comunque vincolanti.

Tabella I — Tip olog. ir. di enlrest-i-i..o

		(UNI 11104-grasp.1)	(UNI 11104-prosp. 4)							
Tipo	Campo < mpego	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento [tgg/m ³]	Contenuto di Dec aria in °1 (solo per CidSSI XF2, XF3 e XF4)	mm	Classe di consistenza	lipo di cemento (se necessario)	Classe contenuto in cloruri
I-A	strutture di fondazione armate quali plinti, cordoli, pali, travi rovesce, paratie, platee, blocchi di ancoraggio, diaframmi e muri interrati in terreni non aggressivi	XC2	C (25/30)	0.60	300		32	54		CI04
I-B	strutture di fondazione armate (come I-A) di grande spessore *	XC2	C (25/30)	0.60	300		32	54	LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 :2007	CI 0.4
11-A	strutture orizzontali di ponti, viadotti, cavalcavia, sohovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m: impalcati, Colette, marciapiedi, barriere e sicun/ia	XC4	C (32/40)	0.50	340		32	SS owerò 230+30 mm		CI04
11-B	strutture orizzontali di ponti, viadotti, cavalcavia, sohovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m soggetti a clima rigido e a sali disgelanti: impalcati, Colette, marciapiedi, barriere e sicun/ia	XC4 XF4 XD3	C (28/35)	0.45	360	5 + 0.5	32	SP owerò 230+30 mm		CI 0.2
II-C	strutture orizzontali di ponti, viadotti, cavalcavia, sohovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m situati lungo zone costiere: impalcati, solette, marciapiedi, barriere e sicurvia	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340		32	SS owerò 230+ 30		CI 0.2
11-1-A	strutture verticali di ponti, viadohi, cavalcavia, sohovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m: pile, pulvini, spalle, muriaccessori	XC4	C (32/40)	0.50	340		32	54		CI04

Tipo	Campi di impiego	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento	Contenuto di Duxx aria in % (solo per classi XF2, XF3 e XF4)	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe contenuto in cloruri
III-B	strutture verticali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m soggetti a clima rigido e a sali disgelanti: pile, pulvini, spalle, muri accessori	XC4 XF2 XD3	C (28/35)	0.45	360	5 + 0.S 32	S4		Cl 0.2
III-C	strutture verticali di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli con luci superiori agli 8.00 m situati lungo zone costiere: pile, pulvini, spalle, muri accessori	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	32	S4		Cl 0.2
IV-A	porzioni in elevazione di muri di sottoscarpa e controripa in c.a. - ponticelli con luce inferiore a 8.00 m - tombini scapolari - cunete e cordoli laterali	XC4	C (32/40)	0.50	340	32	S4		Cl 0.4
IV-B	porzioni in elevazione di muri di sottoscarpa e controripa in c.a. soggetti a clima rigido - ponticelli con luce inferiore a 8.00 m - tombini scapolari - cunete e cordoli laterali	XC4 XF2 XD1	C (28/35)	0.45	360	5 + 0.S 32	S4		Cl 0.2
V	strutture di elevazione di grande spessore: pile da ponte e muri di sostegno, che in servizio sono esposti all'azione della pioggia in zone a clima temperato e rigido	XC4	C (32/40)	0.50	340	32	S4	LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 :2007	Cl 0.4
VII	muri di sottoscarpa e controripa in calcestruzzo semplice o debolmente armato (fino ad massima di 30 kg/m³) - fondazioni non armate (pozzi, sottopile, etc.) - rivestimenti di tubazioni (tombini tubolari, etc.) - prismi per difese spondali	X0	C (20/25)	0.65	260	32	S4		Cl 0.4

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del DM 17-01-2018. In particolare per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile. Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione. Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

Cemento

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. dovranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2007. Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2007. Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Controlli sul cemento

Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al § 3.1. Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE. Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai Documenti di Trasporto dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto per la realizzazione dei calcestruzzi.

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato (di cui al punto 4.2). Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7. L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; il campionamento sarà effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento. Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato. Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio di cui all'art 59 del D.P.R. n. 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

Aggiunte

Per le aggiunte di tipo I (praticamente inerti) si farà riferimento alla norma UNI EN 12620. Per le aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) si farà riferimento alla UNI 11104 § 4.2 e alla UNI EN 206-1 § 5.1.6 e § 5.2.5. La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele di cui al successivo punto 4 e, in seguito, ogni qualvolta la Direzione dei Lavori ne faccia richiesta.

Ceneri volanti

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato. Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente (di cui al § 6.4) il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450, come definito al § 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1, verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104 di seguito riportato.

Tabella II - Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prospetto 3, UNI 11104)

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM II/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IV/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM V/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parti 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida (c.d. "slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa, oppure in sacchi di premiscelati contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

In deroga a quanto riportato al § 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206-1 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

fumo di silice ≤ 7% rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del valore di k. Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto $\leq 0,45$ $k=2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $>0,45$ $k = 2,0$ eccetto $k = 1,0$ in presenza delle classi di esposizione XC e XF

La quantità (cemento + k * quantità fumo di silice, c.d. contenuto di cemento equivalente) non deve comunque risultare inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (o delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori e dall'Impresa. In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo. L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla D.L. ad ogni eventuale cambiamento di cava. Gli aggregati saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2). La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m³. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché siano continuamente rispettate le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 Kg/m³. Per i calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore di C(50/60) dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 kg/m³. Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520-2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare: -il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista

dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente dal fatto che l'aggregato sia grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);

-il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;

-gli aggregati non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nella UNI 8520 parte 2.

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo nel rispetto delle prescrizioni imposte dal § 11.2.9.2 del DM 17-01-2018, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito.

Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

Additivi

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

E' onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto: in ogni caso dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali. Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 °C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri (cfr. punto 8.3.1). Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

QUALIFICA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

In accordo al DM 17-01-2018 per la produzione del calcestruzzo si possono configurare due differenti possibilità:

- calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;
- calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.

Le miscele, se prodotte con un processo industrializzato di cui meglio si specifica nel seguito, non necessitano di alcuna prequalifica, che si richiede invece per conglomerati prodotti senza processo industrializzato.

Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato

Tale situazione si configura unicamente nella produzione di quantitativi di miscele omogenee inferiori ai 1500 m³, effettuate direttamente in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati. In tal caso la produzione deve avvenire sotto la diretta responsabilità dell'Impresa e con la diretta vigilanza della Direzione dei Lavori. In questo caso, l'Impresa è tenuta ad effettuare la qualificazione iniziale delle miscele per mezzo della "Valutazione preliminare della Resistenza" (§ 11.2.3 del DM 17-01-2018) prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che sarà utilizzata per la costruzione dell'opera (indicata in tabella I). La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Nella relazione di prequalifica l'Impresa dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documentazione comprovante la marcatura CE dei materiali costituenti

-massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520; -diametro nominale massimo degli aggregati e studio granulometrico;

-tipo, classe e dosaggio del cemento;

-rapporto acqua-cemento;

-massa volumica del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;

-classe di esposizione ambientale cui è destinata la miscela;

-tipo e dosaggio degli eventuali additivi; -contenuto di aria della miscela;

-proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;

-classe di consistenza del calcestruzzo; -resistenza caratteristica a compressione a 28 gg. (R_{ck}) e risultati delle prove di resistenza a compressione;

-curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 3-28 giorni, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione Lavori);

-caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature; -sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

La relazione di prequalifica, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura in tabella I, dovrà essere sottoposta all'esame della Direzione dei Lavori almeno 30 giorni prima dell'inizio dei relativi getti. La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato detta relazione e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella I. Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, non si discosti di $\pm 10\%$ dal valore indicato nella relazione di prequalifica.

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

In conformità al § 11.2.3 del DM 17-01-2018 si ribadisce che la responsabilità della qualità finale del calcestruzzo, che sarà controllata dalla Direzione Lavori secondo le procedure di cui al punto 6.2.1, resta comunque in capo all'Impresa.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di prequalifica, non potranno essere modificati in corso d'opera. Qualora eccezionalmente si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di prequalifica dovrà essere ripetuta.

Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato

Tale situazione è contemplata dal DM 17-01-2018 al § 11.2.8, dove si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato il conglomerato realizzato mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia all'interno del cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, due tipologie di produzione del calcestruzzo:

calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi esterni al cantiere (impianti di confezionamento o di prefabbricazione);

calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate al confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto. Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dal DM 17-01-2018 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera. Tale sistema di controllo, chiamato "controllo della produzione in fabbrica", deve essere riferito a ciascun impianto ed è sostanzialmente differente dall'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale al quale, tuttavia, può essere affiancato.

Il sistema di controllo dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, e che operi in coerenza con la UNI EN 45012. Quale riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo confezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche reologiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo confezionato. L'organismo di certificazione, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, procederà a verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa dovrà soltanto consegnare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei getti, copia dell'attestato di certificazione del sistema di controllo di produzione in fabbrica; qualora le forniture provengano da impianti di confezionamento esterni al cantiere ed estranei all'Impresa, quest'ultima sarà tenuta a richiedere copia dell'attestato di cui sopra al produttore di calcestruzzo. La Direzione Lavori verificherà

quindi che i documenti accompagnatori di ciascuna fornitura in cantiere riportino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno la Direzione dei Lavori potrà comunque richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (ad es. certificazione della marcatura CE dei materiali costituenti).

CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza delle caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati con quelle descritte al punto 6, definite nella tabella I e garantite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Impresa dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati per l'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o presso l'impianto di confezionamento, ad eccezione delle eventuali determinazioni chimiche e dei controlli di cui al punto 6.2.1 che dovranno essere eseguite presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO ALLO STATO FRESCO E INDURITO

Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a non meno di tre classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire la massima densità dell'impasto, garantendo i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai punti seguenti. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio il pompaggio), quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione nominale massima dell'aggregato (D_{max}) è funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera. Essa sarà definita dalle prescrizioni di progetto per ciascuna tipologia di calcestruzzo (cfr. tabella I).

Resistenza dei conglomerati cementizi

Si farà riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17-01-2018. In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione, il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (f_{ck}) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (R_{ck}).

Controlli di accettazione

La Direzione dei Lavori eseguirà i controlli di accettazione, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del DM 17-01-2018, su miscele omogenee di conglomerato come definite al §11.2.1 del citato Decreto.

I controlli saranno classificati come segue:

- tipo A;
- tipo B (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m³).

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m³ di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel DM 17-01-2018 e nella norma UNI-EN 206-1. Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori.

In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3. Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti. La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla Direzione Lavori al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

1. Identificazione del campione:

- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.);

2. Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;

3. Data e ora di confezionamento dei provini;

4. Firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'Impresa in ottemperanza del punto 5 del presente Capitolato, appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni. Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine i provini dovranno essere consegnati presso il Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20±2 °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20±2 °C ed umidità relativa superiore al 95%. Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua. L'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio, nonché del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo presso detto Laboratorio unitamente ad una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale indicherà la posizione e il tipo di strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al § 11.2.5.3 del DM 17-01-2018.

Prove complementari

Qualora la Direzione dei Lavori, per esigenze legate alla logistica di cantiere, alla rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa o alla messa in tensione dei cavi di precompressione, dovesse prescrivere l'ottenimento di un determinato valore della resistenza caratteristica in tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature di maturazione diverse dai 20 °C, oltre al numero di provini previsti per ciascun controllo di accettazione (di cui al punto 6.2.1) sarà confezionata un'ulteriore coppia di provini con le medesime modalità, fatta eccezione per le regole di conservazione dei campioni. Essi, infatti, saranno maturati in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e/o temperature inferiori ai valori suindicati.

Si specifica che tali prove complementari non potranno in alcun caso sostituire i "controlli di accettazione" definiti al punto 6.2.1.

Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera

Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza ai valori di resistenza prescritti del calcestruzzo già messo in opera, la Direzione Lavori procederà ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del DM 17-01-2018).

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale ($R_{m,STIM}$), misurata con le tecniche distruttive e/o non distruttive ritenute più opportune da parte della D.L. e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto secondo il DM 17-01-2018.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005 nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Qualora dalle prove in opera non risultasse verificata la condizione succitata si procederà, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base del valore caratteristico della resistenza strutturale rilevata sullo stesso ($R_{k,STIM}$). Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la resistenza è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge. Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica rilevata in opera.

Viceversa, nel caso in cui la resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, la Direzione dei Lavori valuterà come procedere in base alle seguenti ipotesi: -consolidamento dell'opera o delle parti interessate da non conformità, se ritenuto tecnicamente possibile dalla D.L. sentito il progettista, con i tempi e i metodi che questa potrà stabilire anche su proposta dell'Impresa. Resta inteso che la decisione finale sarà in capo alla D.L.; -demolizione e rifacimento dell'opera o delle parti interessate da non conformità.

Tutti gli oneri relativi agli accertamenti di cui sopra, compresi gli eventuali consolidamenti, demolizioni e ricostruzioni, restano in capo all'Impresa.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa nel caso in cui il valore caratteristico della resistenza strutturale dovesse risultare maggiore di quella indicata nei calcoli statici, nei disegni di progetto e in tabella I della presente Sezione.

Si specifica, inoltre, che la conformità nei riguardi della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera; pertanto, qualora non fossero rispettate le richieste di durabilità, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa di mettere in atto tutti gli accorgimenti (ad es. ricoprimento delle superfici con guaine, protezione con vernici o agenti chimici nebulizzati, ecc.) che saranno ritenuti opportuni e sufficienti alla garanzia della vita nominale dell'opera prevista dal progetto.

Tutti gli oneri derivanti dagli interventi anzidetti saranno a carico dell'Impresa.

Pianificazione delle prove in opera

Le aree di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove non distruttive, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine. Le aree ed i punti di prova debbono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi: pertanto si farà riferimento al giornale dei lavori ed eventualmente al registro di contabilità per identificare correttamente le strutture o porzioni di esse interessate dalle non conformità

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati. La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo. Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto.

Predisposizione delle aree di prova

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme di cui al punto 6.2.3 contestualmente alle indicazioni del produttore dello strumento di prova. In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ...) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse, sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ...), sia di polvere ed impurità in genere. L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie non rimosibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova devono essere localizzati in modo puntuale, qualora si voglia valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda, al momento della consegna in cantiere, la lavorabilità prescritta in progetto e riportata per ogni specifica tipologia di conglomerato nella tabella I.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con la Direzione dei Lavori la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate al punto 6.2.1. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,3 m³ di calcestruzzo, e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

In particolare la lavorabilità del calcestruzzo dovrà essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 230 mm;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 230 mm.

Se il conglomerato cementizio viene pompato il valore della lavorabilità dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa, fermo restando quanto specificato al punto 8.2.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta 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 unica responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione della Direzione Lavori: -respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'Impresa); -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; tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'Impresa.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione purché esso possieda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti.

Rapporto acqua/cemento

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

- (a_{agg}): quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (cioè del tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- (a_{add}): aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

(a_m): aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/autobetoniera; ottenendo la formula:

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

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

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

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati nell'espressione precedente sono:

- c: dosaggio di cemento per m³ di impasto;
- cv: dosaggio di cenere volante per m³ di impasto;
- fs: dosaggio di fumo di silice per m³ di impasto;
- K_{cv} ; K_{fs} : coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalle norme UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (cfr. punti 3.2.1 e 3.2.2).

Contenuto di aria

Qualora sia prevista una classe di esposizione ambientale di tipo XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti) e quindi sarà impiegato un additivo aerante, contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro.

Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta (espresso in percentuale) dovrà essere conforme a quanto prescritto nella tabella I, tenendo conto delle tolleranze ammesse ivi riportate.

Acqua di bleeding

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

PRESCRIZIONI PER LA DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Secondo il DM 17-01-2018 la durabilità delle opere in calcestruzzo è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degradazione, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

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

Secondo quanto previsto nel § 11.2.11 del DM 17-01-2018, il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali di impiego dei calcestruzzi, deve fissare le prescrizioni in termini di caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, di valori del copriferro e di regole di maturazione dei getti. Al fine di soddisfare le richieste di durabilità in funzione delle condizioni ambientali occorrerà fare riferimento alle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

In particolare, ai fini di preservare le armature metalliche da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, lo spessore di copriferro da prevedere in progetto, cioè la misura tra la parete interna del cassero e la parte più esterna della circonferenza della barra più vicina, dovrà rispettare allo stesso tempo le indicazioni della UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 4.4.1, garantire l'aderenza e la trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo e, se del caso, assicurare la resistenza al fuoco della struttura o dei singoli elementi interessati.

Tale prescrizione dovrà essere applicata anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del DM 17-01-2018, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni" ed alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Confezione dei conglomerati cementizi

La confezione dei conglomerati cementizi non prodotti con processo industrializzato dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori, conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., nonché alle caratteristiche seguenti per quanto applicabili.

Qualora il calcestruzzo sia prodotto con processo industrializzato non occorrerà alcun esame preventivo da parte della Direzione Lavori, la quale si limiterà ad acquisire la documentazione indicata al punto 4.2.

Trasporto

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo. Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

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

Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206-1 sul quale dovranno essere riportati almeno:

- data e ora di produzione;
- data e ora di arrivo in cantiere, di inizio scarico e di fine scarico;
- classe o classi di esposizione ambientale;
- classe di resistenza caratteristica del conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- dimensione massima nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza o valore numerico di riferimento;
- classe di contenuto in cloruri;
- quantità di conglomerato trasportata;
- la struttura o l'elemento strutturale cui il carico è destinato.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa. Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

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

Posa in opera

Le operazioni di getto potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori; nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Per la compattazione del getto 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 (tabella III).

Tabella III – Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

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

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

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

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Per la finitura superficiale di solette e pavimentazioni è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati unicamente scostamenti inferiori a 10 mm.

Quando il getto deve essere gettato in presenza d'acqua si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

Posa in opera in climi freddi

Le operazioni di getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospese nel caso in cui la temperatura dell'aria 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). In alternativa è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo. Oltre alle succitate precauzioni occorrerà mettere in atto particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. per evitare una dispersione termica troppo rapida.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi qualora la temperatura scenda al di sotto di 263 K (-10 °C).

In ogni caso, prima di dare inizio ai getti, è fatto obbligo di verificare che non siano congelate o innevate le superfici di fondo o di contenimento del getto. Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, occorre che in cantiere sia esposto un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

Posa in opera in climi caldi

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 306 K (33 °C), la temperatura dell'impasto dovrà essere mantenuta entro i 298 K (25 °C): per i getti massivi (di cui al punto 8.7) tale limite dovrà essere convenientemente diminuito. Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c (di cui al punto 1.6.4) affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione.

Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa conformi al punto 3.5 e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

Anche in questo caso il manufatto dovrà essere adeguatamente protetto per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti.

Riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comportasse il protrarsi del lavoro in giornate festive e la conduzione a turni. In nessun caso l'Impresa potrà avanzare richieste di maggiori compensi.

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

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti tipo "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti secondo le indicazioni progettuali e della Direzione Lavori, in maniera tale da non interagire con le armature.

Tra le diverse riprese di getto non dovranno presentarsi distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

Casseforme

Per tali opere provvisorie l'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa 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 nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata 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.

Caratteristiche delle casseforme

Per quanto riguarda le casseforme è prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse 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.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno l'Impresa 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'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866; qualora sia previsto l'utilizzo di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

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

Pulizia e trattamento

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

Predisposizione di fori, tracce e cavità

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.

Stagionatura e disarmo

Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

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

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

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing, conformi alla norma UNI 8656 parti 1 e 2);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli agenti di curing dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento. I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti l'Impresa, previa informazione alla Direzione dei Lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 3 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione dei Lavori. Nel caso di superfici orizzontali non casserate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 3 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 3 giorni.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Qualora sulle superfici orizzontali quali solette di ogni genere o pavimentazioni si rilevino fenomeni 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.

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

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:

- 1) la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare i 303 K (30 °C);
- 2) 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;
- 3) la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare i 333 K (60 °C);
- 4) la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 283 K (10 °C)
- 5) 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 sia all'interno che sulla superficie esterna dei manufatti;
- 6) 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 confezionati secondo quanto indicato al punto 6.2.1 e maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura.

Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17-01-2018).

Eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo. Resta inteso che gli oneri derivanti dalle suddette operazioni ricadranno totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta reoplastica a ritiro compensato previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 20 mm.

Eventuali ferri (fili, chiodi, reggette) che con funzione di legatura, di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti. Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura l'elenco prezzi allegato a questo Capitolato prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.).

In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra il progetto dovrà tenere conto ,in numero sufficiente ed in posizione opportuna, dell'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione. Le indicazioni progettuali saranno il riferimento per l'Impresa, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione dei Lavori.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

Per la formazione dei fori l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Ulteriori prescrizioni per getti massivi

Per opera "massiva" si intende qualunque volume di calcestruzzo con dimensioni tali da richiedere misure preventive per far fronte alla cospicua generazione di calore dovuta all'idratazione del cemento e alle

conseguenti fessurazioni dovute cambiamento di volume, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento del getto. Le seguenti indicazioni si intendono applicabili sia per le strutture di fondazione che per quelle in elevazione.

Quando lo spessore della struttura di fondazione (platea, plinto o trave di fondazione) è superiore a 150 cm, il getto deve essere considerato massivo. Le strutture o parti di struttura in elevazione (pilastri, pile, muri o setti verticali) con spessore o diametro superiore a 80 cm ed altezza di 400 cm saranno considerate opere massive e pertanto anche in questo caso andranno applicate le seguenti prescrizioni aggiuntive.

Innanzitutto il contenuto minimo di cemento (espresso come somma del dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II -cfr. punto 6.4) dovrà essere adeguatamente stabilito in modo tale che durante il raffreddamento del conglomerato, dopo la rimozione dei casseri, sulla sezione del calcestruzzo non vi sia una differenza di temperatura superiore a 35 °C. A tale proposito il dosaggio di cemento potrà essere utilmente determinato con la relazione:

$$\delta T_{3,\max} = \frac{c \times q_3}{m \times \rho}$$

nella quale: $\delta T_{3,\max} = 35$ °C; c = dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II (kg/m^3); q_3 = calore di idratazione unitario del cemento (kJ/kg) a 3 gg. di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento); m = peso specifico del calcestruzzo (kg/m^3); ρ = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a 1 kJ/kg °C).

I cementi con i valori di q_3 minori sono classificati nella UNI EN 197-1:2007 e sono contraddistinti dalla sigla "LH" (Low Heat).

In ogni caso il getto dovrà rimanere cassetato per almeno 4 giorni consecutivi, entro casseri ricoperti dall'esterno con materassini termoisolanti che riducano il gradiente termico tra nucleo e periferia del getto. Quando le superfici non cassetate avranno iniziato la fase di indurimento occorrerà procedere alla stesa dei materassini anche in queste zone.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti (con le modalità di cui al punto 8.5.1) per ulteriori 3 giorni consecutivi alla rimozione dei casseri; qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla D.L.

Qualora per particolari esigenze costruttive si debba procedere con una rapida rimozione delle casseforme (immediatamente dopo le 24 h dal getto, ma comunque sempre su esplicita autorizzazione della Direzione Lavori) la superficie dei getti dovrà essere prontamente ricoperta con fogli di polietilene e tale rimarrà per 7 giorni consecutivi.

Posa in opera delle armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; 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.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi saranno 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.

Armatura di precompressione

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

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

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d'acciaio.

Iniezione nei cavi di precompressione

Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove

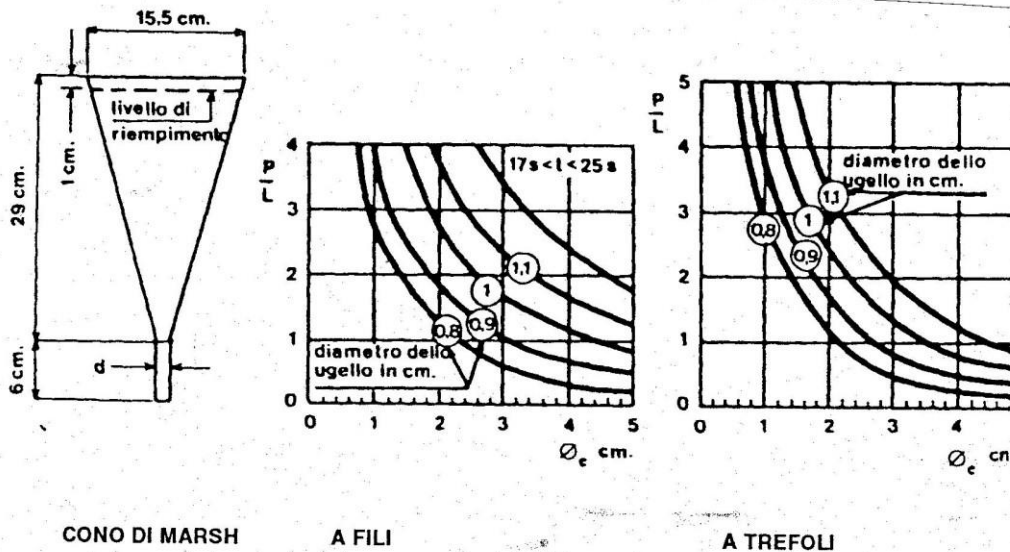
Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, oppure ottenuta da una miscela di cemento speciale, additivo in polvere, dosato in ragione del 5 -6% sul peso del cemento, ed acqua, non dovrà contenere cloruri né polvere di alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas capaci di innescare fenomeni di corrosione.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge (Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17-01-2018), si precisa quanto segue, intendendosi sostituite dalle prescrizioni che seguono (più restrittive) parte delle prescrizioni analoghe contenute nel citato Decreto:

- 1) La fluidità della boiaccia di iniezione dovrà essere misurata con il cono di Marsh (punto 8.9.1.1) per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi.
- 2) L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 4000 -5000 giri/min (con velocità tangenziale minima di 14 m/sec), è proibito l'impasto a mano, il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh.
- 3) Prima di essere immessa nella pompa la malta dovrà essere vagliata con setaccio a maglia di 2 mm di lato.
- 4) L'essudazione non dovrà essere superiore allo 2% del volume (punto 8.9.1.2).

- 5) Il tempo d'inizio presa non dovrà essere inferiore a tre ore (a 303 K, 30 °C).
- 6) E' tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione., la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 h.
- 7) L'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta.



CONO DI MARSH

A FILI

A TREFOLI

Dove:

P = pressione dell'iniezione (g/cm^2)

L = lunghezza della guaina (cm)

$\varnothing_e = \sqrt{\varnothing G^2 - n \cdot \varnothing F^2}$ [diametro equivalente in funzione della guaina ($\varnothing G$), del diametro dei fili ($\varnothing F$) e del loro numero (n)].

(2) Misura della essudazione della malta.

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm^3 , $\varnothing 6 \text{ cm}$, con 6 cm di malta). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 min, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

- 8) E' preferibile l'impiego di cemento tipo 32,5 (usando il 42,5 solo per gli impieghi invernali).

Misura della fluidità con il cono di Marsh

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni come in figura, con ugello intercambiabile di diametro d variabile da 8 mm a 11 mm.

La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo di 1000 cm^3 di boiaccia (essendo la capacità totale del cono di 2000 cm^3 , il tempo totale di scolo va diviso per due).

La fluidità della boiaccia sarà ritenuta idonea quando detto tempo di scolo di 1000 cm^3 , sarà compreso tra 13 e 25 sec subito dopo l'impasto (operando alla temperatura di 293 K).

La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi in figura, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli.

Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding).

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm³ , $\varnothing = 6$ cm, riempita con 100 cm³ di boiaccia). La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria. La misura si effettua tre ore dopo il mescolamento con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.

Acciaio ordinario per c.a. ad aderenza migliorata

Le diverse tipologie di acciaio impiegabili sono:

- Acciaio tipo B450C
 - barre d'acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$), rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$.
- Acciaio tipo B450A
 - barre d'acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$), rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 10 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$.

Ognuno di questi prodotti deve possedere tutti i requisiti previsti dal DM 17-01-2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova. L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

Controlli sull'acciaio

I controlli avverranno con le modalità e le frequenze indicate nei punti seguenti. Si precisa che per tutte le forniture dichiarate non idonee (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.

Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel DM 17-01-2018 al § 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto. Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate da copia dell'"Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. -Servizio Tecnico Centrale.

I centri di trasformazione sono impianti esterni alla fabbrica e al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la

messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i requisiti ed operare in conformità alle disposizioni dei §§11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del DM 17-01-2018.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione è necessaria la documentazione atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal DM 17-01-2018. Inoltre dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente documentazione aggiuntiva:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

La Direzione dei Lavori prima della messa in opera provvederà a verificare quanto sopra indicato; in particolare controllerà la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture saranno rifiutate.

Controlli di accettazione

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute nel DM 17-01-2018 al § 11.3.2.10.4.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovranno essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascun lotto (formato da massimo 30 t) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

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

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del DM 17-01-2018, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso le modalità di controllo sono definite al § 11.3.2.10.4 del DM 17-01-2018.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

Lavorazioni in cantiere -Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura. Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nella UNI EN 19921-1 (Eurocodice 2) al § 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Deposito e conservazione in cantiere

Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

Acciaio inossidabile per c.a. ad aderenza migliorata

Gli acciai inossidabili, se il loro impiego è previsto in progetto, dovranno rispettare tutte le caratteristiche previste al § 11.3.2.8.1 del DM 17-01-2018.

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 \varnothing
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 \varnothing

Per i controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre, nonché per le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova e l'accettazione delle forniture si procederà come per gli acciai ordinari (punto 11.1.1 della presente Sezione).

Acciaio per c.a. ad aderenza migliorata zincato a caldo

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

Qualità degli acciai da zincare a caldo

Per gli acciai da zincare a caldo valgono le medesime regole sulla qualità e sulle verifiche indicate al punto 11.1.1 della presente Sezione.

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 -0,04% oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%.

Zincatura a caldo per immersione

Trattamento preliminare

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

Immersione in bagno di zinco

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179/05, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%.

Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K. Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m' di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 gm \pm 10%.

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

Finitura ed aderenza del rivestimento

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

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

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

Verifiche

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di t 25.

Oltre alle prove previste al punto 16.11.1.1 dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del precedente punto 16.11.3.2.

In primo luogo la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura. In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le forniture saranno rifiutate e l'impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo Aupperle) secondo la Norma UNI EN ISO 1461:1999.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a 610 g/m² +10% la partita sarà accettata.

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se anche per questi ultimi il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a 610 g/m² -10% la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo Preece) secondo la Norma UNI EN ISO 1460:1997.

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

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

-se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati la partita sarà accettata;

-se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata ma verrà applicata una penale al lotto che non

possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

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

Certificazioni

Il produttore, oltre alla documentazione richiesta al punto 1.11.1, dovrà presentare per ogni fornitura la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

Lavorazione

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera. Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bi-componente dello spessore di 80-100 micron.

Acciaio per c.a.p.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del DM 17-01-2018.

Controlli di accettazione

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute nel DM 17-01-2018 al § 11.3.3.5.4. Il campionamento ed il controllo di accettazione dovranno essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascun lotto (formato da massimo 30 t) consegnato si dovrà procedere al campionamento di tre saggi, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del DM 17-01-2018, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso le modalità di controllo sono definite al § 11.3.3.5.3 del DM 17-01-2018.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni.

Nel caso di forniture giudicate non conformi dalla Direzione Lavori, queste saranno immediatamente allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Impresa, alla quale sarà altresì imputato l'onere delle nuove forniture.

Prima di procedere alla messa in opera dei sistemi di precompressione a cavi post-tesi, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori l'attestazione di deposito presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. – Servizio Tecnico Centrale della documentazione prescritta al § 11.5 del DM 17-01-2018.

Fili, barre, trefoli

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da copia in corso di validità dell' "Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale e dovranno essere munite di un sigillo sulle legature con il marchio del produttore.

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi.

Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso. Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.

Cavo inguainato monotrefolo

Dovrà essere di tipo compatto, costituito da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, rivestito con guaina tubolare in polietilene ad alta densità, intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico.

Le caratteristiche dell'acciaio, i controlli, lo spessore della guaina dovranno essere conformi a quanto previsto ai precedenti punti 1.11.4 e 1.11.4.1 nonché alle indicazioni degli elaborati di progetto.

Ancoraggi della armatura di precompressione

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi alle specifiche di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

Per i cavi inguainati monotrefolo le piastre di ripartizione dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i cappellotti di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

ART. 11 COPRIFERRI

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

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3.00cm 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 conforme al citato DM 17/gennaio/2018.

In corrispondenza di angoli o punti dove la piegatura delle barre da c.a. (effettuata secondo i raggi di curvatura previsti nel DM 14/gennaio/2008) rende il copri ferro localmente superiore a 5.00cm, si dovrà prevedere la presenza di armatura secondaria di piccolo diametro sagomata in maniera tale da mantenere il copri ferro non superiore, in alcun punto, a 5.00cm. In alternativa alle reti elettrosaldate si potrà far ricorso a barre di diametro non superiore a 8.00mm posizionate ad interasse non superiore ai 25.00cm e collegate da barre ortogonali di eguale diametro, di cui almeno una sullo spigolo, e distanziate non oltre 25.00cm.

La sovrapposizione tra l'armatura secondaria di frettaggio e le barre previste sui disegni di progetto sarà non minore di 20 volte il diametro della barra di frettaggio.

ART. 12 SOLAI

Le coperture degli ambienti e dei vani e le suddivisioni orizzontali tra gli stessi dovranno essere tali da sopportare, a seconda della destinazione prevista per i relativi locali, i carichi comprensivi degli effetti dinamici ordinari, previsti nelle NTC 2018.

L'Appaltatore dovrà provvedere ad assicurare solidamente alla faccia inferiore di tutti i solai ganci di ferro appendilumi del numero, forma e posizione che, a sua richiesta, saranno precisati dalla Direzione dei Lavori.

Le coperture degli ambienti e dei vani e le partizioni orizzontali potranno essere eseguite secondo le tipologie di seguito elencate.

Solai di calcestruzzo armato o misti

Detta categoria comprende i solai, sia eseguiti in opera che derivanti dall'associazione di elementi prefabbricati, realizzati esclusivamente in calcestruzzo armato o calcestruzzo armato precompresso o misti in calcestruzzo armato precompresso e blocchi in laterizio od in altri materiali.

Per detti solai valgono le prescrizioni già date per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso e, in particolare, valgono le prescrizioni contenute nelle NTC 2018.

Il profilo dei blocchi delimitante la nervatura di conglomerato da gettarsi in opera non deve presentare risvolti che ostacolano il deflusso di calcestruzzo e restringano la sezione delle nervature stesse.

La larghezza minima delle nervature di calcestruzzo per solai con nervature gettate o completate in opera non deve essere minore di 1/8 dell'interasse e comunque non inferiore a 8 cm.

Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli di solaio completi il limite minimo predetto potrà scendere a 5 cm.

L'interasse delle nervature non deve in ogni caso essere maggiore di 15 volte lo spessore medio della soletta, il blocco interposto deve avere dimensione massima inferiore a 52 cm.

Caratteristiche dei blocchi

Spessore delle pareti e dei setti dei blocchi

Lo spessore delle pareti orizzontali compresse non deve essere minore di 8 mm, quello delle pareti perimetrali non minore di 8 mm, quello dei setti non minore di 7 mm.

Tutte le intersezioni dovranno essere raccordate con raggio di curvatura, al netto delle tolleranze, maggiori di 3 mm.

Si devono adottare forme semplici, caratterizzate da setti rettilinei ed allineati, particolarmente in direzione orizzontale, con setti con rapporto spessore/lunghezza il più possibile uniforme.

Il rapporto fra l'area complessiva dei fori e l'area lorda delimitata dal perimetro della sezione del blocco non deve risultare superiore a $0,6 \div 0,625 h$, ove h è l'altezza del blocco in metri.

Caratteristiche fisico - meccaniche

La resistenza caratteristica a compressione, riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature deve risultare non minore di quella prevista da normativa.

Speciale cura deve essere rivolta al controllo dell'integrità dei blocchi con particolare riferimento alla eventuale presenza di fessurazioni.

Spessore minimo dei solai

Lo spessore dei solai a portanza unidirezionale che non siano di semplice copertura non deve essere minore di $1/25$ della luce di calcolo ed in nessun caso minore di 12 cm.

Per i solai costituiti da travetti precompressi e blocchi interposti il predetto limite può scendere ad $1/30$. Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

Spessore minimo della soletta

Nei solai lo spessore minimo del calcestruzzo della soletta di conglomerato non deve essere minore di 5 cm.

Protezione delle armature

Nei solai, la cui armatura è collocata entro scanalature, qualunque superficie metallica deve risultare contornata in ogni direzione da uno spessore minimo di 5 mm di malta cementizia.

Per armatura collocata entro nervatura, le dimensioni di questa devono essere tali da consentire il rispetto dei seguenti limiti:

- distanza netta tra armatura e blocco 8 mm;
- distanza netta tra armatura ed armatura 10 mm.

Per quanto attiene la distribuzione delle armature: trasversali, longitudinali, per taglio, si fa riferimento alle citate NTC 2018.

In fase di esecuzione prima di procedere ai getti i laterizi devono essere convenientemente bagnati.

Gli elementi con rilevanti difetti di origine o danneggiati durante la movimentazione dovranno essere eliminati.

Conglomerati per i getti in opera

Si dovrà studiare la composizione del getto in modo da evitare rischi di segregazione o la formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite. Il diametro massimo degli inerti impiegati non dovrà superare $1/5$ dello spessore minimo delle nervature né la distanza netta minima tra le armature.

Il getto deve essere costipato in modo da garantire l'avvolgimento delle armature e l'aderenza sia con i blocchi sia con eventuali altri elementi prefabbricati.

Solette composte con lamiera grecata

Si definisce come composta una soletta in calcestruzzo gettata su una lamiera grecata, in cui quest'ultima, ad avvenuto indurimento del calcestruzzo, partecipa alla resistenza dell'insieme costituendo interamente o in parte l'armatura inferiore.

Occorre in ogni caso verificare l'efficacia e la sicurezza del collegamento tra lamiera grecata e calcestruzzo.

Spessore minimo della lamiera grecata

Lo spessore delle lamiere grecate non deve essere inferiore a 0,8 mm. Lo spessore della lamiera potrà essere ridotto a 0,7 mm quando in fase costruttiva vengano studiati idonei provvedimenti atti a consentire il transito in sicurezza di mezzi d'opera e personale.

Spessore della soletta

L'altezza complessiva h del solaio composto non deve essere minore di 80 mm. Lo spessore del calcestruzzo h_c al di sopra dell'estradosso delle nervature della lamiera non deve essere minore di 40 mm.

Appoggi

Le solette composte sostenute da elementi di acciaio o calcestruzzo devono avere una larghezza di appoggio minima di 75 mm, con una dimensione di appoggio del bordo della lamiera grecata di almeno 50 mm.

Nel caso di solette composte sostenute da elementi in diverso materiale, tali valori devono essere portati rispettivamente a 100 mm e 70 mm.

Nel caso di lamiere sovrapposte o continue che poggiano su elementi di acciaio o calcestruzzo, l'appoggio minimo deve essere 75 mm e per elementi in altro materiale 100 mm.

I valori minimi delle larghezze di appoggio riportati in precedenza possono essere ridotti, in presenza di adeguate specifiche di progetto circa tolleranze, carichi, campate, altezza dell'appoggio e requisiti di continuità per le armature.

TOLLERANZE DI ESECUZIONE

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata, alla verifica delle quote e dimensioni indicate nel progetto esecutivo. Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto $S = \pm 2.0\text{cm}$
- dimensioni in pianta $S = -3.0\text{ cm o } + 5.0\text{ cm}$
- dimensioni in altezza (superiore) $S = -0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso $S = -0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$.

Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto $S = \pm 2.0\text{ cm}$
- dimensione in pianta (anche per pila piena) $S = -0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle $S = -0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- quota altimetrica sommità $S = \pm 1.5\text{ cm}$
- verticalità per $H \leq 600\text{cm}$ $S = \pm 2.0\text{ cm}$
- verticalità per $H > 600\text{ cm}$ $S = \pm H/12$.

Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

-spessore: $S = -0.5 \text{ cm o } + 1.0 \text{ cm}$

-quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

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.

Per le tolleranze sopra riportate sono possibili variazioni qualora:

-nel progetto esecutivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;

-la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori.

PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico con quello sperimentale. I calcestruzzi degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio. Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere sottoposto alla Direzione dei Lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e all'Impresa.

I criteri generali sono i seguenti:

Le prove di carico ai fini del collaudo statico dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della D.L.

L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata con la D.L. a cura dell'Impresa con adeguato anticipo. L'Impresa dovrà verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista contrattualmente e dalla normativa vigente.

Prima della effettuazione delle prove l'Impresa dovrà concordare con la D.L. la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operatività e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie

Sarà cura dell'Impresa assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

L'Impresa, infine, è tenuta ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi, volti a sanare situazioni ritenute insoddisfacenti, da parte della Direzione Lavori, del Collaudatore o del Progettista.

ART. 10 OPERE A VERDE

Le scarpate in rilevato od in scavo ed in genere tutte le aree destinate a verde, dovranno essere rivestite con manto vegetale appena ultimata la loro sistemazione superficiale.

Eventuali erosioni, solcature, buche od altre imperfezioni dovranno essere riprese con terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto; dovrà essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine dei rilevati.

Tutte le superfici dovranno presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

Fornitura e sistemazione di terreno vegetale nelle aiuole

Il terreno vegetale dovrà avere caratteristiche fisiche e chimiche atte a garantire un sicuro attecchimento e sviluppo di colture erbacee, arbustive od arboree.

Dovrà risultare di reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto, privo di pietre, ciottoli, detriti, radici, erbe infestanti.

Dovrà provenire da scotico di terreno a destinazione agraria, fino alla profondità massima di un metro.

Qualora il prelievo venga fatto da terreni non coltivati, la profondità di prelevamento dovrà essere contenuta allo strato esplorato dalle radici delle specie erbacee presenti ed in ogni caso non dovrà superare il mezzo metro.

L'Appaltatore prima di effettuare il prelevamento e la fornitura della terra, dovrà darne avviso alla Direzione Lavori, affinché possano venire prelevati, in contraddittorio, i campioni da inviare ad una stazione di chimica agraria riconosciuta, per le analisi di idoneità del materiale secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo, pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo - S.I.S.S.

Il terreno dovrà essere posto in opera in strati uniformi, ben sminuzzato, spianato e configurato in superficie secondo le indicazioni di progetto.

Rivestimento delle scarpate

Rivestimento di scarpate in rilevato ed in scavo, dovrà essere eseguito mediante semina, rimboschimento o ricopertura con materiali idonei.

Preparazione del terreno

Dopo regolarizzazione ed eventuale riprofilatura, le scarpate in rilevato dovranno essere preparate per il rivestimento mediante una erpicatura poco profonda, eseguita con andamento climatico favorevole e con terreno in tempera (40-50 % della capacità totale per l'acqua). In questa fase l'Appaltatore dovrà avere cura di portare a compimento tutte quelle opere di regolazione idraulica prevista in progetto, che rappresentano il presidio e la salvaguardia delle scarpate.

Sulle scarpate in scavo, oltre alla regolarizzazione delle superfici, dovranno eventualmente essere predisposte buche in caso di rimboschimento con semenzali o impianti di talee.

Concimazioni

L'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà effettuare le analisi chimiche dei terreni per poter definire la concimazione di fondo, che di norma è costituita da concimi minerali somministrati nei seguenti quantitativi:

- concimi fosfatici titolo medio 18%: 0,80 t/ha

- concimi azotati titolo medio 16%: 0,40 t/ha;
- concimi potassici titolo medio 40%: 0,30 t/ha.

E' facoltà della Direzione Lavori, in relazione ai risultati delle analisi dei terreni ed inoltre per esigenze particolari, variare le proporzioni di cui sopra senza che l'Appaltatore possa chiedere alcun compenso.

Qualora il terreno risultasse particolarmente povero di sostanza organica, parte dei concimi minerali potrà essere sostituita da terricciati o da letame ben maturo, da spandersi in modo uniforme sul terreno, previa rastrellatura e miscelazione del letame con la terra.

Ogni eventuale sostituzione dovrà essere autorizzata dalla Direzione Lavori.

L'uso dei concimi fisiologicamente alcalini, o fisiologicamente acidi, sarà consentito in terreni a reazione anomala, e ciò in relazione al pH risultante dalle analisi chimiche.

Oltre alla conciliazione di fondo, l'Appaltatore dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura, impiegando concimi complessi e tenendo comunque presente che lo sviluppo della vegetazione dovrà avvenire in modo uniforme.

Le modalità delle concimazioni di copertura non vengono precisate, lasciandone l'iniziativa all'Appaltatore, la quale è anche interessata all'ottenimento della completa copertura del terreno nel più breve tempo possibile ed al conseguente risparmio dei lavori di risarcimento, diserbo, sarchiatura, ripresa di smottamenti ed erosioni, che risulterebbero certamente più onerosi in presenza di non perfetta vegetazione, come pure ad ottenere uno sviluppo uniforme e regolare degli impianti a verde. I concimi usati per le concimazioni di fondo e di copertura, dovranno essere forniti nelle confezioni originali di fabbrica, risultare a titolo ben definito e, nel caso di concimi complessi, a rapporto azoto-fosforo-potassio precisato.

Da parte della Direzione Lavori sarà consegnato all'Appaltatore un ordine di servizio nel quale saranno indicate le composizioni delle concimazioni di fondo, in rapporto al pH dei terreni.

Prima di effettuare le concimazioni di fondo, l'Appaltatore è tenuto a darne tempestivo avviso alla Direzione Lavori affinché questa possa disporre eventuali controlli.

Lo spandimento dei concimi dovrà essere effettuato esclusivamente a mano, con impiego di personale pratico e capace, per assicurare uniformità nella distribuzione.

Per le, scavo eventualmente rivestite con semenzali o talee, la concimazione potrà essere localizzata.

Semine

Le superfici da rivestire mediante semina, secondo le previsioni di progetto, dovranno essere preparate come descritto al precedente punto; la concimazione come descritta al precedente punto, dovrà essere effettuata in due tempi: all'atto della semina dovranno essere somministrati i concimi fosfatici e potassici; i concimi azotati dovranno essere somministrati a germinazione avvenuta.

Si procederà quindi alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie.

Nella tabella che segue è riportata la composizione di cinque miscugli da impiegare a seconda delle caratteristiche dei terreni e delle particolari condizioni climatiche e/o ambientali.

Specie	Tipo di Miscuglio				
	A	B	C	D	E
	Kg di seme per ettaro				
<i>Lolium Italicum</i>	-	38	23	50	-
<i>Lolium Perenne</i>	-	38	23	50	-
<i>Arrhenatherum Elatius</i>	50	-	-	-	33
<i>Dactylis Glomerata</i>	5	42	23	20	-
<i>Trisetum Plavescens</i>	12	8	5	-	-
<i>Festuca Pratensis</i>	-	-	47	33	-
<i>Festuca Rubra</i>	17	12	15	10	-
<i>Festuca Ovina</i>	-	-	-	-	10
<i>Festuca Heterophylla</i>	-	-	-	-	15
<i>Phleum Pratense</i>	-	12	12	20	-
<i>Alopecurus Fratensis</i>	-	20	18	26	-
<i>Cynosurus Cristatus</i>	-	-	-	-	5
<i>Poa Pratensis</i>	5	38	30	7	3
<i>Agrostis Alba</i>	-	10	7	7	-
<i>Antoxanthum odoratum</i>	-	-	-	-	2
<i>Bromus Erectus</i>	-	-	-	-	25
<i>Bromus Inermis</i>	66	-	-	-	20
<i>Trifolium Pratense</i>	13	8	10	7	-
<i>Trifolium Repens</i>	-	12	7	-	-
<i>Trifolium Hybridum</i>	-	-	-	10	-
<i>Medicago Lupulina</i>	5	-	-	-	10

Specie	Tipo di Miscuglio				
	A	B	C	D	E
	Kg di seme per ettaro				
<i>Onobrychis Sativa</i>	-	-	-	-	67
<i>Antillis Vulneraria</i>	17	-	-	-	5
<i>Lotus Cornicolatus</i>	10	-	3	10	5
Sommano Kg	200	200	200	200	200

Di seguito si riporta lo schema della compatibilità dei miscugli con i vari tipi di terreno:

Tipo di Miscuglio	Caratteristiche dei Terreni
<i>Miscuglio A</i>	<i>Terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti, anche con scheletro grossolano;</i>
<i>Miscuglio B</i>	<i>Terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili;</i>
<i>Miscuglio C</i>	<i>Terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili;</i>
<i>Miscuglio D</i>	<i>Terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi</i>
<i>Miscuglio E</i>	<i>Terreni di medio impasto, in clima caldo e secco</i>

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori la data della semina, affinché possano essere fatti i prelievi dei campioni di seme da sottoporre a prova e per il controllo delle lavorazioni.

L'Appaltatore è libero di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme. La semina dovrà essere effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volumi e peso quasi uguali, mescolati fra loro e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.

Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento. La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano con erpice a sacco. Dopo la semina il terreno dovrà essere rullato e l'operazione dovrà essere ripetuta a germinazione avvenuta.

Idrosemina

Dopo che le superfici da rivestire saranno state preparate come descritto al precedente punto 1.2.1 del presente Capitolato, l'Appaltatore procederà al rivestimento mediante idrosemina impiegando una

speciale attrezzatura in grado di effettuare la proiezione a pressione di una miscela di seme, fertilizzante, collante ed acqua.

Tale attrezzatura, composta essenzialmente da un gruppo meccanico erogante, da un miscelatore-agitatore, da pompe, raccordi, manichette, lance, ecc., dovrà essere in grado di effettuare l'idrosemina in modo uniforme su tutte le superfici da rivestire, qualunque sia l'altezza delle scarpate.

I materiali da impiegare dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori che disporrà le prove ed i controlli ritenuti opportuni.

I miscugli di seme da spandere, aventi le composizioni nei rapporti di cui alla tabella riportata nel precedente punto 1.4 a seconda dei tipi di terreni da rivestire, saranno impiegati nei quantitativi di 200, 400 e 600 kg/ha, in relazione alle prescrizioni che la Direzione Lavori impartirà tratto per tratto, riservandosi inoltre di variare la composizione del miscuglio stesso, fermo restando il quantitativo totale di seme.

Dovrà essere impiegato fertilizzante ternario (PKN) a pronta, media e lenta cessione in ragione di 700 kg/ha.

Per il fissaggio della soluzione al terreno e per la protezione del seme, dovranno essere impiegati in alternativa 1200 kg/ha di fibre di cellulosa, oppure 150 kg/ha di collante sintetico, oppure altri materiali variamente composti che proposti dall'Appaltatore, dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori.

Si effettuerà l'eventuale aggiunta di essenze forestali alle miscele di sementi, quando previsto in progetto.

Anche per l'idrosemina l'Appaltatore è libero di effettuare il lavoro in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenga in modo regolare ed uniforme.

Piantumazione di arbusti (Mirto, Lentisco, Corbezzolo)

Sulle superfici preparate e concimate come ai precedenti punti del presente Capitolato l'Appaltatore procederà alla piantumazione di arbusti di mirto (*Mirtus communis*), di Corbezzolo (*Arbutus unedo*) e di Lentisco (*Pistacia lentiscus*), in ragione di 4 per metro quadro, eseguita in buche disposte a quinconce, equidistanti 20 cm su file a loro volta distanziate di 20 cm.

L'Appaltatore è libero di effettuare l'impianto nel periodo che riterrà più opportuno tenuto conto naturalmente del tempo previsto per la ultimazione dei lavori, restando comunque a suo carico l'onere della sostituzione delle fallanze. L'impianto potrà essere fatto a mano od a macchina, comunque in modo tale da poter garantire l'attecchimento ed il successivo sviluppo regolare e rapido.

Prima della messa a dimora delle piantine a radice nuda, l'Appaltatore avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite o eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate.

Rimboschimento con semenzali e impianto di talee

Sulle superfici preparate e concimate, come già indicato nei precedenti punti del presente Capitolato, l'Appaltatore procederà all'impianto di semenzali o talee, secondo le previsioni di progetto, in ragione di cinque piantine per metro quadrato, disposte a quinconce su file parallele al ciglio strada.

L'Appaltatore è libero di effettuare l'impianto nel periodo che riterrà più opportuno tenuto conto naturalmente del tempo previsto per la ultimazione dei lavori, restando comunque a suo carico l'onere della sostituzione delle fallanze. L'impianto potrà essere fatto a mano od a macchina, comunque in modo tale da poter garantire l'attecchimento ed il successivo sviluppo regolare e rapido.

Prima della messa a dimora delle piantine a radice nuda, l'Appaltatore avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite o eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate.

Sarà inoltre cura dell'Appaltatore trattare l'apparato radicale con una miscela di terra argillosa e letame bovino, diluita in acqua. L'Appaltatore avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto.

Le piantine o talee dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessarie al buon attecchimento.

Negli impianti di talee, queste dovranno risultare del diametro minimo di 1,5 cm, di taglio fresco ed allo stato verde e tale da garantire il ripollonamento. Qualora i materiali non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra la Direzione Lavori ne ordinerà l'allontanamento dal cantiere.

Alberi

Devono avere la parte aerea a portamento e forma regolare, simile agli esemplari cresciuti spontaneamente, a sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida per eccessiva densità di coltivazione in vivaio, in terreno troppo irrigato o concimato.

Gli alberi dovranno rispondere alle specifiche indicate nell'elenco dei prezzi per quanto riguarda le seguenti voci (da utilizzare tutte o in parte, conformemente alle caratteristiche proprie delle diverse specie):

circonferenza del tronco, misurata ad un metro dal colletto;

altezza totale;

altezza di impalcatura, dal colletto al ramo più basso;

diametro della chioma in corrispondenza delle prime ramificazioni per le conifere, a due terzi dell'altezza per tutti gli alberi, in corrispondenza alla proiezione della chioma per i cespugli;

densità della chioma, numero medio di ramificazioni laterali su cm di tronco.

Le piante dovranno essere trapiantate un numero di volte sufficienti secondo le buone regole vivaistiche con l'ultima lavorazione alle radici, risalente a non più di tre anni secondo la seguente tabella.

Foglia caduca	fino a circonf. cm 12-15	almeno 1 trapianto
	fino a circonf. cm 20-25	almeno 2 trapianti
	fino a circonf. cm 30-35	almeno 3 trapianti
	fino ad alt. di m 2-2,5	almeno 1 trapianto e circonferenza proporzionata all'altezza
	fino ad alt. di m 2,5-4	almeno 1 trapianto e circonferenza proporzionata all'altezza

<i>Sempre verdi</i>	fino ad alt. di m 2,5-4	almeno 2 trapianti e circonferenza proporzionata all'altezza
	fino ad alt. di m 5-6	almeno 3 trapianti e circonferenza proporzionata all'altezza

L'apparato radicale, che dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane, sarà racchiuso in contenitore (vaso, cassa, mastello) con relativa terra di coltura o in zolla rivestita (paglia, plan plast, juta, rete metallica, fitocella).

Spostamento di piante

Le piante da spostare, se non sono indicate nei documenti dell'appalto, andranno preventivamente marcate sul posto. Se non possono essere subito ripiantate, le piante dovranno essere collocate in depositi provvisoriamente allestiti per assicurare la loro protezione contro le avversità atmosferiche e in genere contro tutti i possibili agenti di deterioramento.

I lavori si riferiscono:

alle piante definite attraverso gli elaborati progettuali:

(in alternativa) alle piante segnalate sul posto secondo le modalità di seguito descritte:

ELENCO DELLE PIANTE DA SPOSTARE

Esemplare	Genere	Specie	Varietà cultivar	o	Forza	Osservazioni

Prescrizioni per favorire la ripresa dei vegetali da spostare.

Qualora non sia prevista a carico dell'Appaltatore la garanzia di attecchimento, per le piante spostate andranno adottate le seguenti prescrizioni:

- modalità di estrazione (preparazione dell'apparato radicale, confezione in zolle, ecc.);
- condizioni di trasporto (eventuale obbligo di uso di particolari mezzi meccanici, ecc.);
- località e modalità di accantonamento;
- modalità per la messa a dimora (concimazioni, tutori, piantagioni, ecc.);
- modalità di manutenzione (frequenza e dose delle irrigazioni, utilizzazione di antitranspiranti, ecc.);

L'Appaltatore ha l'onere della manutenzione dei depositi e delle piante messe a deposito.

Quando lo spostamento delle piante presenta il rischio di una cattiva ripresa dopo il trasferimento, l'Appaltatore interrompe le operazioni di spostamento e ne informa il Direttore dei Lavori, affinché si possano prendere le misure di salvaguardia per i vegetali interessati.

Trascorse quarantotto ore dal recepimento dell'avviso di interruzione al direttore dei lavori, gli spostamenti possono essere ripresi.

Protezione delle piante esistenti da conservare

Nelle aree non interessate dai lavori di pulizia del terreno i vegetali da conservare sono protetti con i dispositivi predisposti a cura dell'Appaltatore prima dell'inizio di altri lavori.

Questi dispositivi consistono in recinzioni per le masse vegetali e in corsetti di protezione per le piante isolate. Salvo diverse motivate prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, le recinzioni dovranno seguire la proiezione al suolo dei rami esterni, ed essere alte almeno 1,30 m. I corsetti dovranno essere pieni, distaccati dal tronco ed alti almeno 2 m. Le piante da conservare sono indicate in specifica planimetria o dovranno essere marcate preventivamente sul posto.

Le protezioni dovranno essere mantenute in buono stato durante tutta la durata dei lavori.

I lavori si riferiscono (in alternativa):

- alle piante definite attraverso gli elaborati grafici;
- alle piante segnate sul posto secondo le modalità di seguito descritte:

ELENCO DELLE PIANTE DA SPOSTARE

Esemplare	Genere	Specie	<i>Varietà cultivar</i>	o Forza	Osservazioni

Modalità di protezione

- generali
- modalità particolari riferite alle piante di seguito elencate:

<i>Esemplare n.</i>	<i>Modalità particolari di protezione</i>

Modalità per la sostituzione dei vegetali che non sarà stato possibile proteggere in maniera efficace (dove le piante possiedono caratteristiche che non ne consentano la sostituzione sarà necessario indicare una penalità per la loro mancata protezione).

Tutte le misure utili debbono essere prese per preservare, conformemente alle norme in vigore, le sorgenti o le acque superficiali o sotterranee.

Estrazione dal vivaio e controllo delle piante

a) L'estrazione delle piante dal vivaio deve essere effettuata con tutte le precauzioni necessarie per non danneggiare le radici principali e secondo le tecniche appropriate per conservare l'apparato radicale capillare ed evitare di spaccare, scortecciare o danneggiare la pianta. L'estrazione non deve essere effettuata con vento che possa disseccare le piante o in tempo di gelata. L'estrazione si effettua a mano nuda o meccanicamente; le piante potranno essere fornite a radice nuda o collocate in contenitori o in zolle. Le zolle dovranno essere imballate opportunamente con involucro di juta, paglia, teli di plastica o altro.

b) Prima della messa a dimora lo stato di salute e la conformazione delle piante devono essere verificate in cantiere e, le piante scartate, dovranno essere immediatamente allontanate;

c) Per ciascuna fornitura di alberi, sia adulti che giovani, un'etichetta attaccata deve dare, attraverso una iscrizione chiara ed indelebile, tutte le indicazioni atte al riconoscimento delle piante (genere, specie, varietà e numero, nel caso la pianta faccia parte di un lotto di piante identiche);

d) Verifica della conformità dell'esemplare alla specie ed alla varietà della pianta si effettua, al più tardi, nel corso del primo periodo di vegetazione che segue la messa a dimora.

Precauzioni da prendere fra l'estrazione e la messa a dimora

Nell'intervallo compreso fra l'estrazione e la messa a dimora devono essere prese le precauzioni necessarie per la conservazione delle piante e per evitare traumi o disseccamenti nonché danni per il gelo.

Epoca di messa a dimora

La messa a dimora non deve essere eseguita in periodo di gelate né in periodi in cui la terra è imbibita d'acqua in conseguenza di pioggia o del disgelo.

Salvo diverse prescrizioni del Capitolato speciale d'appalto, la messa a dimora degli alberi si effettua tra metà ottobre e metà aprile.

La DL potrà indicare date più precise, secondo il clima, funzione della regione e/o dell'altitudine.

La messa a dimora delle piante a radice nuda s'effettua comunque in un periodo più ristretto, da metà novembre a metà marzo, mentre per le piante messe a dimora con zolla o per le conifere il periodo può essere esteso dall'inizio di ottobre a fine aprile o anche all'inizio di maggio.

Alcune tecniche di piantagione permettono di piantare in tutte le stagioni (contenitori, zolle imballate in teli di plastica saldati a caldo, ecc.).

Per le piante messe a dimora a stagione avanzata, dovranno comunque essere previste, cure particolari per assicurarne l'attecchimento.

Preparazione delle piante prima della messa a dimora

Prima della messa a dimora le eventuali lesioni del tronco dovranno essere curate nei modi più appropriati; le radici, se nude, dovranno essere ringiovanite recidendo le loro estremità e sopprimendo le parti traumatizzate o secche.

E' tuttavia bene conservare il massimo delle radici minori soprattutto se la messa a dimora é tardiva.

Se si dovesse rendere necessaria la potatura della parte aerea della pianta, questa dovrà essere eseguita in modo da garantire un equilibrio fra il volume delle radici e l'insieme dei rami.

Messa a dimora delle piante

- *Tutori*: i tutori sono conficcati nella buca di piantagione prima della messa a dimora delle piante. In rapporto alla pianta, il tutore é posto in direzione opposta rispetto al vento dominante. Il tutore deve affondare di almeno 30 cm oltre il fondo della buca;

- *collocazione delle piante e riempimento delle buche*: sul fondo della buca dovrà essere disposto uno strato di terra vegetale, con esclusione di ciottoli o materiali impropri per la vegetazione, sulla quale verrà sistemato l'apparato radicale. La pianta deve essere collocata in modo che il colletto si trovi al livello del fondo della conca di irrigazione. L'apparato radicale non deve essere né compresso, sarà spostato.

La buca di piantagione é poi colmata di terra fine. La compattazione della terra deve essere eseguita con cura in modo da non danneggiare le radici, non squilibrare la pianta, che deve restare dritta e non lasciare sacche d'aria. Il migliore compattamento é ottenuto attraverso un'abbondante irrigazione, che favorisce inoltre la ripresa del vegetale;

- *legature e colletti*: legature e colletti circondano il tronco e sono disposti in modo che attraverso la loro azione il tutore serva d'appoggio alle piante. La legatura più alta é posta a circa 20 cm al di sotto delle prime ramificazioni, la più bassa ad 1 m dal suolo. In queste misure occorre tenere conto del compattamento successivo del suolo;

- *potature di formazione*: la potatura di formazione ove richiesta dal capitolato speciale d'appalto, si effettua conformemente alle prescrizioni di questo;

- *conche di irrigazione*: la terra va sistemata al piede della pianta in modo da formare intorno al colletto una piccola conca; l'Appaltatore effettua una prima irrigazione che fa parte dell'operazione di piantagione e non va quindi computata nelle operazioni di manutenzione.

Salvo diverse prescrizioni della DL, le quantità approssimative d'acqua per l'irrigazione sono:

- 40/50 litri per albero;
- 15/20 litri per arbusti.

Prima dell'impianto l'Appaltatore ,dopo aver provveduto, ove necessario, alle opere idonee a garantire il regolare smaltimento delle acque onde evitare ristagni, dovrà eseguire una lavorazione agraria del terreno consistente in un'aratura a profondità variabile da 50 cm a 100 cm, a seconda della situazione, e nell'erpatura ripetuta fino al completo sminuzzamento o, su superfici di limitata estensione, in una vangatura, avendo cura in ogni caso di eliminare sassi, pietre o materiali che possano impedire la corretta esecuzione dei lavori.

In occasione delle lavorazioni di preparazione del terreno e prima della messa a dimora delle piante saranno effettuate, a cura e spese dell'Appaltatore, le analisi chimiche del terreno in base alle quali la D.L. indicherà la composizione e le proporzioni della concimazione di fondo da effettuarsi con la somministrazione di idonei concimi minerali e/o organici.

Oltre alla conciliazione di fondo l'Appaltatore dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura.

Prima dell'inizio dei lavori d'impianto, la D.L. indicherà all'Appaltatore le varie specie arboree ed arbustive da impiegare nei singoli settori. Nella preparazione delle buche l'Appaltatore dovrà assicurarsi che non ci siano ristagni d'acqua nella zona di sviluppo delle radici, nel qual caso provvederà con idonee opere idrauliche (scoli, drenaggi).

Nel caso che il terreno scavato non sia adatto alla piantagione l'Appaltatore dovrà riempire le buche con terra vegetale idonea. Si dovrà comunque verificare che le piante non presentino radici allo scoperto o internate oltre il livello del colletto.

Apertura di buche e fosse per la messa e dimora delle piante

I lavori per l'apertura di buche e fosse per la futura messa a dimora delle piante sono effettuati dopo i movimenti di terra a carattere generale prima dell'eventuale apporto di terra vegetale.

Questi lavori riguardano:

- buche individuali per i soggetti isolati;
- buche e fosse per la messa a dimora di piante raggruppate.

Salvo diverse prescrizioni della DL, le dimensioni delle buche dovranno essere le seguenti:

- alberi adulti (con circonferenza del tronco di almeno 18÷20 cm) e conifere di almeno 3 m di altezza: 1 m x 1 m x 1 m;
- giovani piante: 0,7 m x 0,7 m x 0,7 m
- arbusti: 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m;
- siepi continue: 0,50 m x 0,50 m x 1 m di profondità;
- piantine forestali: 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m;
- piante da fioritura: 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

I materiali impropri che appaiono nel corso delle lavorazioni sono eliminati attraverso la discarica.

Se necessario, le pareti ed il fondo delle buche o fosse sono opportunamente spicconati perché le radici possano penetrare in un ambiente sufficientemente morbido ed aerato. Salvo diverse prescrizioni della DL, buche e fosse potranno essere aperte manualmente o meccanicamente e non dovranno restare aperte per un periodo superiore ad otto giorni.

Cure colturali

Sino a quando non sia intervenuto con esito favorevole il collaudo definitivo dei lavori l'Appaltatore dovrà effettuare a sua cura e spese la manutenzione degli impianti a verde curando in particolare:

- a) lo sfalcio di tutte le superfici del corpo autostradale e sue pertinenze, seminate o rivestite da vegetazione spontanea, ogni qualvolta l'erba abbia raggiunto l'altezza media di 35 cm.

La Direzione Lavori potrà prescrivere all'Appaltatore di effettuare lo sfalcio in dette aree anche a tratti discontinui e senza che questo possa costituire motivo di richiesta di indennizzi particolari da parte dell'Appaltatore stessa.

L'erba sfalcata dovrà venire prontamente raccolta da parte dell'Appaltatore e trasportata fuori dalle pertinenze autostradali entro 24 h dallo sfalcio.

La raccolta e l'allontanamento dell'erba dovranno essere eseguiti con la massima cura, evitando la sua dispersione sul piano viabile, anche se questo non risulta ancora pavimentato e pertanto ogni automezzo dovrà avere il carico ben sistemato e munito di reti di protezione.

- b) la sostituzione delle fallanze, le potature, scerbature, sarchiature, concimazioni in copertura, trattamenti antiparassitari, risemine, ecc. nel numero e con le modalità richieste per ottenere un regolare sviluppo degli impianti a verde e le scarpate rivestite dal manto vegetale.

E' compreso nelle cure colturali anche l'eventuale adattamento di soccorso delle piantine in fase di attecchimento e pertanto nessun compenso speciale, anche per provvista e trasporto di acqua, potrà per tale operazione essere richiesto dall'Appaltatore, oltre a quanto già previsto.

Sarà a carico dell'Appaltatore la verifica costante del livello di attecchimento di quanto seminato e/o impiantato per tutta la durata del cantiere; sarà pertanto compresa tra gli oneri a carico dell'Appaltatore la sostituzione delle fallanze per tutto il periodo.

Al fine di massimizzare le probabilità di successo di attecchimento sarà inoltre cura dell'Appaltatore impiantare individui di diversa età e dimensioni.

Pulizia del piano viabile

Il piano viabile, al termine di ogni operazione d'impianto o manutentoria dovrà risultare assolutamente sgombro di rifiuti; la terra eventualmente presente dovrà essere asportata mediante spazzolatura e, ove occorra, con lavaggio a mezzo di abbondanti getti d'acqua.

Qualora risultasse sporcata la segnaletica orizzontale, questa dovrà essere pulita accuratamente a mezzo lavaggio.

Irrigazione

Gli impianti di irrigazione devono essere fissi. Potranno essere impiegati sistemi mobili o semifissi solo in fasi successive al consolidamento delle aree rinverdite di grande estensione.

L'impianto fisso è quello che meglio risponde alle esigenze specifiche delle opere a verde, tanto nelle fase costitutiva che in quella di manutenzione.

Esso è costituito da: alimentazione primaria (acquedotto, vasche, con o senza pompe), rete principale di adduzione, rete di derivazione, irrigatori e/o gocciolatori e centrale di comando. In particolare il sistema irriguo adottato per garantire l'approvvigionamento idrico degli arbusti impiantati sulle scarpate di nuova realizzazione è quello ad "ala gocciolante" che sarà distribuito sulle scarpate in ragione di due metri per metro quadrato di scarpata.

Questo tipo di impianto contempla scavi e reinterri, tubazioni, raccordi e pezzi speciali, valvole di derivazione e relativi comandi, centrale di comando, irrigatori e gocciolatori.

Quando non diversamente indicato dall'Amministrazione, l'Impresa sarà tenuta ad effettuare tutte le operazioni necessarie per mantenere in perfetto stato di efficienza tutte le componenti dell'impianto.

Ala gocciolante

Il gocciolatore avrà anche funzione di antisifone-antisuzione e sarà munito di barriera antiintrusione contro le radici, ad uso sub-irrigazione. La rispondenza del materiale alle caratteristiche tecniche dichiarate dal produttore potrà essere verificata mediante prove da effettuarsi su un campione della partita giacente in cantiere presso laboratori autorizzati, a spese del fornitore.

La posa delle tubazioni e dei relativi gocciolatori, avverrà solo dopo aver ultimato le operazioni di piantagione e di preparazione del letto di semina.

Gli impianti d'irrigazione per aspersione a scomparsa, dovranno essere limitati alle superfici prative. Per le specie erbacee ed arbustive, dovranno essere previsti sistemi di distribuzione ad ala gocciolante.

Nel caso di eventuale convivenza dei tre sistemi sullo stesso sito, si dovrà rigorosamente evitare la loro reciproca sovrapposizione. Dovrà essere comunque evitata la bagnatura dei tronchi o della porzione aerea di piante arboree, arbustive o erbacee da parte di sistemi irrigui ad aspersione, in particolare per le piante preesistenti l'impianto.

Per la posa in opera dei sistemi irrigui ad ala gocciolante, dovrà essere previsto l'uso di tubi forati, autopulenti o porosi, disposti in funzione dello sviluppo degli apparati radicali delle specie irrigate e preferibilmente interposti tra il telo in tessuto non tessuto e la pacciamatura.

Per la posa in opera del sistema irriguo a goccia, sarà impiegato un tubo provvisto di gocciolatore autopulente e con dispositivo di bloccaggio al cessare dell'adduzione prevista.

Nel caso di irrigazione manuale si provvederà, contestualmente all'impianto dell'albero, alla posa di tubature corrugate per il trasporto dell'acqua alle radici.

Le irrigazioni dovranno essere ripetute e tempestive e variare in quantità e frequenza in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale: il programma di irrigazione (a breve e a lungo termine) e i metodi da usare dovranno essere determinati dall'Impresa e successivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione automatico, l'Impresa dovrà controllare che queste funzioni regolarmente. L'impianto di irrigazione non esonera però l'Impresa dalle sue responsabilità in merito all'irrigazione la quale pertanto dovrà essere attrezzata per effettuare, in caso di necessità, adeguati interventi manuali.

ART. 11 CONDOTTE

TUBAZIONI IN GENERE

Le prescrizioni di tutto questo articolo si applicano a tutte le tubazioni in generale; si applicano anche ad ogni tipo delle tubazioni di cui agli articoli (tubazioni di acciaio, di ghisa, ecc.) del capitolo "Tubazioni" tranne per quanto sia incompatibile con le specifiche norme per esse indicate.

Fornitura diretta delle tubazioni da parte della stazione appaltante

In caso di fornitura diretta delle tubazioni, la Stazione Appaltante effettuerà le ordinazioni - tenendo conto del programma di esecuzione dei lavori - in base alle distinte risultanti dai rilievi esecutivi presentati dall'Appaltatore a norma dell'art. "Oneri e Obblighi diversi a carico dell'Appaltatore - Responsabilità dell'Appaltatore".

La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di disporre variazioni nello sviluppo delle opere in dipendenza anche della consegna delle forniture; e comunque non assume nessuna responsabilità circa eventuali ritardi nella consegna delle forniture, per cause ad essa non imputabili, rispetto alle previsioni.

La consegna delle forniture dirette della Stazione Appaltante avverrà, a criterio insindacabile della Stazione Appaltante stessa, su banchina franco porto oppure su vagoni franco stazione ferroviaria oppure franco camion, su strade statali, provinciali o comunali, oppure franco fabbrica. In quest'ultimo caso la consegna sarà effettuata da incaricati della Stazione Appaltante subito dopo il collaudo della fornitura, al quale potranno intervenire incaricati dell'Appaltatore.

A collaudo avvenuto e ad accettazione della fornitura, l'Appaltatore - quando è prevista la consegna franco fabbrica - può disporre alla Ditta fornitrice l'immediata spedizione con l'adozione dei provvedimenti necessari a garantire che i materiali rimangano assolutamente integri durante il trasporto. Diversamente la Stazione Appaltante disporrà la spedizione direttamente nel modo che riterrà più opportuno, a spese dell'Appaltatore, preavvertendolo.

All'atto della consegna, l'Appaltatore deve controllare i materiali ricevuti e nel relativo verbale di consegna che andrà a redigersi deve riportare eventuali contestazioni per materiali danneggiati (anche se solo nel rivestimento) nei riguardi della fabbrica o delle Ferrovie dello Stato o dell'armatore della nave o della ditta di autotrasporti).

L'Appaltatore dovrà provvedere nel più breve tempo possibile allo scarico da nave o da vagoni o da camion - anche per evitare spese per soste, che rimarrebbero comunque tutte a suo carico oltre al risarcimento degli eventuali danni che per tale causale subisse la Stazione Appaltante - e poi al trasporto con qualsiasi mezzo sino al luogo d'impiego compresa ogni e qualsiasi operazione di scarico e carico sui mezzi all'uopo usati dall'Appaltatore stesso.

I materiali consegnati che residueranno alla fine dei lavori dovranno essere riconsegnati alla Stazione Appaltante - con relativo verbale in cui sarà precisato lo stato di conservazione di materiali ed al quale sarà allegata una dettagliata distinta degli stessi - con le modalità che saranno da questa, o per essa dalla Direzione dei Lavori, stabilite.

Per i materiali che a lavori ultimati risulteranno non impiegati nè riconsegnati alla Stazione Appaltante oppure che saranno riconsegnati ma in condizioni di deterioramento o danneggiamento, sarà effettuata una corrispondente operazione di addebito, al costo, sul conto finale.

Ordinazione

L'Appaltatore effettuerà l'ordinazione delle tubazioni entro il termine che potrà stabilire la Direzione dei Lavori e che sarà comunque tale, tenuto anche conto dei tempi di consegna, da consentire lo svolgimento dei lavori secondo il relativo programma e la loro ultimazione nel tempo utile contrattuale.

L'Appaltatore invierà alla Direzione dei Lavori, che ne darà subito comunicazione alla Stazione Appaltante, copia dell'ordinazione e della relativa conferma da parte della Ditta fornitrice, all'atto rispettivamente della trasmissione e del ricevimento.

L'ordinazione dovrà contenere la clausola seguente o equipollente.

"La Ditta fornitrice si obbliga a consentire, sia durante che al termine della lavorazione, libero accesso nella sua fabbrica alle persone all'uopo delegate dalla Stazione Appaltante appaltatrice dei lavori e ad eseguire i controlli e le verifiche che esse richiedessero, a cura e spese dell'Appaltatore, sulla corrispondenza della fornitura alle prescrizioni del contratto di appalto relativo ai lavori sopra indicati.

Si obbliga inoltre ad assistere, a richiesta ed a spese dell'Appaltatore, alle prove idrauliche interne delle tubazioni poste in opera".

L'unica fornitura o ciascuna delle singole parti in cui l'intera fornitura viene eseguita, sarà in ogni caso accompagnata dal relativo certificato di collaudo compilato dalla Ditta fornitrice, attestante la conformità della fornitura alle Norme vigenti e contenente la certificazione dell'avvenuto collaudo e l'indicazione dei valori ottenuti nelle singole prove.

I risultati delle prove di riferimento e di collaudo dei tubi, dei giunti e dei pezzi speciali effettuate in stabilimento a controllo della produzione, alle quali potranno presenziare sia l'Appaltatore e sia la Direzione dei Lavori od altro rappresentante della Stazione Appaltante e le quali comunque si svolgeranno sotto la piena ed esclusiva responsabilità della Ditta fornitrice, saranno valutati con riferimento al valore della pressione nominale di fornitura PN.

L'Appaltatore richiederà alla ditta fornitrice la pubblicazione di questa, di cui un esemplare verrà consegnato alla Direzione dei Lavori, contenente le istruzioni sulle modalità di posa in opera della tubazione.

Accettazione delle tubazioni - Marcatura

L'accettazione delle tubazioni è regolata dalle prescrizioni di questo capitolato nel rispetto di quanto indicato al punto 2.1.4. del D.M. 12 dicembre 1985, del D.M. 6 aprile 2004, n. 174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano" nonchè delle istruzioni emanate con la Circolare Ministero Lavori Pubblici del 20 marzo 1986 n.27291 e, per i tubi in cemento armato ordinario e in cemento armato precompresso, delle Norme vigenti per le strutture in cemento armato, in quanto applicabili.

Nei riguardi delle pressioni e dei carichi applicati staticamente devono essere garantiti i requisiti limiti indicati nelle due tabelle allegate al D.M. 12 dicembre 1985: tabella I, per tubi di adduzione in pressione (acquedotti) e II, per le fognature.

Tutti i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno giungere in cantiere dotati di marcature indicanti la ditta costruttrice, il diametro nominale, la pressione nominale (o la classe d'impiego) e possibilmente l'anno di fabbricazione; le singole paratie della fornitura dovranno avere una documentazione dei risultati delle prove eseguite in stabilimento caratterizzanti i materiali ed i tubi forniti.

La Stazione Appaltante ha la facoltà di effettuare sulle tubazioni fornite in cantiere - oltre che presso la fabbrica - controlli e verifiche ogni qualvolta lo riterrà necessario, secondo le prescrizioni di questo capitolato e le disposizioni della Direzione dei Lavori.

Tutti i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno essere conformi, ove applicabili, alle norme UNI EN 10311, UNI EN 10312, UNI EN 1123-1-2, UNI EN 1124-1-2-3, UNI EN 10224, UNI EN 13160-1.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, comunque, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

Rivestimento interno

Il rivestimento interno delle tubazioni non deve contenere alcun elemento solubile in acqua né alcun prodotto che possa dare sapore od odore all'acqua dopo un opportuno lavaggio della condotta.

Per le condotte di acqua potabile il rivestimento interno non deve contenere elementi tossici.

Tipo di giunti

Oltre ai giunti specificati per i vari tipi di tubazioni (acciaio, ghisa, ecc.), potranno adottarsi, in casi particolari (come l'allestimento di condotte esterne provvisorie), i seguenti altri tipi di giunti:

- Giunto a flange libere con anello di appoggio saldato a sovrapposizione, secondo la norma UNI EN 1092-1.
- Giunto a flange saldate a sovrapposizione, secondo le norme UNI EN 1092-1.
- Giunto a flange saldate di testa, secondo le norme UNI EN 1092-1.
- Giunto Victaulic, automatico (che è di rapido montaggio e smontaggio, particolarmente indicato per condotte provvisorie e per tracciati accidentali).
- Giunto Gibault (o simili, come Dresser, Viking-Johnson), costituito da un manicotto (botticella) e da due flangie in ghisa, da bulloni di collegamento in ferro e da due anelli di gomma a sezione circolare, da impiegare per la giunzione di tubi con estremità lisce.

Apparecchiature idrauliche

Le apparecchiature idrauliche dovranno corrispondere alle caratteristiche e requisiti di accettazione delle vigenti norme UNI.

Su richiesta della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore dovrà esibire, entro 1 mese dalla data della consegna (o della prima consegna parziale) dei lavori e comunicando il nominativo della ditta costruttrice, i loro prototipi che la Direzione dei Lavori, se li ritenga idonei, potrà fare sottoporre a prove di fatica nello stabilimento di produzione od in un laboratorio di sua scelta; ogni onere e spesa per quanto sopra resta a carico dell'Appaltatore.

L'accettazione delle apparecchiature da parte della Direzione dei Lavori non esonera l'Appaltatore dall'obbligo di consegnare le apparecchiature stesse in opera perfettamente funzionanti.

TUBAZIONE DI ACCIAIO

Tubi di acciaio senza saldatura e saldati

I tubi di acciaio avranno caratteristiche e requisiti di accettazione conformi alle norme UNI EN 10224, con diametro nominale DN da 40 a 900 mm per pressioni di esercizio rispettivamente da circa 40 a 140 kgf/cm², e conformi, inoltre, al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

Saranno senza saldatura (per i diametri minori) oppure saldati longitudinalmente con saldatura elettrica a resistenza (per i diametri maggiori).

I tubi in acciaio saldato dovranno essere conformi alla norma UNI EN 10312 e corrisponderanno alle istruzioni fornite sul loro impiego dalla Circolare Ministero Lavori Pubblici 5 maggio 1966 n. 2136, in quanto non contrastanti con le norme sopra indicate.

Le estremità dei tubi saranno a cordone e a bicchiere cilindrico per tubi con $DN \leq 125$ mm o sferico per tubi con $DN \geq 150$ mm, per giunti con saldatura autogena per sovrapposizione.

Possono anche prevedersi tubi con estremità predisposte per saldatura di testa.

Saranno in lunghezza da 8 a 13,5 m. ma saranno ammessi tubi lunghi da 4 a 8 m. nella misura massima dell'8% sull'intera fornitura; la lunghezza è misurata fra le due estremità di ogni tubo, dedotta la lunghezza della profondità del bicchiere.

Saranno protetti internamente con una semplice bitumatura che soddisfi l'esigenza della buona conservazione della superficie interna del tubo nel tempo intercorrente tra la fabbricazione del tubo e la sua posa in opera.

Saranno protetti esternamente con rivestimento normale (realizzato con una pellicola di bitume ed uno strato protettivo isolante di miscela bituminosa, la cui armatura è costituita da un doppio strato di feltro di vetro impregnato con la stessa miscela bituminosa e con una successiva pellicola di finitura di idrato di calcio) oppure con rivestimento pesante (consistente in una pellicola di bitume ed uno strato protettivo isolante di miscela bituminosa, la cui armatura è costituita da uno strato di feltro ed uno di tessuto di vetro impregnati con la stessa miscela bituminosa, e in una successiva pellicola di finitura di idrato di calcio).

I rivestimenti interni ed esterni dovranno corrispondere alle norme UNI EN 10224.

Insieme con i tubi dovrà essere consegnato dal fornitore il materiale occorrente per la protezione dei giunti saldati e per le eventuali riparazioni ai rivestimenti.

All'atto dell'ordinazione l'Appaltatore richiederà al fornitore il certificato di controllo.

Tubi di acciaio filettabili

I tubi di acciaio filettabili saranno saldati (per i diametri minori) oppure senza saldatura (per i diametri maggiori) e avranno caratteristiche e requisiti di accettazione conformi rispettivamente alle norme UNI CEI EN 45011 ed alle norme UNI EN 10255.

Le estremità dei tubi saranno predisposte per giunzione filettata a vite e manicotto e per giunzione saldata di testa.

I tubi saldati saranno in lunghezza da 6 m (con una tolleranza di + 100 mm e - 50 mm), ma saranno ammessi tubi lunghi da 4 a 7 m nella misura massima del 10% sull'intera fornitura.

I tubi senza saldatura saranno in lunghezza da 4 a 7 m.

I tubi di acciaio filettabili saranno protetti con bitumatura interna e con rivestimento esterno normale o pesante, oppure saranno zincati secondo la norma UNI EN 10240.

All'atto dell'ordinazione l'Appaltatore richiederà al fornitore un attestato di conformità alle norme UNI CEI EN 45011 o UNI EN 10255.

Pezzi speciali d'acciaio

I pezzi speciali di acciaio avranno le stesse caratteristiche previste per i tubi, con una maggiore tolleranza sulle dimensioni e la massa lineica e con esclusione della prova idraulica (che sarà effettuata sul tubo da cui i pezzi speciali sono ricavati) e saranno bitumati internamente e con rivestimento esterno normale o pesante, come per i tubi.

L'ordinazione sarà in genere riferita ai pezzi speciali di serie adatti per pressione di esercizio di 10 kgf/cm²; ma per esigenze particolari saranno ordinati anche pezzi speciali non di serie, e cioè quelli di tabella ma adatti per pressioni di esercizio superiori e/o con giunti diversi o altri pezzi speciali ricavati, per la loro parte tubolare, da tubi di acciaio aventi caratteristiche appropriate e, per le altre parti, da profilati o da pezzi fucinati.

TUBAZIONI DI GHISA

Tubazioni di ghisa sferoidale

I tubi di ghisa sferoidale avranno caratteristiche e requisiti di accettazione conformi alle norme UNI EN 545, UNI EN 969 e UNI EN 598 e al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano". Essi dovranno avere una struttura che ne permetta la lavorazione con particolare riguardo alle operazioni di taglio e foratura e presentare alla rottura una grana grigia, compatta e regolare; non dovranno avere difetti che pregiudichino l'impiego al quale sono destinati.

I tubi saranno in lunghezze di 6 m per DN ≤ 700 mm e di 6-7 e/o 8 m per DN ≥ 700 mm; ma il 10% dei tubi potrà essere fornito con una lunghezza utile ridotta di 0,5 m rispetto alle lunghezze predette.

I tubi per acquedotto saranno rivestiti internamente con malta cementizia ed esternamente, in lega di zinco-alluminio applicata per metallizzazione (400 gr/mq per DN 100 - 600 e 200 gr/mq per DN 900-1200) ricoperta con vernice epossidica min. 100 micron.

I tubi per fognatura saranno rivestiti internamente in malta di cemento alluminoso applicata per centrifugazione ed esternamente in zinco applicato per metallizzazione (minimo 200 gr/mq).

Le tubazioni per acquedotto saranno utilizzate alle seguenti pressioni di esercizio, per la serie spessore K = 9, a seconda del diametro nominale DN.

DN	bar
60	64
80	64
100	64
125	64
150	55
200	44
250	39
300	37
350	35
400	34
450	33
500	32
600	31

700	29
-----	----

I tubi per fognatura in pressione saranno sottoposti ad una prova idraulica di tenuta sotto pressione di 40 bar.

Raccordi di ghisa sferoidale

I raccordi di ghisa sferoidale per le tubazioni di acquedotto avranno le stesse caratteristiche previste per i tubi e saranno rivestiti internamente ed esternamente con vernice bituminosa. I raccordi per le tubazioni di fognatura - tranne quelli destinati al collegamento con strutture murarie, che non saranno verniciati all'esterno allo scopo di favorire l'ancoraggio - saranno rivestiti sia all'esterno che all'interno con vernice epossidica.

I giunti dei raccordi saranno a bicchiere del tipo meccanico a bulloni Express e/o a flangia.

I principali raccordi sono i seguenti:

a) Con giunto Express:

- ┌─ Giunzioni ad una flangia (imbocchi).
- ┌─ Giunzioni flangia-bicchiere (tazza).
- ≡ Manicotti a 2 bicchieri.
- ↷ Curve a 2 bicchieri, ad 1/4 (90°).
- » Curve a 2 bicchieri, ad 1/8 (45°).
- » Curve a 2 bicchieri, ad 1/16 (22° 30').
- » Curve a 2 bicchieri, ad 1/32 (11° 15').
- ┌─ Pezzi a T, TI, a 2 bicchieri con diramazione a flangia.
- ≡ Riduzione a 2 bicchieri.

b) Con giunto a flangia:

- ≡ Riduzioni a 2 flangie.
- ┌─ Pezzi a T a 3 flangie.
- ┌─ Croci a 4 flangie.
- ↷ Curve a 2 flangie, c. s.
- || Flangie di riduzione.

Marcatura dei tubi e raccordi di ghisa sferoidale e delle guarnizioni

Ogni tubo porterà i seguenti marchi:

- il marchio di fabbrica;
- il diametro nominale DN, in mm (p.e. DN 200);

- il tipo di materiale (p.e. 2GS; dove 2: tipo di profilo esterno del bicchiere; e GS: ghisa sferoidale);
- il tipo di giunto (Rapido: R - Express: Ex).

Ogni raccordo porterà i seguenti marchi:

- il tipo del pezzo: p.e. TI, per il pezzo a T (per le curve sarà anche indicato il grado di deviazione angolare);
- il diametro nominale DN;
- il tipo di materiale.

Ogni guarnizione ad anello di gomma porterà i seguenti marchi:

- il marchio di fabbrica;
- il diametro nominale DN;
- il tipo di giunto;
- il tipo di impiego (Acqua);
- l'anno di fabbricazione.

TUBAZIONI IN PVC RIGIDO NON PLASTIFICATO

Le tubazioni in PVC (cloruro di polivinile) rigido non plastificato devono corrispondere alle caratteristiche ed ai requisiti di accettazione prescritti dalle Norme vigenti, dalla norma UNI EN ISO 1452, UNI EN 1401 ed alle Raccomandazioni I.I.P. e conformi, inoltre, al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

I tubi in PVC sono fabbricati con cloruro di polivinile esente da plastificanti e cariche inerti, non colorato artificialmente e miscelato - a scelta del fabbricante, purchè il manufatto ottenuto risponda ai requisiti stabiliti dalle Norme vigenti - con opportuni stabilizzanti e additivi nelle quantità necessarie.

Devono avere costituzione omogenea e compatta, superficie liscia ed esente da ondulazioni e da striature cromatiche notevoli, da porosità e bolle; presentare una sezione circolare costante; ed avere le estremità rifinite in modo da consentire il montaggio ed assicurare la tenuta del giunto previsto per le tubazioni stesse.

I tubi e i raccordi di PVC devono essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP che ne assicura la rispondenza alle norme UNI.

I raccordi e i pezzi speciali in PVC per acquedotti e per fognature dovranno rispondere alle caratteristiche stabilite rispettivamente dalle norme UNI EN ISO 1452-3 o UNI 1401-1.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

TUBAZIONI IN PEAD

Le tubazioni in Polietilene ad alta densità dovranno essere in PE 100 con valori minimi di MRS (Minimum Required Strength) di 10 MPa, destinati alla distribuzione dell'acqua prodotti in conformità alla UNI EN

12201 del 2004, e a quanto previsto dal D.M. n.174 del 06/04/2004 (sostituisce Circ. Min. Sanità n. 102 del 02/12/1978); dovranno essere contrassegnati dal marchio IIP dell'Istituto Italiano dei Plastici e/o equivalente marchio europeo e conformi, inoltre, al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

I tubi devono essere formati per estrusione, e possono essere forniti sia in barre che in rotoli.

I tubi in PEAD sono fabbricati con il polimero polietilene con l'aggiunta di sostanze (nerofumo) atte ad impedire o ridurre la degradazione del polimero in conseguenza della sua esposizione alla radiazione solare ed in modo particolare a quella ultravioletta.

I tubi in PEAD ed i relativi raccordi in materiali termoplastici devono essere contrassegnati con il marchio di conformità I.I.P. che ne assicura la rispondenza alle Norme UNI, limitatamente alle dimensioni previste dalle norme stesse.

I raccordi ed i pezzi speciali devono rispondere alle stesse caratteristiche chimico-fisiche dei tubi; possono essere prodotti per stampaggio o ricavati direttamente da tubo diritto mediante opportuni tagli, sagomature ed operazioni a caldo (piegatura, saldature di testa o con apporto di materiale, ecc.). In ogni caso tali operazioni devono essere sempre eseguite da personale specializzato e con idonea attrezzatura presso l'officina del fornitore. Per le figure e le dimensioni non previste dalle norme UNI o UNIPLAST si possono usare raccordi e pezzi speciali di altri materiali purchè siano idonei allo scopo.

Per l'acquedotto saranno impiegati tubi con pressione nominale PN = 16 kgf/cm².

Per la fognatura saranno impiegati tubi previsti dalle norme UNI.

TUBAZIONI IN GRES CERAMICO

Le tubazioni ed i materiali in gres ceramico per collettori di fogna devono corrispondere alle caratteristiche ed ai requisiti di accettazione prescritti dalle Norme UNI EN 295-1 e UNI EN 295-2 e conformi, inoltre, al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano" e prodotti in stabilimenti conformi alla Norma UNI EN ISO 9001.

Essi sono fabbricati con miscela di argilla plastica, caolino, quarzo e feldspati ed avranno una copertura vetrificata cioè saranno coperti totalmente o parzialmente da una vetrina, esclusivamente o prevalentemente a base di silicati, ottenuta ad alta temperatura mediante reazioni chimico-fisiche fra sostanze di apporto e le argille costituenti il gres.

Dovranno presentarsi di impasto omogeneo, compatto anche in frattura, ben vetrificato, senza incrinature, difetti o asperità, e dare, percossi al martello, un suono metallico.

I tubi saranno forniti di doppio giunto prefabbricato in poliuretano.

L'Appaltatore richiederà alla fabbrica fornitrice il rilascio di un certificato di collaudo, per ciascun lotto in cui sarà suddivisa l'intera fornitura dei tubi. Ogni lotto comprenderà di regola almeno 300 unità dello stesso diametro. Ogni certificato dovrà attestare la conformità dei tubi di ogni lotto alle Norme vigenti, secondo le quali in particolare:

- alla prova di tenuta idraulica, la giunzione dovrà risultare stagna ad una pressione interna di prova di 0,5 kgf/cm² per la durata di 5';
- i tubi interi (in posizione verticale) sottoposti ad una pressione idraulica interna, variabile a seconda del diametro interno, non dovranno presentare in alcun punto rotture, perdite o trasudamenti.

COLLOCAMENTO IN OPERA – NORME GENERALI

L'Appaltatore, oltre alle modalità esecutive prescritte per ogni categoria di lavoro, è obbligato ad impiegare ed eseguire tutte le opere provvisorie ed usare tutte le cautele ritenute a suo giudizio indispensabili per la buona riuscita delle opere e per la loro manutenzione e per garantire da eventuali danni o piene sia le attrezzature di cantiere che le opere stesse.

La posa in opera di qualsiasi materiale, apparecchio o manufatto, consisterà in genere nel suo prelievo dal luogo di deposito, nel suo trasporto in sito (intendendosi con ciò tanto il trasporto in piano o in pendenza, che il sollevamento in alto o la discesa in basso, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc.), nonché nel collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque altezza o profondità ed in qualsiasi posizione, ed in tutte le opere conseguenti.

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire il collocamento di qualsiasi opera od apparecchio che le venga ordinato dalla Direzione dei Lavori, anche se forniti da altre ditte.

Il collocamento in opera dovrà eseguirsi con tutte le cure e cautele del caso; il materiale o manufatto dovrà essere convenientemente protetto, se necessario, anche dopo collocato, essendo l'Appaltatore unico responsabile dei danni di qualsiasi genere che potessero essere arrecati alle cose poste in opera, anche dal solo traffico degli operai durante e dopo l'esecuzione dei lavori, sino al loro termine e consegna, anche se il particolare collocamento in opera si svolge sotto la sorveglianza o assistenza del personale di altre ditte, fornitrici del materiale o del manufatto.

COLLOCAMENTO IN OPERA DI MATERIALI FORNITI DALLA STAZIONE APPALTANTE

Qualsiasi apparecchio, materiale o manufatto fornito dalla Stazione Appaltante sarà consegnato assieme alle istruzioni che l'Appaltatore riceverà tempestivamente. Pertanto l'Appaltatore dovrà provvedere al suo trasporto in cantiere, immagazzinamento e custodia, e successivamente alla loro posa in opera, a seconda delle istruzioni che riceverà, eseguendo le opere di adattamento e ripristino che si rendessero necessarie.

Per il collocamento in opera dovranno seguirsi inoltre tutte le norme indicate per ciascuna opera nel presente Capitolato, restando sempre l'Appaltatore responsabile della buona conservazione del materiale consegnatogli, prima e dopo del suo collocamento in opera.

COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN GENERE

Generalità

Nella costruzione delle condotte costituenti l'opera oggetto del presente appalto, saranno osservate le vigenti Norme tecniche:

- la normativa del Ministero dei lavori pubblici;
- le disposizioni in materia di sicurezza igienica e sanitaria di competenza del Ministero della sanità;
- le norme specifiche concernenti gli impianti fissi antincendio di competenza del Ministero dell'interno;
- le prescrizioni di legge e regolamentari in materia di tutela delle acque e dell'ambiente dall'inquinamento;
- le speciali prescrizioni in vigore per le costruzioni in zone classificate sismiche, allorchè le tubazioni siano impiegate su tracciati che ricadano in dette zone;
- altre eventuali particolari prescrizioni, purchè non siano in contrasto con la normativa vigente, in vigore per specifiche finalità di determinati settori come quelle disposte dalle Ferrovie dello Stato per l'esecuzione di tubazioni in parallelo con impianti ferroviari ovvero di attraversamento degli stessi.

Le prescrizioni di tutto l'art. "*Movimentazione e Posa delle Tubazioni*" si applicano a tutte le tubazioni in generale; si applicano anche ad ogni tipo delle tubazioni di cui agli articoli seguenti di questo capitolo, tranne per quanto sia incompatibile con le specifiche norme per esse indicate.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

Movimentazione delle tubazioni

Carico, trasporto e scarico

Il carico, il trasporto con qualsiasi mezzo (ferrovia, nave, automezzo), lo scarico e tutte le manovre in genere, dovranno essere eseguiti 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 ai materiali costituenti le tubazioni stesse ed al loro eventuale rivestimento.

Pertanto si dovranno evitare urti, inflessioni e sporgenze eccessive, strisciamenti, contatti con corpi che possano comunque provocare deterioramento o deformazione dei tubi. Nel cantiere dovrà predisporci quanto occorra (mezzi idonei e piani di appoggio) per ricevere i tubi, i pezzi speciali e gli accessori da installare.

Accatastamento e deposito

L'accatastamento dovrà essere effettuato disponendo i tubi a cataste in piazzole opportunamente dislocate lungo il tracciato su un'area piana e stabile protetta al fine di evitare pericoli di incendio, riparate dai raggi solari nel caso di tubi soggetti a deformazioni o deterioramenti determinati da sensibili variazioni termiche.

La base delle cataste dovrà poggiare su tavole opportunamente distanziate o su predisposto letto di appoggio.

L'altezza sarà contenuta entro i limiti adeguati ai materiali ed ai diametri, per evitare deformazioni nelle tubazioni di base e per consentire un agevole prelievo.

I tubi accatastati dovranno essere bloccati con cunei onde evitare improvvisi rotolamenti; provvedimenti di protezione dovranno, in ogni caso, essere adottati per evitare che le testate dei tubi possano subire danneggiamenti di sorta.

Per tubi deformabili le estremità saranno rinforzate con crociere provvisionali.

I giunti, le guarnizioni, le bullonerie ed i materiali in genere, se deteriorabili, dovranno essere depositati, 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.

Le guarnizioni in gomma (come quelle fornite a corredo dei tubi di ghisa sferoidale) devono essere immagazzinate in locali freschi ed in ogni caso riparate dalle radiazioni ultraviolette, da ozono. Saranno conservate nelle condizioni originali di forma, evitando cioè la piegatura ed ogni altro tipo di deformazione.

Non potranno essere impiegate guarnizioni che abbiano subito, prima della posa, un immagazzinamento superiore a 36 mesi.

Scavo per la tubazione

Apertura della pista

Per la posa in opera della tubazione l'Appaltatore dovrà anzitutto provvedere all'apertura della pista di transito che occorra per consentire il passaggio, lungo il tracciato, dei mezzi necessari alla installazione della condotta.

A tal fine sarà spianato il terreno e, là dove la condotta dovrà attraversare zone montuose con tratti a mezza costa, sarà eseguito il necessario sbancamento; in alcuni casi potranno anche doversi costruire strade di accesso. L'entità e le caratteristiche di dette opere provvisorie varieranno in funzione del diametro e del tipo di tubazioni nonché della natura e delle condizioni del terreno.

Scavo e nicchie

Nello scavo per la posa della condotta si procederà di regola da valle verso monte ai fini dello scolo naturale delle acque che si immettono nei cavi.

Lo scavo sarà di norma eseguito a pareti verticali con una larghezza eguale almeno a $DN + 50$ cm (dove DN è il diametro nominale della tubazione, in centimetri), con un minimo di 60 cm per profondità sino a 1,50 m e di 80 cm per profondità maggiori di 1,50 m.

Quando la natura del terreno lo richieda potrà essere autorizzato dalla Direzione dei Lavori uno scavo a sezione trapezia con una determinata pendenza della scarpa, ma con il fondo avente sempre la larghezza sopra indicata, a salvaguardia dell'incolumità degli operai.

Il terreno di risulta dallo scavo sarà accumulato dalla parte opposta - rispetto alla trincea - a quella in cui sono stati o saranno sfilati i tubi, allo scopo di non intralciare il successivo calo dei tubi stessi.

Le pareti della trincea finita non devono presentare sporgenze di blocchi o massi o di radici.

Il fondo dello scavo dovrà essere stabile ed accuratamente livellato prima della posa della tubazione in modo da evitare gibbosità ed avvallamenti e consentire l'appoggio uniforme dei tubi per tutta la loro lunghezza.

Questa regolarizzazione del fondo potrà ottenersi con semplice spianamento se il terreno è sciolto o disponendo uno strato di terra o sabbia ben costipata se il terreno è roccioso.

Le profondità di posa dei tubi sono indicate sui profili longitudinali delle condotte mediante "livелlette" determinate in sede di progetto oppure prescritte dalla Direzione dei Lavori.

Saranno predisposte, alle prevedibili distanze dei giunti, opportune nicchie, sufficienti per potere eseguire regolarmente nello scavo tutte le operazioni relative alla formazione dei giunti.

Per tutto il tempo in cui i cavi dovranno rimanere aperti per la costruzione delle condotte, saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore tutti gli oneri per armature, esaurimenti di acqua, sgombero del materiale eventualmente franato e la perfetta manutenzione del cavo, indipendentemente dal tempo trascorso dall'apertura dello stesso e dagli eventi meteorici verificatisi, ancorchè eccezionali.

L'avanzamento degli scavi dovrà essere adeguato all'effettivo avanzamento della fornitura dei tubi; pertanto, gli scavi per posa condotte potranno essere sospesi a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori qualora la costruzione della condotta già iniziata non venga sollecitamente completata in ogni sua fase, compresa la prova idraulica ed il rinterro.

Posa della tubazione

Sfilamento tubi

Col termine "sfilamento" si definiscono le operazioni di trasporto dei tubi in cantiere, dalla catasta a piè d'opera lungo il tracciato, ed il loro deposito ai margini della trincea di scavo.

In genere converrà effettuare lo sfilamento prima dell'apertura dello scavo sia per consentire un migliore accesso dei mezzi di trasporto e movimentazione sia per una più conveniente organizzazione della posa.

I tubi prelevati dalle cataste predisposte verranno sfilati lungo l'asse previsto per la condotta, allineati con le testate vicine l'una all'altra, sempre adottando tutte le precauzioni necessarie (con criteri analoghi a quelli indicati per lo scarico ed il trasporto) per evitare danni ai tubi ed al loro rivestimento.

I tubi saranno depositati lungo il tracciato sul ciglio dello scavo, dalla parte opposta a quella in cui si trova o si prevede di mettere la terra scavata, ponendo i bicchieri nella direzione prevista per il montaggio e curando che i tubi stessi siano in equilibrio stabile per tutto il periodo di permanenza costruttiva.

Posa in opera dei tubi

Prima della posa in opera i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno essere accuratamente controllati, con particolare riguardo alle estremità ed all'eventuale rivestimento, per accertare che nel trasporto o nelle operazioni di carico e scarico non siano stati danneggiati; quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera dovranno essere scartati e sostituiti. Nel caso in cui il danneggiamento abbia interessato l'eventuale rivestimento si dovrà procedere al suo ripristino.

Per il sollevamento e la posa dei tubi in scavo, in rilevato o su appoggi, si dovranno adottare gli stessi criteri usati per le operazioni precedenti (di trasporto, ecc.) con l'impiego di mezzi adatti a seconda del tipo e del diametro, onde evitare il deterioramento dei tubi ed in particolare delle testate e degli eventuali rivestimenti protettivi.

Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna; le estremità di ogni tratto di condotta in corso d'impianto devono essere comunque chiuse con tappo di legno, restando vietato effettuare tali chiusure in modo diverso.

La posa in opera dovrà essere effettuata da personale specializzato.

I tubi con giunto a bicchiere saranno di norma collocati procedendo dal basso verso l'alto e con bicchieri rivolti verso l'alto per facilitare l'esecuzione delle giunzioni. Per tali tubi, le due estremità verranno pulite con una spazzola di acciaio ed un pennello, eliminando eventuali grumi di vernice ed ogni traccia di terra o altro materiale estraneo.

La posa in opera dei tubi sarà effettuata sul fondo del cavo spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti.

Il letto di posa - che non è necessario nel caso di terreno sciolto e lo è invece nel caso di terreni rocciosi - consisterà, nei casi in cui è prescritto dalla Direzione dei Lavori per costituire un supporto continuo della tubazione, in uno strato, disteso sul fondo dello scavo, di materiale incoerente - come sabbia o terra non argillosa sciolta e vagliata e che non contenga pietruzze - di spessore non inferiore a 10 cm misurati sotto la generatrice del tubo che vi verrà posato.

Se i tubi vanno appoggiati su un terreno roccioso e non è possibile togliere tutte le asperità, lo spessore del letto di posa dovrà essere convenientemente aumentato.

Ove si renda necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, dovrà accertarsi la possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.

In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni od altri appoggi discontinui.

Il piano di posa - che verrà livellato con appositi traguardi in funzione delle "livелlette" di scavo (apponendo e quotando dei picchetti sia nei punti del fondo della fossa che corrispondono alle verticali dei cambiamenti di pendenza e di direzione della condotta, sia in punti intermedi, in modo che la distanza tra picchetto e picchetto non superi 15 metri) dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti quali: impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole.

In quest'ultimo caso la discontinuità di contatto tra tubo e selle sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

Nel caso specifico di tubazioni metalliche dovranno essere inserite, ai fini della protezione catodica, in corrispondenza dei punti d'appoggio, membrane isolanti.

Nel caso di posa in terreni particolarmente aggressivi la tubazione di ghisa sferoidale sarà protetta esternamente con manicotto in polietilene, dello spessore di 20 ÷ 40 mm, applicato in fase di posa della condotta.

Per i tubi costituiti da materiali plastici dovrà prestarsi particolare cura ed attenzione quando le manovre di cui al paragrafo "*Movimentazione delle tubazioni*" ed a questo dovessero effettuarsi a temperature inferiori a 0 °C, per evitare danneggiamenti.

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti dovranno essere riparati così da ripristinare la completa integrità, ovvero saranno definitivamente scartati e sostituiti, secondo quanto precisato nel primo capoverso di questo paragrafo al punto 2.

Ogni tratto di condotta posata non deve presentare contropendenze in corrispondenza di punti ove non siano previsti organi di scarico e di sfiato.

La posizione esatta in cui devono essere posti i raccordi o pezzi speciali e le apparecchiature idrauliche deve essere riconosciuta o approvata dalla Direzione dei Lavori. Quindi resta determinata la lunghezza dei diversi tratti di tubazione continua, la quale deve essere formata col massimo numero possibile di tubi interi, così da ridurre al minimo il numero delle giunture.

E' vietato l'impiego di spezzoni di tubo non strettamente necessari.

Durante l'esecuzione dei lavori di posa debbono essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per evitare danni agli elementi di condotta già posati.

Si impedirà quindi con le necessarie cautele durante i lavori e con adeguata sorveglianza nei periodi di sospensione, la caduta di pietre, massi, ecc. che possano danneggiare le tubazioni e gli apparecchi.

Con opportune arginature e deviazioni si impedirà che le trincee siano invase dalle acque piovane e si eviterà parimenti, con rinterri parziali eseguiti a tempo debito senza comunque interessare i giunti, che, verificandosi nonostante ogni precauzione la inondazione dei cavi, le condotte che siano vuote e chiuse agli estremi possano essere sollevate dalle acque.

Ogni danno di qualsiasi entità che si verificasse in tali casi per mancanza di adozione delle necessarie cautele è a carico dell'Appaltatore.

Posa in opera di pezzi speciali e delle apparecchiature idrauliche

I pezzi speciali e le apparecchiature idrauliche saranno collocati seguendo tutte le prescrizioni prima indicate per i tubi.

I pezzi speciali saranno in perfetta coassialità con i tubi.

Gli organi di manovra (saracinesche di arresto e di scarico, sfiati, gruppi per la prova di pressione, ecc.) e i giunti isolanti - che è conveniente prima preparare fuori opera e poi montare nelle tubazioni - verranno installati, seguendo tutte le prescrizioni prima indicate per i tubi, in pozzetti o camerette in muratura accessibili e drenate dalle acque di infiltrazione in modo che non siano a contatto con acqua e fango.

Fra gli organi di manovra ed eventuali muretti di appoggio verranno interposte lastre di materiale isolante.

Nei casi in cui non è possibile mantenere le camerette sicuramente e costantemente asciutte, le apparecchiature suddette saranno opportunamente rivestite, operando su di esse prima della loro installazione e successivamente sulle flange in opera.

Parimenti saranno rivestiti, negli stessi casi o se si tratta di giunti isolanti interrati, i giunti medesimi.

Le saracinesche di arresto avranno in genere lo stesso diametro della tubazione nella quale debbono essere inserite e saranno collocate nei punti indicati nei disegni di progetto o dalla Direzione dei Lavori.

Le saracinesche di scarico saranno collocate comunque - sulle diramazioni di pezzi a T o di pezzi a croce - nei punti più depressi della condotta tra due tronchi (discesa - salita), ovvero alla estremità inferiore di un tronco isolato.

Gli sfiati automatici saranno collocati comunque - sulle diramazioni di pezzi a T, preceduti da una saracinesca e muniti di apposito rubinetto di spurgo - nei punti culminanti della condotta tra due tronchi (salita - discesa) o alla estremità superiore di un tronco isolato ovvero alla sommità dei sifoni.

Giunzione dei pezzi speciali flangiati e delle apparecchiature idrauliche con la tubazione

Il collegamento dei pezzi speciali flangiati o delle apparecchiature idrauliche con la tubazione è normalmente eseguito con giunto a flangia piena consistente nella unione, mediante bulloni, di due flange poste alle estremità dei tubi o pezzi speciali o apparecchiature da collegare, tra le quali è stata interposta una guarnizione ricavata da piombo in lastra di spessore non minore di 5 mm o una guarnizione in gomma telata.

Le guarnizioni avranno la forma di un anello piatto il cui diametro interno sarà uguale a quello dei tubi da congiungere e quello esterno uguale a quello esterno del "collarino" della flangia. E' vietato l'impiego di due o più rondelle nello stesso giunto. Quando, per particolari condizioni di posa della condotta, sia indispensabile l'impiego di ringrossi tra le flange, questi debbono essere di ghisa o di ferro e posti in opera con guarnizioni su entrambe le facce. E' vietato ingrassare le guarnizioni.

I dadi dei bulloni saranno stretti gradualmente e successivamente per coppie di bulloni posti alle estremità di uno stesso diametro evitando di produrre anormali sollecitazioni della flangia, che potrebbero provocarne la rottura.

Stretti i bulloni, la rondella in piombo sarà ribattuta energicamente tutto intorno con adatto calcatoio e col martello per ottenere una tenuta perfetta.

Prova d'isolamento e protezione catodica

Sulle tubazioni metalliche o con armature metalliche munite di rivestimento protettivo esterno, al termine delle operazioni di completamento e di eventuale ripristino della protezione stessa, saranno eseguite determinazioni della resistenza di isolamento delle tubazioni in opera per tronchi isolati, al fine di controllare la continuità del rivestimento protettivo, procedendo alla individuazione ed all'eliminazione dei punti di discontinuità del rivestimento.

Le tubazioni suddette, nei casi in cui la presenza di correnti vaganti o la natura particolarmente aggressiva dei terreni di posa lascia prevedere elevate possibilità di corrosione, verranno portate in condizioni di immunità cioè tali da neutralizzare ogni fenomeno di corrosione, mediante applicazione della protezione catodica.

A prescindere dal sistema con cui questa verrà eseguita, secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori, sarà nei suddetti casi comunque realizzata la protezione catodica temporanea, per impedire gli eventuali processi iniziali di corrosione che potranno manifestarsi specie nel caso di tempi lunghi intercorrenti fra la posa delle condotte e l'applicazione della protezione catodica.

Giunzione dei tubi

Verificata pendenza ed allineamento si procederà alla giunzione dei tubi, che dovrà essere effettuata da personale specializzato.

Le estremità dei tubi e dei pezzi speciali da giuntare e le eventuali guarnizioni dovranno essere perfettamente pulite.

La giunzione dovrà garantire la continuità idraulica e il comportamento statico previsto in progetto e dovrà essere realizzata in maniera conforme alle norme di esecuzione dipendenti dal tipo di tubo e giunto impiegati nonché dalla pressione di esercizio.

A garanzia della perfetta realizzazione dei giunti dovranno, di norma, essere predisposti dei controlli sistematici con modalità esecutive specificatamente riferite al tipo di giunto ed al tubo impiegato.

ATTRAVERSAMENTI E PARALLELISMI

Norme da osservare

Nei casi di interferenza (attraversamenti, parallelismi) di condotte di acqua potabile sotto pressione (acquedotti) o di fogna con le ferrovie dello Stato ovvero con ferrovie, tramvie e filovie extraurbane, funicolari, funivie e impianti similari, concessi o in gestione governativa, eserciti sotto il controllo della Direzione generale della motorizzazione civile e trasporti in concessione, saranno osservate le Norme vigenti ed in particolare le prescrizioni del D.M. 23 febbraio 1971 come modificato dal D.M. 10 agosto 2004.

Attraversamenti di corsi d'acqua, ferrovie e strade

Si devono predisporre manufatti di attraversamento ogni volta che la condotta incontri:

- un corso d'acqua naturale o artificiale;
- una strada ferrata;

- una strada a traffico pesante.

Negli attraversamenti di corsi di acqua importanti, è in generale necessario effettuare il sovra passaggio mediante piccoli ponti progettati per il sostegno della tubazione, oppure servirsi come appoggio di un ponte esistente. Nel caso di piccoli corsi d'acqua, come torrenti, sarà effettuato un sottopassaggio ricavato in una briglia del torrente, che abbia sufficiente robustezza.

In genere, in corrispondenza all'attraversamento di un corso d'acqua si ha un punto basso della condotta e in tale punto è conveniente sistemare un pozzetto di scarico.

Gli attraversamenti ferroviari - per i quali vanno comunque scrupolosamente osservate le prescrizioni del D.M. 23 febbraio 1971 come modificato dal D.M. 10 agosto 2004 - devono essere sempre eseguiti in cunicolo, possibilmente ispezionabile, avente lunghezza almeno uguale alla larghezza della piattaforma ferroviaria; alle estremità del cunicolo, prima e dopo l'attraversamento deve essere predisposto un pozzetto contenente una saracinesca di intercettazione ed una derivazione per scarico.

Anche gli attraversamenti stradali saranno in genere posti in cunicolo, per non essere costretti, in caso di rottura del tubo, a manomettere la sede stradale per la riparazione; è in ogni caso necessario, quando non sia conveniente costruire un vero e proprio cunicolo, disporre la condotta in un tubo più grande (tubo guaina) od in un tombino, in modo da proteggerla dai sovraccarichi e dalle vibrazioni trasmesse dal traffico sul piano stradale e permettere l'eventuale sfilamento. Le saracinesche di intercettazione verranno poste in pozzetti prima e dopo l'attraversamento per facilitare eventuali riparazioni della condotta.

Le condotte contenute in tubi-guaina (p.e., negli attraversamenti stradali e ferroviari) saranno isolate elettricamente inserendo zeppe e tasselli - rispettivamente alle estremità del tubo-guaina e nella intercapedine fra condotta e tubo-gomma - di materiale elettricamente isolante e meccanicamente resistente. I tasselli non dovranno occupare più di un quarto dell'area dell'intercapedine e saranno in numero tale che in nessun caso i tubi possano venire a contatto per flessione.

I tubi-guaina saranno dotati di adeguato rivestimento esterno; i tubi di sfiato dei tubi-guaina saranno realizzati in modo da non avere contatti metallici con le condotte.

Distanze della condotta da esistenti tubazioni e cavi interrati

La condotta sarà mantenuta alla massima distanza possibile dalle altre tubazioni (acquedotti, gasdotti, ecc.) e cavi (elettrici, telefonici, ecc.) interrati.

Per le condotte urbane:

- nei parallelismi, se eccezionalmente si dovesse ridurre la distanza a meno di 30 cm, verrà controllato anzitutto il rivestimento con particolare cura mediante un rilevatore a scintilla per verificarne in ogni punto la continuità e sarà poi eseguito un rivestimento supplementare (come quello per la protezione dei giunti nei tubi di acciaio); nella eventualità che possano verificarsi contatti fra le parti metalliche, saranno inseriti tasselli di materiale isolante (p.e. tela bachelizzata, PVC, ecc.) dello spessore di almeno 1 cm;

- negli incroci verrà mantenuta una distanza di almeno 30 cm; se eccezionalmente si dovesse ridurre, sarà eseguito un rivestimento supplementare come sopra per una estensione di 10 m a monte e 10 m a valle; se esiste il pericolo di contatto fra le parti metalliche (p.e. per assestamenti del terreno), verrà interposta una lastra di materiale isolante con spessore di almeno 1 cm, larghezza eguale a 2 ÷ 3 volte il diametro del tubo maggiore e lunghezza a seconda della posizione della condotta rispetto alle altre tubazioni o cavi.

Analogamente si procederà per le condotte extraurbane, nei parallelismi e negli incroci, quando la distanza di cui sopra si riduca a meno di 75 cm.

Attraversamenti di pareti e blocchi in calcestruzzo

La tubazione, per la parte in cui attraversa pareti, blocchi di ancoraggio o briglie in calcestruzzo ecc., conserverà il rivestimento protettivo e verrà tenuta ad una distanza di almeno 10 cm dagli eventuali ferri di armatura.

Se in corrispondenza all'attraversamento deve essere realizzato l'ancoraggio, si ricorrerà a cerniere protette con idonee vernici isolanti (p.e. epossidiche) mentre il tubo sarà sempre dotato di rivestimento.

Sostegni per condotte aeree

Fra la tubazione e le sellette di appoggio saranno interposte lastre o guaine di materiale isolante (p.e. Polietilene, gomma telata, ecc.) sia nei punti in cui la condotta è semplicemente appoggiata che in quelli in cui la condotta è ancorata ai sostegni mediante collare di lamiera e zanche di ancoraggio.

PROVA IDRAULICA DELLA CONDOTTA

Puntellamenti ed ancoraggi per la prova

Prima di procedere al riempimento della condotta per la prova idraulica deve essere eseguito il rinfianco ed il rinterro parziale della condotta in modo da impedire che la pressione interna di prova provochi lo spostamento dei tubi; ed i raccordi corrispondenti alle estremità, alle curve planimetriche ed altimetriche, alle diramazioni ed alle variazioni di diametro devono essere opportunamente puntellati.

Prima di eseguire gli ancoraggi definitivi in muratura, (ma di quelli che venissero costruiti si dovrà accettare la stagionatura, prima della prova) saranno effettuati puntellamenti provvisori sulle pareti dello scavo a mezzo di carpenteria in legno o in ferro (p.e. puntelli in ferro telescopici regolabili in lunghezza, martinetti idraulici) per facilitare lo smontaggio della condotta nel caso di eventuali perdite.

Per equilibrare la spinta longitudinale sul terminale della condotta può rendersi talvolta opportuno costruire un blocco trasversale in calcestruzzo; in tale caso si provvederà nel blocco stesso un foro per il successivo passaggio, in prosecuzione, della condotta.

Nel caso di raccordi collegati a valvola di interruzione in linea, i raccordi stessi devono essere opportunamente ancorati mediante apposite staffe metalliche collegate alle murature del pozzetto, allo scopo di contrastare le spinte idrostatiche, derivanti dalla differenza di pressione monte-valle della valvola, generate dalla sua chiusura.

Per i blocchi di ancoraggio sarà generalmente adottata la forma a pianta trapezia ed altezza costante, con i lati maggiore e minore del trapezio di base adiacenti rispettivamente alla parete verticale dello scavo ed alla condotta.

I blocchi di ancoraggio destinati ad essere sollecitati esclusivamente a compressione saranno realizzati in calcestruzzo cementizio non armato dosato a 300 kg di cemento per 1 m³ di inerti.

I blocchi destinati a sollecitazione di trazione e presso-flessione saranno realizzati in calcestruzzo cementizio armato.

Le dimensioni dei blocchi saranno quelle di progetto o stabilite dalla Direzione dei Lavori.

Tronchi di condotta – Preparazione della prova

La condotta verrà sottoposta a prova idraulica per tronchi via via completati, della lunghezza ognuno di circa 500 m.

Si farà in modo di provare tronchi aventi alle estremità nodi o punti caratteristici della condotta, quali incroci, diramazioni, sfiati, scarichi, così da avere a disposizione i raccordi ai quali collegare le apparecchiature occorrenti alla prova idraulica; in questo caso, quando manchino saracinesche di linea, può essere realizzato il sezionamento del tronco da collaudare interponendo temporaneamente, fra due flange piane, un disco di acciaio.

Se invece le estremità delle condotte non sono costituite da raccordi utilizzabili in via definitiva, occorre chiudere provvisoriamente le estremità della condotta con gli opportuni raccordi a flangia (tazza o imbocco) e relativi piatti di chiusura aventi un foro filettato.

L'Appaltatore eseguirà le prove dei tronchi di condotta posata al più presto possibile e pertanto dovrà far seguire immediatamente alla esecuzione delle giunzioni quella degli ancoraggi provvisori e di tutte le operazioni per le prove.

La Direzione dei Lavori potrà prescrivere dispositivi speciali (come l'esecuzione di blocchi di calcestruzzo - da rimuovere in tutto o in parte dopo le prove per eseguire il tratto di tubazione corrispondente alla interruzione - con tubi di comunicazione tra l'uno e l'altro muniti di saracinesche per il passaggio dell'acqua).

L'Appaltatore dovrà provvedere a sue cure e spese a tutto quanto è necessario (acqua per il riempimento delle tubazioni, piatti di chiusura, pompe, rubinetti, raccordi, guarnizioni e manometro registratore ufficialmente tarato) per l'esecuzione delle prove e per il loro controllo da parte della Direzione dei Lavori.

Saranno inoltre effettuati, a cura e spese dell'Appaltatore, la provvista di materiali e tutti i lavori occorrenti per sbatacchiature e ancoraggi provvisori delle estremità libere della condotta e dei relativi piatti di chiusura durante le prove, curando l'esecuzione di tali operazioni sì da non dare luogo a danneggiamenti della tubazione e di altri manufatti.

Disinfezione della condotta

Per ogni tratto collocato, e comunque per lunghezza non superiore di norma a 500 m, debbono essere posti 20 kg di grassello di calce nell'interno della condotta per la sua disinfezione.

L'acqua di calce sarà scaricata durante i lavaggi.

La Direzione dei Lavori potrà prescrivere altro sistema di disinfezione.

L'immissione del grassello o l'adozione di altri sistemi di disinfezione dovranno essere ripetuti tutte le volte che debbano rinnovarsi le prove delle condutture.

Riempimento della condotta

Si riempirà la condotta con acqua immessa preferibilmente dall'estremità a quota più bassa del tronco, per assicurare il suo regolare deflusso e per la fuoriuscita dell'aria dall'estremità alta; il riempimento sarà sempre fatto molto lentamente per assicurare la completa evacuazione dell'aria .

Il piatto di chiusura del raccordo sull'estremità alta deve essere forato nel punto più alto corrispondente alla sezione interna del tubo e munito di rubinetto di spurgo d'aria.

In modo analogo occorre assicurare lo spurgo dell'aria in eventuali punti di colmo (sfiati) intermedi della tratta da provare e, in alcuni casi, in corrispondenza delle variazioni di diametro. L'immissione dell'acqua deve essere fatta ad una discreta pressione (2-3 bar almeno) collegando la condotta alla rete già in esercizio; nel caso di condotte di adduzione esterne si può prelevare l'acqua dai tronchi già collaudati o

da vasche, pozzi, corsi d'acqua, mediante pompe munite di valvola di fondo. Nella fase di riempimento occorre tenere completamente aperti i rubinetti di sfiato.

Si lascerà fuoriuscire l'acqua dai rubinetti per il tempo necessario affinché all'interno della condotta non vi siano residue sacche d'aria (le quali renderebbero praticamente impossibile la messa in pressione).

In caso di necessità possono realizzarsi punti di sfiato mediante foratura della condotta in corrispondenza della generatrice superiore e posa in opera di "staffe a collare".

Collocazione della pompa e messa in pressione

Ad avvenuto riempimento della condotta saranno lasciati aperti per un certo tempo gli sfiati per consentire l'uscita di ogni residuo d'aria e sarà poi disposta, preferibilmente nel punto più basso di essa, la pompa di prova a pistone o a diaframma (del tipo manuale o a motore) munita del relativo manometro registratore ufficialmente tarato. La pompa, se posta nel punto di immissione principale (collegamento alla rete, ecc.), va collegata mediante apposita diramazione e relative valvole di intercettazione, allo scopo di poter effettuare ulteriori riempimenti della condotta senza perdite di tempo per disconnessioni temporanee.

Agendo sulla leva della pompa (o sull'accensione del motore) si metterà la condotta in carico fino ad ottenere la pressione di prova stabilita, che sarà raggiunta gradualmente, in ragione di non più di 1 bar al minuto primo.

Specie nel periodo estivo e per le condotte sottoposte ai raggi solari nelle ore più calde della giornata, si controllerà il manometro, scaricando se necessario con l'apposita valvola della pompa l'eventuale aumento di pressione oltre i valori stabiliti.

Dopo il raggiungimento della pressione richiesta, verrà ispezionata la condotta per accertare che non vi siano in atto spostamenti dei puntelli o degli ancoraggi in corrispondenza dei punti caratteristici.

Le due prove

La prova idraulica della condotta consisterà di due prove, una a giunti scoperti a condotta seminterrata e l'altra a cavo semichiuso, che saranno eseguite ad una pressione pari a 1,5-2 volte la pressione di esercizio.

Alle prove la Direzione dei Lavori potrà richiedere l'assistenza della ditta fornitrice dei tubi.

Durante il periodo nel quale la condotta sarà sottoposta alla prima prova, la Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, eseguirà la visita accurata di tutti i giunti che, all'inizio della prova, debbono risultare puliti e perfettamente asciutti.

Il buon esito della prima prova sarà dimostrato dai concordi risultati dell'esame dei giunti e dal grafico del manometro registratore; non potrà perciò accettarsi una prova in base alle sole indicazioni, ancorché positive, del manometro registratore, senza che sia stata effettuata la completa ispezione di tutti i giunti.

Qualora la prima prova non abbia dato risultati conformi alle prescrizioni relative ai singoli tipi di tubi, essa dovrà essere ripetuta.

Dopo il risultato favorevole della prima prova, si procederà alla seconda prova a cavo semichiuso, il cui buon esito risulterà dal grafico del manometro registratore.

Se questa seconda prova non darà risultati conformi alle prescrizioni relative ai singoli tipi di tubo, il cavo dovrà essere riaperto, i giunti revisionati o rifatti e il rinterro rinnovato. La prova verrà quindi ripetuta con le stesse modalità di cui sopra.

La sostituzione dei tubi che risultassero rotti o si rompessero durante le prove è a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda la fornitura del materiale che per la manodopera e l'attrezzatura occorrenti.

Dopo il risultato favorevole della 1° e 2° prova, per le quali la Direzione dei Lavori redigerà "verbale di prova idraulica", verrà completato il rinterro.

RINTERRO

Rinfianco e rinterro parziale (cavallottamento)

Al termine delle operazioni di giunzione relative a ciascun tratto di condotta ed eseguiti gli ancoraggi, si procederà di norma al rinfianco ed al rinterro parziale dei tubi - per circa 2/3 della lunghezza di ogni tubo, con un cumulo di terra (cavallotto) - sino a raggiungere un opportuno spessore sulla generatrice superiore, lasciando completamente scoperti i giunti.

Modalità particolari dovranno essere seguite nel caso di pericolo di galleggiamento dei tubi o in tutti quei casi in cui lo richieda la stabilità dei cavi.

Il rinterro verrà effettuato con materiale proveniente dagli scavi, selezionato (privo di sassi, radici, corpi estranei, almeno fino a circa 30 cm sopra la generatrice superiore del tubo) o, se non idoneo, con materiale proveniente da cava di prestito, con le precauzioni di cui al paragrafo "*Posa della Tubazione*" su sfilamento tubi.

Il materiale dovrà essere disposto nella trincea in modo uniforme, in strati di spessore 20-30 cm, abbondantemente innaffiato e accuratamente costipato sotto e lateralmente al tubo, per ottenere un buon appoggio esente da vuoti e per impedire i cedimenti e gli spostamenti laterali. Per i tubi di grande diametro di tipo flessibile, dovrà essere effettuato in forma sistematica il controllo dello stato di compattazione raggiunto dal materiale di rinterro, secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori.

Ove occorra, il rinfianco potrà essere eseguito in conglomerato cementizio magro.

Saranno in ogni caso osservate le normative UNI nonché le indicazioni del costruttore del tubo.

Rinterro e semichiusura del cavo

Eseguita la prima prova a giunti scoperti si procederà al rinterro dei tratti di condotta ancora scoperti, con le modalità ed i materiali stabiliti nel precedente punto, ed al rinterro completo di tutta la condotta del tronco sino a circa 80 cm sulla generatrice superiore della tubazione, impiegando materiali idonei disposti per strati successivi, spianati ed accuratamente compattati dopo avere eliminato le pietre di maggiori dimensioni.

Rinterro definitivo

Eseguita la prova idraulica si completerà il rinterro con le modalità ed i materiali stabiliti nel precedente punto.

A rinterro ultimato, nei tronchi fuori strada verranno effettuati gli opportuni ricarichi atti a consentire il ripristino del livello del piano di campagna - quale dovrà risultare all'atto del collaudo - dopo il naturale assestamento del rinterro.

Nei tronchi sotto strada si avrà cura di costipare il rinterro, procedendo alle necessarie innaffiature fino al livello del piano di posa della massicciata stradale, raggiungendo un grado di compattazione e di

assestamento del rinterro tale per cui, una volta che sia stato effettuato il ripristino della struttura stradale, il piano di calpestio di questa non subisca col tempo e per effetto del traffico anche "pesante" alcuna modifica rispetto all'assetto altimetrico preesistente alle operazioni di posa. Nel caso in cui dovessero verificarsi cedimenti, l'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà procedere alle opportune ed ulteriori opere di compattazione ed al ripristino della struttura stradale (massicciata, binder, strato di usura), fino all'ottenimento della condizione di stabilità.

COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN ACCIAIO

Movimentazione

Durante il trasporto, i tubi di acciaio devono essere sistemati in modo da impedire le oscillazioni e gli sfregamenti; i montanti contro i quali poggiano i tubi esterni devono essere convenientemente imbottiti o fasciati con materiali morbidi (paglia, stracci, ecc.).

I tubi non devono essere lasciati cadere a terra, rotolati o strisciati, ma sollevati e trasportati sul luogo di impiego con cura per evitare danni al rivestimento.

Durante le operazioni di carico e scarico, i tubi, singoli o in fascio, non devono essere sostenuti con funi o con catene, ma con larghe bande di tela gommata od imbottita; se i tubi hanno un diametro maggiore di 100 mm, saranno manovrati singolarmente agganciandoli alle due estremità.

I tubi di acciaio devono essere accatastati interponendo tra i vari strati dei listoni di legno o dei materassini di paglia in modo che le estremità a flangia o a bicchiere non penetrino nel rivestimento dei tubi sovrastanti e sottostanti.

Si deve limitare l'altezza delle cataste per evitare lo schiacciamento del rivestimento dei tubi posti negli strati inferiori tenendo presenti le condizioni ambientali (in particolare modo la temperatura).

La zona di accatastamento deve avere una superficie di appoggio piana e priva di ghiaia, pietre o altri oggetti acuminati che possono penetrare nel rivestimento; deve inoltre essere sgomberata dalla gramigna che ha il potere di intaccare i rivestimenti a base di bitume.

Revisione del rivestimento – Protezione dei giunti – Posa in opera

Prima di calare i tubi di acciaio nello scavo si deve procedere ad un'accurata revisione del rivestimento per individuarne e ripararne gli eventuali difetti.

La riparazione si esegue asportando accuratamente tutta la parte danneggiata, pulendo a mezzo di spazzola metallica la superficie scoperta e verniciandola con vernice al bitume. Quando la vernice è asciutta al tatto, si applica uno strato di bitume fuso e si ricopre accuratamente con tessuto di vetro imbevuto dello stesso bitume; la ricopertura deve estendersi con un buon margine sul contorno della parte lesionata.

Nel caso di piccoli difetti o di piccole avarie la riparazione può limitarsi a semplice spalmatura di bitume caldo.

La protezione del giunto viene eseguita come segue.

- Sulle estremità del rivestimento di fabbrica si realizza, con opportuno utensile, un invito a becco di flauto;

- si pulisce a fondo tutta la superficie da rivestire con spazzola metallica in modo che risulti esente da polvere, terra, scorie di saldatura, ecc.; una accurata pulizia deve essere effettuata anche su un tratto di 10 ÷ 15 cm del rivestimento esistente sui tubi nelle parti adiacenti alla zona metallica nuda;
- si applica sulle parti sopra indicate, rese pulite ed asciutte, almeno una mano di vernice bituminosa;
- si applica, dopo che la pellicola di vernice è ben essiccata, uno strato di bitume fuso dello spessore di almeno 2 mm; l'operazione va eseguita versando il bitume con un mestolo nella parte superiore e spalmandolo con un tampone od una spatola od altro idoneo sistema in quella inferiore;
- si controlla, eventualmente con un rilevatore elettrico a scintilla (detector), la continuità del rivestimento;
- si esegue una fasciatura in doppio strato con tessuto di vetro imbevuto di bitume caldo, sovrapponendo la fasciatura al rivestimento preesistente per almeno 15 cm.

Per effettuare la posa, la condotta deve essere sollevata in punti ravvicinati in modo da evitare sollecitazioni pericolose nel materiale; parimenti il rivestimento deve essere conservato intatto impiegando sistemi idonei (esempio: fasce di tessuto a base di iuta).

A seconda dal tipo di giunzione, si avvicinano le testate dei tubi e si accoppiano i bicchieri e poi si procede alla loro giunzione mediante saldatura, onde formare dei lunghi tronchi da deporre a lato dello scavo, ed in qualche caso sopra lo scavo stesso.

Giunzioni con saldatura

La saldatura in cantiere dei giunti a sovrapposizione (giunti a bicchiere cilindrico o sferico) o di testa delle tubazioni di acciaio deve assicurare, oltre alla tenuta idraulica, l'efficienza nelle normali condizioni di collaudo e di esercizio.

Si richiedono perciò:

- materiale base atto ad essere saldato con il procedimento adottato;
- materiale d'apporto con caratteristiche meccaniche adeguate a quelle del materiale base;
- procedimento di saldatura appropriato;
- preparazione, esecuzione e controlli della saldatura adeguati al procedimento adottato ed alla importanza della condotta;
- saldatori qualificati.

La realizzazione dei giunti saldati in cantiere sarà ottenuta, di norma, per fusione ed apporto di acciaio al carbonio, o a bassa lega, normalmente con saldatura manuale all'arco elettrico con elettrodi rivestiti. Nel caso di tubazioni di spessore piccolo ($\leq 3,2$ mm) e di piccolo diametro (≤ 80 mm) sarà usato il procedimento al cannello ossiacetilenico.

Le saldatrici, le motosaldatrici, le linee elettriche di collegamento e gli accessori relativi dovranno essere mantenuti durante tutta la durata del lavoro in condizioni tali da assicurare la corretta esecuzione e la continuità del lavoro nonché la sicurezza del personale.

Gli elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco dovranno essere classificati secondo la norma [UNI EN ISO 2560](#).

Per i giunti a bicchiere cilindrico e sferico, prima del loro accoppiamento, le estremità deformate a causa di danneggiamenti subiti durante il trasporto dovranno essere ripristinate, normalmente previo adeguato riscaldamento della zona interessata.

Per la saldatura di testa, quando questi tubi presentino ovalizzazioni o comunque un eccessivo disallineamento anche locale delle superfici interne, si dovrà usare un accoppiatubi interno o esterno di allineamento che non dovrà essere tolto prima che sia stata eseguita la prima passata, avente una lunghezza totale non inferiore al 50% della circonferenza del tubo e comunque uniformemente distribuita sulla circonferenza stessa.

Prima della saldatura le estremità da congiungere dovranno risultare completamente esenti da scorie, vernici, grasso, ruggine, terra, ecc. Le impurità eventualmente presenti dovranno essere accuratamente rimosse con spazzole metalliche, decapaggio a fiamma o altri mezzi idonei.

Le saldature dovranno essere effettuate con temperatura ambiente uguale o superiore a + 15 °C; per temperature più basse dovrà eseguirsi un opportuno preriscaldamento; inoltre si eviterà di effettuare saldature quando le condizioni atmosferiche per pioggia, forte umidità, vento, siano giudicate, dalla Direzione dei Lavori, pregiudizievoli per la buona esecuzione delle saldature stesse.

I saldatori terranno gli elettrodi da impiegare negli appositi fornelli riscaldatori ad una temperatura di 40 ÷ 80 °C.

Il preriscaldamento si rende necessario se la temperatura ambiente è inferiore a + 5 °C e in ogni caso per tubi di spessore superiore a 8 mm; esso potrà essere effettuato con fiamma di qualunque tipo (bruciatori a gas propanici, ecc.) a induzione o con resistenze elettriche.

Dovranno essere impiegati saldatori qualificati.

Per quanto non indicato nelle suddette norme UNI, si seguiranno le norme ANDIS.

Prova idraulica

La pressione di prova idraulica delle condotte di acciaio sarà pari a 10 kgf/cm² oltre quella di esercizio e dovrà mantenersi costante per una durata di 24 ore continue, durante le quali nessuna perdita dovrà verificarsi in corrispondenza delle saldature. Qualora si dovessero invece verificare perdite le saldature relative verranno contrassegnate e, dopo lo svuotamento della condotta, riparate o rifatte come potrà ordinare la Direzione dei Lavori.

Per le tubazioni con giunti saldati l'Appaltatore ha la facoltà, previa autorizzazione della Direzione dei Lavori, di eseguire preliminarmente una prova di tenuta ad aria che permette di localizzare ed eliminare le eventuali saldature difettose senza attendere il risultato della prova idraulica.

Detta prova di tenuta consiste nella immissione, nel tronco di condotta da provare chiuso alle due estremità, di aria compressa a 6 ÷ 7 bar mentre si bagnano con acqua fortemente saponata le singole saldature; se la prova di tenuta ha esito favorevole, l'Appaltatore potrà rivestire i giunti anche prima di collocare i tubi nello scavo. Seguiranno il rinterro e la prova idraulica di cui ai relativi articoli

COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE DI GHISA

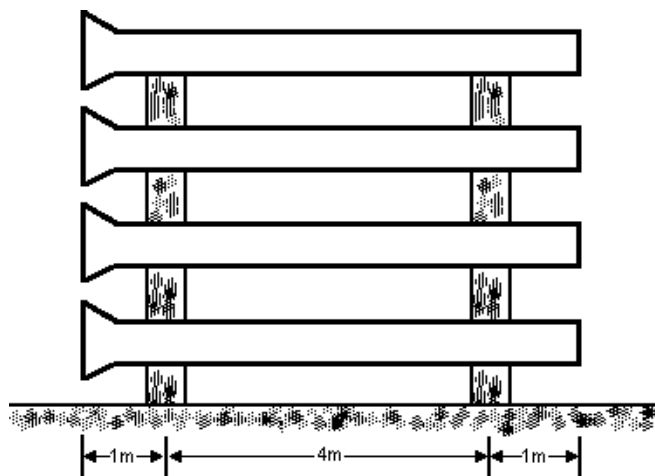
Movimentazione

Per il trasporto dei tubi di ghisa saranno realizzati appoggi accurati e stabili, collocando appositi intercalari in legno sia sul piano di carico che fra i vari strati di tubi.

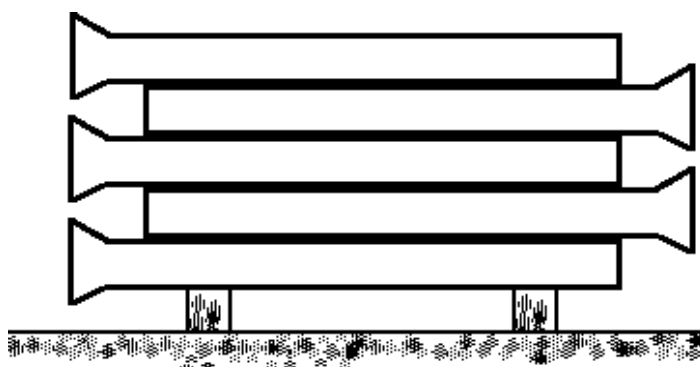
Le operazioni di carico e scarico devono essere effettuate sollevando i tubi o dalla parte centrale per mezzo di "braghe" o "tenaglie" rivestite o dalle estremità per mezzo di ganci ricoperti in gomma, atti a non danneggiare il rivestimento cementizio interno. Saranno evitate manovre brusche ed urti che possano provocare deformazioni delle estremità lisce dei tubi e conseguenti distacchi dei rivestimenti interni.

I tubi di ghisa possono essere accatastati:

- o collocandoli sulla stessa verticale con orientamento unico; essi poggiano su due intercalari in legno situati ad un metro circa dalle due estremità;



- o collocandoli a "testa-coda"; essi sono disposti in "quinconce": quelli dello strato inferiore poggiano su una generatrice e quelli degli strati superiori su due generatrici; questa disposizione richiede che i tubi dello strato inferiore siano posati su un intercalare in legno di altezza tale che i bicchieri non tocchino terra.



Con l'uno o l'altro sistema verranno limitate le altezze delle pile e, quindi, il numero degli strati in funzione inversa del diametro dei tubi, allo scopo di non sovraccaricare i tubi degli strati inferiori.

Il numero massimo di strati sarà il seguente:

DN	N° max strati
80	18

100	16
125	14
150	13
200	11
250	10
300	9
350	8
400	7
450/500	6
600	5

Il taglio

Quando, nel corso delle operazioni di posa delle tubazioni, sia necessario tagliare - fuori o dentro gli scavi - tubi di ghisa normale o sferoidale di lunghezza standard per ricavarne tronchetti o spezzoni, vi si provvederà:

- per i tubi di ghisa normale, con i comuni attrezzi "tagliatubi" del tipo di quelli usati dalle aziende di gestione acqua e gas;
- per i tubi di ghisa sferoidale, con tagliatubi speciali indicati dalle case fornitrici dei tubi stessi.

Per il taglio dei tubi saranno seguite le seguenti istruzioni.

- 1)** Nel caso di taglio fuori scavo disporre il tubo da tagliare su appoggi abbastanza alti da consentire la libera e completa rotazione del tagliatubi; bloccare il tubo con una chiave a catena, in modo da impedirne la rotazione sotto l'azione del tagliatubi. In caso di taglio di tubi già posti nello scavo, praticare una nicchia sufficientemente ampia al disotto del punto da tagliare.
- 2)** Accertarsi che le rotelle predisposte sul tagliatubi siano adatte al taglio del materiale tubolare (ghisa sferoidale o ghisa grigia); altrimenti sostituirle.
- 3)** Dopo aver segnato sul tubo la sezione da tagliare, disporvi il tagliatubi serrando moderatamente il vitone con l'apposita leva a testa dentata.
- 4)** Ruotare più volte, alternativamente, in senso orario e antiorario il tagliatubi, in modo che le rotelle si dispongano in un unico solco su un piano perfettamente perpendicolare all'asse del tubo. Evitare accuratamente che le rotelle si "avvitino" intorno al tubo in diverse spire.
- 5)** Serrare fortemente il vitone del tagliatubi in modo che le rotelle aderiscano al tubo con una giusta pressione, tale da consentire l'incisione della parete, senza che la rotazione del tagliatubi sia resa eccessivamente difficile, da poter provocare la rottura delle rotelle: in linea di massima deve essere sufficiente, per i diametri più grandi, l'azione contemporanea di due operai.
- 6)** Ruotare di un giro completo il tagliatubi (o alternativamente, più volte, nel caso in cui la forma del tagliatubi non consenta la rotazione completa) fino a fare ridurre sensibilmente la resistenza di attrito delle rotelle sul tubo.

7) Stringere nuovamente il vitone del tagliatubi con le modalità indicate al punto 5) e ripetere le operazioni fino ad ottenere il taglio del tubo.

Nei tubi in ghisa sferoidale con rivestimento interno cementizio il taglio con tagliatubi deve essere limitato al solo spessore della parete metallica: ciò al fine di non danneggiare le rotelle o gli utensili in acciaio speciale. Il taglio della parete interna cementizia potrà essere facilmente ottenuto percuotendo uno dei due monconi.

Le operazioni successive al taglio

A seguito del taglio si effettueranno in cantiere, sulle estremità risultanti dal taglio stesso, le operazioni di spazzolatura dell'eventuale strato di ossidazione esterno, di arrotondamento del bordo esterno dell'estremità liscia da montare, di controllo della circolarità della sezione tagliata e di rettifica della eventuale ovalizzazione, con le modalità seguenti.

a) Spazzolatura

Sarà eliminato l'eventuale strato di ossido (ruggine) interposto fra la parete metallica e la vernice esterna.

Può essere impiegata allo scopo una normale spazzola metallica manuale o una spazzola circolare rotativa azionata elettricamente o ad aria compressa.

La spazzolatura non deve assolutamente essere spinta in profondità ma deve interessare soltanto la sottile pellicola esterna di ossidazione senza intaccare la massa metallica della parete. La zona da spazzolare deve avere una larghezza pari alla profondità del bicchiere corrispondente.

Verrà poi, ripristinato, con vernice a base di catrame o bitume, lo strato di rivestimento esterno.

b) Arrotondamento

Solo nel caso di spezzoni da montare in bicchieri di tubi con giunto RAPIDO è necessario procedere all'arrotondamento del bordo esterno dell'estremità tagliata. Ciò in quanto l'introduzione forzata dell'estremità a spigolo vivo sarebbe più difficile e potrebbe comportare il danneggiamento della guarnizione di gomma. Per tutti gli altri tipi di giunto l'operazione può essere limitata alla semplice eliminazione di eventuali "bave" di taglio.

L'arrotondamento può essere fatto con una normale lima manuale adatta al materiale o, più rapidamente, con una mola rotativa.

c) Controllo della circolarità e rettifica della ovalizzazione

Servendosi di un compasso o di un comune metro millimetrato, verificare le dimensioni di alcuni diametri esterni della sezione risultante dal taglio, individuando e annotando, se vi sono differenze, il diametro esterno massimo e quello minimo. La differenza millimetrica fra i due diametri costituisce il "grado di ovalizzazione".

Qui di seguito vengono indicati i gradi massimi di ovalizzazione (cioè le differenze tra diametri massimo e minimo) oltre i quali verrà effettuata la RETTIFICA in cantiere della sezione ovalizzata, secondo le istruzioni della Ditta fornitrice dei tubi.

--	--

3 mm per il DN 300	4,5 mm per il DN 600
3,5 mm per il DN 350	5 mm per il DN 700
3,5 mm per il DN 400	6 mm per il DN 800
4 mm per il DN 450	7 mm per il DN 900
4 mm per il DN 500	8 mm per il DN 1000

Giunzione dei tubi di ghisa sferoidale

La deviazione angolare consentita, sia per i tubi con giunto automatico che meccanico, è di 5° per i tubi sino DN 150, 4° per DN 200 ÷ 300, 3° per DN 350 ÷ 500, 2° per DN 600 ÷ 700.

Con giunto automatico (rapido)

Lubrificazione della sede della guarnizione

Pulito l'interno del bicchiere e l'anello di tenuta in gomma, si lubrifica, con l'apposita pasta fornita a corredo dei tubi, la parte interna del bicchiere destinata a sede della guarnizione, nella quantità strettamente necessaria a formare un leggero velo lubrificante come da tabella seguente.

Quantità indicativa di pasta lubrificante necessaria per ogni punto	
DN (mm)	60 80 100 125 150 200 250 300 350 400 450 500 600
gr	8 10 13 16 19 26 29 33 39 43 45 48 52



In sostituzione della apposita pasta si può usare solo vasellina industriale, con esclusione di altri lubrificanti quali grassi e oli minerali, vernici, ecc.

Inserimento e lubrificazione della guarnizione

Si introduce la guarnizione nel suo alloggiamento all'interno del bicchiere, con le "labbra" rivolte verso l'interno del tubo, curando in modo particolare che l'intradosso sia perfettamente circolare e non presenti rigonfiamenti o fuoriuscite.

Si lubrifica, con le stesse modalità del paragrafo precedente, la superficie interna conica della guarnizione.

Misura della penetrazione e lubrificazione dell'estremità liscia del tubo

Servendosi di un apposito calibro, si traccia sull'estradosso della canna del tubo una linea di fede ad una distanza dall'estremità liscia del tubo pari alla profondità d'imbocco del bicchiere corrispondente, diminuita di $5 \div 10$ mm.

Si lubrifica con la pasta l'estremità liscia del tubo limitatamente al tratto da imboccare.

Centramento e controllo della coassialità

Si imbocca l'estremità liscia del tubo e si controlla il centramento mediante un righello metallico calibrato da introdurre nello spazio anulare fra l'interno del bicchiere e l'esterno della canna, fino a toccare la guarnizione.

Si verifica la coassialità dei tubi contigui, correggendo eventuali irregolarità del fondo scavo; saranno ammesse deviazioni sino ad un massimo di 5° per consentire la formazione di curve a grande raggio.

Disposizione dell'attrezzo di trazione e degli accessori

Per tubi da DN 60 a DN 125 può essere impiegata una leva semplice.

Per tubi da DN 150 a DN 600 viene normalmente impiegato un apparecchio da trazione tipo "TIRFORT" con relativi accessori o, in alternativa, macchine operatrici tipo escavatori, motopale, ecc.; in quest'ultimo caso, la successiva operazione di inserimento sarà effettuata con la cura e gradualità necessarie a mantenere la distanza al fondo del bicchiere, come precisato al paragrafo "Misura della penetrazione e lubrificazione dell'estremità liscia del tubo".

Messa in tiro e controllo penetrazione

Agendo sulla leva dell'apparecchio, si introduce il tubo fino a far coincidere la linea di fede di cui al punto "Misura della penetrazione e lubrificazione dell'estremità liscia del tubo" con il piano frontale del bicchiere.

All'atto della messa in tiro è normale che il tubo presenti una certa resistenza iniziale alla penetrazione; questa limitata resistenza coincide con la prima penetrazione in corrispondenza della guarnizione ed è, in genere, crescente col diametro dei tubi. Se si dovessero verificare resistenze eccessive, esse devono

considerarsi anomale e dipendenti da un difettoso assetto della guarnizione nella sua sede o da una smussatura non appropriata dell'estremità liscia del tubo; in questo caso è necessario non insistere nella manovra; occorre invece estrarre il tubo e controllare l'assetto della guarnizione o migliorare, mediante mola o lima, la geometria della smussatura.

Con giunto meccanico (express)

Pulito l'interno del bicchiere e l'estremità liscia con una spazzola d'acciaio ed un pennello, per eliminare, oltre che ogni traccia di terra o altro materiale estraneo, eventuali grumi di vernice, si procede come appresso.

Sistemazione della controflangia e della guarnizione - Nicchie

Si inserisce la controflangia sull'estremità liscia del tubo rivolgendolo al bicchiere corrispondente la parte concava della controflangia stessa.

Si inserisce la guarnizione sull'estremità liscia del tubo tenendo lo smusso in direzione opposta rispetto alla controflangia.

Si scava al di sotto del giunto una nicchia sufficientemente ampia da consentire l'avvitamento dei bulloni nella parte inferiore del giunto.

Introduzione del tubo, controllo coassialità e centramento - Controllo del grado di penetrazione

Si imbecca l'estremità liscia del tubo e si verifica la coassialità e il centramento dei tubi contigui correggendo eventuali irregolarità del fondo scavo.

Si verifica che la linea di fede tracciata sulla canna coincida con il piano frontale del bicchiere; poichè, a giunzione effettuata, il segno di riferimento verrà a trovarsi coperto dalla controflangia, occorre che nel corso delle successive operazioni il tubo non subisca spostamenti longitudinali.

Introduzione della guarnizione e sistemazione della controflangia

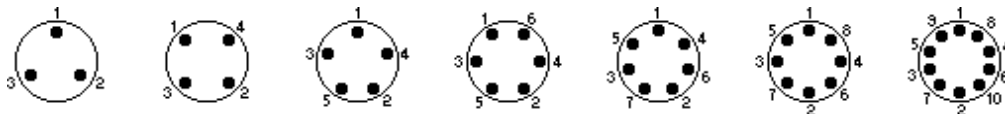
Si fa scorrere la guarnizione sulla canna, sistemandola nella sua sede all'interno del bicchiere (se l'estremità liscia del tubo è ben centrata e i due tubi sono coassiali, questa operazione è molto facile da realizzare) e curando che la superficie frontale della guarnizione risulti ben assestata su tutta la circonferenza, senza rigonfiamenti nè fuoriuscite.

Si fa scorrere la controflangia sulla canna fino a farla aderire alla guarnizione su tutta la circonferenza.

Sistemazione e serraggio bulloni

Si sistemano i bulloni ed avvitano i dadi a mano sino a portarli a contatto della controflangia e si verifica il corretto posizionamento di questa imprimendo due o tre piccoli spostamenti rotatori nei due sensi.

Si serrano progressivamente i dadi per passate successive e su punti diametralmente opposti, seguendo la progressione numerica dello schema seguente.



Per le chiavi da usare: anche per il controllo delle coppie di serraggio, si seguiranno le istruzioni della ditta fornitrice delle tubazioni.

Prova idraulica

Le condotte di ghisa saranno sottoposte nei singoli tronchi, sia nella prima che nella seconda prova, ad una pressione superiore di 5 bar alla pressione statica massima prevista per la tratta di tubazione cui appartiene il tronco provato. Le due prove avranno la durata rispettivamente di otto e di quattro ore.

COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN PEAD

Norme da osservare

Per la movimentazione, la posa e la prova delle tubazioni in PEAD (polietilene ad alta densità) saranno osservate le prescrizioni contenute nelle Raccomandazioni I.I.P.

Movimentazione

Trasporto

Nel trasporto dei tubi in PEAD i piani di appoggio devono essere privi di asperità. I tubi devono essere appoggiati evitando eccessive sporgenze al di fuori del piano di carico.

I tubi in rotoli devono essere appoggiati preferibilmente in orizzontale.

Le imbragature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa o di nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo che i tubi non vengano mai direttamente a contatto con esse per non provocare abrasioni o danneggiamenti.

Carico e scarico

Se il carico e lo scarico dai mezzi di trasporto e comunque la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza adeguata.

Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, si eviterà in ogni modo di fare strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o comunque su oggetti duri e aguzzi.

Accatastamento

Il piano di appoggio dovrà essere livellato ed esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite. L'altezza di accatastamento per i tubi in barre non deve essere superiore a 2 m qualunque sia il loro diametro.

Per i tubi in rotoli appoggiati orizzontalmente, l'altezza può essere superiore ai 2 m.

Quando i tubi vengono accatastati all'aperto per lunghi periodi, dovranno essere protetti dai raggi solari.

Nel caso di tubi di grossi diametri (oltre 500 m), le loro estremità saranno armate internamente onde evitare eccessive ovalizzazioni.

Raccordi ed accessori

Per questi pezzi (che vengono forniti in genere in appositi imballaggi), se sono forniti sfusi, si dovrà avere cura nel trasporto e nell'immagazzinamento di non ammucciarli disordinatamente e si dovrà evitare che possano essere deformati o danneggiati per effetto di urti fra di essi o con altri materiali pesanti.

Posa in opera e rinterro

Profondità di posa

La profondità di posa misurata dalla generatrice superiore del tubo in PEAD dovrà essere almeno 1,00 m ed in ogni caso sarà stabilita dalla Direzione dei Lavori in funzione dei carichi dovuti a circolazione, del pericolo di gelo e del diametro della tubazione.

In corso di lavoro, nel caso che si verificano condizioni più gravose di quelle previste dalle norme vigenti e sempre che tali condizioni riguardino tronchi di limitata ampiezza per cui sussista la convenienza economica di lasciare invariati gli spessori previsti in sede di progettazione, si deve procedere ad opera di protezione della canalizzazione tale da ridurre le sollecitazioni sulle pareti del tubo ai valori stabiliti per la classe di spessori prescelta.

Ad esempio, in caso di smottamento o di frana che allarghi notevolmente la sezione della trincea nella parte destinata a contenere la tubazione, si potranno costruire da una parte e dall'altra della tubazione stessa, fino alla quota della generatrice superiore, muretti di pietrame o di calcestruzzo atti a ridurre opportunamente la larghezza della sezione di scavo.

In caso di attraversamento di terreni melmosi o di strade con traffico capace di indurre sollecitazioni di entità dannose per la tubazione, questa si potrà proteggere con una guaina di caratteristiche idonee da determinare di volta in volta anche in rapporto alla natura del terreno.

In caso di altezza di rinterro minore del valore minimo sopra indicato, occorre utilizzare tubi di spessore maggiore o fare assorbire i carichi da manufatti di protezione.

Letto di posa

Prima della posa in opera del tubo, sarà steso sul fondo dello scavo uno strato di materiale incoerente, quale sabbia o terra sciolta e vagliata, di spessore non inferiore a 15 cm sul quale verrà posato il tubo che verrà poi rinfiancato quanto meno per 15 cm per lato e ricoperto con lo stesso materiale incoerente per uno spessore non inferiore a 20 cm misurato sulla generatrice superiore.

Il riempimento successivo dello scavo potrà essere costituito dal materiale di risulta dello scavo stesso per strati successivi costipati.

Posa della tubazione

L'assiemaggio della condotta può essere effettuato fuori dallo scavo e quindi la posa della condotta avverrà per tratti successivi utilizzando mezzi meccanici.

Prima di effettuare il collegamento dei diversi elementi della tubazione, tubi e raccordi devono essere controllati per eventuali difetti ed accuratamente puliti alle estremità; i tubi inoltre saranno tagliati perpendicolarmente all'asse.

I terminali dei tratti già collegati che per un qualunque motivo debbano rimanere temporaneamente isolati, devono essere chiusi ermeticamente onde evitare l'introduzione di materiali estranei.

Gli accessori interposti nella tubazione come valvole, saracinesche e simili devono essere sorretti in modo da non esercitare alcuna sollecitazione sui tubi.

La Direzione dei Lavori potrà ordinare la posa in opera di opportuni nastri segnaletici sopra la condotta al fine di facilitarne la esatta ubicazione in caso di eventuale manutenzione.

Rinterro

Tenuto conto che il tubo, dilatandosi in funzione della temperatura del terreno, assume delle tensioni se bloccato alle estremità prima del riempimento, si dovrà procedere come segue:

- il riempimento (almeno per i primi 50 cm sopra il tubo) dovrà essere eseguito su tutta la condotta, nelle medesime condizioni di temperatura esterna; esso sarà di norma eseguito nelle ore meno calde della giornata;
- si procederà, sempre a zone di 20-30 m avanzando in una sola direzione e possibilmente in salita: si lavorerà su tre tratte consecutive e si eseguirà contemporaneamente il ricoprimento fino a quota 50 cm sul tubo in una zona, il ricoprimento fino a 15 ÷ 20 cm sul tubo nella zona adiacente e la posa della sabbia intorno al tubo nella tratta più avanzata;
- si potrà procedere a lavoro finito su tratte più lunghe solo in condizioni di temperatura più o meno costante.

Per consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno, una delle estremità della tratta di condotta dovrà essere mantenuta libera di muoversi e l'attacco ai pezzi speciali e all'altra estremità della condotta dovrà essere eseguito dopo che il riscoprimento è stato portato a 5 ÷ 6 m dal pezzo stesso da collegare.

Giunzioni e collegamenti

Giunzioni

Le giunzioni delle tubazioni in PEAD saranno eseguite, a seconda del tipo stabilito, con le seguenti modalità.

Giunzione per saldatura

Essa deve essere sempre eseguita:

- da personale qualificato;
- con apparecchiature tali da garantire che gli errori nelle temperature, nelle pressioni, nei tempi ecc. siano ridotti al minimo;
- in ambiente atmosferico tranquillo (assenza di precipitazioni, di vento, di eccessiva polverosità).

Saldatura per polifusione nel bicchiere

Questo tipo di saldatura si effettua generalmente per la giunzione di pezzi speciali già predisposti per tale sistema (norme UNI EN 12201-1 e UNI EN 12201-3).

In tale tipo di giunzioni la superficie interna del bicchiere (estremità femmina) e la superficie esterna della estremità maschio, dopo accurata pulizia con apposito attrezzo, vengono portate contemporaneamente alla temperatura di saldatura mediante elemento riscaldante che dovrà essere rivestito sulle superfici interessate con PTFE (politetrafluoroetilene) o similari.

Le due estremità vengono quindi inserite l'una nell'altra mediante pressione, evitando ogni spostamento assiale e rotazione.

La pressione deve essere mantenuta fino al consolidamento del materiale. La temperatura dell'attrezzo riscaldante sarà compresa nell'intervallo di 250 ± 10 °C.

Saldatura testa a testa

E' usata nelle giunzioni fra tubo e tubo e fra tubo e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso.

Questo tipo di saldatura viene realizzata con termoelementi costituiti in genere da piastre di acciaio inossidabile o di lega di alluminio, rivestite con tessuto di PTFE (politetrafluoroetilene) e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente. Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o con gas con regolazione automatica della temperatura.

Prima di effettuare le operazioni inerenti alla saldatura, occorrerà fare in modo che tutte le generatrici del tubo siano alla medesima temperatura.

Preparazione delle testate da saldare

Le testate dei manufatti devono essere preparate per la saldatura testa a testa creando la complanarietà delle sezioni di taglio per mezzo di frese che possono essere manuali per i piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti; queste ultime devono avere velocità moderata per evitare il riscaldamento del materiale.

Le testate così predisposte non devono essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi idonei.

Esecuzione della saldatura

I due pezzi da saldare vengono quindi messi in posizione e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetta l'avvicinamento e che dia una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento viene inserito fra le testate che verranno spinte contro la sua superficie.

Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento viene estratto e le due testate vengono spinte l'una contro l'altra alla pressione sotto indicata fino a che il materiale non ritorna allo stato solido.

La saldatura non deve essere rimossa se non quando la zona saldata si sia raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa 60 °C.

Per una perfetta saldatura il PEAD richiede:

- temperatura superficiale del termoelemento 200 ± 10 °C;
- tempo di riscaldamento variabile in relazione allo spessore;
- pressione in fase di riscaldamento, riferita alla superficie da saldare, tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra (valore iniziale 0,5 kgf/cm²).

Giunzioni elettrosaldabili

Tali giunzioni si eseguono riscaldando elettricamente il bicchiere in PEAD nel quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione il polietilene; sono consigliabili quando si devono assiemare due estremità di tubo che non possono essere rimosse dalla loro posizione (es. riparazioni).

L'attrezzatura consiste principalmente in un trasformatore di corrente che riporta la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determina automaticamente i tempi di fusione e sarà impiegata secondo le istruzioni del fornitore.

Per una buona riuscita della saldatura è necessario accertarsi che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna dei tubi) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità ed untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto devono essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale.

A saldatura ultimata, la stessa non sarà forzata in alcun modo se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50 °C.

Giunzione mediante serraggio meccanico

Può essere realizzata mediante i seguenti sistemi.

- Giunti metallici. Esistono diversi tipi di giunti metallici a compressione i quali non effettuano il graffaggio del tubo sull'esterno (es. giunti Gibault) e quindi necessitano di una boccia interna.

Nel caso che il graffaggio venga effettuato sull'esterno del tubo non è indispensabile tale boccia.

- Raccordi di materia plastica. Sono usati vari tipi di raccordi a compressione di materia plastica, nei quali la giunzione viene effettuata con l'uso di un sistema di graffiaggio sull'esterno del tubo.

Giunzione per flangiatura

Per la flangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali si usano flange scorrevoli infilate su collari saldabili in PEAD.

I collari, data la resistenza che devono esercitare, saranno prefabbricati dal fornitore dei tubi e saranno applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa. Le flange saranno quindi collegate con normali bulloni o tiranti di lunghezza appropriata, con l'inserimento di idonee guarnizioni in tutti i casi. Le flange, a secondo dell'uso della condotta, potranno essere di normale acciaio al carbonio protetto con rivestimento di plastica; a collegamento avvenuto, flange e bulloni verranno convenientemente protetti contro la corrosione.

Collegamenti fra tubi in PEAD e tubazioni di altro materiale

Il collegamento fra tubi in PEAD in pressione e raccordi, pezzi speciali ed accessori di altro materiale (gres, amianto cemento, ecc.) avviene generalmente o con una giunzione mediante serraggio meccanico o mezzo flange con collari predisposti su tubo.

In questi casi è preferibile, data la diversità di caratteristiche fra le tubazioni, il collegamento tramite pozzetto di ispezione.

Ancoraggi e prova delle condotte in pead per acquedotto

Eseguiti i necessari ancoraggi secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori, si procederà alla prova idraulica della condotta.

La prova si intende riferita alla condotta con i relativi giunti, curve, T, derivazioni e riduzioni escluso quindi qualsiasi altro accessorio idraulico e cioè: saracinesche, sfiati, scarichi di fondo, idranti, ecc.

La prova idraulica in opera dei tubi in PEAD sarà effettuata a tratte di lunghezza opportuna.

Come prima operazione si dovrà procedere ad ancorare la condotta nello scavo mediante parziale riempimento con terra vagliata, con l'avvertenza però di lasciare i giunti scoperti ed ispezionabili: ciò per consentire il controllo della loro tenuta idraulica e per evitare comunque il movimento orizzontale e verticale dei tubi sottoposti a pressione.

Si procederà quindi al riempimento con acqua dal punto più depresso della tratta, ove verrà installato pure il manometro.

Si avrà la massima cura nel lasciare aperti rubinetti, sfiati ecc. onde consentire la completa fuoriuscita dell'aria.

Riempita la tratta nel modo sopra descritto la si metterà in pressione a mezzo di una pompa, salendo gradualmente di un kgf/cm² al minuto primo fino a raggiungere la pressione di esercizio.

Questa verrà mantenuta per il tempo necessario per consentire l'assestamento dei giunti e l'eliminazione di eventuali perdite che non richiedono lo svuotamento della condotta.

Prova a 1 ora (preliminare-indicativa)

Si porterà la tratta interessata alla pressione di prova idraulica (1,5 volte la pressione nominale a 20 °C) e si isolerà il sistema dalla pompa di prova per un periodo di 1 ora; nel caso di calo di pressione si misurerà il quantitativo di acqua occorrente per ripristinare la pressione di prova.

Tale quantitativo non dovrà superare il quantitativo d'acqua ricavato con la seguente formula: 0,125 l per ogni km di condotta, per ogni 3 bar, per ogni 25 mm di diametro interno.

Prova a 12 ore

Effettuata la prova a 1 ora ed avendo ottenuto risultato positivo, si procederà al collaudo a 12 ore lasciando la tratta interessata alla pressione di prova (1,5 volte la pressione nominale) per tale periodo.

Trascorso tale termine, nel caso di calo di pressione, il quantitativo di acqua necessaria per ristabilire la pressione di prova non dovrà superare il quantitativo di acqua ottenuto con la precedente formula riferita a 12 ore. Solo in quest'ultimo caso, il collaudo sarà da ritenersi positivo.

Pozzetti e prova idraulica delle condotte in pead per fognatura

I pozzetti di ispezione possono essere prefabbricati o realizzati in cantiere. In ogni caso si otterranno tagliando a misura un tubo di diametro opportuno e saldandolo su una piastra di PEAD. Le tubazioni (tronchetti) di adduzione verranno saldate al pozzetto.

Infine l'unione delle tubazioni ai vari tronchetti si otterrà mediante saldatura di testa o, se predisposta, mediante flangiatura. Ultimato il collegamento delle tubazioni al pozzetto, lo stesso sarà rivestito da una struttura cementizia. La base d'appoggio in calcestruzzo sarà calcolata opportunamente in funzione della natura del terreno.

Si otterrà così il pozzetto finito in cui il cemento rappresenterà la struttura portante, mentre il tubo di PEAD rappresenterà il rivestimento interno. I tubi della condotta (tronchetti di adduzione) verranno bloccati nel cemento con anelli o collari di ancoraggio opportunamente predisposti. Tali anelli saranno ricavati da piastre di spessore $s = 20$ mm e saranno saldati d'angolo a gas caldo con sostegni di rinforzo a sezione triangolare, posti alternativamente d'ambo i lati del collare.

La prova della condotta dovrà accertare la perfetta tenuta della canalizzazione; sarà effettuata sottoponendo a pressione idraulica la condotta stessa mediante riempimento con acqua del tronco da collaudare - di lunghezza opportuna, in relazione alla pendenza - attraverso il pozzetto di monte, fino al livello stradale del pozzetto a valle.

GARANZIE E DOCUMENTAZIONE

Garanzia degli impianti

Gli impianti ed i macchinari dovranno essere garantiti, sia per la qualità dei materiali, sia per il montaggio, sia infine per il regolare funzionamento. Pertanto, fino al termine del periodo di garanzia, l'Appaltatore dovrà riparare tempestivamente ed a sue spese, tutti i guasti e le imperfezioni che si verificassero negli impianti per l'effetto della non buona qualità dei materiali o per difetto di montaggio e funzionamento, escluse soltanto le riparazioni dei danni che non possono attribuirsi all'ordinario esercizio dell'impianto, ma ad evidente imperizia o negligenza di chi ne fa uso.

Prove dell'impianto

Tutte le prove che la Direzione Lavori ordini a suo tempo, sia per verificare la qualità dei materiali impiegati sia per verificare la funzionalità, l'efficienza e la resa dell'impianto o di una sua parte, sono a carico dell'Appaltatore compresi l'adatta manodopera, gli apparecchi e gli strumenti di controllo e di misura preventivamente tarati e quanto altro occorrente per eseguire le prove e le verifiche dell'impianto.

Documentazione

Prima dell'emissione dello Stato Finale dei lavori, al fine di avere una esatta documentazione degli impianti installati, dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori i manuali d'uso e manutenzione delle apparecchiature installate e la certificazione di collaudo.

ART. 12 OPERE AMBIENTALI

Sopralluoghi ed accertamenti preliminari

Prima di presentare l'offerta per l'esecuzione dei lavori in oggetto, l'Appaltatore dovrà ispezionare i luoghi per prendere visione delle condizioni di lavoro e dovrà assumere tutte le informazioni necessarie in merito alle opere da realizzare (con particolare riguardo alle dimensioni, alle caratteristiche specifiche e alle eventuali connessioni con altri lavori di costruzione, movimenti di terra e sistemazione ambientale in genere), alla quantità, alla utilizzabilità e alla effettiva disponibilità di acqua per l'irrigazione e la manutenzione.

Di questi accertamenti e ricognizioni l'Appaltatore è tenuta a dare, in sede di offerta, esplicita dichiarazione scritta: non saranno pertanto presi in considerazione reclami per eventuali equivoci sia sulla natura del lavoro da eseguire che sul tipo di materiali da fornire.

La presentazione dell'offerta implica l'accettazione da parte dell'Appaltatore di ogni condizione riportata nelle presenti specifiche o risultante dagli elaborati di progetto allegati.

Conservazione e recupero delle piante esistenti nella zona

Tutta la vegetazione esistente indicata in progetto per restare in loco e quella eventualmente individuata dalla Direzione Lavori in corso d'opera dovrà essere protetta adeguatamente da ogni danneggiamento.

Pertanto, l'Appaltatore dovrà usare la massima cautela nell'eseguire le prescrizioni della Direzione Lavori ogni volta che si troverà a operare nei pressi delle piante esistenti.

Nell'eventualità di dover trapiantare piante esistenti nel cantiere o sul luogo della sistemazione, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, secondo tempi e modi da concordare, la preparazione delle piante stesse.

Accantonamento del terreno vegetale

L'Appaltatore è tenuta a provvedere alla rimozione e accantonamento degli strati fertili del suolo (vedi schede tecniche) destinati ad essere riutilizzati nelle zone interessate dai lavori stessi.

Per esempio: le zone limitrofe alla sede stradale, le aree di cantiere, le piste di servizio, ecc. I luoghi e le modalità attuative di tale operazione saranno indicate dalla Direzione Lavori.

Approvvigionamento d'acqua

L'Appaltatore è tenuta ad approvvigionare la zona dell'acqua necessaria all'innaffiamento delle essenze anche per il periodo di manutenzione, oltre a quello di garanzia.

Le modalità saranno di volta in volta concordate con la committenza e la Direzione Lavori secondo le diverse situazioni e necessità.

Pulizia dell'area di cantiere

A mano a mano che procedono i lavori di sistemazione e le operazioni di piantagione, l'Appaltatore, per mantenere il luogo più in ordine possibile, è tenuta a rimuovere tempestivamente tutti i residui

di lavorazione (es. frammenti di pietre e mattoni, spezzoni di filo metallico, di cordame e di canapa, contenitori, ecc.) e gli utensili non utilizzati.

I residui di cui sopra dovranno essere allontanati e portati dal cantiere alla discarica pubblica o su altre aree indicate dalla Direzione Lavori.

Alla fine dei lavori tutte le aree e gli altri manufatti che siano stati in qualche modo imbrattati dovranno essere accuratamente ripuliti.

Garanzia di attecchimento

L'Appaltatore si impegna a fornire una garanzia di attecchimento del 100% di tutte le piante.

L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 180 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla messa a dimora, le piante si presentano sane e in buono stato vegetativo. Nel caso il progetto e l'Elenco prezzi contemplino la manutenzione dell'impianto, la garanzia di attecchimento vale per tutta la durata della manutenzione stessa. L'avvenuto attecchimento deve essere verbalizzato in contraddittorio fra la Direzione Lavori e l'Appaltatore entro 10 giorni dalla scadenza del periodo come sopra definito.

L'Appaltatore e' tenuta ad una sola sostituzione delle piante non attecchite.

Eventuali ulteriori sostituzioni di piante, gia' sostituite una volta, dovranno essere oggetto di nuovi accordi fra le parti.

Garanzia per i tappeti erbosi

L'Appaltatore si impegna a realizzare tappeti erbosi rispondenti alle caratteristiche previste dal progetto e a garantirne la conformita' al momento dell'ultimazione dei lavori.

In ogni modo l'Appaltatore dovra' fornire una superficie verde compatta; a tal fine saranno previste le opportune risemine.

Responsabilita' dell'Appaltatore nel corso dei lavori

L'Appaltatore e' responsabile di ogni danno causato a terzi ed e' tenuta, senza alcun rimborso, a ripristinare i manufatti, le aree, le attrezzature, gli impianti, le piantagioni ed i tappeti erbosi danneggiati nel corso dei lavori, salvo i casi di vandalismo riconosciuti dalle parti.

Materiali

Tutto il materiale impiantistico (es. irrigatori), il materiale agrario (es. terra di coltivo, concimi, torba, ecc.) ed il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per la sistemazione ambientale dovra' essere della migliore qualita, senza difetti e in ogni caso con qualita' e pregi uguali o superiori a quanto e' prescritto nel presente elaborato, dal progetto e dalla normativa vigente. S'intende che la provenienza sara' liberamente scelta dall'Appaltatore purché, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, i materiali siano riconosciuti accettabili. L'Appaltatore e' tenuta a notificare, in tempo utile, alla Direzione Lavori la provenienza dei materiali per il regolare prelevamento dei relativi campioni.

L'Appaltatore dovrà sostituire a sua cura e spese, con altre corrispondenti ai requisiti concordati, le eventuali partite non ritenute conformi dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore fornirà tutto il materiale (impiantistico, agrario e vegetale) indicato negli elenchi e riportato nei disegni allegati, nelle quantità necessarie alla realizzazione della sistemazione.

Materiale agrario

Per "materiale agrario" si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori di agricoltura, vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla messa a dimora, cura e manutenzione delle piante occorrenti per la sistemazione.

Terra di coltivo e riportata

L'Appaltatore prima di effettuare il riporto di terra di coltivo dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà disporre a proprie spese l'esecuzione delle analisi di laboratorio, per ogni tipo di suolo. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente elaborato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo.

La terra di coltivo riportata dovrà essere priva di pietre, tronchi, rami, radici e loro parti, che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera.

La quantità di scheletro con diametro maggiore di mm. 2,0 non dovrà eccedere il 25% del volume totale.

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori l'impiego di terra le cui analisi abbiano oltrepassato i valori tipici. La terra di coltivo dovrà essere priva di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante, a giudizio della Direzione Lavori.

Substrati di coltivazione

Con "substrati di coltivazione" si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati in proporzioni note per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Per i substrati imballati le confezioni dovranno riportare quantità, tipo e caratteristiche del contenuto.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei ed i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della loro massa.

Concimi minerali ed organici

I concimi minerali, organici e misti da impiegare dovranno avere titolo dichiarato secondo le vigenti disposizioni di legge ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica, fatta esclusione per i letami, per i quali saranno valutate di volta in volta qualità e provenienza.

La Direzione Lavori di riserva il diritto di indicare con maggior precisione, scegliendoli di volta in volta in base alle analisi di laboratorio sul terreno e sui concimi e alle condizioni delle piante durante la messa a dimora ed il periodo di manutenzione, quale tipo di concime dovrà essere utilizzato.

Ammendanti e correttivi

Con "ammendanti" si intendono quelle sostanze sotto forma di composti naturali o di sintesi in grado di modificare le caratteristiche fisiche del terreno. Con "correttivi" si intendono quei prodotti chimici, minerali organici o biologici capaci di modificare le caratteristiche chimiche del terreno.

Pacciamature

Con "pacciamatura" si intende una copertura del terreno a scopi diversi (es. controllo infestanti, limitazione dell'evaporazione, ecc.).

I materiali per pacciamatura comprendono prodotti di origine naturale o di sintesi e dovranno essere forniti (quando si tratti di prodotti confezionabili) in accordo con la Direzione Lavori, nei contenitori originali con dichiarazione della quantità, del contenuto e dei componenti.

Per i prodotti da pacciamatura forniti sfusi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di valutare di volta in volta qualità e provenienza.

Fitofarmaci

I fitofarmaci da usare (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, antitraspiranti, mastice per dendrochirurgia, ecc.) dovranno essere forniti nei contenitori originali e sigillati dalla fabbrica, con l'indicazione della composizione e della classe di tossicità, secondo la normativa vigente.

Pali di sostegno, ancoraggi e legature

Per fissare al suolo gli alberi e gli arbusti di rilevanti dimensioni, l'Appaltatore dovrà fornire pali di sostegno (tutori) adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni delle piante.

I tutori dovranno essere in legno, diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estremità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di cm. 100 circa, in alternativa, su autorizzazione della Direzione Lavori, si potrà fare uso di pali in legno industrialmente preimpregnati di sostanze imputrescibili.

Analoghe caratteristiche di imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori.

Le legature dovranno rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, pur consentendone l'eventuale assestamento; al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o adatto materiale elastico (es. cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.) oppure, in subordine, con corda di canapa (mai filo di ferro o altro materiale inestensibile). Per evitare danni alla corteccia, potrà essere necessario interporre fra tutore e tronco un cuscinetto antifrizione di adatto materiale (vedi schede tecniche)

Drenaggi e materiali antierosione

I materiali da impiegare per la realizzazione di drenaggi e opere antierosione dovranno corrispondere a quanto indicato in progetto e, per quelli forniti in confezione, essere consegnati nei loro imballi originali, attestanti quantità e caratteristiche del contenuto (es. resistenza, composizione chimica, requisiti idraulici e fisici, durata, ecc.) per essere approvati dalla Direzione Lavori prima del loro impiego. Per i prodotti non confezionati la Direzione Lavori ne verificherà di volta in volta qualità e provenienza (vedi schede tecniche).

Acqua

L'acqua da utilizzare per l'innaffiamento e la manutenzione non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

L'Appaltatore, se le sarà consentito di approvvigionarsi da fonti del Committente, sarà tenuta, su richiesta della Direzione Lavori, a verificare periodicamente, per mezzo di analisi effettuate secondo le procedure normalizzate, la qualità dell'acqua da utilizzare ed a segnalare le eventuali alterazioni riscontrate.

Materiale vegetale

Per "materiale vegetale" si intende tutto il materiale vivo (alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per l'esecuzione del lavoro.

Questo materiale dovrà provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1031 n. 987 e 22.5.1973 n. 269 e successive modificazioni e integrazioni. L'Appaltatore dovrà dichiararne la provenienza alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di effettuare, contestualmente all'Appaltatore appaltatrice, visite ai vivaisti di provenienza allo scopo di scegliere le piante; si riserva quindi la facoltà di scartare quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate nel presente elaborato, nell'Elenco prezzi e negli elaborati di progetto in quanto non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscano la buona riuscita dell'impianto, o che non ritenga comunque adatte alla sistemazione da realizzare.

L'Appaltatore sotto la sua piena responsabilità potrà utilizzare piante non provenienti da vivaio e/o di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dalla Direzione Lavori.

Le piante dovranno essere etichettate singolarmente o per gruppi omogenei per mezzo di cartellini di materiale resistente alle intemperie sui quali sia stata riportata, in modo leggibile ed indelebile, la denominazione botanica (genere, specie, varietà, cultivar) del gruppo a cui si riferiscono.

Le caratteristiche con le quali le piante dovranno essere fornite (densità e forma della chioma, presenza e numero di ramificazioni, sistema di preparazione dell'apparato radicale, ecc.) sono precisate nelle specifiche allegate al progetto o indicate nell'Elenco prezzi e nelle successive voci particolari.

L'Appaltatore dovrà far pervenire alla Direzione Lavori, con almeno 48 ore di anticipo, comunicazione scritta della data in cui le piante verranno consegnate sul cantiere.

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno; il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere il più breve possibile.

In particolare, l'Appaltatore curerà che le zolle e le radici delle piante che non possono essere messe immediatamente a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

Alberi

Gli alberi dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipiche della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, cause meccaniche in genere, attacchi di insetti e malattie crittogamiche o da virus.

La chioma, salvo quanto diversamente richiesto, dovrà essere ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e distribuzione delle branche principali e secondarie all'interno della stessa.

L'apparato radicale dovrà presentarsi ben accestito, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane e privo di tagli di diametro maggiore di un centimetro.

Gli alberi dovranno essere normalmente forniti in contenitore o in zolla: a seconda delle esigenze tecniche o della richiesta potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Le zolle ed in contenitori (vasi, mastelli di legno o di plastica, ecc.) dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle piante.

Per gli alberi forniti con zolla o in contenitore la terra dovrà essere compatta, ben aderente alle radici, senza crepe evidenti con struttura e tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Le piante in contenitore dovranno essere adeguatamente rinvasate in modo da non presentare un apparato radicale eccessivamente sviluppato lungo la superficie del contenitore stesso.

Le zolle dovranno essere ben imballate con un apposito involucro degradabile (juta, paglia, teli, reti di ferro non zincato, ecc.) rinforzato, se le piante superano i 5 metri di altezza, con rete metallica degradabile, oppure realizzato con pellicola plastica porosa o altri materiali equivalenti.

Gli alberi dovranno corrispondere alle richieste del progetto e dell'Elenco prezzi secondo quanto segue:

- altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- circonferenza del fusto: misurata ad un metro dal colletto (non saranno ammesse sottomisure salvo accettazione della Direzione Lavori; vedi schede tecniche)

Arbusti e cespugli

Arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non dovranno avere portamento "filato", dovranno avere un minimo di tre ramificazioni alla base e presentarsi dell'altezza prescritta in progetto o in Elenco prezzi, proporzionata al diametro della chioma e a quella del fusto.

Anche per arbusti e cespugli l'"altezza totale" verrà rilevata analogamente a quella degli alberi (vedi schede tecniche).

Tutti gli arbusti ed i cespugli dovranno essere forniti in contenitore o in zolla; a seconda delle esigenze tecniche e della richiesta potranno eventualmente essere consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate proporzioni.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari. Per le indicazioni riguardanti l'apparato radicale, l'imballo delle zolle, la terra delle zolle e dei contenitori vale quanto esposto nel precedente articolo a proposito degli alberi.

Piante esemplari

Per "piante esemplari" si intendono alberi, arbusti e cespugli di grandi dimensioni nell'ambito della propria specie con particolare valore ornamentale per forma e portamento.

Queste piante dovranno essere preparate per la messa a dimora. Le piante esemplari sono riportate in Elenco prezzi distinguendole dalle altre della stessa specie e varietà.

Piante tappezzanti

Le piante tappezzanti dovranno avere portamento basso e/o strisciante e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi.

Dovranno essere sempre fornite in contenitore con le radici pienamente compenstrate nel substrato di coltura, senza fuoriuscire dal contenitore stesso.

Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti

Le piante appartenenti a queste categorie dovranno avere almeno due forti getti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere sempre fornite in zolla o in contenitore secondo quanto prescritto nell'art. 11.1.

Pulizia generale del terreno

L'area oggetto della sistemazione viene di norma consegnata all'Appaltatore con il terreno a quota di impianto. Qualora il terreno all'atto della consegna non fosse idoneo alla realizzazione dell'opera per la presenza di materiale di risulta o di discarica abusiva, i preliminari lavori di pulitura del terreno saranno eseguiti in base all'Elenco prezzi e in accordo con la Direzione Lavori.

Lavorazioni preliminari

L'Appaltatore, prima di procedere alla lavorazione del terreno, deve provvedere come da progetto all'abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti e ritenute a giudizio della Direzione Lavori non conformi alle esigenze della sistemazione, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale.

Queste operazioni saranno da computarsi in base all'Elenco prezzi.

Lavorazione del suolo

Su indicazione della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno "in tempera", evitando di danneggiarne la struttura e di formare "suole di lavorazione".

Nel corso di questa operazione l'Appaltatore dovrà rimuovere tutti i sassi, le pietre e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori, provvedendo anche, su indicazioni della Direzione Lavori, ad accantonare e conservare le preesistenze naturali di particolare valore estetico (es. rocce, massi, ecc.) o gli altri materiali che possano essere vantaggiosamente riutilizzati nella sistemazione.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentino difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubature, reperti archeologici, ecc.), l'Appaltatore dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla Direzione Lavori.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di questa norma dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Appaltatore.

Drenaggi localizzati e impianti tecnici

Successivamente alle lavorazioni del terreno e prima delle operazioni di cui all'art. 16, l'Appaltatore dovrà preparare, sulla scorta degli elaborati e delle indicazioni della Direzione Lavori, gli scavi necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio e le trincee per alloggiare le tubazioni ed i cavi degli impianti tecnici (es. irrigazione, illuminazione, ecc.) le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Le canalizzazioni degli impianti tecnici, al fine di consentire la regolare manutenzione della sistemazione, dovranno essere installate ad una profondità che garantisca uno spessore minimo di 40 cm. di terreno e, per agevolare gli eventuali futuri interventi di riparazione, essere convenientemente protette e segnalate (vedi schede tecniche).

Correzione, ammendamento e concimazione di fondo del terreno - Impiego di fitofarmaci e diserbanti

Dopo averne effettuato le lavorazioni, l'Appaltatore, su istruzione della Direzione Lavori, dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo, nonché somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti.

I trattamenti con fitofarmaci, infine, dovranno essere tempestivi ed eseguiti da personale specializzato che dovrà attenersi per il loro uso alle istruzioni specificate dalla casa produttrice ed alle leggi vigenti in materia, ed usare ogni possibile misura preventiva atta ad evitare danni alle persone e alle cose.

Tracciamenti e picchettature

Prima della messa a dimora delle piante e dopo le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Appaltatore, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della Direzione Lavori, predisporrà la picchettatura delle aree di impianto mediante tondini metallici con diametro di 12 cm. ed altezza di 150 cm., segnando la posizione nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole (alberi, arbusti, altre piante segnalate in progetto) e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee (tappezzanti, macchie arbustive, boschetti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni successive, l'Appaltatore dovrà ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

A piantagione eseguita, l'Appaltatore, nel caso siano state apportate varianti al progetto esecutivo, dovrà consegnare una copia degli elaborati relativi con l'indicazione esatta della posizione definitiva delle piante e dei gruppi omogenei messi a dimora.

Preparazione delle buche e dei fossi

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora.

Per le buche ed i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'Appaltatore è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato circostante recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse, in accordo con la Direzione Lavori.

Il materiale proveniente dagli scavi, se non riutilizzato o, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, non ritenuto idoneo, dovrà essere allontanato dalla sede del cantiere e portato alla pubblica discarica o su aree predisposte dall'Appaltatore a sua cura e spesa.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'Appaltatore dovrà assicurarsi che nelle zone in cui le piante svilupperanno le radici non ci siano ristagni di umidità e provvedere che lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Nel caso, invece, fossero riscontrati gravi problemi di ristagno, l'Appaltatore provvederà, su autorizzazione della Direzione Lavori, a predisporre idonei drenaggi secondari che verranno contabilizzati a parte in base all'Elenco prezzi.

Per le modalità di esecuzione delle buche vedi schede tecniche

Apporto di terra di coltivo

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione; in caso contrario dovrà apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato per i prati ed a riempire totalmente le buche ed i fossi per gli alberi e gli arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

La terra di coltivo rimossa ed accantonata nelle fasi iniziali degli scavi sarà utilizzata, secondo le istruzioni della Direzione Lavori, insieme a quella apportata.

Le quote definitive del terreno dovranno essere quelle indicate negli elaborati di progetto e dovranno comunque essere approvate dalla Direzione Lavori.

Preparazione del terreno per i prati

Per preparare il terreno destinato a tappeto erboso, l'Appaltatore, a completamento di quanto specificato nell'art. 12, dovrà eseguire, se necessario, una ulteriore pulizia del terreno rimuovendo tutti i materiali che potrebbero impedire la formazione di un letto di terra vegetale fine ed uniforme. Dopo aver eseguito le operazioni indicate negli artt. 13 e 14, l'Appaltatore dovrà livellare e rastrellare il terreno secondo le indicazioni di progetto per eliminare ogni ondulazione, protuberanza, buca o avvallamento.

Gli eventuali residui della rastrellatura dovranno essere allontanati dall'area del cantiere.

Messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli

La messa a dimora degli alberi, degli arbusti e dei cespugli dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto.

L'imballo della zolla costituito da materiale degradabile (es. paglia, canapa, juta, ecc.) dovrà essere tagliato al colletto e aperto sui fianchi senza rimuoverlo da sotto la zolla, togliendo soltanto le legature metalliche ed il materiale di imballo in eccesso.

La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo.

Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore.

Per le piante a radice nuda, parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti e i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali di sostegno, ancoraggi e legature (vedi anche art. 10.7 e schede tecniche). L'Appaltatore provvederà poi al riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo, costipandola con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla.

Il riempimento delle buche potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata con torba.

Nel caso la Direzione Lavori decida che all'atto dell'impianto venga effettuata una concimazione secondaria localizzata, l'Appaltatore avrà cura di spargere il fertilizzante attorno e vicino alle radici o zolle, in modo da evitare danni per disidratazione.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla (vedi schede tecniche).

Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca

Gli alberi, gli arbusti e i cespugli a foglia caduca, a seconda delle diverse specie vegetali e delle tecniche di coltura, potranno essere eventualmente forniti anche a radice nuda, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Le piante a foglia caduca dovranno essere messe a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie, generalmente durante il periodo di riposo vegetativo.

L'eventuale potatura di trapianto della chioma deve essere autorizzata dalla Direzione Lavori e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie.

Nel caso fosse necessario agevolare il trapianto, l'Appaltatore, su indicazione della Direzione Lavori, irrorerà le piante con prodotti antitranspiranti.

Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi

Gli alberi, gli arbusti ed i cespugli sempreverdi dovranno essere forniti esclusivamente con zolla o in contenitore e dovranno essere messi a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie.

Messa a dimora delle piante tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti

La messa a dimora di queste piante è identica per ognuna delle diverse tipologie sopra indicate e deve essere effettuata in buche preparate al momento, in rapporto al diametro dei contenitori delle singole piante.

Se le piante saranno fornite in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, ecc.), potranno essere messe a dimora con tutto il vaso.

In ogni caso, le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante.

L'Appaltatore è tenuta infine a completare la piantagione delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, legandone i getti, ove necessario, alle apposite strutture di sostegno in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

Per le prime cure di trapianto valgono le norme indicate all'art. 21.

Formazione dei prati

Nella formazione dei vari tipi di prati sono compresi tutti gli oneri relativi alla preparazione del terreno, alla semina o alla piantagione e alle irrigazioni.

La formazione dei prati dovrà aver luogo dopo la messa a dimora di tutte le piante (in particolar modo di quelle arboree ed arbustive) previste in progetto e dopo la esecuzione degli impianti tecnici delle eventuali opere murarie, delle attrezzature e degli arredi.

Terminate le operazioni di semina o di piantagione, il terreno deve essere immediatamente irrigato.

I vari tipi di prato dovranno presentarsi perfettamente inerbiti con le specie previste, con presenza di erbe infestanti e sassi non superiore ai limiti di tolleranza consentiti dal progetto, esenti da malattie, chiarie ed avvallamenti dovuti all'assestamento del terreno o ad altre cause.

Semina dei tappeti erbosi

Dopo la preparazione del terreno, l'area sarà, su indicazioni della Direzione Lavori, seminata con uniformità e rullata convenientemente.

Il miscuglio dovrà essere stato composto secondo le percentuali precisate in progetto e dovrà essere stato accettato dalla Direzione Lavori.

Manutenzione delle opere a verde per il periodo di garanzia

La Manutenzione che l'Appaltatore è tenuta ad effettuare durante il periodo di concordata garanzia dovrà essere prevista anche per le eventuali piante preesistenti e comprendere le seguenti operazioni:

- 1) irrigazioni;
- 2) ripristino conche e rinalzo;
- 3) falciature, diserbi e sarchiature;
- 4) concimazioni;
- 5) potature;
- 6) eliminazione e sostituzione delle piante morte;
- 7) rinnovo delle parti non riuscite nei tappeti erbosi;
- 8) difesa dalla vegetazione infestante;
- 9) sistemazione dei danni causati da erosione;
- 10) ripristino della verticalità delle piante;
- 11) controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere.

La manutenzione delle opere dovrà avere inizio immediatamente dopo la messa a dimora (o la semina) di ogni singola pianta e di ogni parte di tappeto erboso, e dovrà continuare fino alla scadenza del periodo di garanzia concordato.

Ogni nuova piantagione dovrà essere curata con particolare attenzione fino a quando non sarà evidente che le piante, superato il trauma del trapianto (o il periodo di germinazione per le semine), siano ben attecchite e siano in buone condizioni vegetative.

Irrigazioni

L'Appaltatore e' tenuta ad irrigare tutte le piante messe a dimora ed i tappeti erbosi per il periodo di garanzia concordato.

Le irrigazioni dovranno essere ripetute e tempestive e variare in quantita' e frequenza in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale: il programma di irrigazione (a breve e a lungo termine) e i metodi da usare dovranno essere determinati dall'Appaltatore e successivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione automatico, l'Appaltatore dovra' controllare che questo funzioni regolarmente: l'impianto di irrigazione non esonera pero' l'Appaltatore dalle sue responsabilita' in merito all'irrigazione, la quale pertanto dovra' essere attrezzata per effettuare, in caso di necessita', adeguati interventi manuali.

Se la stagione estiva e' particolarmente asciutta, dovranno essere tempestivamente eseguite irrigazioni supplementari.

Ripristino conche e rinalzo

Le "conche" di irrigazione eseguite durante i lavori di impianto devono essere, se necessario, ripristinate.

A seconda dell'andamento stagionale, delle conche climatiche delle caratteristiche di specie, l'Appaltatore provvedera' alla chiusura delle conche ed al rinalzo delle piante, oppure alla riapertura delle conche per l'innaffiamento.

Falciature, diserbi e sarchiature

Oltre alle cure colturali normalmente richieste, l'Appaltatore dovra' provvedere, durante lo sviluppo delle specie prative e quando necessario, alle varie falciature del tappeto erboso.

L'erba tagliata dovra' essere immediatamente rimossa. Tale operazione dovra' essere eseguita con la massima tempestivita' e cura, evitando la dispersione sul terreno dei residui rimossi.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, ecc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

Concimazioni

Le concimazioni devono essere effettuate nel numero e nelle quantita' stabilite dal piano di concimazione.

Potature

Le potature di formazione e di rimonda devono essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie.

Il materiale vegetale di risulta dovra' essere immediatamente rimosso e depositato secondo gli accordi presi con la Direzione Lavori.

Eliminazione e sostituzione delle piante morte

Le eventuali piante morte dovranno essere sostituite con altre identiche a quelle fornite in origine; la sostituzione deve, in rapporto all'andamento stagionale, essere inderogabilmente effettuata nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento.

Rinnovo delle parti non perfettamente riuscite dei tappeti erbosi

Epoca e condizioni climatiche permettendo, l'Appaltatore dovrà riseminare o piantare ogni superficie a tappeto erboso che presenti una crescita irregolare o difettosa delle specie prative oppure sia stata giudicata per qualsiasi motivo insufficiente dalla Direzione Lavori.

Difesa dalla vegetazione infestante

Durante l'operazione di manutenzione, l'Appaltatore dovrà estirpare, salvo diversi accordi con la Direzione Lavori, le specie infestanti e reintegrare lo stato di paccame quando previsto dal progetto.

Sistemazione dei danni causati da erosione

L'Appaltatore dovrà provvedere alla sistemazione dei danni causati da erosione per difetto di esecuzione degli interventi di sua specifica competenza.

Ripristino della verticalità delle piante

L'Appaltatore è tenuta al ripristino della verticalità e degli ancoraggi delle piante qualora se ne riconosca la necessità.

ART 13 BINDER IN CONGLOMERATO BITUMINOSO AD ELEVATE PRESTAZIONI CON BITUME TAL QUALE E COMPOUND POLIMERICO A BASE DI NANOTECNOLOGIE AL GRAFENE PER LA MODIFICA DRY (PMA)

Descrizione

Lo strato di binder in conglomerato bituminoso con bitume tal quale e compound polimerico a base di nanotecnologie al grafene per la modifica dry (PMA) è costituito da un misto granulare prevalentemente di frantumazione composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi – Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali") previo preriscaldamento degli aggregati. L'aggiunta dei polimeri per la modifica dry avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici.

La miscela può comprendere anche aggregati e bitume derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposti a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale – Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- Temperatura della miscela alla produzione;
- Contenuto minimo di legante;
- Composizione granulometrica;
- Contenuto dei vuoti.

Il Binder ha la funzione di collegare lo strato di Usura a quello di Base, trasmettendo l'azione verticale dei carichi e assorbendo parte delle azioni flessionali senza deformazioni permanenti. Lo spessore dello strato di Binder è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori.

La prequalifica della miscela bituminosa dovrà essere presentata alla Direzione Lavori con congruo anticipo (almeno 15 giorni) rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvata dalla stessa D.L..

In particolare, ogni prequalifica dovrà essere corredata della seguente documentazione:

- Mix Design eseguito presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii., come riportato nel paragrafo inerente le "Miscele", concernente:
 - Il proporzionamento delle materie costituenti e dei prodotti di integrazione;
 - La determinazione della percentuale ottimale di bitume;
 - Le prestazioni con metodo volumetrico;
- Marcatura CE degli aggregati, del filler e del bitume utilizzati;
- Schede Tecniche, schede di sicurezza e Certificati di Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii. Inerenti i prodotti di integrazione utilizzati e relative caratteristiche fisico-meccaniche come riportato nei relativi paragrafi di seguito esposti;

- Marcatura CE del conglomerato bituminoso che sarà prodotto.

La presa visione ed approvazione dei documenti elencati non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti, anche in opera.

Materiali costituenti

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i materiali costituenti è verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati, del filler e del bitume.

Tale documentazione dovrà essere fornita alla D.L. a corredo degli studi di prequalifica delle miscele.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 "Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia".

Bitume Tal Quale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50 ÷ 70	70 ÷ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46 ÷ 54	43 ÷ 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 60°C	UNI EN 12596	Pa·s	≥ 145	≥ 90
Solubilità	UNI EN 12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT			UNI EN12607-1	
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 9	≤ 9
Variazione della massa	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

Aggregati

Gli aggregati lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di aggregati dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato conglomerato bituminoso di recupero.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumati e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 1 (f ₁)
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	%	≤ 2 (WA ₂₄₂)

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 70 (SE ₇₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≥ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

Il filler proviene dalle frazioni fini degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto o ceneri volanti. Comunque, dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85 ÷ 100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70 ÷ 100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	□ R&B	8 ÷ 16 (L _{R&B} 8/16)

Granulato di Conglomerato bituminoso

Il conglomerato bituminoso di recupero proveniente dalla demolizione di pavimentazioni esistenti e/o da scarti di lavorazioni è sottoposto a idoneo processo di lavorazione (frantumazione, selezione e vagliatura)

e rispondente alla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero", o altre normative vigenti.

La percentuale in peso riferita al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%. Per lo strato di binder può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di binder ed usura. La percentuale da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

Prodotti di Integrazione e modifica Dry

I prodotti di integrazione e modifica Dry possono essere naturali o artificiali e, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i prodotti di integrazione è verificato dalla Direzione Lavori sulla base delle schede tecniche, delle schede di sicurezza e dei risultati di prove eseguite obbligatoriamente dal produttore presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.

Tale documentazione dovrà essere fornita alla D.L. a corredo degli studi di prequalifica delle miscele.

Attivanti di adesione

Gli attivanti di adesione hanno la funzione principale di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione e dovrà evitare lo spogliamento del legante dagli aggregati.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, il prodotto potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti dovrà essere determinato durante la fase di prequalifica e varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). Eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate da prove di laboratorio alla D.L..

L'aggiunta degli attivanti di adesione nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti Chimici Funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso di recupero derivante dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile. Gli ACF devono essere liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali		
Parametro	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	Liquido
Densità apparente a 25°C	g/cm ³	0,85 ÷ 0,95
Viscosità 25°C	cP	50 ÷ 150
Punto di infiammabilità	°C	≥ 200
Pour point	°C	≤ 0

Il dosaggio di questi prodotti dovrà essere determinato durante la fase di prequalifica e dovrà essere pari allo 0,1 ÷ 0,3% sul peso del conglomerato bituminoso di recupero. Eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate da prove di laboratorio alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Compound polimerico supermodificante a base di nanotecnologie al grafene per la modifica dry

La modifica del conglomerato bituminoso con compound polimerico supermodificante a base di nanotecnologie al grafene col metodo dry comporta l'aumento della resistenza meccanica e del modulo complesso, la diminuzione dell'accumulo delle deformazioni alla ripetizione dei carichi, determinando un miglioramento del comportamento a fatica, della tradizionale miscela prodotta con bitume tal quale. Il compound è composto da polimeri selezionati a medio punto di fusione in granuli semi-morbidi e flessibili con l'aggiunta di nanotecnologie al grafene e additivi prestazionali.

Compound polimerico supermodificante a base di nanotecnologie al grafene per la Modifica Dry delle Miscele Bituminose			
Parametro	Norma	Unità di Misura	Limite
Composizione			Compound plastomerico
Aspetto			Granuli di forma e colore omogenei
Odore			Appena percettibile
Dimensioni		mm	2 ÷ 4
Densità	ISO 1133	g/cm ³	0,7 ÷ 0,9
Ceneri a 500°C	UNI ISO 3451-1	%	< 4
Umidità con termobilancia/stufa a 105°C per 20 min		%	< 1
Indice di fluidità, MFR	ISO 1133	g/10'	230°C/2,16 Kg MVR: 6 - 12 190°C / 5 Kg MVR: 4÷ 10

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione della modifica da effettuare e delle prestazioni meccaniche da raggiungere (4 ÷ 7 % sul peso del bitume totale).

La percentuale ottimale deve essere determinata durante la fase di prequalifica della miscela bituminosa. Il compound polimerico dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli aggregati e prima del bitume.

In funzione dell'impianto di produzione, può risultare necessario aumentare i tempi di mescolazione per garantirne l'omogeneità e la dispersione.

Miscela

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del conglomerato bituminoso di recupero dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
20	100	100	≥ 4,20 (B _{min4,20})
16	90	100	
14	75	95	
12,5	65	88	
10	58	78	
8	52	70	
6,3	45	65	

4	35	55
2	25	40
1	18	30
0,5	10	22
0,25	6	15
0,125	4	12
0,063	4	10

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato bituminoso di recupero), riferita al peso della miscela deve rispettare il limite indicato nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata dall'Impresa a proprie spese e cura mediante metodo Marshall attraverso lo studio di quattro miscele a diverso contenuto di bitume. Con ognuna di queste miscele si dovranno realizzare almeno quattro campioni per le stabilità e due per il contenuto di vuoti, costipandoli con 75 colpi di maglio per lato (UNI EN 12697-30). La percentuale di bitume ottimale corrisponderà al valore massimo di stabilità della curva Marshall e, contestualmente, il contenuto di vuoti dovrà essere compreso nel limite $3 \div 6\%$.

A tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	$1,25 \pm 0,02$
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N2:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	$\leq 14 (V_{\max 14})$
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	$3 \div 6 (V_{\min 3} - V_{\max 6})$
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	$\geq 2 (V_{\min 2})$
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	$1,30 \div 2,50$
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25°C	N/mm ²	≥ 100
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	$\geq 90 (ITSR_{90})$
Rigidezza (UNI EN 12697-26 – Annesso C)		
T=5°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0,35	N/mm ²	$16.000 \div 22.000$
T=20°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0,35	N/mm ²	$8.000 \div 16.000$
T=40°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0,35	N/mm ²	$1.500 \div 4.000$
Resistenza alla fatica (UNI EN 12697-24 Annex E, a controllo di tensione, 2 Hz, 20°C)	Verifica del comportamento "tensione-impulsi"	
Resistenza all'ormaiamento (UNI EN 12697-22 e compattazione del campione con rullo		

UNI EN 12697-33, small size, procedura B, 10.000 cicli, in aria a 60°C)		
RD _{air} (10.000)	mm	≤ 2,5
PRD _{air} (10.000)	%	≤ 5,0
WTS _{air} (5.000-10.000)	mm	≤ 0,10

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima della posa in opera e per ciascun impianto di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati comprendente anche gli attestati di conformità CE delle miscele.

La documentazione dello studio di composizione effettuato non dovrà essere più vecchio di un anno. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Confezionamento delle miscele

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri un'idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui, ma possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

Nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato conglomerato bituminoso di recupero si potrà procedere per scarico diretto.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano comprometterne la pulizia. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 180°C e quella del legante tra 160°C e 180°C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario pulire e preparare la superficie di stesa, anche eliminando eventuale segnaletica orizzontale pregressa, allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti.

La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa antisticking cationica 60% modificata – C 60 BP 3				
Indicatore di qualità	Norma	Unità di misura	Valori	Classe
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva	2

Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70 ÷ 155	3
Contenuto di legante (per contenuto d'acqua)	UNI EN 1428	%	58 ÷ 62	6
Contenuto di legante (per distillazione)	UNI EN 1431	%	≥ 58	6
Contenuto olio distillato	UNI EN 1431	%	≤ 2	2
Tempo di efflusso (2 mm, @ 40°C)	UNI EN 12846-1	s	15 ÷ 70	3
Residuo al setaccio (0,5 mm)	UNI EN 1429	%	≤ 0,5	4
<i>Legante recuperato per distillazione</i>				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55	3

L'impiego dell'emulsione bituminosa modificata antisticking consente il transito dei mezzi di stesa senza che la mano d'attacco sia protetta con graniglia, con sabbia o con filler.

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35 ÷ 0,50 kg/m² (corrispondente a 0,60 ÷ 0,80 kg/m² di emulsione bituminosa).

Comunque, deve essere soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita secondo la SN 670461.

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i materiali costituenti è verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE, schede tecniche e schede di sicurezza predisposte dal produttore dell'emulsione bituminosa. In ogni caso, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.

Tale documentazione dovrà essere fornita alla D.L. con congruo anticipo (almeno 15 giorni) rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvata dalla stessa D.L.. La loro presa visione ed approvazione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi sarà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici 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 segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica, dello stesso tipo utilizzato per la mano d'attacco, 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 previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati dovrà essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata ed efficienza comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e la formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore ai 150°C.

Per assicurare il miglior costipamento dell'impasto, la rullatura dovrà essere seguita immediatamente dopo la stesa e comunque ad una temperatura superiore a 145°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, quando il piano di posa si presenti bagnato o la temperatura atmosferica sia inferiore ai 10 °C.

Gli strati compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Per gli strati di Binder dovranno essere utilizzati rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm.

La miscela bituminosa dello strato di Binder sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza dello strato sottostante ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Controlli

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ, mediante le prove di laboratorio di seguito riportate.

	Superficie della stesa < 1000 m ²			Superficie della stesa ≥ 1000 m ²		
Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Presenza visione e controllo dei documenti inerenti la Marcatura CE, Schede Tecniche e di Sicurezza. Il Direttore Lavori ha facoltà di verificare i requisiti dichiarati presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.			Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino				Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler				Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume				Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Prodotti di integrazione	Presenza visione e controllo dei documenti inerenti rapporti di prove eseguite obbligatoriamente dal produttore presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii., Schede Tecniche e di Sicurezza. Il Direttore Lavori ha facoltà di verificare i requisiti dichiarati presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.			Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera	Caratteristiche e risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche e risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto, contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%), secondo tabella di riferimento precedente	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto, contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%), secondo tabella di riferimento precedente

*

1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:

- aggregato grosso = ± 3 punti percentuali;
- aggregato fino = ± 2 punti percentuali;
- passante al setaccio UNI 0,063 mm = $\pm 1,5$ punti percentuali.

2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25$ punti percentuali.

ART 15 LAVORI DI RESTAURO, DI CONSERVAZIONE, DI RECUPERO E DI RISTRUTTURAZIONE SU EDIFICI O MANUFATTI ESISTENTI

Indagini preliminari

Generalità

Le indagini preliminari ai lavori di restauro, di conservazione, di recupero e di ristrutturazione che verranno applicate su edifici o manufatti esistenti saranno tese all'acquisizione di conoscenze più estese riguardo a quelle che sono le caratteristiche della costruzione (o di quella parte di costruzione) sulla quale si dovrà intervenire.

Tali operazioni saranno finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione delle informazioni e dei dati inerenti la reale natura del materiale e il relativo stato di conservazione, in modo tale da completare e sottoporre a verifica il quadro conoscitivo degli eventi patologici posto alla base del progetto.

In particolare, sui manufatti di interesse storico-artistico si approfondirà con particolare riguardo quello che è lo stato delle alterazioni, il livello di degrado e gli eventuali dissesti, raccogliendo tutte quelle informazioni necessarie a comprendere le componenti, le stratificazioni e le variazioni avvenute nel tempo.

Qualunque tipo di indagine, anche quelle già previste in progetto, dovrà essere discussa e approvata dalla direzione lavori. L'appaltatore eseguirà il ciclo di indagini predisposto e concordato seguendo le disposizioni ricevute, nel rispetto delle caratteristiche della costruzione previa autorizzazione degli enti preposti alla tutela del bene oggetto di indagine.

Considerata, dunque, la presenza di ponteggi e di mezzi di cantiere, prima di iniziare qualunque tipo di operazione, sia essa di demolizione/rimozione che conservativa, l'appaltatore eseguirà le indagini conoscitive prediligendo sempre quelle non distruttive o poco distruttive, in modo da non pregiudicare la conservazione del manufatto e di tutte le sue parti, avendo cura di non alterare le condizioni originarie e seguendo le indicazioni contenute nelle Raccomandazioni NorMaL vigenti, disposte dall'Istituto centrale del restauro di Roma.

Tipologie di indagini

Le indagini potranno interessare vari materiali quali pietre, terrecotte, intonaci e malte, legnami, metalli, calcestruzzi e rivestimenti; esse potranno essere condotte secondo differenti livelli di approfondimento:

- ispezione visiva diretta;
- analisi chimica;
- analisi fisica;
- analisi biologica;
- analisi meccanica.

Le indagini sono classificate in base al grado di deterioramento che possono provocare sul materiale della costruzione oggetto d'esame.

Prove non distruttive

Le prove non distruttive verranno realizzate in situ senza che avvenga prelievo e asportazione di materiale. Alcuni esempi di tale tipologia di prove sono: rilievo diretto, telerilevamento fotografico (normale, agli infrarossi, fotogrammetrico) e topografico, termografia, magnetometria, colorimetria, indagini soniche e ultrasoniche, rilievo della luminosità, rilevamenti radar e georadar, rilevamenti

delle temperature dell'aria e dell'umidità, degli inquinanti atmosferici, rilevamenti dei dissesti mediante fessurimetri, microdime, ecc.

Prove poco distruttive

Le prove poco distruttive verranno realizzate prelevando piccoli frammenti di materiale (intonaco, malta, scaglie di materiale, ecc.) da parti degradate o già distaccate oppure effettuando piccoli fori. Alcuni esempi di tale tipologia di prove sono: endoscopia, prove chimiche sulle malte, sugli intonaci e sulle patine, analisi microscopiche (microscopio ottico e a scansione), analisi spettrometriche o spettrofotometriche, analisi per definire la granulometria e la porosità, l'imbibizione e l'assorbimento.

Prove distruttive

Le prove distruttive in alcuni casi sono necessarie al fine di verificare lo stato interno di alcuni componenti della costruzione e la loro resistenza. Alcuni esempi di tale tipologia di prove sono: martinetti piatti per verifica della resistenza e dei carichi, carotaggi per prove meccaniche e per verifiche della consistenza dei materiali.

Modalità esecutive delle indagini

Per l'esecuzione delle indagini l'appaltatore dovrà fare uso di strumentazioni, apparecchiature e macchine che sia per dimensioni che per maneggevolezza che per sistema e principio di funzionamento, garantiscano lo svolgersi delle loro mansioni senza che venga arrecato alcun danno allo stato originario dei luoghi, prediligendo quelle attrezzature che consentano il più elevato grado di attendibilità dei risultati, un tempo d'uso più limitato e un inferiore grado di distruzione.

Le indagini dovranno essere svolte da personale specializzato e, qualora venga ritenuto necessario per particolari tipologie di indagini, l'appaltatore potrà affidarsi a istituti o laboratori specializzati e riconosciuti, i quali procederanno allo svolgersi delle operazioni secondo quelle che sono le indicazioni contenute nelle Raccomandazioni uni-NorMaL vigenti, disposte dall'Istituto centrale del restauro di Roma.

Una volta concluse le indagini, l'appaltatore provvederà alla rimessa in pristino e alla pulizia del manufatto e dei luoghi eliminando ogni residuo di lavorazione inopportuno.

I rilievi fotogrammetrici e topografici e, in linea generale, tutti i sistemi di telerilevamento a ripresa superficiale dovranno essere eseguiti con la strumentazione idonea al tipo di indagine richiesta, con la indicazione precisa dei criteri utilizzati durante l'operazione di rilevamento; dovranno comprendere, inoltre, l'elaborazione, la restituzione grafica e la descrizione analitica e fotografica dell'oggetto rilevato, includendo altresì valutazioni, espresse nel modo più comprensibile possibile, dei risultati ottenuti in modo da creare le condizioni per una corretta interpretazione delle informazioni relative allo stato dei luoghi.

Le apparecchiature stereometriche per i rilievi fotogrammetrici e per i rilievi topografici, una volta corrette le distorsioni, consentiranno di tradurre i punti rilevati in coordinate numeriche e, mediante opportune elaborazioni, restituiranno i dati nella scala di rappresentazione grafica richiesta.

Le apparecchiature per la termovisione e la termografia consentiranno il rilevamento e la registrazione delle mappe dei ponti termici, dell'umidità e delle condense, quelle delle discontinuità strutturali e dei materiali, nonché le mappe delle aggressioni biologiche.

Le strumentazioni per la magnetometria (per esempio il metal-detector o il rilevamento mediante corrente alternata attraverso sonda) consentiranno di rilevare la presenza di materiali ferrosi non immediatamente visibili.

Le apparecchiature per le indagini soniche e ultrasoniche (segnale sonico) e le strumentazioni per le indagini radar e georadar (segnale radio) consentiranno di individuare il grado di integrità di una

muratura o di una sua porzione, di rilevare vuoti e fessure, punti di discontinuità e stratificazioni murarie.

I fessurimetri a lettura diretta e le microdime a lettura analogica consentiranno di rilevare e controllare fessure e dissesti. I dati registrati saranno custoditi e restituiti in modo chiaramente leggibile.

Le indagini endoscopiche condotte con strumenti ottici (sia elettronici che a fibre ottiche) saranno eseguite, mediante fori di piccolissimo diametro, su quei punti mediante i quali si arrecherà il minore danno possibile all'elemento architettonico da indagare; esse consentiranno di rilevare condotti o cavedi di ogni dimensione, canne fumarie, intercapedini o appoggi di solai.

Le prove meccaniche in situ con martinetti piatti verranno eseguite su quei punti mediante i quali si arrecherà il minore danno possibile alla struttura (i ricorsi di malta); tali prove consentiranno di apprendere quali siano i parametri meccanici necessari al consolidamento statico (stato tensionale, deformabilità e resistenza alle varie sollecitazioni).

I carotaggi verranno realizzati in numero strettamente necessario, saranno del diametro minimo previsto per il materiale da indagare e saranno praticati nei luoghi meno invasivi ai fini della preservazione del bene architettonico; verranno realizzati con macchine carotatrici dotate di punta al widian con funzionamento a sola rotazione, in modo da evitare la percussione che avrebbe effetti negativi sulla struttura, e utilizzando acqua per il raffreddamento: saranno adottate tutte le precauzioni necessarie a evitare che l'acqua di raffreddamento diventi fonte di danneggiamento e di alterazione. Tutte le carote estratte saranno numerate e catalogate in appositi contenitori di conservazione.

L'appaltatore dovrà provvedere alla chiusura dei fori mediante un'opportuna iniezione di malta, secondo le prescrizioni della direzione lavori, mentre la superficie del paramento verrà sigillata mediante la porzione più esterna di carota estratta adoperando malta di sigillatura ottenuta attraverso la miscelazione con la polvere risultante dal carotaggio.

Ogni tipo di indagine eseguita dovrà essere documentata con grafici, diagrammi, fotografie e quanto altro sia inerente a ogni specifico tipo di indagine, al fine di ottenere una corretta e completa documentazione dei risultati delle rilevazioni.

Ponteggi

Generalità

Il montaggio, l'uso e lo smontaggio dei ponteggi dovrà sempre essere eseguito da personale specificatamente addestrato, provvisto dei necessari dispositivi di sicurezza individuale ed abilitato, in osservanza alle disposizioni del piano operativo di sicurezza (P.O.S.) e del piano di montaggio, uso e smontaggio ponteggio (P.I.M.U.S.), opportunamente predisposti dalla ditta appaltatrice.

Ponteggi metallici

I ponteggi in elementi prefabbricati componibili o in tubo-giunto dovranno essere sempre realizzati in modo conforme all'omologazione ministeriale che dovrà essere custodita in cantiere, a disposizioni degli organi di controllo, unitamente al disegno esecutivo del ponteggio realizzato.

Per ponteggi realizzati in modo non conforme all'omologazione ministeriale, o aventi altezza superiore a m. 20,00, è obbligatorio redigere un progetto strutturale del manufatto, a firma di tecnico abilitato, da custodire in cantiere, a disposizioni degli organi di controllo.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, si ricorda che i ponteggi dovranno sempre essere completi di: basette di ripartizione, spine di bloccaggio tra i montanti sovrapposti, piani di lavoro metallici o in legno di adeguata sezione (in corrispondenza della quota immediatamente sottostante

a quella di lavoro, dovrà sempre essere previsto un sottoponte di sicurezza), diagonali in pianta, parapetti anticaduta, elementi fermapiede, scale di salita, ancoraggi a parete in misura e con caratteristiche conformi all'omologazione ministeriale, ecc.

In caso di esecuzione di lavorazioni in facciata la distanza massima tra i piani di lavoro e la facciata dell'edificio deve essere < di cm 20, viceversa, nel caso in cui non siano previste lavorazioni in facciata si dovrà provvedere alla predisposizione di parapetti anticaduta ed elementi fermapiede.

Il corrispondenza dell'ultimo piano utile del ponteggio, dovrà essere predisposto un parapetto anticaduta (rivestito in rete metallica diam. 6 mm e maglia 20x20 cm), avente altezza di m. 1,50 oltre la quota superiore del cornicione di gronda al fine.

Per ponteggio con affaccio su aree pubbliche dovrà sempre essere prevista la realizzazione di una mantovana parasassi e il montaggio delle rete ferma polvere in PVC, oltre che la prescritta illuminazione di sicurezza a luce rossa.

Quanto prescritto dalla vigente normativa dovrà essere predisposto l'impianto di messa a terra e l'impianto contro le scariche atmosferiche.

La presenza di reti ferma polvere in PVC, cartelli pubblicitari di dimensioni > 2,00 mq o di elementi di sollevamento elettrici sul ponteggio determinano l'obbligo di redigere un progetto strutturale del manufatto, a firma di tecnico abilitato, da custodire in cantiere, a disposizioni degli organi di controllo.

Trabattelli metallici

I trabattelli metallici da utilizzarsi in interni ed esterni, rispettivamente con altezza massima di m. 12,00 e 8,00, dovranno essere di tipo omologato e rispettare la normativa UNI HD 1004.

Il personale addetto alle operazioni di montaggio, uso e smontaggio, dovrà essere formato ed abilitato come per il montaggio dei ponteggi comuni. La movimentazione su ruote dei trabattelli è consentita per altezze fino a m. 6,00. Per i trabattelli il P.I.M.U.S. è sostituito dal libretto di uso e manutenzione rilasciato dal produttore.

Malte

Generalità

Le malte che l'appaltatore dovrà utilizzare nei lavori di restauro dovranno essere confezionate con materiali analoghi a quelli utilizzati durante la costruzione dell'edificio da restaurare; dovranno comunque essere annotate e documentate, in apposite schede, la loro composizione e le modalità di confezionamento.

In particolare, tutte le eventuali variazioni o integrazioni effettuate con additivi (oppure con resine o altri prodotti chimici) saranno concordate e specificate dalla direzione lavori, previa autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene.

I componenti delle malte realizzate a piè d'opera, comprese quelle cementizie, dovranno essere mescolati a secco e a ogni impasto dovranno essere misurati sia nel peso che nel volume.

I materiali, le malte e i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi o fusti di peso determinato, a ogni impasto dovranno essere misurati con apposite casse o con appositi contenitori che l'appaltatore dovrà mantenere a sua cura e spese su tutti i piazzali sui quali verrà effettuata la manipolazione.

La calce spenta in pasta non dovrà essere misurata in fette, così come viene estratta con badile dal calcinaio, ma si provvederà ad accurata mescolatura fino a ottenere una pasta omogenea, in modo che la sua misurazione riesca semplice e corretta.

L'impasto dei materiali dovrà essere eseguito preferibilmente a mano, sopra aree convenientemente pavimentate oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.

Per la preparazione di calcestruzzi con malte di calce (di tipo comune oppure idraulico) si confezionerà prima l'impasto della malta secondo le proporzioni prescritte e usando l'acqua necessaria all'impasto, poi si provvederà a stendere la malta sulla ghiaia o sul pietrisco e la si mescolerà fino a ottenere un composto uniforme.

Per i conglomerati cementizi semplici o armati, gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni contenute nella Legge 5.11.1971 n. 1086, nel D.M. 14 gennaio 2009, nel D.M. 27 luglio 1985 e con tutte le prescrizioni successive. Potranno essere usate malte confezionate in sacchi o in fusti: tali contenitori dovranno essere perfettamente sigillati e dovranno recare l'indicazione del produttore e dello stabilimento di produzione; dovranno altresì essere riportati altri parametri quali il peso, la classe di appartenenza, le modalità di confezionamento, la quantità d'acqua occorrente per il confezionamento e i valori di resistenza minima dopo i 28 giorni di stagionatura.

Le malte saranno confezionate con sabbie aventi granulometria e natura chimica adeguate all'utilizzo che dovrà farsene e saranno preferibili, senza dubbio, sabbie di tipo siliceo o calcareo (a esclusione di quelle ottenute dalla lavorazione di rocce gessose, marnose o comunque inadatte al caso).

Per l'ottenimento di una malta di buona qualità, inoltre, le sabbie non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose, sostanze ed elementi che potrebbero compromettere le proprietà della stessa malta.

L'impasto delle malte e dei conglomerati potrà essere eseguito sia con mezzi meccanici che manualmente, purché risulti omogeneo nella consistenza e nel colore.

Si provvederà alla preparazione della giusta quantità di impasto, ossia quella quantità necessaria all'impiego immediato, gettando a rifiuto i residui d'impasto non utilizzabili e non utilizzati, a eccezione delle malte e dei conglomerati ottenuti con calce comune riutilizzabili solo nell'arco della giornata di preparazione.

Per l'accettazione e per la determinazione della resistenza a compressione delle malte si farà riferimento al D.M.3 giugno 1968 e al D.M. 20 novembre 1984.

La classificazione delle malte è definita in rapporto alla composizione in volume, secondo le modalità previste dal D.M. del 9 gennaio 1987.

Classe	Malta	Composizione in parti
M4	Idraulica	Calce idraulica (1); sabbia (3)
M4	Pozzolonica	Calce aerea (1); pozzolana (1)
M4	Bastarda	Cemento (1); calce idraulica (1); sabbia (5)
M3	Bastarda	Cemento (1); calce idraulica (1); sabbia (5); pozzolana (1)
M2	Cementizia	Cemento (1); calce idraulica (0;5); sabbia (4)
M1	Cementizia	Cemento (1); sabbia (3)

Al fine di migliorarne le proprietà plastiche, alla malta cementizia può essere aggiunta una modesta quantità di calce aerea.

Malte confezionate in diverse proporzioni o anche malte ottenute con additivi, possono essere considerate equivalenti a quelle indicate solo se la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori contenuti in tabella:

Resistenza media a compressione	Tipi di malta equivalenti
12 N/mm ² (120 kgf/cm ²)	M1
8 N/mm ² (80 kgf/cm ²)	M2
5 N/mm ² (50 kgf/cm ²)	M3
2, 5 N/mm ² (25 kgf/cm ²)	M4

Malte e conglomerati

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla direzione lavori o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

- malta comune: calce spenta in pasta 0,25-0,40 m³, sabbia 0,85-1,00 m³;
- malta comune per intonaco rustico (rinzafo): calce spenta in pasta 0,20-0,40 m³, sabbia 0,90-1,00 m³;
- malta comune per intonaco civile (stabilitura): calce spenta in pasta 0,35-0,45 m³, sabbia vagliata 0,80 m³;
- malta grassa di pozzolana: calce spenta in pasta 0,22 m³, pozzolana grezza 1,10 m³;
- malta mezzana di pozzolana: calce spenta in pasta 0,25 m³, pozzolana vagliata 1,10 m³;
- malta fina di pozzolana: calce spenta in pasta 0,28 m³, pozzolana vagliata 1,05 m³;
- malta idraulica: calce idraulica quintali 3-5 secondo l'impiego, sabbia 0,90 m³;
- malta bastarda: malta comune, mezzana di pozzolana, idraulica 1,00 m³, agglomerato cementizio a lenta presa quintali 1,50;
- malta cementizia forte: cemento idraulico normale quintali 3-6 secondo l'impiego, sabbia 1,00 m³;
- malta cementizia debole: agglomerato cementizio a lenta presa quintali 2,5-4 secondo l'impiego, sabbia 1,00 m³;
- malta cementizia per intonaci: agglomerato cementizio a lenta presa quintali 6,00 secondo l'impiego, sabbia 1,00 m³;
- malta fina per intonaci: malta comune per intonaco civile (stabilitura), fina di pozzolana, idraulica, vagliate allo staccio fino;
- malta per stucchi: calce spenta in pasta 0,45 m³, polvere di marmo 0,90 m³;
- calcestruzzo idraulico di pozzolana: calce comune 0,15 m³, pozzolana 0,40 m³, pietrisco o ghiaia 0,80 m³;
- calcestruzzo in malta idraulica: calce idraulica quintali 1,5-3 secondo l'impiego, sabbia 0,40 m³, pietrisco o ghiaia 0,80 m³;
- conglomerato cementizio per muri, fondazioni, sottofondi, ecc.: cemento quintali 1,5-2,5 secondo l'impiego, sabbia 0,40 m³, pietrisco o ghiaia 0,80 m³;
- conglomerato cementizio per strutture sottili: cemento quintali 3-3,5 secondo l'impiego, sabbia 0,40 m³, pietrisco o ghiaia 0,80 m³.

Tali proporzioni potranno subire modificazioni da parte della direzione lavori e l'appaltatore dovrà attenersi a tali prescrizioni, mostrandosi in grado di saper dare preventivamente, ove fosse necessario, una diversa valutazione del prezzo in ragione di tali eventuali variazioni.

Malte additivate

Nel caso in cui alle malte vengano aggiunte piccole quantità di agenti chimici che possiedano proprietà tali da migliorarne le caratteristiche meccaniche, tali malte vengono definite additivate.

In conformità alle norme uni 7101-72, le malte additivate possono essere di vario tipo:

- malte antiritiro;
- malte espansive;
- malte ottenute con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche;
- malte ottenute con altri additivi.

Malte antiritiro

Le malte antiritiro vengono additivate con riduttori d'acqua: quando occorrono malte con un minore grado di disidratazione e quindi con minore capacità di ritiro (essendo tale ritiro causa di pericolose screpolature che possono favorire l'assorbimento degli agenti inquinanti) è possibile confezionare malte di buona lavorabilità, che vengono additivate con agenti chimici in grado di ridurre il quantitativo d'acqua che invece occorrerebbe di solito; tali riduttori d'acqua sono lattici e può trattarsi di copolimeri in dispersione acquosa formati da finissime particelle altamente stabili agli alcali, modificate mediante specifiche sostanze stabilizzatrici.

In ogni caso, la direzione lavori, in relazione alle necessità di cantiere, stabilirà il tipo e la quantità dei riduttori da adoperarsi, assicurando il riscontro delle seguenti caratteristiche:

- a) basso rapporto acqua cemento;
- b) proprietà meccaniche conformi alla specifica applicazione;
- c) elevata flessibilità e plasticità della malta;
- d) basse tensioni di ritiro;
- e) ottima resistenza all'usura;
- f) elevata lavorabilità;
- g) ottima adesione ai supporti;
- h) elevata resistenza agli agenti inquinanti.

Quanto alla quantità ottimale di additivo da aggiungere agli impasti, si terrà in considerazione anche l'eventuale umidità degli inerti; essa verrà calcolata in relazione al tipo d'applicazione e potrà oscillare, in genere, dai 6 ai 12 litri ogni 50 kg di cemento. In ogni caso il rapporto tra acqua e lattice sarà variabile da 1 : 1 a 1 : 4.

L'appaltatore dovrà provvedere preventivamente alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo, all'interno di un recipiente tenuto a disposizione della direzione lavori per eventuali controlli e campionature.

Per il confezionamento di miscele cemento/additivo o cemento/inerti/additivo, il lavoro d'impasto andrà opportunamente prolungato facendo preferibilmente ricorso a mezzi meccanici, come betoniere e mescolatori elicoidali per trapano; la malta pronta verrà utilizzata immediatamente e sarà vietato rinvenirla con altra acqua per eventuali riutilizzi.

La superficie sulla quale la malta verrà applicata andrà opportunamente preparata: essa dovrà essere solida, priva di polveri e di residui grassi.

Qualora la direzione lavori lo richieda, l'appaltatore dovrà utilizzare come primer una miscela di acqua, additivo e cemento, identica per tipo ma molto più fluida quanto a consistenza.

Malte espansive

Le malte espansive, ossia quelle malte nelle quali l'additivo genera un aumento di volume dell'impasto, dovranno essere utilizzate sotto stretta sorveglianza della direzione lavori e previo parere degli organi preposti alla tutela dei manufatti sui quali si opera.

Tali malte saranno impiegate in tutte quelle lavorazioni nell'ambito delle quali sono previsti interventi di iniezioni con malte fluide quali sottofondazioni, sottomurazioni, murature, volte e cupole, strutture murarie. Sarà necessario approntare prove atte a verificarne gli effetti prima di eseguire le lavorazioni per intero, tenendo sempre sotto controllo il regime di espansione anche in relazione al ritiro.

La preparazione di queste malte prevede che si mescolino in condizioni secche (ossia senza acqua) in betoniera legante, inerti e agenti espansivi in polvere, in una quantità media di circa 10-40 kg/m³ di malta, salvo diverse indicazioni di progetto o di prescrizioni specifiche da parte della direzione lavori. Dopo la miscela, l'appaltatore aggiungerà acqua in proporzione adeguata.

Qualora l'agente espansivo non sia del tipo in polvere ma sia di tipo liquido, prima di aggiungerlo alla miscela secca (inerti/legante) dovrà essere sottoposto a una prolungata miscelazione in acqua e un campione, insieme alle schede tecniche del produttore, dovrà sempre restare disponibile per eventuali controlli e campionature da parte della direzione lavori.

La stagionatura dovrà avvenire in ambiente umido, pertanto sarà cura dell'appaltatore fare in modo che ciò avvenga, evitando eccessi di ventilazione o di soleggiamento oppure procedendo a mantenere umide le condizioni ambientali. In ogni caso sarà sempre preferibile usare additivi provenienti da una sola ditta produttrice e richiedere sempre la consulenza tecnica del produttore.

Gli agenti espansivi dovranno assicurare, in relazione al particolare settore di utilizzo, un'espansione da 0,04 a 0,12%, uno spandimento di circa il 150%, un'aderenza su calcestruzzo o acciaio rispettivamente intorno ai valori di 3-3,5 MPa e 20-30 MPa a 28 giorni di stagionatura.

Malte ottenute con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche

Le malte con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche dovranno essere utilizzate sotto stretta sorveglianza della direzione lavori e previo parere degli organi preposti alla tutela.

Queste malte saranno impiegate in tutte quelle lavorazioni nell'ambito delle quali la malta, una volta indurita, dovrà non solo possedere i requisiti di resistenza localizzata nelle tre direzioni ma dovrà anche migliorare tale capacità di resistenza; dovrà inoltre essere in grado di ridurre il ritiro, perciò si dovrà assicurare una tessitura all'interno a maglia tridimensionale.

La preparazione avverrà mediante l'uso di fibre (metallo, nylon o polipropilene a struttura reticolare 15-20 micron) particolarmente resistenti che, durante la miscelazione degli impasti, si apriranno distribuendosi uniformemente. La loro resistenza a trazione dovrà attestarsi intorno a 400 N/cm² con allungamento massimo prima della rottura intorno al 10-13% (modulo d'elasticità intorno a 500.000 N/cm²).

Le fibre dovranno avere altresì proprietà di inerzia chimica, in modo da poter essere utilizzate sia in ambienti acidi che alcalini; dovranno essere esenti da fenomeni di corrosione o deterioramento; dovranno essere atossiche e in grado di non alterare la lavorabilità delle malte.

Malte ottenute con altri additivi

Le malte potranno essere additate con prodotti acceleranti o ritardanti al fine di ottenere variazioni nella presa e nell'indurimento.

Potranno essere utilizzati additivi fluidificanti, plastificanti o aeranti in modo da ottenere il miglioramento delle proprietà inerenti la lavorabilità, l'omogeneizzazione e la resistenza alle condizioni igrometriche e alle eventuali variazioni di temperatura.

Tutto ciò dovrà avvenire sotto stretta sorveglianza della direzione lavori e previo parere degli organi preposti alla tutela.

Malte additivate preconfezionate

Nella preparazione manuale delle malte additivate potranno verificarsi errori, anche modesti, nei dosaggi, con nocumento ai materiali del bene oggetto di intervento e ciò a causa soprattutto dell'incontrollabilità della percentuale di espansione della malta stessa dopo la posa.

In caso fossero indispensabili dosaggi rigorosi, si dovranno preferire malte preconfezionate grazie all'accuratezza con la quale sono controllate nelle parti e nella granulometria; esse dovranno essere confezionate con controllo automatico e elettronico, in modo che nella miscelazione gli inerti vengano selezionati secondo una curva granulometrica ottimale e i leganti e gli additivi chimici vengano rigorosamente dosati.

L'appaltatore farà preparare le malte secondo le indicazioni specifiche inerenti il tipo di malta, in adeguati recipienti e con gli appositi strumenti elicoidali, in modo da ottenere un impasto omogeneo e della giusta consistenza; in particolare, nell'aggiungere l'acqua necessaria a migliorare la lavorabilità, si atterrà alle quantità indicate nelle istruzioni.

Nei casi in cui lo richiedano le condizioni ambientali e climatiche, su specifiche indicazioni della direzione lavori potranno essere modificati i quantitativi d'acqua da aggiungere all'impasto.

L'appaltatore preparerà la malta utilizzando quantitativi tali da poter essere messi in opera nell'arco di 30- 60 minuti, gettando a rifiuto la malta non più utilizzabile poiché assolutamente inefficace una volta trascorso detto lasso di tempo.

Nel corso delle operazioni di predisposizione delle malte dovrà prelevare, in presenza e a richiesta della direzione lavori, i campioni rappresentativi dei vari tipi di malte preconfezionate utilizzate, in modo da produrre quelle prove e quelle analisi che saranno necessarie sia durante il corso dei lavori che in fase di collaudo.

Potranno essere utilizzate malte premiscelate solo se ogni fornitura sarà accompagnata dalla dichiarazione/documentazione del fornitore attestante il gruppo di appartenenza della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli altri eventuali additivi; nei casi in cui la malta non rientri nelle classificazioni ordinarie e riconosciute, il fornitore dovrà produrre le certificazioni necessarie, redatte secondo prove ufficiali attestanti le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Conglomerati di resina sintetica

I conglomerati di resina sintetica potranno essere utilizzati all'occorrenza su indicazione della direzione lavori, nonché sotto la sorveglianza degli organi preposti alla tutela del bene.

Il loro confezionamento avverrà miscelando in specifiche betoniere, utilizzate solo per tali prodotti, gli inerti richiesti (per esempio sabbie di quarzo), resine sintetiche e prodotti indurenti nella misura e secondo le modalità specificate dalla ditta produttrice, in modo che la malta risultante posseda un buon grado di lavorabilità sia alle alte che alle basse temperature, sia con alto che con basso tasso di umidità.

Le temperature più adatte in ogni caso non saranno inferiori ai 15°C e l'umidità relativa migliore sarà compresa tra il 40% e il 60%.

Nella preparazione di tali conglomerati si dovranno sempre rispettare le norme previste per la salvaguardia e la salute degli operatori.

Per garantire il mantenimento delle proprietà elencate in progetto, il rapporto resina-indurente prescritto sulle schede tecniche dovrà essere rigorosamente rispettato, con tolleranze che non possono in alcun modo superare il 10%; anche l'accelerazione del processo di indurimento non potrà ottenersi aumentando le quantità di prodotto indurente: in tal caso infatti la qualità della miscela verrebbe irrimediabilmente compromessa e la stessa dovrebbe essere gettata a rifiuto.

Le parti da trattare dovranno essere preventivamente preparate con un'operazione di accurata pulizia; se necessario, saranno anche allargati i lembi interessati e trattati con i prodotti prescritti dalla ditta produttrice. Una volta messi in opera, tali conglomerati dovranno acquisire le proprietà richieste in tempi di presa contenuti e dovranno essere in grado di penetrare capillarmente, in modo da assicurare la saturazione (in particolare quella delle parti a contatto).

A indurimento avvenuto, dovranno mostrare elevate proprietà di adesione e di resistenza meccanica e chimica anche in presenza di umidità.

In relazione al tipo di utilizzo che se ne farà in cantiere si potrà variarne la fluidità, sempre che ciò non ne alteri la capacità di resa finale.

Malte di calce per integrazioni

In linea di principio, le malte da utilizzare per interventi di restauro e di recupero dovranno essere realizzate con modalità e composizioni del tutto simili a quelle preesistenti in opera sulle parti d'interesse storiche che compongono il manufatto. Saranno perciò condotte tutte le indagini e le analisi necessarie a individuare i vari componenti e i dosaggi, anche in relazione agli eventuali vari strati che, anche in tempi differenti, sono stati realizzati.

Le nuove malte dovranno pertanto essere compatibili con il supporto e con le parti contigue, dovranno essere molto lavorabili in modo da adattarsi alla conformazione delle parti da integrare, dovranno avere un grado di resistenza inferiore rispetto a quello delle parti da collegare e dovranno essere lavorate in modo che non si abbiano a creare microfratture e cavillature dannose ai fini della conservazione.

Per la miscelazione si adopereranno contenitori puliti e si procederà utilizzando piccole macchine impastatrici oppure manualmente, avendo cura di preparare poche quantità per volta, ossia la quantità giusta per una messa in opera senza grandi pause e di gettare a rifiuto quanto non sia stato utilizzato.

La misurazione delle quantità da utilizzare sarà condotta con estrema cura e l'acqua sarà necessaria al fine di ottenere la densità giusta per una corretta lavorazione, in particolare per ben amalgamare i componenti e i pigmenti al fine di ottenere una miscela lavorabile e omogenea.

Nel caso si faccia uso di grassello di calce, questo dovrà essere preventivamente stemperato con acqua, che servirà a renderlo fluido per la mescola degli inerti, i quali saranno aggiunti a partire da quelli a minore granulometria.

Gli inerti, denominati anche cariche, costituiranno il corpo delle malte.

Essi potranno essere: ghiaia e pietrisco a diverse granulometrie, sabbie, anche queste con diverse granulometrie, pietra macinata fino a raggiungere la consistenza della polvere, pozzolana, cocchiopesto, caolino.

I leganti saranno costituiti da:

- calce aerea (CaO e MgO, composta prevalentemente da ossido di calcio con l'aggiunta di piccole parti di magnesio, alluminio, silicio, ferro ottenuti per calcinazione di rocce) in commercio sottoforma di calce viva o di calce idrata spenta mediante acqua. A seconda della procedura di spegnimento si avrà la calce idrata in polvere (usata come base per stucchi lucidi, intonaci interni

e tinteggiature), il grassello di calce (per malte di allettamento, di intonaco e di stuccatura), il latte di calce (per tinteggiature, velature e scialbature);

- calce idraulica naturale (nhl), ottenuta per cottura a bassa temperatura di marne naturali (o calcari) poi spente e macinate. Garantiscono la presa anche in presenza di acqua e sono prive di sali solubili;

- cemento bianco, simile al cemento Portland e ottenuto per cottura di marne, privo di ossidi di ferro e di manganese (adatto in piccole quantità per integrare malte di calce aerea per tonachini, sagramature, copertine, teste di muri, ecc.). L'acqua adoperata per la formazione della malta dovrà essere dolce e pulita, priva di residui grassi e sali.

A seconda dei casi e delle disposizioni di cantiere, l'appaltatore formulerà la malta più adatta, scegliendo il legante più giusto e miscelandolo con gli inerti prescritti.

Se previsto dalla direzione lavori, al fine di ottenere delle miglione, si potrà fare un modesto uso di additivi chimici, quali fluidificanti per migliorare la miscelazione, acceleranti o ritardanti della presa, porogeni e aeranti per creare bolle d'aria o espansivi per eliminare il ritiro.

Pulitura

Generalità

Si intenderanno per parti murarie e materiali lapidei le pietre, i marmi, i laterizi, gli intonaci, gli stucchi e le malte.

Gli interventi di pulitura su queste superfici avranno come obiettivo la rimozione di sostanze estranee o patogene, le quali causano non solo lo stato di degrado del materiale ma ne favoriscono l'avanzamento.

Non saranno di impiego opportuno quelle pulizie che tenderanno a riportare alla condizione originaria il materiale eliminando ogni traccia del tempo trascorso.

Prima di qualunque operazione di pulizia di manufatti architettonici di particolare valore storico-artistico, ancorché prescritta in progetto, l'appaltatore dovrà verificare con la direzione lavori la consistenza e la tipologia della cortina patogena e degradante, sia si tratti di croste nere, efflorescenze, macchie, funghi o altre sostanze estranee al materiale, al fine di definire meglio il sistema di pulitura da adoperare, specie in relazione alla natura e alla composizione chimica del supporto e all'agente inquinante/degradante che si è manifestato.

Le patologie potranno consistere in depositi incoerenti, quali particolato atmosferico veicolato mediante agenti meteorologici o presenza di umidità per risalita (efflorescenze) oppure particolato che ha creato un legame con il supporto (sali percolati per dilavamento) oppure combinazione chimica tra particolato e supporto, ad esempio la ruggine o le croste.

Per quanto riguarda materiali porosi, quali pietre, laterizi, ecc., questi col tempo hanno alterato le caratteristiche fisiche e chimiche della superficie esposta generando una patina naturale che in molti casi è diventata autoprotettiva (anche se, in presenza di ambiente inquinato, la patina naturale conservativa è pregiudicata così come lo è la formazione della nuova patina conservativa).

Trattandosi dunque di interventi sulle superfici di manufatti che, a causa della loro età, hanno assunto una patina di superficie dovuta al loro tempo di esposizione e che costituisce testimonianza della storia del manufatto, l'appaltatore dovrà iniziare sempre con interventi molto blandi e, se necessario, aumentandone gradualmente l'incisività in modo da conservare il più possibile il velo della superficie che costituisce la patina naturale storicizzata.

Le croste nere costituiscono un fenomeno di degrado di rilevante entità: oltre che per l'aspetto esteriore, per la loro capacità di assorbire agenti inquinanti e di tenerli così perennemente a contatto con il materiale; aumentano inoltre il potere assorbente delle temperature e quindi contribuiscono a un incremento localizzato delle cause disgregatrici.

Se il materiale dovesse presentare fenomeni di esfoliazione o di caduta di sue parti oppure microfessurazioni o altro, dovranno essere eseguite opere di preconsolidamento prima di procedere alla pulizia.

In accordo con gli organi preposti alla tutela del bene, l'appaltatore sceglierà un metodo fisico e/o un metodo chimico, il tipo di prodotto e la modalità esecutiva ritenuti più efficaci in relazione alle necessità di conservazione e di non alterazione della qualità e consistenza del materiale da pulire.

I metodi, classificabili in relazione alla loro azione chimico-fisica sul supporto trattato e a seconda degli effetti sul materiale, sono classificabili in aggressivi, parzialmente aggressivi e non aggressivi: saranno evitati in ogni caso i metodi eccessivamente aggressivi che possano nuocere o modificare il materiale o che possano renderlo comunque più debole e conseguentemente più soggetto a futuri attacchi.

Saranno eseguite e campionate prove di pulitura, annotando il tipo di prodotto usato e le modalità di applicazione.

Si sceglieranno le superfici meno in vista e più punti di applicazione, in maniera da interessare le varie tipologie di degrado da trattare e i vari materiali in opera; solo valutando l'esito di tali campionature, anche con prove fisico-chimiche, si potranno selezionare il metodo e il prodotto più congrui e compatibili con il supporto, seguendo le indicazioni contenute nelle raccomandazioni NorMaL.

Nel caso di depositi incoerenti che siano semplicemente appoggiati sulle superfici attraverso agenti atmosferici oppure per gravità o per risalita (particellato terroso o carbonioso o efflorescenze saline), senza che vi siano state reazioni chimiche con il materiale di supporto, può essere sufficiente un semplice lavaggio con acqua: la pulizia con acqua può rivelarsi sufficiente anche quando vi siano sostanze allo gene che tendono a solidarizzare con il materiale.

Occorrono invece metodi più aggressivi quando si è in presenza di solidarizzazioni e combinazioni chimiche tra supporto e degrado (ossidazioni ferrose, croste gessose, ecc.), la cui permanenza sul materiale è inopportuna sia per il suo aspetto visivo che per la capacità con cui tale tipo di degrado continua a progredire e a penetrare nel materiale stesso: in questi casi si procederà, dopo le opportune analisi preventive, con la rimozione dello strato superficiale degradato scegliendo il metodo più adeguato, a partire dall'uso di stracci e di spazzole di saggina fino ad arrivare all'impiego di aspiratori e di aria compressa. Infine, nei casi più persistenti, verranno impiegati metodi lievemente abrasivi e metodi chimici a mezzo di impacchi localizzati.

La direzione lavori, prima di eseguire gli interventi di pulitura, valuterà l'opportunità di effettuare interventi di preconsolidamento del materiale, in modo da impedire il progredire dello stato di dissesto con l'impiego di metodi che ne aggraverebbero lo stato.

Idropulitura a bassa pressione o a pressione controllata

L'idropulitrice sarà impiegata per pulizie di superfici le cui macchie e i cui degradi siano rimovibili direttamente mediante spray di acqua deionizzata (ossia priva di sali e di impurità).

La pressione di esercizio potrà essere bassa, ossia compresa tra 2 e 3 atmosfere, oppure potrà essere compresa tra 4 e 6 atmosfere.

L'acqua potrà essere calda o fredda, secondo le disposizioni della direzione lavori.

La deionizzazione potrà avvenire anche in cantiere tramite l'utilizzo di motopompe e di prodotti scambiatori ionici, considerato che la continuità di disponibilità di acqua in cantiere costituisce la base per la continuità dell'intervento. Se necessario, in particolare per superfici decoese o modellati e modanature che richiedano un lavaggio efficace ma a pressione ridotta, si potrà intervenire mediante acqua nebulizzata oppure atomizzata, le cui particelle abbiano dimensioni comprese tra i 5 e i 10 micron.

La nebulizzazione e l'atomizzazione dell'acqua avverranno mediante l'uso di appositi ugelli o apposite camere di atomizzazione, le quali frantumeranno l'acqua in piccole particelle; queste colpiranno la superficie in maniera tangenziale, pertanto la pressione dell'acqua potrà essere ridotta o eliminata. Ù

L'idropulitura, sia spray che nebulizzata o atomizzata, è valida anche nei casi in cui l'acqua potrebbe avere potere emolliente per le croste che saranno rimosse successivamente con metodi manuali.

Considerata la durata dell'intervento, che richiede 1-2 giorni, questo metodo di pulizia dovrà essere scartato per materiali eccessivamente porosi, o nei quali siano presenti fratture o laddove la presenza dell'acqua sia dannosa direttamente per il materiale o per parti a esso contigue (per esempio affreschi retrostanti) oppure adoperato a intervalli congrui, così da tenere sempre sotto controllo eventuali infiltrazioni e danneggiamenti. Individuate le aree di intervento, l'appaltatore provvederà a disporre i tubi adduttori partendo dall'alto e procedendo verso il basso, con effetto di ruscellamento parallelo alla caduta dei depositi.

L'acqua, mediante appositi dispositivi, verrà nebulizzata allargando così il proprio campo di azione e quindi l'efficacia della propria azione.

Il getto sarà direzionato in maniera tale da raggiungere prevalentemente le superfici sporche e dosando la pressione a seconda dei casi; i getti non dovranno comunque essere posti a una distanza inferiore a 5 cm, onde evitare fenomeni di erosione localizzata del materiale: in tal senso si potrà procedere direzionando il getto tangenzialmente alla superficie.

L'efficacia del potere emolliente dipenderà dalla persistenza delle macchie e dalla durata della nebulizzazione perciò, quando sia richiesto, il getto potrà essere passato sulle superfici anche più volte, purché la durata di ogni lavaggio non sia superiore a 20 minuti e purché sia trascorso un lasso di tempo adeguato tra due lavaggi consecutivi, in modo da evitare eccessivi assorbimenti di acqua dannosi al manufatto.

Si eviterà di operare in giornate troppo fredde e si eviteranno tempi di lavaggio continuativi troppo lunghi.

Pulitura con acqua a pressione

I getti di acqua in pressione, dei quali potranno regolarsi gradualmente i valori, interesseranno quelle parti di edifici che non richiedono una particolare cautela. Tale regolazione potrà tenere conto della persistenza delle croste e del tipo di supporto e di materiale da trattare.

Sia la pressione dell'acqua che la sua stessa permanenza sulle croste e quindi il potere emolliente esercitato, consentiranno la rimozione degli spessori degradanti formati sul manufatto.

La permanenza di getti sulle superfici o il numero delle passate degli stessi da effettuare saranno valutati a seconda della consistenza dello sporco; saranno da evitare interventi con acqua in pressione in presenza di fessurazioni, fratture o altri dissesti che consentirebbero dannose infiltrazioni e percolamenti di acqua.

Pulitura manuale

La pulizia manuale, eseguita esclusivamente con spazzole di saggina o di nylon, sarà adoperata per rimuovere quei trattamenti superficiali (scialbature, tonachini, ecc.) o quei fenomeni di degrado che richiedono un'abrasione superficiale da effettuare a secco oppure quando, dopo la nebulizzazione, debbano essere rimosse croste divenute morbide e asportabili.

I risultati dipenderanno molto dall'abilità e dalla sensibilità dell'operatore nel discernimento delle superfici da trattare e nel dosaggio dell'energia abrasiva.

Sono assolutamente vietate le puliture eseguite con spazzole metalliche o con utensili comunque metallici e acuminati, poiché fortemente abrasivi e poiché agiscono asportando parti di materiale mettendo a nudo gli strati sottostanti con nocumento per gli effetti cromatici complessivi delle superfici e per la capacità che hanno di generare su tali incisioni ulteriori fenomeni di degrado.

Potranno essere impiegati strumenti meccanici di tipo elettrico quali trapani o flessibili se dotati all'estremità di utensili morbidi (per esempio spazzole a rotazione in nylon) oppure micromole, microscalpelli e vibroincisori, purché non metallici o, se metallici, purché usati solo e esclusivamente sulle croste e sugli strati da rimuovere così da non danneggiare le superfici dei materiali. Sarà individuato il senso del movimento da adoperare per asportare la patina degradata, in modo che si debbano usare il minor numero di passate possibili.

Se necessario, prima di intervenire, potranno essere effettuate delle prove in luoghi defilati in maniera da valutarne l'efficacia, i rischi di danneggiamento che potrebbero provocare e il risultato finale.

Pulitura con apparecchi ad ultrasuoni

L'appaltatore farà uso di strumenti e apparecchi a ultrasuoni in veicolo acquoso, se disposto dalla direzione lavori, per le croste e le macchie più tenaci e persistenti e quando il particolare valore e pregio storico-artistico del manufatto lo richieda; tali apparecchi emettendo microonde che si propagheranno fino alle superfici interessate, solleciteranno le croste e le patine da rimuovere.

Se necessario, prima di intervenire potranno essere effettuate delle prove in modo da valutare quello che sarà il risultato finale; questi apparecchi dovranno essere tarati in maniera adeguata, così da assicurare l'asportazione della superficie degradata e dovranno sempre essere tenuti sotto controllo.

Vista la delicatezza dell'intervento, essi dovranno essere usati solo da personale altamente specializzato.

Pulitura con apparecchi laser

L'azione selettiva del laser (light amplification by stimulated emission radiation) è particolarmente adatta per depositi di gesso e di carbonato che generalmente si depositano sui marmi e sulle pietre di colore chiaro: ciò vale anche per i depositi sulle superfici metalliche e sui legni.

Tali depositi scuri sono in grado di assorbire selettivamente le radiazioni pertanto si avrà, con l'effetto fotomeccanico del laser, la rottura del legame chimico e quindi il distacco della cortina degradante.

Le superfici chiare in vista, non assorbendo la radiazione, interromperanno l'emissione dell'impulso; in alcuni casi, dopo l'intervento con il laser, si dovrà intervenire rimuovendo meccanicamente le croste che lo stesso laser ha distaccato.

L'azione del laser colpisce le superfici per uno spessore di pochi micron, ossia solo lo spessore interessato dal degrado, pertanto non intacca il supporto del materiale che, anche dopo la rimozione della parte degradata, se la possiede, conserva la patina naturale.

Considerati i costi delle apparecchiature e i costi di esercizio, questo intervento va messo in opera solo nei casi più delicati.

Saranno scelte apparecchiature laser maneggevoli, dotate di bracci snodati adatti ai luoghi e dotate della facoltà di tenere costantemente sotto controllo i parametri principali d'uso (frequenza, lunghezza d'onda, energia dell'impulso e raggio d'azione). In considerazione di ciò, l'apparecchiatura sarà usata soltanto da personale altamente specializzato, in grado di leggere e di intervenire con valutazioni e eventuali modifiche dei parametri di esercizio.

Gli operatori agiranno con gradualità, soffermandosi sui punti più persistenti ma evitando tuttavia di creare bruciature e ingiallimenti del materiale; faranno uso di dispositivi di protezione individuali e segneranno in maniera visibile le parti trattate.

In fase di non utilizzo, lo strumento dovrà essere tenuto sotto controllo.

Prima di iniziare, per rendere maggiormente visibili le parti scure e esaltare la capacità selettiva della radiazione, si potrà bagnare il supporto: così si eviteranno inoltre formazioni di fumi e di polveri.

Pulitura con microsabbiatrice secca

La microsabbiatrice farà uso di aria compressa disidratata, con pressione compresa tra le 0,5-4 atmosfere, in grado di proiettare insieme all'aria il materiale microabrasivo sulle superfici da trattare.

Le superfici più idonee a questo tipo di intervento sono il cotto, gli intonaci e le pietre e i marmi.

Considerato il potere abrasivo delle microsfele di vetro o di allumina, questo tipo di intervento sarà adoperato solo nei casi in cui l'azione dell'acqua non dovesse essere sufficiente a garantire l'asportazione delle croste e per i punti sottosquadro e le modanature, laddove gli interventi manuali difficilmente riescono a raggiungere le superfici interessate.

La durezza delle microsfele dovrà essere di poco superiore alla durezza delle croste da rimuovere e del materiale di supporto.

L'appaltatore orienterà gli ugelli (diametro 0,4-3 mm) solo sulle porzioni di superficie fortemente incrostate e, se necessario, provvederà a ricoprire e proteggere particolari porzioni della stessa che ne dovessero subire gli effetti negativi.

Se necessario, prima di intervenire, potranno essere effettuate delle prove in modo che sia possibile valutare il risultato finale.

Vista la delicatezza dell'intervento, la microsabbiatrice dovrà essere utilizzata solo da personale altamente specializzato.

Pulitura con microsabbiatrice umida

La microsabbiatrice ad aria compressa può aggiungere, all'occorrenza, acqua deionizzata atomizzata all'aria di fuoriuscita: pertanto sulle superfici da trattare, in fase di funzionamento, insieme all'aria compressa verrà proiettato anche materiale microabrasivo.

Valgono tutte le considerazioni fatte in precedenza, con in più l'indicazione che prevede vadano evitate tutte quelle superfici porose o eccessivamente delicate che non sopporterebbero la presenza di acqua.

Un particolare sistema misto aria-abrasivo è il sistema Jos, in cui l'aria viene emessa con vortice elicoidale a bassissima pressione e gli inerti abrasivi sono molto più morbidi. Sono particolarmente indicati come inerti la farina di mais, la polvere di gusci di noci, ecc; l'efficacia di tale sistema è assicurata dal fatto che il vortice elicoidale colpisce tangenzialmente le croste, pertanto riesce a penetrare negli interstizi di contatto tra supporto e spessore patogeno. La distanza degli ugelli sarà compresa tra 35 e 45 cm.

All'occorrenza, anche con il sistema Jos si potranno impiegare modesti quantitativi di acqua deionizzata.

Se necessario, prima di intervenire potranno essere effettuate delle prove in luoghi defilati in modo da valutare il risultato finale; anche in questo caso, vista la delicatezza dell'intervento, l'operazione dovrà essere eseguita solo da personale altamente specializzato.

Pulitura con sabbiatrice

Le macchine sabiatrici faranno uso di sabbie silicee e saranno adoperate per quegli edifici o parti di edificio che non richiedono particolari cure, purché non vengano adoperate su materiali porosi, friabili e sfaldabili che, con questo intervento, potrebbero subire un acceleramento del proprio stato di degrado e del deterioramento della propria consistenza superficiale.

L'intervento sarà da escludersi anche in presenza di decori e di modellati, poiché potrebbero subire danneggiamenti.

Contemporaneamente al getto di sabbia le macchine potranno far fuoriuscire anche acqua, agendo così simultaneamente sia con l'abrasione che con il lavaggio.

A seconda delle circostanze, verranno selezionate la giusta granulometria della sabbia e la pressione e il getto adeguato; potranno inoltre essere aggiunti all'acqua solventi atti a migliorarne il potere pulente, purché autorizzati dalla direzione lavori e purché non dannosi e alteranti per i materiali.

L'appaltatore disporrà che l'operatore esegua il trattamento solo sulle superfici interessate dal degrado, evitando di orientare gli ugelli dove non occorra.

Pulitura con soluzioni chimiche

L'appaltatore, d'accordo con la direzione lavori, qualora dopo l'effettuazione delle analisi sullo stato di degrado, sulla tipologia delle macchie e su quella delle croste, dovesse pervenire alla conclusione che siano necessari dei solventi specifici al fine di ottenere una decomposizione della struttura persistente degradante, individuerà il prodotto più adeguato al caso usando come riferimento i tre parametri di solubilità (forza di tipo polare, forza di dispersione apolare e forza di legame a idrogeno).

Prima di intervenire dovranno essere effettuate delle prove in luoghi opportuni e defilati, eseguendo tassellature e campionature, annotando il tipo e la composizione della soluzione adoperata: si valuterà il risultato di tali prove e, se necessario, si eseguiranno nuove campionature aumentando le percentuali di soluzione o modificando il tipo di soluzione impiegato.

Se dovessero rendersi visibili deterioramenti e danneggiamenti del materiale a seguito dell'azione corrosiva del solvente, bisognerà scartare questo tipo di operazione.

In presenza di materiali porosi e molto assorbenti, l'intervento sarà limitato solo alle parti fortemente incrostate. Dopo aver bagnato con acqua le superfici interessate in modo da renderle meno assorbenti, l'appaltatore procederà a una tamponatura delle superfici da trattare con il solvente prescelto: questa operazione rimuoverà completamente le parti degradate oppure servirà a rendere le croste più morbide e dunque pronte per l'asportazione manuale o da effettuarsi con altri strumenti.

Se necessario, la tamponatura potrà durare alcuni minuti proprio per rimuovere gli strati eccessivamente persistenti. Si farà uso, a seconda dei casi, di alcali, di acidi, di solventi a base di cloruro, di carbonato di ammonio, di sverniciatori o altro; dopo l'applicazione, si interverrà immediatamente con neutralizzatori del prodotto chimico e quindi si eseguirà un lavaggio ad acqua, in modo che le superfici non risultino danneggiate.

Tutte queste operazioni saranno eseguite da personale specializzato, il quale avrà cura di adoperare i dispositivi di protezione individuali a salvaguardia delle vie respiratorie, del viso, degli occhi e della pelle (in particolare di quella delle mani).

Pulitura con impacchi di argille assorbenti

La pulitura con impacchi di argille assorbenti ha l'effetto di sciogliere e assorbire le macchie e le patine oppure di ammorbidire le croste: viene adottato questo tipo di pulitura al fine di evitare l'impiego di acqua a dispersione sul supporto o prodotti chimici troppo aggressivi se posti direttamente a contatto con le superfici da trattare.

L'appaltatore dovrà dapprima preparare l'argilla (silicati idrati di magnesio quali sepiolite, bentonite oppure pasta di cellulosa) diluendola con acqua distillata o demonizzata, fino a che raggiunga una consistenza pastosa così da poterla stendere sulle superfici; se necessario, all'argilla potranno essere aggiunti leggeri solventi atti all'aggressione delle croste.

L'argilla dovrà essere stesa sulle superfici, preventivamente bagnate con lo stesso tipo di acqua di diluizione, raggiungendo uno spessore di 2-3 cm; se necessario, sulle superfici da trattare potrà essere messa in opera carta giapponese o una carta simile a essa.

L'argilla potrà essere stesa a mano o con spatole, dovrà quindi essere ricoperta con teli di garza e poi ancora con ovatta bagnata. Al fine di conservare il grado di umidità necessario all'ammorbidimento delle croste, si provvederà a ricoprirla con teli di plastica sigillati in cui siano lasciate libere piccole aperture attraverso le quali, mediante tubicini, si possa integrare gradualmente l'acqua assorbita o evaporata.

L'appaltatore verificherà ogni 2-3 giorni il grado di umidità presente e, se necessario, interverrà reintegrando l'acqua che è stata assorbita o è evaporata.

Trascorso il tempo necessario, si provvederà a rimuovere i teli lasciando asciugare completamente l'argilla, la quale sarà successivamente rimossa con acqua deionizzata e porterà via con sé le macchie o le croste depositate sulle superfici; in alcuni casi le croste si saranno solo ammorbidite, pertanto l'operazione dovrà essere completata con la loro rimozione manuale.

Pulitura di efflorescenze saline

Nei casi in cui siano presenti efflorescenze saline derivanti dalla migrazione di umidità arrestata da precedenti interventi di bonifica e di risanamento, l'appaltatore dovrà valutare, mediante prelievo e analisi, un campione di supporto e di efflorescenza al fine di individuarne l'origine e la tipologia: tali prove serviranno a verificare la solubilità del degrado (in acqua, in cloruro o in altra soluzione), la sua aderenza al supporto, la sua composizione chimica e quant'altro sia necessario per scegliere il tipo di intervento opportuno.

Nel caso in cui l'intervento di deumidificazione sia stato condotto dallo stesso appaltatore, egli dovrà attendere un lasso di tempo sufficiente alla disidratazione dell'umidità residua che, migrando, farà affiorare ancora i sali in superficie; questi tempi saranno generalmente variabili da 4 a 6 mesi.

La rimozione delle efflorescenze, a seconda della loro natura, sarà effettuata con semplici stracci, spazzole di saggina, acqua oppure con soluzioni specifiche per ogni diverso tipo di sale.

L'appaltatore potrà altresì mettere in opera un rinzaffo temporaneo con potere assorbente, da rimuovere dopo che l'umidità sia stata captata.

Solo in casi eccezionali e per manufatti di particolare pregio o nei casi in cui siano richiesti tempi brevi, la muratura potrà essere lavata mediante iniezioni di acqua deionizzata che accelererà il processo di migrazione dei sali in superficie.

ART 16 PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA

Generalità

L'oggetto della presente sezione riguarda le diverse tipologie strutturali di realizzazione dei ponti, dei viadotti e dei sottovia, e l'insieme degli elementi costruttivi che li compongono.

Sarà cura dell'Appaltatore procedere alla redazione del piano operativo di cantiere per il sollevamento/varo (detto anche piano di montaggio) delle strutture costituenti ponti e viadotti. Tale piano sarà coerente con le indicazioni fornite in merito dagli elaborati costituenti il progetto esecutivo e dovrà scrupolosamente attenersi a queste per quanto riguarda i seguenti punti:

- tempistica di attuazione delle operazioni;
- caratteristiche geometriche, meccaniche e statiche degli elementi provvisori quali, martinetti, carri varo, pile provvisorie, ecc.;
- caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera da utilizzare;
- raggiungimento delle resistenze dei cls indicate nel progetto esecutivo;
- posizionamento del carro varo in relazione alle fasi di avanzamento della costruzione;
- pesi delle parti costituenti il carro varo;
- posizione e peso dei contrappesi indicati nel progetto;
- posizione e caratteristiche meccaniche delle barre ad alta resistenza per collegamenti provvisori.
- attuazione delle distorsioni indotte al fine di minimizzare i fenomeni di fluage in termini di forze e spostamenti applicati alla struttura.

Il piano operativo di cantiere per il sollevamento/varo sarà accompagnato da un piano operativo di monitoraggio topografico da effettuare sulla struttura e finalizzato al controllo topografico in corso di costruzione. Il piano di monitoraggio topografico sarà basato sulle deformazioni calcolate in sede di progettazione esecutiva e dovrà riportare:

- la geometria dell'impalcato nelle singole fasi costruttive (ovvero per ogni posa di concio e per ogni applicazione della distorsione sugli appoggi) in funzione delle deformazioni indotte dalle sollecitazioni agenti e dalle variazioni volumetriche differite del cls;
- le tolleranze ammissibili sui valori delle deformazioni di progetto in funzione delle caratteristiche dell'opera stessa;
- i metodi di controllo della temperatura sulle facce delle travi.

Il piano operativo di cantiere di sollevamento/varo ed il relativo piano di monitoraggio, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'Appaltatore, dovranno essere preventivamente trasmessi al Coordinatore per l'Esecuzione ed alla Direzione Lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio. Dopo l'approvazione e prima della fase di montaggio, l'Appaltatore dovrà dare comunicazione alla D.L. della data di inizio dei lavori.

Tutti i macchinari, le attrezzature e le procedure lavorative dovranno rispondere alle prescrizioni indicate dalla vigente normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro (D.lgs. 626/94, D.lgs. 494/96, ecc.)

In particolare, poiché i cantieri in esame ricadono nell'ambito di applicazione del D.lgs. 494/96 e successive modifiche ed integrazioni, tutte le operazioni di realizzazione dell'infrastruttura dovranno essere eseguite in conformità a quanto indicato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento e sotto la supervisione del Coordinatore per l'Esecuzione: quindi anche i piani di montaggio e di monitoraggio dovranno essere parte del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Ogni variazione in difformità alle indicazioni progettuali sarà supportata da relazioni con conseguenti modifiche degli elaborati progettuali. Gli elaborati così modificati saranno firmati dall'Appaltatore e sottoposti all'esame del Direttore Lavori per preventiva approvazione.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori in base a motivate esigenze tecniche, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura dell'Appaltatore.

Nella esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che alla effettuazione di controlli ed ispezioni.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti, così come quelli aggiuntivi che la Direzione Lavori ritenesse necessari ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standard qualitativi prefissati.

Per consentire la 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. Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.

Le prove da eseguire ai sensi della legge 5 novembre 1971 N. 1086 dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua sarà cura dell'Appaltatore provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento ed al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla Direzione Lavori, per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua.

I materiali e i magisteri non espressamente richiamati nel presente articolo saranno conformi agli articoli appositamente redatti e costituenti le presenti Norme Tecniche.

Le strutture, sia in calcestruzzo che in carpenteria metallica, prefabbricate in stabilimenti esterni, prima dell'inoltro in cantiere dovranno essere sottoposte alle prove di controllo qualità e, ove richiesto, alle prove di pre assemblaggio.

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

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

Ponti e viadotti in c.a. e c.a.p. ed in carpenteria metallica

Posa in opera manufatti prefabbricati

Le strutture prefabbricate (conci in cls, travi o conci metallici) saranno varate nella loro posizione definitiva mediante sollevamento longitudinale o trasversale a mezzo di carroponete, carrelli, gru, derrick, blondin, ecc. o con combinazioni varie di questi sistemi e mezzi.

L'eventuale impiego di elementi strutturali metallici o in conglomerato cementizio, semplice od armato, normale o precompresso, con funzione di cassaforma persa per il getto delle solette, sbalzi e traversi di impalcato, dovrà essere previsto in sede di progetto esecutivo. In assenza di indicazioni esaustive sarà cura dell'Appaltatore eseguire le opportune integrazioni dandone evidenza alla Direzione Lavori.

Martinetti provvisori

La documentazione tecnica relativa ai martinetti sarà trasmessa dall'Appaltatore alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto alle operazioni di varo. Nella documentazione dovranno essere chiaramente riportate le specifiche prestazionali del martinetto con chiara indicazione dei seguenti dati:

La curva di calibrazione forza/pressione del martinetto determinata in Laboratorio Ufficiale non anteriore di 3 mesi.

La forza massima di esercizio. Tale valore dovrà essere non inferiore a 1,5 volte il valore massimo previsto in sede progettuale.

La corsa massima di esercizio. Tale valore deve essere non inferiore a 1,5 volte il valore massimo previsto in sede progettuale.

Il Costruttore.

I dati tecnici dell'apparecchio prescelto.

I martinetti costituenti un'unica linea di appoggio saranno collegati da un sistema centralizzato di controllo automatico delle pressioni capace di assicurare in ogni istante il mantenimento e la omogenea distribuzione delle forze nei singoli martinetti.

Collegamenti provvisori con barre tipo Dywidag

Nei conci prefabbricati e nei pulvini saranno previsti gli alloggiamenti per le barre ad alta resistenza aventi funzione di collegamento provvisorio impalcato/pila ed impalcato/carro-varo. Il numero e le caratteristiche geometriche e meccaniche delle barre saranno conformi alle indicazioni fornite negli elaborati del progetto esecutivo.

Dopo il completamento del montaggio le cavità impiegate per l'alloggiamento delle barre provvisorie e dei ganci di sollevamento saranno riempite con malta reoplastica a ritiro compensato aventi le caratteristiche indicate nell'Articolo dedicato facente parte delle presenti Norme Tecniche.

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 e nel piano di montaggio che, ferma restando la totale ed esclusiva responsabilità dell'Appaltatore, con congruo anticipo sull'inizio dei montaggi, dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori.

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.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, si dovrà controllare che la contro freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni del piano di montaggio, 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.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, 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 e sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

Verniciature

Si rimanda agli elaborati progettuali; il riferimento tecnico sono le prescrizioni Italferr.

Giunti di dilatazione

In corrispondenza delle interruzioni strutturali si devono adottare dispositivi di giunto atti ad assicurare la continuità del piano viabile. Le caratteristiche dei giunti e le modalità del loro collegamento alla struttura devono essere tali da ridurre il più possibile le sovrasollecitazioni di natura dinamica dovute ad irregolarità locali e da assicurare la migliore qualità dei transiti.

In corrispondenza dei giunti si deve impedire la percolazione delle acque meteoriche o di lavaggio attraverso i giunti stessi. Nel caso di giunti che consentano il passaggio delle acque, queste devono confluire in appositi dispositivi di raccolta, collocati immediatamente sotto il giunto, e devono essere convogliate a scaricarsi senza possibilità di ristagni o dilavamenti che interessino le strutture.

Il giunto deve portare il carico veicolare e consentire gli spostamenti longitudinali e le rotazioni delle parti contrapposte senza opporre significativa resistenza.

Eventuali spostamenti trasversali (ponti in curva, ponti obliqui, etc.) dovranno essere esplicitamente tenuti in conto e dichiarati dal Progettista. In corrispondenza del giunto, devono essere impediti spostamenti verticali discontinui a livello del piano viabile, che possono pregiudicare la sicurezza del traffico e la durabilità del giunto stesso.

Il giunto deve assolvere la funzione di proteggere adeguatamente il bordo della pavimentazione, deve garantire adeguate caratteristiche di regolarità di percorrenza e di aderenza e non costituire azzardo per qualsiasi categoria di utenza stradale.

Il giunto non dovrà generare elevati livelli di rumorosità e di vibrazioni sotto traffico.

Riferimenti normativi

- UNI EN 1337-1 Appoggi strutturali – Regole generali di Progetto
- UNI EN 1337-3 Appoggi strutturali – Appoggi elastomerici
- Legge n.1086 5 Novembre 1971, e relativo D.M. in vigore: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzione per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

Definizioni

- Asse del giunto: l'asse di maggior sviluppo del giunto, generalmente perpendicolare all'asse longitudinale dell'opera d'arte sulla quale il giunto è installato.
- Giunto longitudinale: quel giunto il cui asse viene disposto parallelamente alla direzione prevalente del traffico.
- Movimenti: i movimenti relativi delle parti dell'opera d'arte che il giunto collega. I movimenti si dividono in: longitudinali, se paralleli all'asse dell'opera d'arte; trasversali, se perpendicolari all'asse dell'opera d'arte; verticali, se perpendicolari al piano dell'opera d'arte.
- Rotazioni: in genere si considera solo la rotazione attorno all'asse del giunto
- Escursione: lo spostamento longitudinale massimo che il giunto consente.
- Preregolazione: l'aggiustamento del giunto fatto all'atto della posa in opera in modo tale da consentire gli spostamenti longitudinali nei due versi secondo quanto stabilito dal progettista. La preregolazione è nulla quando gli spostamenti longitudinali consentiti nei due versi sono uguali in valore assoluto.
- Rapporto di prova: documento che presenta i risultati della prova ed altre informazioni ad essa relative.

Tipologie di interesse

- Giunti in elastomero armato, costituiti da elementi deformabili in gomma vulcanizzati a profili metallici di armatura e di ancoraggio, conglobati nella gomma. Il giunto è completato da masselli di raccordo in malta tra gli elementi del giunto e la pavimentazione, da una scossalina per la raccolta delle acque di superficie e da un sistema per il drenaggio delle acque di sottopavimentazione. Gli elementi costituenti il giunto hanno sagomatura e dimensioni variabili a seconda delle escursioni richieste. Grazie alla deformabilità degli elementi in gomma, il giunto si adatta anche all'assorbimento di limitati scorrimenti trasversali e verticali (sbalzi di impalcati).

- Giunto di dilatazione per impalcati di ponti e viadotti realizzato con elementi in neoprene armato tipo rinforzato con inserti metallici vulcanizzati. Gli inserti metallici devono essere interamente conglobati nella gomma per evitare corrosioni e uniti mediante vulcanizzazione ad un soffietto di gomma di tenuta, atto ad assorbire lo scorrimento dell'impalcato.

Compresi e compensati nel prezzo: il taglio con idonea segatrice a disco della pavimentazione per uno spessore massimo di 100 mm, per tutta la larghezza e lunghezza necessarie, demolizione, la preparazione dell'estradosso delle solette interessate al giunto, mediante bocciardatura spinta a qualsiasi profondità, lavaggio delle superfici, soffiatura con aria compressa, la fornitura e posa di un tubo di drenaggio per la raccolta delle acque, provenienti dall'interno delle pavimentazioni, da porre in opera a monte o a valle del giunto; il getto di betoncino fibrorinforzato, con funzione di cuscinetto tra soletta e l'intradosso della struttura formante il giunto vero e proprio, la fornitura e posa della gabbia di armatura del getto di malta, l'ancoraggio della gabbia alla soletta eseguito secondo le indicazioni della D.L., la fornitura e la posa in opera del giunto di dilatazione vero e proprio, completo di ancoraggi alle solette e collanti vari secondo quanto specificato nei disegni dalla ditta fornitrice e quanto ordinato dalla D.L., completo di:

- sistema di ancoraggio realizzato con tirafondi di idonea sezione e lunghezza;

- scossalina di drenaggio in neoprene armata con maglia quadra di juta imputrescibile, fissata alla soletta con adesivo epossidico, previa rinvivatura dell'estradosso della soletta;
- sistema di masselli di raccordo alla pavimentazione realizzato in malta epossidica ad altissima resistenza alla compressione ed all'abrasione;

I disegni costruttivi ed i materiali da utilizzare dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L.

Materiali

ACCIAIO DA COSTRUZIONE

Le caratteristiche degli acciai da costruzione impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere in accordo alla UNI EN 10025.

Gli acciai impiegati in elementi soggetti a verifica strutturale dovranno avere i seguenti requisiti minimi di resilienza:

Prova di resilienza secondo UNI EN 10045 : a $-20\text{ °C} \geq 27\text{ J}$

Gli elementi in acciaio vulcanizzati a elementi in gomma e che non presentino saldature sono esclusi dalla suddetta prescrizione.

Tutte le superfici in acciaio non a contatto con il calcestruzzo devono essere protette dalla corrosione, compresa una striscia di 30 mm della parte a contatto col calcestruzzo.

Non necessitano protezioni anticorrosive gli elementi d'acciaio interamente ricoperti da gomma per uno spessore non inferiore a 2 mm e quelli inossidabili, CORTEN o similari.

Per la definizione del sistema di protezione anticorrosiva, l'Appaltatore dovrà documentare:

- la preparazione della superficie;
- il tipo di rivestimento della superficie;
- la procedura per il trattamento di danneggiamenti locali nella protezione anticorrosiva.

La documentazione deve essere controfirmata dal Produttore di materie prime o componenti che costituiscono l'appoggio.

ACCIAIO INOSSIDABILE

Le caratteristiche degli acciai inossidabili impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere in accordo alla UNI EN 10088.

Superfici di scorrimento e scossaline

Per le superfici di scorrimento in accoppiamento con parti in PTFE è prescritto l'impiego di acciaio inossidabile tipo X5 Cr NiMo 1712 (UNI EN 10088-2).

La scossalina principale di tenuta trasversale sarà preferibilmente realizzata in gomma materiale che garantisce una maggiore impermeabilizzazione e una migliore lavorabilità rispetto all'acciaio. Se realizzata in lamiera di acciaio inossidabile, dovrà essere in X5 Cr Ni 1810 (UNI EN 10088-2), di almeno 0,6 mm di spessore (valori superiori per giunti di grande escursione).

Ancoraggi e bulloneria

Per i tirafondi e la bulloneria in genere sarà impiegato acciaio inossidabile tipo X5 CrNiMo 1712 secondo UNI EN 10088-2.

LEGHE DI ALLUMINIO

Per tutte le leghe di alluminio dovranno essere indicate le normative di riferimento.

Per la lega di alluminio impiegata nella realizzazione di elementi esposti al traffico dovrà essere prodotta una lista di referenze in impieghi analoghi che ne attesti l'idoneità e la validità nel tempo.

Le caratteristiche minime, salvo migliori prestazioni richieste dal progettista, dovranno risultare le seguenti (UNI EN 10002):

- Carico unitario di rottura a trazione: > 215 MPa
- Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità: > 175 Mpa
- Allungamento : 1,5%
- Durezza Brinell : 70.

GOMMA

Le caratteristiche della gomma dovranno essere conformi alle UNI EN 1337. La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in gomma, dovrà essere in uno dei seguenti materiali e spessori minimi, salvo richieste da parte del progettista di migliori caratteristiche:

- guaina in gomma policloroprenica di almeno 2 mm di spessore;
- guaina in Hypalon di almeno 1,2 mm di spessore;
- guaine in doppio strato di hypalon-gomma policloroprenica rispettivamente di spessore 1 e 2 mm per complessivi 3 mm.

MALTE, BETONCINI E RESINE

Malta cementizia, premiscelata, colabile, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche per ridurre gli effetti negativi del ritiro plastico e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (acciaio) per conferire duttilità, con le caratteristiche indicate nelle malte per ripristini di tipo MC3 (Art. 22), salvo migliori disposizioni progettuali.

Betoncino cementizio, colabile, ad elevatissima duttilità, ottenuto aggiungendo aggregati selezionati alla malta descritta in precedenza, con le caratteristiche indicate nei betoncini per ripristini di tipo B3 (Art. 22), salvo migliori disposizioni progettuali.

Malta di resina per spessoramenti con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- Resistenza a compressione ASTM D695: > 55 MPa a 7gg di stagionatura.
- Modulo elastico ASTM D695: 7000 MPa a 7gg di stagionatura.
- Resistenza a trazione per flessione ASTM D790: > 25 MPa a 7gg di stagionatura
- Resistenza a trazione diretta ASTM D638: > 8 MPa a 7gg di stagionatura
- Modulo elastico a trazione diretta ASTM D638: 9500 MPa a 7gg di stagionatura

Sigillante di natura polisolfurica con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- Resistenza a trazione - UNI EN 12311: 0,5 MPa.
- Allungamento a rottura - UNI EN 12311: 250%.

- Permeabilità all'acqua - UNI EN 1928: nulla.
- Resistenza in nebbia salina - ASTM R 117: 650 h.
- Durezza: 25 ShA.

Pasta di resina con funzione di adesivo con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- Resistenza a compressione: 90 MPa.
- Resistenza a flessotrazione: 50 MPa.
- Adesione al metallo - ASTM D 1002: 10 MPa.
- Adesione al calcestruzzo - UNI 8298-1: 3 MPa (rottura del supporto in cls).
- Ritiro lineare - ASTM D 2556: inferiore a 0,0013 cm/cm.
- Modulo elastico secante a compressione - UNI 6556: 6 GPa.
- Gel time - ASTM D 2471: 5°C=150 min; 20 °C=45 min.

Malta di resina con funzione impermeabilizzante-sigillante con le seguenti caratteristiche salvo migliori disposizioni progettuali:

- Resistenza a trazione - UNI EN 12311: 3 MPa
- Durezza 80 ShA
- Deformazione residua a trazione - UNI EN 12311: < 15%
- Permeabilità all'acqua - UNI EN 1928: nulla
- Adesione al calcestruzzo - UNI 8298-1: 3 MPa (rottura del supporto in cls)

Impermeabilità

L'impermeabilizzazione del giunto è di fondamentale importanza, tenendo conto che la perdita di impermeabilità è la causa più comune di deterioramento del giunto e di danni alle strutture sottostanti, con i costi diretti e indiretti che ne conseguono. Il giunto deve essere impermeabile a tutte le acque di superficie del piano viabile; se è previsto il passaggio di acqua attraverso il giunto, questa deve essere raccolta nel varco strutturale al di sotto di esso da opportuni dispositivi (scossaline, gronde, canalette, etc.), allontanata dalle strutture adiacenti e scaricata nel sistema di drenaggio dell'impalcato.

Dovrà anche essere previsto un sistema di raccolta delle acque di sottopavimentazione, che, se accumulate in prossimità del giunto, possono esercitare, sotto l'azione della pressione veicolare, sollecitazioni anomale sul giunto e sulle sue parti (sigillature). Il sistema dovrà essere collegato senza soluzione di continuità al sistema di impermeabilizzazione della soletta. Lo scarico delle acque di sottopavimentazione assume importanza critica in presenza di pavimentazioni drenanti fonoassorbenti.

I dispositivi previsti non devono interferire con le strutture principali dell'opera e devono consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

Posa in opera

L'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori un mese prima di iniziare le lavorazioni i disegni dei giunti e delle relative procedure di montaggio in opera, riferiti ad una posizione di apertura media.

Su tali elaborati dovranno essere riportate le tolleranze di fabbricazione secondo normativa UNI EN 22768 e le tolleranze relative alle operazioni di posa in opera. Tali indicazioni dovranno in ogni caso riguardare i seguenti punti:

1. planarità dei piani di posa degli elementi costituenti il giunto;
2. complanarità dei due piani di posa degli elementi contrapposti del giunto;
3. dimensioni del varco riferite a temperatura media;
4. posizione ed interassi degli ancoraggi.

Tali elaborati dovranno essere controfirmati dal Fornitore in qualità di progettista e costruttore dell'appoggio e saranno ritenuti idonei previa accettazione da parte della Direzione Lavori. Eventuali variazioni di quanto riportato nei suddetti disegni, dovranno essere concordate con la Direzione Lavori.

Raccordo con la pavimentazione

La posa in opera del giunto potrà essere eseguita prima o dopo la stesa della pavimentazione, in funzione della tipologia del giunto e delle specifiche condizioni operative; tale scelta dovrà essere concordata dalla Direzione Lavori con il Fornitore. È compito specifico della Direzione Lavori fornire le quote di posa in opera del giunto e predisporre gli specifici controlli affinché, la differenza di quota tra il piano della pavimentazione ed il piano del giunto sia rispettivamente compresa tra i + 5 mm e 0 mm.

Tale prescrizione è di fondamentale importanza al fine di preservare il giunto da inutili e dannose sollecitazioni d'urto indotte dal traffico, sollecitazioni che potrebbero inficiare la funzionalità stessa del giunto.

Nel caso di installazione di giunti su opere nuove, la posa in opera (da effettuare generalmente dopo la stesa della pavimentazione), sarà realizzata secondo le seguenti fasi esecutive:

1. Taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore lungo le linee delimitanti la fascia da asportare.
2. Demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione.
3. Asportazione di eventuali strutture di giunto provvisorio.
4. Ravvivatura dell'estradosso soletta mediante fresatura, sabbiatura o bocciardatura.
5. Eventuale getto di malta e/o betoncino cementizi reoplastici, a ritiro compensato, fibrorinforzati, predosati, opportunamente armati, collegati alla testata, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto.
6. Posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente. La differenza di quota tra il piano della pavimentazione ed il piano del giunto sarà compresa tra +5 mm e 0 mm.
7. Eventuale pre-regolazione, da eseguire a cura di tecnici qualificati e con specifiche attrezzature, secondo le caratteristiche del giunto, nonché della stagione e delle caratteristiche dell'opera.

8. Completamento del massetto di raccordo tra giunto e pavimentazione.

Preregolazione

La prerregolazione del giunto sarà effettuata in accordo ai dati forniti dal produttore degli appoggi in merito alla loro capacità di movimento oltre che dell'apertura strutturale esistente.

Manutenzione dei dispositivi

Ogni giunto di dilatazione, o se sufficiente ogni tipologia, dovrà essere dotato di un manuale di manutenzione in cui il Fornitore indicherà modalità, tempistica e frequenza degli interventi di manutenzione ordinaria da eseguirsi sul dispositivo.

Prove e controlli

GENERALITA'

L'Appaltatore dovrà ottemperare a quanto previsto nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 2357 del 16/05/96 e successivi aggiornamenti.

L'accettazione delle partite avverrà tramite prove a carico delle Imprese esecutrici eseguite nel laboratorio della Società.

Qualora la Direzione Lavori rifiuti una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute.

I materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spesa dello stesso Appaltatore.

L'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori non esime l'Appaltatore dalla responsabilità circa la buona riuscita delle opere.

PROVA FUNZIONALE DEL GIUNTO

La prova va eseguita su di un prototipo di giunto in scala reale per una larghezza:

- > 3,75 m per giunti con appoggi discontinui;
- > 1,0 m e comunque coinvolgente almeno n. 2 ancoraggi per parte, per giunti con appoggio continuo.

Le prove consisteranno in:

- n. 10 cicli sperimentali con rilevazione della caratteristica forza-spostamento alle massime escursioni di esercizio;
- n. 3 cicli sperimentali come sopra alle massime escursioni sismiche.

PROVE DI CARICO

La prova statica va effettuata su di un elemento significativo del giunto avente larghezza come definito all'art. 27.6.2 e consisterà in:

- n. 1 prova statica con carico pari a $100 \times 1,4 \times 1,3 = 182$ kN applicato ad un'impronta di 0,30 x 0,30 m disposto sull'elemento di giunto alla massima apertura e nella posizione più sfavorevole.

Durante la prova si misurerà la freccia del giunto che dovrà risultare minore o uguale al valore teorico. Al termine della prova il giunto non dovrà presentare danneggiamenti.

PROVA A FATICA

È richiesta per quei tipi di giunto nei quali le parti soggette a verifica strutturale sono realizzate in elementi metallici. Il carico applicato deve variare da zero al carico massimo come più sotto definito con frequenza non superiore a 4 Hz per 2.000.000 di cicli.

Il carico massimo applicato deve essere pari a quello definito nel Progetto su di un'impronta di 0,30 x 0,30 m. Al termine della prova il giunto non deve presentare danneggiamenti.

PROVA DI ADESIONE AL CLS

a) Eseguita in laboratorio

La prova di adesione si farà su travetti 70•70•280 mm a forma di cuneo con una faccia inclinata di 20°, in calcestruzzo dosato in ragione di 450 kg di cemento per metro cubo d'impasto e stagionato per 28 giorni.

La faccia sarà spazzolata con spazzola d'acciaio all'atto della sformatura e trattata con la mano d'attacco che sarà utilizzata durante la messa in opera.

Si procederà infine al completamento del travetto mediante colaggio della malta di ripristino.

Il carico sarà applicato assialmente sulle due facce minori. La resistenza richiesta è quella di taglio sulla faccia inclinata di 20°.

c) Eseguita in opera

La verifica di ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello in contraddittorio con l'Appaltatore.

Qualora risultassero superfici risonanti a vuoto l'Appaltatore dovrà intervenire, a sua cura e spese, nei modi ritenuti dalla Direzione Lavori più opportuni, per eliminare tali difetti.

Nel caso non fosse possibile ristabilire la continuità con la soletta sottostante l'Appaltatore provvederà a sua cura e spese alla demolizione e al ripristino del giunto risultato non idoneo.

PROVA DI SFILAMENTO TIRAFONDI

La prova di sfilamento dei tirafondi deve essere eseguita con un tirafondo M16 realizzato in materiale analogo a quello utilizzato per il fissaggio dei giunti, ancorato per 110 mm in calcestruzzo Rck ≥ 50 MPa.

Il carico di sfilamento deve essere applicato assialmente al tirafondo con opportune attrezzature che annullino eventuali componenti deviate (snodi).

PROVE DI PROTEZIONE ANTICORROSIVA

Il sistema di protezione anticorrosiva definito, deve essere qualificato tramite le seguenti prove:

- prova in nebbia salina (720 h 5% cloruro di sodio) UNI EN ISO 9227 – ISO 4628/2/3/4/5;
- misurazione dello spessore minimo del film secco ISO 2808;
- prova di adesione ISO 2409 prima e dopo prova in nebbia salina;
- prova d'urto UNI EN ISO 6272.

I criteri di accettabilità sono riportati nella Tabella seguente:

PROVA	NORMA	CRITERI DI ACCETTABILITÀ
-------	-------	--------------------------

Nebbia salina	UNI EN ISO 9227	Assenza di bolle ISO 4628/2 Assenza di ruggine ISO 4628/3 Assenza di distacco-Ri:1 ISO 4628/4 Assenza di sfaldatura ISO 4628/5
Spessore minimo del film secco	ISO 2808	Come specificato dal produttore della vernice
Adesione	ISO 2409	0 o 1
Urto	UNI EN ISO 6272	Nessun danno visibile con una massa di 1 kg ed un'altezza di caduta di 100 mm

CONTROLLO DELLE MATERIE PRIME E COMPONENTI

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione atta a dimostrare che le materie prime ed i componenti utilizzati per la costruzione dei giunti da parte dei Produttori siano stati prodotti in base ad un sistema di controllo di qualità. Tutte le materie prime ed i componenti devono essere identificati in modo da poter correlare in ogni momento la documentazione di controllo agli stessi. La rintracciabilità deve essere garantita durante tutto il processo di fabbricazione ed installazione dei giunti. I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e il Produttore, secondo la tabella seguente:

Tabella - Controllo di materie prime e componenti

Tipo di controllo	Materiale o componente	Controllo in accordo con
Controllo da parte del Produttore e/o della Direzione Lavori	Acciaio strutturale	UNI EN ISO 377 UNI 552 UNI EN 10025
	Acciaio inossidabile	
	Gomma	UNI EN 1337-3
	Lega di alluminio	UNI EN 10002
	Prodotti componenti malte, betoncini e resine	UNI EN 12390-1 UNI EN 12390-3 UNI EN 12390-5 Scheda tecnica del Produttore
Rapporto di prova di laboratorio di parte terza 1) 1) Nota: da eseguire solo nel caso in cui il materiale non provenga regolarmente da produttori operanti con sistema di controllo della qualità certificato.	Acciaio strutturale	UNI EN ISO 377 UNI 552 UNI EN 10025
	Acciaio inossidabile	
	Gomma	UNI EN 1337
	Prodotti componenti malte, betoncini e resine	Tutti i controlli previsti al punto 27.3.5 delle presenti Norme

CONTROLLI IN CORSO DI MONTAGGIO

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e il Fornitore, secondo la tabella seguente:

<i>Tabella - Controlli in corso di montaggio</i>			
Tipo di controllo	Soggetto del controllo	Caratteristiche da controllare	Controllo in accordo con
Controllo da parte della Direzione Lavori, dell'Appaltatore e del Fornitore	Fenditura strutturale	Apertura	Dati forniti da Direzione Lavori
	Nicchie di alloggiamento	Dimensioni	Disegni forniti dall'Appaltatore controfirmati dal Fornitore
	Malte, betoncini e resine	Resistenza a compressione	UNI EN 12390-1 UNI EN 12390-3
	Tirafondi	Coppia di serraggio	Disegni forniti dall'Appaltatore controfirmati dal Fornitore
Lunghezza di inghisaggio		Disegni forniti dall'Appaltatore	Ogni giunto

		controfirmati dal Fornitore	
Giunto		Preregolazione	Dati forniti dalla Direzione Lavori
		Temperatura alla posa	Dati di Progetto
	Tolleranza di posa in opera	Cap. 27.5.3 delle presenti Norme	Ogni giunto
	<p>Note:</p> <p>La frequenza di prova potrà essere ridotta al 10% dei tirafondi solo se sarà utilizzata sistematicamente un'adeguata attrezzatura semiautomatica che assicuri costantemente il corretto serraggio dei tirafondi (avvitatori elettrici o pneumatici regolabili o chiave dinamometrica). Nel caso che al controllo della Direzione Lavori il corretto serraggio dei tirafondi non sia accettabile nella percentuale compresa tra il 20% e il 50%, sarà esteso il controllo al 20% dei tirafondi; nel caso in cui al controllo della Direzione Lavori, il corretto serraggio non è accettabile nella percentuale compresa tra il 50% e il 100%, sarà eseguito il controllo su tutti i tirafondi.</p>		

CONTROLLI SUI PRODOTTI FINITI

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e il Fornitore, secondo la tabella seguente:

Tabella - Controlli sui prodotti finiti

Tipo di controllo	Soggetto del controllo	Controllo in accordo con
Controllo da parte della Direzione Lavori, dell'Appaltatore e del Fornitore	Dimensioni	Disegni forniti dall'Appaltatore controfirmati dal Fornitore
	Durezza (ove applicabile)	Disegni forniti dall'Appaltatore controfirmati dal Fornitore UNI 4916
	Protezione anticorrosiva (ove applicabile)	Disegni forniti dall'Appaltatore controfirmati dal Fornitore

CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO SUI GIUNTI

Per verificare le caratteristiche acustiche dei giunti la Direzione Lavori prescriverà l'esecuzione di una prova finalizzata a misurare l'incremento di rumore dovuto al passaggio del veicolo sul giunto.

Il rumore è sia quello prodotto verso l'alto rispetto al piano viabile, sia quello prodotto verso il basso, sotto l'intradosso dell'impalcato.

La prova dovrà essere effettuata al fine di:

- omologare preventivamente i giunti;
- verificare la corrispondenza dei giunti installati rispetto a quanto originariamente omologato;
- collaudare il giunto in situ;
- verificare nel tempo il mantenimento delle proprietà acustiche.

La prova andrà effettuata su strada sul giunto installato o anche, se necessario, al di sotto del viadotto.

La velocità del vento durante le misurazioni dovrà essere inferiore a 2 m/s. La strumentazione di misura dovrà essere conforme a quanto prescritto per i fonometri di classe 1 della norma IEC 651 ovvero CEI 29-1. Se si utilizzano fonometri integratori si dovrà fare riferimento alle norme IEC 831; per i filtri in banda di ottava o terzi di ottava si farà riferimento alla IEC 225.

Le misure di rumore andranno effettuate utilizzando la ponderazione A e la costante di tempo slow. La sorgente di rumore sarà costituita da un veicolo leggero (es. Fiat Panda) che transita sul giunto con velocità di 100 km/h.

La prova andrà poi ripetuta utilizzando come sorgente di rumore un veicolo pesante definito dalla Direzione Lavori a velocità di 70 km/h. Per tale prova il microfono ricevitore sarà posto in corrispondenza del giunto ad 1,5 m di altezza dal piano viabile ed un altro microfono sarà posto a 50 m dopo il giunto, entrambi a 4 m di distanza dall'asse del veicolo.

La prova andrà eseguita con due microfoni in modo sequenziale, ciascuna per un intervallo di tempo di 2 s relativo al passaggio del veicolo davanti al microfono stesso.

Le rilevazioni andranno effettuate con queste modalità in tratti di strada adiacenti in presenza ed in assenza di giunto ottenendo così i valori dell'incremento di rumore dovuto al giunto come differenza fra le varie letture strumentali.

Ciascuna delle prove previste:

- a) in assenza ed in presenza di giunto con veicolo leggero;

b) in assenza ed in presenza di giunto con veicolo pesante;

andrà ripetuta almeno 3 volte e il risultato sarà dato dal valore medio dei valori rilevati nei tre passaggi.

Il confronto tra il rumore misurato in presenza del giunto rispetto a quello misurato in assenza del giunto sarà rilevato con il SEL (Sound Exposure Level) espresso in dB (A).

PIANO DI ASSICURAZIONE QUALITÀ

Il piano di assicurazione di qualità (PAQ) comprende la descrizione del processo di produzione ed installazione dei giunti e la precisazione di tutti i controlli eseguiti per assicurare in modo soddisfacente la rispondenza dei giunti al presente Capitolato Speciale. L'Appaltatore deve consegnare il PAQ, controfirmato dal Fornitore per la parte di sua competenza, alla Direzione Lavori, unitamente al Progetto esecutivo dei giunti, prima dell'inizio della produzione degli stessi.

MANUTENZIONE DEI DISPOSITIVI

Ogni giunto di dilatazione, o se sufficiente ogni tipologia, dovrà essere dotato di un manuale di manutenzione fornito dall'Appaltatore e controfirmato dal Fornitore, in cui sono indicati modalità, tempistica e frequenza degli interventi di manutenzione ordinaria da eseguirsi sul dispositivo. In tale manuale dovranno essere riportate anche le procedure da attuare nel caso che si rendessero necessari interventi di manutenzione straordinaria.

Apparecchi di appoggio e isolatori elastometrici

Norme di riferimento

- Legge n.1086 5 Novembre 1971, e relativo D.M. in vigore: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare esplicativa 21 Gennaio 2019 alle "Nuove norme tecniche per le costruzioni". - UNI EN 1337-1 Appoggi strutturali – Regole generali di Progetto
- UNI EN 1337-2 Appoggi strutturali – Elementi di scorrimento
- UNI EN 1337-3 Appoggi strutturali – Appoggi elastomerici
- UNI EN 1337-4 Appoggi strutturali – Appoggi a rullo
- UNI EN 1337-5 Appoggi strutturali – Appoggi a disco elastomerico
- UNI EN 1337-6 Appoggi strutturali – Appoggi a contatto lineare
- UNI EN 1337-7 Appoggi strutturali – Appoggi sferici e cilindrici di PTFE
- UNI EN 1337-9 Appoggi strutturali - Protezione
- UNI EN 1337-10 Appoggi strutturali – Ispezione e manutenzione
- UNI EN 1337-11 Appoggi strutturali – Trasporto, immagazzinamento e installazione

Tipologie

Il presente Capitolato Speciale definisce le caratteristiche degli apparecchi d'appoggio e dei dispositivi antisismici per opere d'arte stradali.

Per quanto riguarda gli apparecchi d'appoggio, sono oggetto di queste Norme i seguenti apparecchi:

- A) elementi di scorrimento ('sliding elements')
- B) apparecchi d'appoggio elastomerici.

Per quanto riguarda i dispositivi antisismici, sono oggetto di queste Norme i seguenti dispositivi:

- a) dispositivi dissipatori
- b) dispositivi isolatori
- c) dispositivi di vincolo ausiliario ('Shock Transmissions Units')

Apparecchi d'appoggio

GENERALITÀ

Gli appoggi, accoppiati o meno con elementi scorrevoli, sono dispositivi che consentono la rotazione tra due membri di una struttura, impedendo gli spostamenti e di conseguenza trasmettendo le forze nelle tre direzioni (appoggi fissi), consentendo lo spostamento in una direzione del piano orizzontale (appoggi unidirezionali) o in ogni direzione del piano orizzontale (appoggi multidirezionali). Caso particolare è costituito dagli apparecchi elastomerici che permettono limitati spostamenti in ogni direzione del piano orizzontale, generando forze proporzionali alle corrispondenti traslazioni.

Gli appoggi devono essere disposti in modo che sia possibile, in caso di necessità, effettuare ispezioni, operazioni di manutenzione e sostituzione degli stessi o di parti di questi, allo scopo di garantirne la funzionalità per l'intera durata prevista della struttura.

Gli appoggi devono essere realizzati in modo da permettere il movimento specificato con la minor forza di reazione possibile.

Se possibile, si deve evitare la prerogolazione. Se necessaria, la prerogolazione richiesta deve essere eseguita presso l'impianto di fabbricazione. Se non è possibile evitare una nuova regolazione in sito, questa deve essere eseguita solo dal fabbricante dell'appoggio o sotto la sua supervisione.

Tutti gli appoggi devono essere marcati con il nome del fabbricante e il luogo di fabbricazione, l'anno di fabbricazione e un numero di serie che deve essere un numero individuale e univoco per ogni tipo di appoggio. Inoltre tutti gli appoggi diversi dagli appoggi elastomerici devono essere marcati con le informazioni seguenti:

- tipo di appoggio;
- numero d'ordine del fabbricante;
- carichi nominali massimi per forze verticali e orizzontali;
- spostamenti nominali massimi;
- posizione nella struttura;
- direzione di installazione.

Con l'eccezione delle ultime due voci, queste marcature devono essere visibili e comprensibili per tutta la vita utile dell'appoggio.

Si applica il Sistema di Attestazione della conformità 1. Ogni fornitura deve essere accompagnata da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera.

L'Appaltatore è tenuto a riverificare a sua cura e spese il dimensionamento degli appoggi risultante da progetto e la relativa dimensione di ogni tipologia di appoggio documentando tale verifica con apposita relazione da consegnare alla D.L. con congruo anticipo.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare nell'ambito delle proprie competenze, quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture prive dell'attestato di conformità; dovrà inoltre effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali, nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti, al fine di verificare la conformità degli appoggi a quanto richiesto per lo specifico progetto.

ELEMENTI DI SCORRIMENTO (TIPO A)

GENERALITÀ

Gli elementi di scorrimento e le guide sono dispositivi composti da piastre di supporto con finitura curva o piana e superfici di scorrimento a bassissimo coefficiente di attrito che, in combinazione con gli appoggi strutturali fissi descritti nel presente articolo, consentono e regolano i movimenti nel piano orizzontale.

La deformazione dei materiali di scorrimento non va presa in conto per ottenere rotazioni.

REQUISITI FUNZIONALI

I requisiti funzionali, espressi in termini di massimi coefficienti di attrito a breve e lungo termine delle superfici di contatto, in funzione della composizione delle superfici stesse, sono riportati dalle Tabelle 1-2-3-4 della UNI EN 1337-2

PROPRIETÀ DEI MATERIALI

In assenza di standard specifici, le prove sui materiali saranno conformi alle procedure indicate nelle Appendici D-E-F-G-H della UNI EN 1337 - 2

Superfici di scorrimento di PTFE : il politetrafluoroetilene è un materiale termoplastico che presenta, a contatto con una superficie metallica lucidata, un coefficiente d'attrito molto basso, tendente a diminuire con l'aumento della pressione di contatto e con la diminuzione della velocità di scorrimento. Il materiale grezzo dei fogli di PTFE costituenti le superfici di scorrimento su cui si esercitano reazioni di lunga durata è politetrafluoroetilene vergine, senza aggiunta di materiali rigeneranti o di cariche, in conformità alle caratteristiche meccaniche, fisiche e geometriche del Paragrafo 5.2 della UNI EN 1337-2. I fogli di PTFE per superfici di scorrimento piane o curve su cui si esercitano reazioni di lunga durata (sono escluse le superfici delle guide) saranno dotati di tasche di lubrificazione ('PTFE alveolato').

Materiali compositi (CM1 e CM2) : per le superfici di scorrimento impegnate da reazioni di breve durata, come ad esempio le superfici delle guide, è ammesso l'impiego di materiali compositi di due tipi: il primo (CM1) formato da una lastra di supporto e uno strato intermedio di bronzo con uno strato superficiale costituito da una miscela di PTFE e piombo, il secondo (CM2) formato da una matrice metallica flessibile sinterizzata in un composto di PTFE (PTFE + filler). Le caratteristiche meccaniche e fisiche dei materiali compositi costituenti le superfici di scorrimento sono riportate della Tabella 6 e 7 della UNI EN 1337-2.

Superfici di scorrimento di acciaio austenitico : lamiere di acciaio austenitico possono essere utilizzate per la realizzazione di superfici di scorrimento piane o curve. Le superfici a contatto con il PTFE saranno lucidate. Materiale e caratteristiche superficiali saranno conformi ai Par. 5.4.1 e 5.4.2 della UNI EN 1337-2.

Superfici rivestite in cromo : per superfici di scorrimento curve possono essere usate superfici cromate. Il rivestimento dovrà interessare l'intera superficie curva della piastra di supporto; il processo di lavorazione, le specifiche dei materiali e le caratteristiche superficiali saranno conformi al Par. 5 della UNI EN 1337-2

Materiali per piastre di supporto : i materiali previsti per la realizzazione delle piastre di supporto sono metalli a base ferrosa, in particolare ghisa, acciaio fuso e acciaio inossidabile; l'elemento convesso di superfici sferiche o cilindriche può essere costituito da lega d'alluminio. Materiali e trattamenti superficiali saranno conformi ai Par. 5.5.6 e 5.5.7 della UNI EN 1337-2.

Lubrificanti : Le superfici di scorrimento dovranno essere lubrificate per ridurre la resistenza d'attrito e l'usura delle superfici di PTFE. Il lubrificante, in conformità alle caratteristiche fisico-chimiche della Tabella 8 della UNI EN 1337-2, dovrà mantenere le sue proprietà nel 'range' di temperatura specificato e non dovrà resinificare, né risultare aggressivo per i materiali a contatto.

REQUISITI DI PROGETTO

Combinazioni di materiali per superfici di scorrimento

I materiali per le superfici di scorrimento saranno accoppiati come definito nella Tabella 1. Solo una combinazione potrà essere usata nella stessa superficie di scorrimento:

Tabella 1 – Combinazioni materiali per superfici di scorrimento

Superfici piane	Superfici curve	Guide		
PTFE puntinato	Acciai o austenitico	PTFE puntinato	Acciaio austenitico	PTFE semplice
			cromo	CM1
			allumini o	CM2

Fogli di PTFE

I fogli di PTFE saranno disposti in uno specifico alloggiamento, ricavato nella piastra di supporto. Dopo l'installazione il foglio di PTFE dovrà sporgere dall'estradosso dell'alloggiamento di una quantità h, per facilitare le misurazioni di controllo.

Lo spessore dei fogli di PTFE t_p e della sporgenza h, in assenza di carico e in presenza della protezione anticorrosiva, dovrà rispettare i seguenti limiti:

$$h = 1.75 + L/1200 \text{ (mm) e comunque } > 2.2 \text{ mm}$$

$$2.2 \text{ h} < t_p < 8.0 \text{ mm}$$

dove L è il diametro del foglio circolare o la lunghezza del foglio rettangolare di FPTE, come definiti nelle fig. 3-4-5 della UNI EN 1337-2.

I fogli di PTFE piani per superfici di scorrimento planari saranno circolari o rettangolari e potranno essere suddivisi in un massimo di quattro parti uguali, la cui dimensione minima non potrà essere inferiore a 50 mm e la cui distanza reciproca non potrà superare il doppio dello spessore della piastra di supporto o del foglio di PTFE (quale sia il minore).

I fogli di PTFE curvi per superfici di scorrimento cilindriche saranno rettangolari e potranno essere suddivisi in un massimo di due parti uguali.

I fogli di PTFE curvi per superfici di scorrimento sferiche saranno circolari e potranno essere suddivisi in un disco interno e un anello esterno concentrici, suddivisi da un anello della piastra di supporto, la cui larghezza non supererà 10 mm.

I fogli di PTFE per guide avranno uno spessore minimo di 5.5 mm e una sporgenza di 2.3 mm +/- 0.2 mm

Materiali compositi

I materiali compositi saranno usati solo quando è possibile un auto-allineamento tra le parti accoppiate dell'appoggio. La dimensione minima 'a' della lamina deve essere maggiore o uguale a 10 mm

Guide

Le guide possono essere usate per sopportare azioni laterali dovute a carichi permanenti e variabili. Le guide possono essere disposte centralmente o esternamente alla superficie di scorrimento. I materiali di scorrimento saranno disposti sulle pareti contigue delle guide; il gioco c tra i componenti scorrevoli in condizioni di riposo deve essere:

$$c < 1.0 \text{ mm} + L(\text{mm})/1000$$

con L definito ai punti precedenti

Lamiere di acciaio austenitico

Le lamiere di acciaio austenitico devono essere dimensionate in modo tale da ricoprire completamente i fogli di PTFE o di materiale composito sotto il massimo spostamento di Progetto. Il loro spessore, in funzione del metodo di collegamento alla piastra di supporto, sarà in accordo alla Tabella 13 della UNI EN 1337-2

Resistenze caratteristiche dei materiali di scorrimento

Le resistenze caratteristiche a compressione dei materiali di scorrimento sono riportate nella Tabella 2. I valori dati sono validi per temperature effettive inferiori a 30°. Per temperature comprese tra i 30° e i 48°, i valori riportati saranno ridotti del 2% per grado al di sopra dei 30°, allo scopo di ridurre gli effetti viscosi del PTFE.

Tabella 2 – Resistenze caratteristiche a compressione dei materiali di scorrimento

Materiale	Azione	f_k (MPa)
PTFE (sup.principali)	Carichi permanenti e variabili	90
PTFE (guide)	Carichi variabili	90
	Temperatura, ritiro e viscosità	30
	Carichi permanenti	10
CM1	Carichi permanenti e variabili orizzontali	20 0
CM2	Carichi permanenti e variabili orizzontali	12 0

Coefficienti di attrito

I coefficienti di attrito da utilizzare per verificare l'apparecchio di appoggio e la struttura a cui esso è collegata sono riportati nella Tabella 3. Tali valori non saranno applicati in presenza di consistenti azioni dinamiche, come sono ad esempio le azioni sismiche. I valori riportati sono validi solo per PTFE alveolato e lubrificato.

Tabella 3 – Coefficienti di attrito μ_{max}

Pressione di contatto σ_p (MPa)	≤ 5	$0 < 1$	$0 < 2$	≥ 30
PTFE - Acciaio austenitico o cromo	0,08	0,06	0,04	0,030 (0.025)*
PTFE - alluminio	0,12	0,09	0,06	0,045 (0.038)*
* per superfici di scorrimento curve				

Per le guide, i valori del coefficiente di attrito, considerati indipendenti dalla pressione di contatto, sono i seguenti:

PTFE : $\mu_{max} = 0.08$

Materiali compositi : $\mu_{max} = 0.20$

Verifiche locali delle superfici di scorrimento

Le superfici di scorrimento saranno dimensionate e verificate tenendo conto di tutte le azioni attive trasmesse dalla struttura e di quelle antagoniste generate in corrispondenza delle libertà consentite.

Separazione delle superfici di scorrimento

La separazione delle superfici di scorrimento può condurre alla perdita di lubrificante, all'usura da contaminazione e all'incremento di deformazione dovuto alla mancanza di confinamento del PTFE. Per questo motivo si richiede che la tensione normale minima di contatto σ_p sia al più nulla, condizione considerata come stato limite di servizio.

Verifiche a compressione

Pressioni eccessive possono causare perdita di efficienza dello scorrimento. Si richiede pertanto la verifica a compressione allo stato limite ultimo delle superfici a contatto in conformità al Par. 6.8.3 della UNI EN 1337-2

Verifiche locali delle piastre di supporto

Il PTFE e i materiali di scorrimento ad esso accoppiati devono essere sostenuti da piastre metalliche (piastre di supporto) con superfici piane o curve. Il Progetto di queste deve tener conto del controllo delle deformazioni, della esatta valutazione delle sezioni resistenti, della adeguata rigidità per il trasporto e l'installazione secondo il Par. 6.9.3 della UNI EN 1337-2 e della distribuzione dei carichi alle strutture adiacenti secondo il Par. 6.9.4 della UNI EN 1337-2

Verifica della deformazione

Una deformazione eccessiva delle piastre di supporto comporterebbe usura elevata del PTFE e decadimento a lungo termine delle caratteristiche del dispositivo di scorrimento. Si richiede per questo la verifica della deformazione secondo il Par. 6.9.2 della UNI EN 1337-2

MANIFATTURA, ASSEMBLAGGIO E TOLLERANZE

Piastra di supporto

I bordi dell'incasso destinato a contenere i fogli di PTFE devono essere a spigolo vivo e retto per limitare il rifluimento del PTFE. Il raggio alla base dell'incasso non deve superare 1 mm.

In linea teorica, il PTFE deve aderire all'incasso senza giochi. Tolleranze discontinue saranno ammesse in conformità alla Tabella 12 della UNI EN 1337-2.

I requisiti di planarità delle superfici saranno in accordo ai Par. 7.1.2 e 7.1.3 della UNI EN 1337-2.

Collegamento dei materiali di scorrimento

Lamiera di acciaio austenitico : le lamiere devono essere collegate alle relative piastre di supporto mediante una delle modalità riportate dalla Tabella 13 della UNI EN 1337-2

Fogli di PTFE : nel caso di piastre di supporto piane i fogli vanno confinati negli appositi alloggiamenti secondo le prescrizioni viste al punto precedente. I fogli di PTFE usati per le guide saranno incollati allo scopo di facilitare le operazioni di assemblaggio

Materiali compositi : I materiali compositi saranno collegati mediante incollaggio, accompagnato da un collegamento meccanico da realizzare al di fuori della superficie di scorrimento

Protezione contro la contaminazione e la corrosione

Prima delle operazioni di assemblaggio, tutte le superfici di scorrimento devono essere pulite. Durante l'assemblaggio, saranno prese precauzioni per impedire la contaminazione delle superfici lubrificate. Devono essere previsti dispositivi specifici per prevenire la contaminazione degli elementi di scorrimento; tali dispositivi devono essere rimovibili per facilitare l'ispezione.

I requisiti generali relativi alla protezione contro la corrosione sono dati nella EN 1337-9. Ulteriori requisiti relativi al caso particolare delle superfici di scorrimento sono forniti nel Par. 7.3 della UNI EN 1337-2

Lubrificazione

Dopo la pulitura e prima dell'assemblaggio, i fogli di PTFE dotati di tasche di lubrificazione devono essere lubrificati in modo che tutte le tasche risultino colme. Le superfici di scorrimento delle guide saranno trattate stendendo un sottile strato di lubrificante sulla superficie e rimuovendo le eccedenze.

Superfici di riferimento per l'installazione

Allo scopo di assicurare l'allineamento dell'appoggio in accordo alla UNI EN 1337-11, deve essere prevista sull'elemento scorrevole una superficie di riferimento o un opportuno dispositivo avente la stessa funzione.

VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-2; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice K della UNI EN 1337-2

Il controllo delle materie prime e dei componenti degli elementi di scorrimento sarà conforme alla Tabella 16 della UNI EN 1337-2.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 15 della UNI EN 1337-2.

INSTALLAZIONE

Dopo l'installazione e il completamento della sovrastruttura, la deviazione dell'elemento di scorrimento dalla configurazione specificata non dovrà eccedere il 0.3%.

CRITERI PER ISPEZIONI IN SERVIZIO

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10, sarà controllato in particolare il valore della sporgenza h , come definita in precedenza, verificando che risulti:

$h > 1 \text{ mm}$

Se risulta $0 < h < 1 \text{ mm}$, l'elemento di scorrimento è considerato ancora idoneo, ma sono richieste ispezioni più frequenti. Se risulta $h = 0$ l'elemento di scorrimento non sarà più considerato idoneo.

APPARECCHI DI APPOGGIO ELASTOMETRICI (TIPO B)

GENERALITÀ

Gli appoggi elastomerici (armati) sono elementi di forma rettangolare o circolare, costituiti da strati di gomma combinati con lamierini d'acciaio vulcanizzati alla gomma.

La vulcanizzazione ha il duplice scopo di proteggere l'acciaio dalla corrosione e di trasmettere le azioni tangenziali dalla gomma al lamierino. Tali appoggi devono essere ottenuti mediante lavorazione in appositi stampi a pianta circolare o rettangolare previa approvazione della Direzione Lavori; non sono ammessi appoggi ricavati per taglio d'elementi di dimensioni superiori.

Non sono ammessi appoggi elastomerici non armati.

Non sono ammessi appoggi elastomerici con elementi di PTFE vulcanizzati direttamente alla gomma, disposti superiormente od inferiormente.

CARATTERISTICHE E REQUISITI FUNZIONALI

Gli appoggi elastomerici consentono traslazioni in una qualsiasi direzione e rotazioni attorno a un qualsiasi asse per mezzo di deformazioni elastiche. In tal modo è possibile sia trasmettere le sollecitazioni sia consentire gli spostamenti, in accordo alle risultanze progettuali.

Benché gli appoggi elastomerici siano progettati per assorbire il taglio, essi non saranno impiegati per opporre resistenza a una azione esterna di taglio applicata permanentemente.

Nei punti successivi sono definite le caratteristiche quantificabili degli appoggi elastomerici riferite al prodotto finito, determinabili attraverso specifiche prove.

Modulo di elasticità tangenziale G_g

Il modulo di elasticità tangenziale G_g è determinato sulla base di prove a diverse temperature o dopo invecchiamento

MODULO DI ELASTICITÀ A TEMPERATURE ORDINARIE: il modulo G_g a temperatura nominale ($23^\circ \pm 2^\circ$) dell'appoggio dovrà essere conforme ai valori seguenti:

$G_g = 0.9 \text{ MPa}$

$G_g = 0.7 \text{ MPa}^*$

$G_g = 1.15 \text{ MPa}^*$

I valori ottenuti dai test dovranno essere conformi alle tolleranze seguenti:

$G_g = 0.9 \text{ MPa} + 0.15 \text{ MPa}$

MODULO DI ELASTICITA' A BASSE E BASSISSIME TEMPERATURE: il modulo di taglio dovrà essere conforme ai Par.4.3.1.2 e 4.3.1.3 della UNI EN 1337-3

MODULO DI ELASTICITA' TANGENZIALE DOPO INVECCHIAMENTO: il modulo di taglio ad invecchiamento indotto (3 giorni a 70°) dovrà essere conforme al Par.4.3.1.4 della UNI EN 1337-3

Resistenza di adesione

Scopo del test è il controllo della adesione tra la gomma e i lamierini d'acciaio interposti. La resistenza di adesione tra gomma e lamiera d'acciaio è determinata in accordo al Par. 4.3.2 e alle procedure specificate dall'Appendice G della UNI EN 1337-3.

Modulo di elasticità a compressione

Il modulo di elasticità a compressione è determinato in accordo al Par. 4.3.3 e alle procedure specificate dall'Appendice H della UNI EN 1337-3.

Resistenza a carico ripetuto di compressione

La resistenza a carico ripetuto di compressione è determinata in accordo al Par.4.3.4 e alle procedure specificate dall'Appendice I della UNI EN 1337-3.

Capacità di rotazione statica

Scopo del test è la determinazione del comportamento dell'appoggio in condizioni di rotazione da carico statico nei casi in cui la prestazione richiesta in termini di rotazione sia critica. Si possono determinare due grandezze relative alla capacità rotazionale dell'appoggio, il massimo angolo di rotazione e il momento antagonista trasmesso dall'appoggio alla struttura. La capacità di rotazione statica è determinata in accordo al Par. 4.3.5 e alle procedure specificate dalle Appendici J e K della UNI EN 1337-3.

Resistenza all'ozono

La resistenza all'ozono è determinata in accordo al Par. 4.3.6 e alle procedure specificate dall'Appendice L della UNI EN 1337-3.

PROPRIETÀ DEI MATERIALI

Elastomero

L'elastomero utilizzato come materiale grezzo negli apparecchi elastomerici è costituito da gomma naturale o sintetica (policloroprene). Si ammette la miscelazione con altro polimero come coadiuvante di processo fino a percentuali pari al 5%.

Le proprietà fisiche e meccaniche dell'elastomero saranno conformi alla Tabella 1 della UNI EN 1337-3

Lamierini d'acciaio

I lamierini interni ed esterni saranno in acciaio di grado S235 secondo la EN 10025 o in acciaio con equivalente allungamento a rottura. Gli spessori minimi saranno in accordo al Par. 4.4.3 della UNI EN 1337-3

Superfici di scorrimento

Elementi di scorrimento in PTFE, accoppiati a lamine in acciaio austenitico, possono essere inseriti in una piastra metallica vulcanizzata all'elastomero, secondo quanto specificato al Par. 4.4.3 della UNI EN 1337-3.

INSTALLAZIONE E CRITERI DI ISPEZIONE IN SERVIZIO

Gli appoggi elastomerici andranno alloggiati su baggioli, le cui superfici di posa devono essere asciutte, pulite e integre. Tali superfici saranno piane e orizzontali, ammettendo una tolleranza massima di planarità pari a:

- 0.3% per appoggi di strutture in c.a. prefabbricate o metalliche
- 1% per appoggi di strutture in c.a. gettate in opera

È inoltre conveniente posizionare gli eventuali appoggi rettangolari con il lato minore parallelo all'asse della trave in modo da permettere una maggiore rotazione.

Non è consentito l'incollaggio degli appoggi elastomerici alle strutture.

Durante le ispezioni di servizio sarà controllato in particolare quanto segue:

- Le superfici superiore ed inferiore dell'appoggio saranno in contatto integrale con le parti strutturali collegate.
- Si effettuerà una ispezione visiva delle facce accessibili dell'appoggio per l'individuazione di eventuali fessure, distacchi, rigonfiamenti e irregolarità dell'appoggio stesso.
- Si effettuerà una ispezione visiva delle parti strutturali a contatto dell'appoggio per l'individuazione di eventuali scostamenti dell'appoggio dalla sua posizione originale.

TRASPORTO, IMMAGAZZINAMENTO E INSTALLAZIONE

L'imballaggio deve essere accurato, in modo tale da evitare qualsiasi danno durante il trasporto.

Gli apparecchi devono essere movimentati con cura e protetti da danni e contaminazioni. Se non è possibile movimentarli a mano, si provvederanno attacchi permanenti o temporanei che facilitino il sollevamento con mezzi meccanici.

Se gli apparecchi non sono installati nella struttura subito dopo la consegna, devono essere immagazzinati dall'utilizzatore su un apposito supporto, per esempio su assi, coperti da un telo protettivo e ventilati dal basso. L'immagazzinamento temporaneo deve garantire la protezione da inquinamento, da agenti atmosferici avversi (calore, pioggia, neve o grandine) e da contaminazioni o altri effetti negativi dovuti alle lavorazioni e al traffico di cantiere.

Disegni di installazione

La posa in opera degli apparecchi deve essere effettuata sulla base di disegni di installazione redatti dall'Appaltatore. Tali elaborati, da sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori almeno un mese prima delle operazioni di posa, dovranno riportare tutti i dati richiesti per l'installazione (dimensioni, quote, inclinazioni, posizionamento planimetrico, tolleranze, qualità del materiale di sigillatura, eventuale prerogolazione in funzione della temperatura della struttura).

Gli elaborati dovranno anche riportare le tolleranze di fabbricazione e di montaggio, che dovranno, quando congruenti con la tipologia in esame, comprendere almeno le informazioni seguenti:

- Planarità dei piani di posa;
- Parallelismo dei piani di interfaccia
- Dimensioni delle sedi e predisposizioni
- Posizione degli ancoraggi

Ispezione dopo la consegna

In cantiere, dopo la consegna e prima della posa, occorre controllare e registrare la condizione degli appoggi. Particolare attenzione deve essere data ai punti seguenti:

- a) danni visibili, con particolare riferimento alla protezione anticorrosiva.
- b) pulizia;
- c) conformità ai disegni costruttivi e di installazione;
- e) marcature sulla superficie degli apparecchi, marcatura degli assi x e y e, se necessario, marcatura della preregolazione sui lati delle piastre di supporto, identificazione dei punti di misurazione della rotazione e dello scorrimento;
- f) immagazzinamento temporaneo in cantiere.

Installazione

Gli apparecchi devono essere installati in conformità a tutti i dettagli riportati sui disegni d'installazione e in accordo con le marcature sulla loro superficie (tipo, assi e direzioni dei movimenti consentiti, etc.).

Non è consentito l'uso degli appoggi definitivi per operazioni (movimenti, trasmissione di forze, ecc.) anche se transitorie, legate alla tecnologia di realizzazione dell'opera, salvo specifica procedura approvata dal Progettista, da eseguire sotto la supervisione del Fornitore.

Gli apparecchi di appoggio devono essere posti in opera tra due superfici orizzontali anche in presenza di impalcati in pendenza. È consentita la ripresa di tale pendenza mediante inserimento di piastre a contatto con l'impalcato.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE SOVRASTRUTTURA STRADALE

INDICE

Sommario

ART 1 SCOPO E CAMPODI APPLICABILITA'	341
ART 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	341
NORMATIVA GENERALE	341
SEDE TRAMVIARIA.....	341
STRADE E INTERSEZIONI.....	342
MATERIALI STRADALI: CLASSIFICAZIONE – CARATTERISTICHE TECNICHE - CRITERI DI PER LA POSA IN OPERA – VERIFICHE E CONTROLLI DA ESEGUIRE.....	342
PAVIMENTAZIONI STRADALI IN CALCESTRUZZO.....	343
SUPERAMENTO BARRIERE ARCHITETTONICHE.....	345
CALCESTRUZZI E ACCIAI	345
ROTAIE	346
VIBRAZIONI.....	347
RUMORE	347
ART. 3 VITA UTILE – VITA NOMINALE DI PROGETTO - SOTTOSISTEMA ARMAMENTO	348
ART. 4 DESCRIZIONE DEL SISTEMA ARMAMENTO.....	349
ART 5 OPERE DA REALIZZARE	349
SCAVI DI SBANCAMENTO	350
PIANO DI POSA PLATEA DI ARMAMENTO	350
FONDAZIONE PLATEADI ARMAMENTO	352
PLATEA DI ARMAMENTO.....	353
CASSEFORME E ARMATURE	355
GETTO DELLA PLATEA DI ARMAMENTO	356
GIUNTI TRASVERSALI DI CONTRAZIONE E DI ESPANSIONE.....	358
TOLLEOLLERANZE DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA TRAMVIARIA.....	359
CONTROLLI DEI REQUISITI FUNZIONALI DELLA PAVIMENTAZIONE DI CALCESTRUZZO	360
CAVIDOTTO TRAMVIARIO	362
ROTAIA DI GUIDA	362

VERIFICA DI RESISTENZA DELLA ROTAIA AGLI SFORZI TRASMESSI DAL ROTABILE TRAMVIARIO.....	363
PRESTAZIONI DELLE GOLE DELLA ROTAIA.....	364
RESINA DI RIEMPIMENTO NICCHIA DI CONTENIMENTO ROTAIA.....	364
VERIFICA RESISTENZA AGLI SFORZI TRASMESSI DAL ROTABILE TRAMVIARIO.....	365
CAPACITÀ DEFORMATIVA DEL PROFILO DI RIEMPIMENTO.....	365
VERIFICA DELLA TENUTA AGLI SFORZI DINAMICI.....	366
DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA TRAMVIARIA.....	366
APPARECCHI DI DILATAZIONE.....	367
APPARECCHI DI DEVIAZIONE: SCAMBI.....	367
ART 6 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI.....	370
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PROFILO.....	370
QUALITÀ E COMPOSIZIONE DELL'ACCIAIO.....	370
CARATTERISTICHE MECCANICHE.....	371
LUNGHEZZE DELLE ROTAIE.....	371
TOLLERANZE DIMENSIONALI DELLE ROTAIE.....	371
CONTROLLO GEOMETRICI SULLE ROTAIE.....	371
DIFETTI INTERNI E SUPERFICIALI.....	372
MARCATURA DELLE ROTAIE.....	372
PROCESSI DA EFFETTUARSI SULLE ROTAIE TAGLIO DELLE ROTAIE.....	373
SALDATURE DELLE ROTAIE E RELATIVI CONTROLLI.....	373
CONTROLLI SULLE SALDATURE.....	374
CONTROLLI STRUMENTALI SULLE SALDATURE.....	375
REGOLAZIONE DELLE TENSIONI INTERNE.....	375
CERTIFICAZIONE, CONTROLLO DI QUALITÀ E ATTESTAZIONI.....	375
RESINA DI FISSAGGIO.....	377
ART 7 PAVIMENTAZIONI STRADALI.....	379
<i>Misto granulare stabilizzato per fondazione e/o sottofondazione.....</i>	<i>379</i>
<i>Studio preliminare.....</i>	<i>380</i>
<i>Modalità esecutive.....</i>	<i>380</i>
<i>Prove di portanza con piastra dinamica Tipo LWD.....</i>	<i>381</i>
<i>Fondazione stradale in misto cementato.....</i>	<i>382</i>

<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i>	382
<i>Studio della miscela</i>	383
<i>Modalità esecutive</i>	384
<i>Fondazione in misto cementato</i>	387
<i>Caratteristiche dei materiali</i>	387
<i>Studio della miscela</i>	388
<i>Modalità esecutive</i>	389
ART 8 SOVRASTRUTTURA STRADALE	391
<i>Trattamenti superficiali</i>	426
<i>Scarificazione di pavimentazioni esistenti</i>	436
<i>Fresatura di strati in conglomerato bituminoso con idonee attrezzature</i>	436
<i>Conglomerati bituminosi a caldo rigenerati in impianto fisso e mobile</i>	438
<i>Drenaggi con filtro in "Geotessile"</i>	441
<i>Asfalti colati per marciapiedi</i>	442
<i>Pavimentazioni in elementi preconfezionati</i>	444

ART 1 SCOPO E CAMPO DI APPLICABILITA'

Il presente documento descrive le principali prestazioni relative al sottosistema armamento che dovranno essere rispettate nella redazione del progetto esecutivo, nella realizzazione delle opere e nel collaudo della linea tramviaria denominata SIR3 nel comune di Padova, dalla Stazione FS al capolinea Voltabarozzo.

ART 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella progettazione del tracciato e delle opere di armamento della linea tramviaria SIR 3 si è fatto riferimento alle seguenti normative:

Normativa generale

- Decreto Presidente della Repubblica n. 380 del 6 Giugno 2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Legge 5 Novembre 1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.
- Legge 2 Febbraio 1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative per le costruzioni" di cui al DM 17-01-2018".
- Regione Veneto - Deliberazione del Consiglio Regionale n. 67 del 3 dicembre 2003 in merito alla classificazione sismica dei Comuni del Veneto, come modificata dalla deliberazione della Giunta Regionale n. 71 del 22 gennaio 2008.

Sede tramviaria

- Legge 29/12/1969 n.1042: Disposizioni concernenti la costruzione e l'esercizio di ferrovie metropolitane. (il campo di validità comprende altresì il progetto di linee tramviarie).
- D.P.R. 11/07/1980 n.753: Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto. (il campo di validità comprende altresì il progetto di linee tramviarie).

- Norma UNI 8379:2000 "Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) – Termini e Definizioni".
- Norma UNI 11174:2014 "Materiale rotabile per tranvie e tranvie veloci, caratteristiche generali e prestazioni".
- Norma UNI 7156:2014 "Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile ed interbinario".

Strade e Intersezioni

- D.lgs. 30/04/1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada" e ss.mm.ii.
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo codice della strada e successive modificazioni".
- D.M. 05/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".
- Decreto 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

Materiali stradali: Classificazione – Caratteristiche tecniche - Criteri di per la posa in opera – Verifiche e controlli da eseguire

- CNR UNI 10006 – Giugno 2002 – Costruzione e manutenzione delle strade – Tecniche d'impiego delle terre.
- UNI 11531-1 – Aprile 2014 – Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture – Criteri per l'impiego dei materiali – Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati.
- UNI EN 13242:2008: Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- UNI EN ISO 14688-1:2018: Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione.
- UNI EN ISO 14688-2:2018: Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione.
- UNI EN 13285:2018: Miscele non legate – Specifiche.

- UNI 13286 - 2 – Ottobre 2010 –Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor.
- UNI 13286-47 – Maggio 2006 – Miscele non legate e legate con leganti idraulici Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento.
- UNI EN ISO 14688-1:2018 : Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione.
- UNI EN ISO 14688-2:2018 : Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione.
- CNR – Bollettino Ufficiale – Parte IV – Norme Tecniche – Anno XXVI n. 146 – Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.
- UNI EN 1997-1 – EuroCodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1 – Regole Generali.
- UNI EN 1996-2 – EuroCodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 2 – Indagini e prove nel sottosuolo.

Pavimentazioni stradali in calcestruzzo

- UNI EN 13877-1:2013: Pavimentazioni a base di calcestruzzo - Parte 1:Materiali.
- UNI EN 13877-2:2013: Pavimentazioni a base di calcestruzzo - Parte 2: Requisiti funzionali per pavimentazioni a base di calcestruzzo.
- UNI EN 13877-3:2005: Pavimentazioni a base di calcestruzzo - Parte 3: Specifiche per elementi di collegamento da utilizzare nelle pavimentazioni a base di calcestruzzo.
- UNI EN 13036-1:2010: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 1: Misurazione della profondità della macrotessitura della superficie della pavimentazione tramite tecnica volumetrica ad impronta.
- UNI EN 13036-2:2010: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 2: Valutazione dell'aderenza della pavimentazione stradale attraverso l'utilizzo di sistemi di misurazione dinamici.

- UNI EN 13036-3:2006: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 3: Misurazione della drenabilità orizzontale della superficie delle pavimentazioni.
- UNI EN 13036-4:2011: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 4: Metodo per la misurazione della resistenza allo slittamento/derapaggio di una superficie: Metodo del pendolo.
- UNI EN 13036-5:2019: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 5: Determinazione degli indici di dislivello longitudinali.
- UNI EN 13036-6:2008: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 6: Misurazione dei profili trasversali e longitudinali nei settori e nei campi di lunghezza d'onda della regolarità e della megatessitura.
- UNI EN 13036-7:2004: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 7: Misurazione dell'irregolarità delle pavimentazioni: misura con il regolo.
- UNI EN 13036-8:2008: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 8: Determinazione degli indici di irregolarità trasversale.
- UNI EN 13863-1:2004 Pavimentazioni di calcestruzzo - Metodo di prova per la determinazione dello spessore di una pavimentazione di calcestruzzo mediante controllo delle quote.
- UNI EN 13863-2:2004: Pavimentazioni di calcestruzzo - Metodo di prova per la determinazione dell'adesione tra due strati.
- UNI EN 13863-3:2005 : Pavimentazioni di calcestruzzo - Parte 3: Metodo di prova per la determinazione dello spessore di una pavimentazione di calcestruzzo a partire dall'utilizzo di carote.
- UNI EN 13863-4:2012: Pavimentazioni di calcestruzzo - Parte 4: Metodi di prova per la determinazione della resistenza all'usura di pavimentazioni di calcestruzzo da parte di pneumatici chiodati.

Superamento barriere architettoniche

- Legge n. 118 del 30/03/1971 a favore dei mutilati ed invalidi civili, in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici.
- D.P.R. n. 503 del 24/07/1996 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici".
- Regolamento UE n. 1300/2014 del 18/11/2014: Specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta.
- Norma UNI 11168-1:2006 "Accessibilità delle persone ai sistemi di trasporto rapido di massa.

Calcestruzzi e acciai

- Decreto 31 luglio 2012 "Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici".
- UNI EN 206-1: 2016: Specificazione, prestazione, produzione e conformità del calcestruzzo.
- UNI 11104: 2016: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- CNR DT 204/2006 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di strutture in calcestruzzo fibrorinforzato.
- UNI 11188:2007: Elementi strutturali di calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio - Progettazione, esecuzione e controllo.
- UNI 11039-1:2003: Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione.
- UNI 11039-2:2003: Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità.
- UNI EN 14889-2:2006 : Fibre per calcestruzzo - Parte 2: Fibre polimeriche - Definizioni, specificazioni e conformità.
- UNI EN 14889-1:2006: Fibre per calcestruzzo - Parte 1: Fibre di acciaio - Definizioni, specificazioni e conformità.

- UNI EN 12504-1:2019: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione.
- UNI EN 12504-2:2012: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico.
- UNI EN 12504-3:2005: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione.
- UNI EN 12504-4:2005: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-1: 2005: Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 10204: 2005: Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo.
- UNI EN 10025: 2009: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali.
- UNI EN 10027-1: 2006: Sistemi di designazione degli acciai. Designazione simbolica.
- UNI EN 197-1: 2007: Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.
- UNI EN 10080: 2005: Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità.
- UNI EN 10083: 2006: Acciai da bonifica.
- UNI EN 10089: 2006: Acciai laminati a caldo per molle bonificate - Condizioni tecniche di fornitura.

Rotaie

- UNI EN 14811: 2010: Applicazioni ferroviarie - Binario - Rotaie per impieghi speciali - Rotaie a gola e profili di costruzione associati.
- UNI EN 13848 - 1: 2008: Applicazioni ferroviarie - Binario - Qualità della geometria del binario - Parte 1: Caratterizzazione della geometria del binario.
- UNI EN 13848 - 5: 2010: Applicazioni ferroviarie - Binario - Qualità della geometria del binario Parte 5: Livelli di qualità geometrica – Piena linea.

- Circolare RFI TCAR CI AR 07 001 A21/03/2000: Abilitazione per l'esecuzione di saldature allumino termiche di rotaie per il personale dipendente da imprese appaltatrici.
- Istruzione Tecnica RFI TC AR IT AR 07 003 A: Istruzione sulla costituzione ed il controllo delle lunghe rotaie saldate.

Vibrazioni

- UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 9916 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.
- ISO 2631/1 – Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1 : general requirements.
- ISO 2631/2 – Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2 : Continuous and shock-induced vibration in buildings (1-80 Hz).
- Rumore.

Rumore

- Legge quadro sull'inquinamento acustico n.447 del 26/10/95.
- DPCM 14/11/97 – Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.
- Decreto 16/3/98 - Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico.

ART. 3 VITA UTILE – VITA NOMINALE DI PROGETTO - SOTTOSISTEMA ARMAMENTO

1.1) La vita utile delle varie componenti del progetto della linea tramviaria SIR 3 di Padova è legata al deterioramento fisico delle sue componenti nel tempo; essa fornisce una misura del periodo previsto di possibile utilizzo di un'infrastruttura, prima che vi sia la necessità d'importanti lavori di risanamento.

Si assume come "Vita Utile" delle singole componenti della linea tramviaria SIR:

- Sovrastruttura tramvia: 25 anni
- Fermate tramviarie (opere al rustico e finiture - escluso impianti): 20 anni
- Sistemazioni urbanistiche, parcheggi di interscambio 10 anni
- Ponti: 75 anni
- Deposito (opere al rustico e finiture - escluso impianti): 50 anni
- Sottostazioni Elettriche (opere al rustico e finiture - escluso impianti) 50 anni
- Impianti civili: riscaldamento/climatizzazione/condizionamento, idrico-sanitario, illuminazione e forza motrice: 10 anni
- Impianti eletto-tramviari: 15 anni
- Rotabili tramviari: 30 anni

1.2) La "Vita Nominale di progetto" del sottosistema armamento (platea in conglomerato cementizio armato e fibrorinforzato soggetta all'applicazione del punto 2.4.1. DM 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"), viene definita convenzionalmente come numero di anni nel quale l'opera, purché ispezionata e mantenuta come previsto in progetto, manterrà i livelli prestazionali e svolgerà le funzioni per i quali è stata progettata

- Per la platea di armamento: 50 anni

ART. 4 DESCRIZIONE DEL SISTEMA ARMAMENTO

L'esercizio tramviario dalla Stazione ferroviaria di Padova al capolinea di Voltabarozzo viene svolto utilizzando rotabili Translohr tipo STE3, un "veicolo tramviario su gomma" il cui sistema a via guidata è costituito da una rotaia metallica posata in asse al tracciato entro una nicchia ricavata nel calcestruzzo della platea della larghezza di 20 cm e altezza 8 cm; l'estradosso della platea coincide con il piano di scorrimento delle ruote gommate del Translohr STE3.

Per quanto concerne la realizzazione del piano di rotolamento dei pneumatici in gomma e della sede della rotaia di guida, la soluzione tecnica adottata nel progetto consiste nella realizzazione, per ogni senso di marcia del tram, di una platea di armamento della larghezza di 220 cm e spessore di 25 cm in conglomerato cementizio armato di classe C35/45.

ART 5 OPERE DA REALIZZARE

La realizzazione del sottosistema armamento, rappresentato negli elaborati grafici del progetto definitivo, si basa sulla messa in opera delle seguenti queste categorie di opere:

- Scavo di sbancamento per un'altezza minima di 40 cm dal piano di campagna (o piano stradale);
- Compattazione del piano di posa (detto altresì piano di regolamento);
- Fondazione costituita da misto cementato;
- Platea di armamento in conglomerato cementizio armato, fibrorinforzato;
- Cavidotti tramviari;
- Rotaia di guida;
- Riempimento con resina della nicchia di contenimento della rotaia di guida;
- Drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma tramviaria;
- Apparecchi di dilatazione in corrispondenza delle opere d'arte;
- Apparecchi di deviazione: scambi;
- Sistemazioni della carreggiata stradale interessata dall'inserimento delle due platee di armamento.

SCAVI DI SBANCAMENTO

Per la formazione del piano di regolamento sul quale viene impostata la sovrastruttura tranviaria devono essere eseguiti i necessari movimenti di terra.

Prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o riporto devono essere eseguiti il diserbamento e lo scotico del terreno. Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, deve essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno. Il materiale scavato deve essere conferito a discarica.

PIANO DI POSA PLATEA DI ARMAMENTO

Il piano di posa (sottofondo) rappresenta lo strato più superficiale del terreno (di apporto in rilevato o naturale in trincea) posto al di sotto della fondazione dell'armamento tramviario.

Il piano di posa di una pavimentazione in calcestruzzo ha il compito di assorbire e distribuire i carichi evitandone la concentrazione in un unico punto, al tal fine deve possedere una capacità portante uniforme: la presenza di zone a portanza ridotta o molto elevata causano la rottura del calcestruzzo per eccesso di deformazione o per punzonamento.

In fase di progettazione definitiva sono state effettuate in appositi "pozzetti esplorativi" prove di carico su piastra, portanza atte a valutare la qualità del sottofondo (portanza)

Per la tratta della linea tramvia posta al di fuori delle sedi stradali esistenti (tratta dalla pk 2+520 alla pk 4+000) si è previsto nel progetto definitivo di realizzare uno strato di adeguata rigidità in grado di sopportare efficacemente i carichi trasmessi dagli strati sovrastanti, nonché dai rotabili tramviari.

Si tratta di uno stato misto stabilizzato dello spessore di 20 cm, che verrà realizzato sul piano di fondo scavo, a cui verrà sovrapposto uno stato di misto cementato dello spessore di 15 cm.

Nei casi in cui il piano di regolamento viene ottenuto tramite scavo, (in pratica per tutta la lunghezza della linea tramviaria SIR3 ed esclusione delle rampe in rilevato del nuovo ponte sul canale scaricatore) il piano stesso deve essere rifinito accuratamente e compattato secondo il profilo di progetto tramite cilindratura, costipando fino ad ottenere una densità secca non

inferiore al 95% della densità AASHO modificata (norma CNR-B.U. n. 69) e possedere un modulo di deformazione determinato in base alla norma CNR-B.U. n. 146, non inferiore a 50 MPa.

Il costipamento viene eseguito essenzialmente allo scopo di diminuire la deformabilità elastica ed i cedimenti plastici della sede tramviaria o di parte di essa, quando in esercizio e nei casi in cui il piano di regolamento viene ottenuto tramite riporto (vedasi i rilevati di accesso al ponte sul canale scaricatore), devono essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4 e A2-5 della norma UNI EN ISO 14688-2:2018, provenienti dagli scavi o da cave di prestito. Le terre devono essere stese a strati di spessore adeguato ai mezzi di costipamento, ma comunque non maggiore di 50 cm (materiale sciolto) per le terre del gruppo A1 e non maggiore di 30 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A2-4 e A2-5.

Ogni strato deve essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca pari al 95% della densità AASHO modificata (norma CNR-B.U. n. 69), prima di porre in opera un altro strato. Il valore del modulo di deformazione (norma CNR-B.U. n. 146) deve risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi degli strati stessi e di 40 MPa per la restante zona centrale.

La capacità portante è una misura della resistenza/resilienza del terreno e rappresenta un'indicazione utile del grado di compattazione. Essa viene rappresentata dal modulo di deformazione M_d e viene determinata tramite prove eseguite in cantiere (prove di carico su piastra).

Il Modulo M_d rappresenta una misura convenzionale della capacità portante del piano di posa dell'armamento, è determinato mediante prove secondo la Norma CNR BU n. 146 del 14 dicembre 1992: "Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M_d' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare".

In conformità a quanto prescritto dalla norma UNI 11531-1:2014 "Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture – Criteri per l'impiego dei materiali – Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati", la prova di portanza con piastra è significativa solo se eseguita appena terminato il costipamento.

Qualora sia eseguita successivamente, occorre valutare i risultati tenendo conto dell'influenza delle possibili variazioni di comportamento dipendenti dalle alterazioni dell'umidità e delle altre caratteristiche geotecniche.

Durante una prova di carico statico su piastra, si utilizza un martinetto idraulico per caricare/ scaricare in modo incrementale una piastra circolare, generalmente del diametro di 30 cm. Si misura quindi la deformazione subita a seguito dell'applicazione dei carichi.

Questi valori possono essere utilizzati per determinare la capacità portante o il grado di compattazione del terreno

$$M_d = (\Delta p / \Delta s) \times D$$

dove:

Δp è l'incremento di carico trasmesso dalla piastra alla terra (N/mm²) Δs è il corrispondente incremento di cedimento (mm)

D è il diametro della piastra (300 mm)

Stante la presenza di materiale inadatto, in fase di progetto della linea tramviari SIR3 si è previsto di intervenire sul piano di posa prevedendo la posa di materiale idoneo costituito da uno strato di 15 cm di misto cementato.

FONDAZIONE PLATEA DI ARMAMENTO

La fondazione costituisce la parte inferiore del pacchetto armamento, a contatto con il terreno di sottofondo. Ha la funzione, oltre di regolarizzare almeno parzialmente la sovrastruttura, di trasmettere ulteriormente i carichi verticali ripartendoli sullo strato sottostante.

La linea tramviaria svolgendosi prevalentemente all'interno di carreggiate stradali a forte componente di traffico pesante che richiedono particolari prestazioni a fatica (elevata rigidità e portanza), si è previsto uno strato di fondazione in misto cementato dello spessore di 15 cm.

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei (naturali o di riciclo) e legante idraulico (cemento, in quantità solitamente compresa tra il 3 e il 5% in peso) miscelati con un'opportuna dose di acqua.

La più idonea percentuale di cemento e acqua dovrà essere stabilita tramite studi preliminari di laboratorio (confezionando vari provini con dosaggi di cemento e contenuto d'acqua differenti; la rottura a compressione dopo 7 giorni di stagionatura deve restituire un valore di resistenza compreso tra 2,5 N/mm² e 5,5 N/mm² se il materiale viene prodotto in impianto, tra 2,5 N/mm² e 5,0 N/mm² per miscele in sito).

All'atto della posa in opera occorre considerare alcune particolari precauzioni per la buona resa dello strato:

- verificare l'uniformità del materiale una volta miscelato;
- stendere spessori finiti non superiori a 30 cm e non inferiori a tre volte il diametro massimo degli aggregati;
- successivamente alla posa del materiale, prevedere la rullatura al fine di ottenere una superficie finita perfettamente piana e regolare;
- evitare di correggere eventuali irregolarità del piano superiore dello strato con il riporto e la successiva rullatura di ulteriori quantità di materiale (si provocherebbe la formazione di due strati separati e disomogenei). Per correggere eventuali difetti di quota occorre de-costipare la parte "difettosa", aggiungere misto granulare di integrazione e procedere nuovamente alla compattazione.

PLATEA DI ARMAMENTO

La platea di armamento, della larghezza di 220 cm e spessore 25 cm, verrà realizzata in conglomerato cementizio armato e fibrorinforzato (FRC).

Il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) con il DM 17/01/2018: Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) viene assunto come materiale da costruzione a tutti gli effetti.

Il conglomerato cementizio prescritto è di classe C35/45 secondo la UNI EN 206-1: 2014: "Specificazione, prestazione, produzione e conformità del calcestruzzo" nonché nel rispetto di quanto prescritto dalla norma UNI 11104: 2016: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1.

Per la produzione delle fibre, devono essere utilizzati materiali e componenti qualificati secondo le procedure applicabili. In particolare le fibre devono essere marcate CE, in accordo con le

norme europee armonizzate UNI EN 14889-1 (per le fibre realizzate in acciaio) e UNI EN 14889-2 (per le fibre in materiale polimerico).

L'aggiunta di fibre disperse in una matrice cementizia ne modifica le proprietà meccaniche, contrastando l'apertura progressiva delle fessure e conferendo al prodotto dopo la fessurazione, una significativa resistenza residua a trazione fino al raggiungimento di uno sforzo nullo a trazione per un valore significativo dell'apertura di fessura.

La progettazione ha altresì tenuto conto di quanto previsto dalle "Linee guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati (FRC - Fiber Reinforced Concrete) – gennaio 2019.

I calcestruzzi fibrorinforzati dovranno essere preparati nello stabilimento del fabbricante e forniti in cantiere come prodotto pronto per l'impiego oppure come prodotto secco premiscelato al quale va aggiunta l'acqua in cantiere.

I calcestruzzi fibrorinforzati previsti per la platea di armamento della linea tramviaria SIR3 di Padova sono costituiti da una matrice cementizia additivata con fibre corte discontinue, dosaggio minimo delle fibre al suo interno "non inferiore allo 0.3% in volume", a cui è stata aggiunta armatura ordinaria.

Al fine di garantire un buon accoppiamento con le fibre ed una buona lavorabilità dell'impasto, la granulometria della matrice dovrà essere appositamente progettata prestando particolare attenzione alla frazione fine dell'aggregato.

Le caratteristiche fisiche e chimiche della matrice cementizia e dei suoi costituenti devono essere conformi alle specifiche norme di riferimento valide per il calcestruzzo privo di fibre.

Le fibre sono caratterizzate, oltre che dal tipo di materiale, da parametri geometrici quali la lunghezza, il diametro equivalente, il rapporto d'aspetto (rapporto tra la lunghezza in proiezione della fibra e il diametro equivalente) e la forma (rettilinee, uncinato, ondulate, ecc.).

Le due vie di corsa (una per senso di marcia del tram) saranno in piano, se la pendenza naturale della carreggiata stradale che le ospita garantisce il drenaggio, oppure inclinate con una pendenza trasversale massima del 2%).

Nel caso che la disposizione delle due vie di corsa, (una per senso di marcia del tram), siano tipo "a tetto", con il vertice collocato tra le due suddette vie di corsa, si avranno due inclinazioni del 2% cadauna.

In questi casi le gole laterali della rotaia fungeranno, parzialmente da collettore delle acque meteoriche e saranno pertanto drenate.

In via eccezionale, la pendenza trasversale massima ammessa localmente dal veicolo tramviario è pari al 6% e la variazione della pendenza non deve superare 0,60% al metro lineare. In questa caso particolare sarà necessario predisporre apposito studio specifico delle sagome di ingombro del rotabile tramviario ammesso a circolare lungo la linea.

Casseforme e armature

Per l'armatura della platea di armamento deve essere impiegato acciaio ordinario per armatura del calcestruzzo B450C (UNI EN 10080) controllato in stabilimento avente le seguenti caratteristiche:

- tensione caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 540$ MPa
- tensione caratteristica a snervamento $f_{yk} \geq 450$ MPa
- rapporto $f_y / f_{yk} \leq 1,35$
- rapporto f_t / f_y medio $\geq 1,13$

L'armatura deve essere messa in posizione corretta con adeguati distanziatori e fissaggi. In particolare si devono disporre distanziatori sia per sostenere l'armatura inferiore della platea sopra il fondo della stessa sia per mantenere distanziate le armature inferiori da quelle superiori.

Nel disporre i ferri longitudinali, devono essere rispettate scrupolosamente le distanze affinché i ferri stessi non vengano tagliati all'atto della foratura della platea per il fissaggio degli attacchi del binario.

Getto della platea di armamento

Per garantire la durabilità, corrispondente ad una vita nominale prefissata della platea di armamento di calcestruzzo armato fibrorinforzata, esposta all'azione dell'ambiente esterno, sono stati adottati i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico, dai cicli di gelo e disgelo, dai sali disgelanti e, nonché quelli derivanti dalla corrosione delle armature.

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, in fase di progetto, valutate le condizioni ambientali di posa e servizio, si sono determinate le caratteristiche del calcestruzzo, le procedure di posa e le prescrizioni in merito ai processi di maturazione e prove per la verifica della resistenza alla penetrazione degli agenti aggressivi, ad esempio grado di impermeabilità del calcestruzzo.

L'ambiente di esposizione del calcestruzzo costituente la platea di armamento della linea tramviaria SIR 3 di Padova che si sviluppa prevalentemente in sede stradale, esposta ai cicli di gelo/disgelo ed ai sali disgelanti, in base alla norma UNI EN 206-1: 2016: "Specificazione, prestazione, produzione e conformità del calcestruzzo" e alla UNI 11104: 2016: "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1" è classificabile in classe di esposizione XF4

Il calcestruzzo, confezionato in centrali meccanizzate a dosaggio controllato, dovrà avere le seguenti proprietà, in conformità con la norma UNI EN 206-1:2016 e la norma UNI 11104: 2016.

Caratteristiche richieste per il "calcestruzzo a prestazione garantita" della platea di armamento:

- classe di esposizione ambientale XC4+XD3+XF4
- classe di resistenza a compressione C35/45
- massimo rapporto a/c: 0,45
- classe di consistenza S4
- dimensione massima nominale dell'aggregato 30 mm
- classe di contenuto di cloruri 0,2
- cemento altoforno (UNI EN 197-1 CEM III), pozzolanico (UNI EN 197-1 CEM IV)

Per quanto riguarda la confezione, il trasporto e la posa dalle centrali meccanizzate l'Appaltatore deve farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito di cui ai seguenti Regolamenti Legislativi: Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale – Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 361 del 26 settembre 2017.

Per i calcestruzzi fibrorinforzati il Fabbricante deve determinare e dichiarare le seguenti proprietà meccaniche:

- a) resistenza a compressione (f_{ck} , valore caratteristico), determinata con la stessa procedura di prova prevista per il calcestruzzo senza fibre;
- b) modulo elastico (E_{fm} , valore medio); al riguardo si accetta la correlazione con la resistenza a compressione, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 per il calcestruzzo senza fibre;
- c) resistenza a trazione uniassiale (f_{ftm} , valore medio e f_{ftk} , valore caratteristico). Per i materiali non incrudenti si può utilizzare la correlazione con la resistenza a compressione, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 per il calcestruzzo senza fibre;
- d) resistenza a flessione al limite di proporzionalità: si determinano mediante prova a flessione su provino intagliato secondo la UNI EN 14651;
- e) resistenza a flessione in fase fessurata si determinano mediante prova a flessione su provino intagliato secondo la UNI EN 14651;
- f) modulo di Poisson: si assume corrispondente a quello previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 per il calcestruzzo privo di fibre;
- g) coefficiente di dilatazione termica lineare (α_T): si assume corrispondente a quello previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 per il calcestruzzo privo di fibre.

Giunti trasversali di contrazione e di espansione

Esigenze di carattere costruttivo, unitamente a necessità di controllo dei fenomeni fessurativi del calcestruzzo dovuti ai movimenti termo-igrometrici hanno richiesto in fase di progettazione, la predisposizione di appositi giunti trasversali di ritiro e giunti trasversali di dilatazione.

I giunti di dilatazione interessano tutto lo spessore della lastra, hanno una larghezza variabile in funzione del materiale di riempimento disposto nella scanalatura. Tali giunti devono consentire l'espansione delle lastre durante i periodi più caldi e fungere anche da giunti di contrazione.

Data la loro ampiezza e la totale assenza di azioni di mutuo incastro, i giunti di dilatazione sono dotati di barre di compartecipazione alloggiare in appositi manicotti per consentirne i movimenti.

La sigillatura dei giunti deve avvenire una volta concluso il periodo di stagionatura protetta, ovviamente prima dell'apertura all'esercizio della sede tramviaria.

Prima di applicare il sigillante per giunti, la scanalatura deve essere opportunamente svuotata, ripulita e trattata in modo tale da permettere la corretta applicazione e aderenza del sigillante. La superficie del giunto deve essere opportunamente pulita tramite sabbiatura e successiva pulizia con aria compressa.

I materiali di sigillatura dei giunti devono essere conformi alle seguenti norme:

- UNI EN 14188-1:2004 : Filler e materiali per la sigillatura dei giunti - Parte 1: Specifiche per materiali per la sigillatura applicati a caldo;
- UNI EN 14188-2:2005: Filler e materiali per la sigillatura dei giunti - Parte 2: Specifiche per materiali per la sigillatura applicati a freddo;
- UNI EN 14188-3:2006 : Filler e materiali per la sigillatura dei giunti - Parte 3: Specifiche per materiali per la sigillatura di giunti preformati;
- UNI EN 14188-4:2009 : Filler e materiali per la sigillatura dei giunti - Parte 4: Specifiche per i primer da utilizzarsi con i sigillanti dei giunti.

TOLLEOLLERANZE DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA TRAMVIARIA

Al termine della costruzione delle due vie di corsa (una per senso di marcia del tram) nonché del montaggio della rotaia di guida, sono ammesse le seguenti tolleranze:

- | | | |
|------|---|--------------|
| d.1) | Tolleranza sulla pendenza trasversale delle vie di corsa
(le due vie di corsa saranno in piano, se la pendenza naturale garantisce il drenaggio, oppure inclinate con una pendenza trasversale massima del 2%): | ± 0,50% |
| d.2) | Spostamento laterale della rotaia (compreso tolleranze di posa): | ± 16 mm |
| d.3) | Tolleranza verticale della posa delle vie di corsa: | ± 30 mm |
| d.4) | Traslazione geometrica dovuta ai raccordi verticali di pendenza
(traslazione considerata al centro della cassa del rotabile, per una concavità del tracciato della rotaia di R= 200 m o sull'aggetto anteriore del rotabile in presenza di un dosso di R= 120 m) | 30,60 mm |
| d.5) | Tolleranza verticale della posa della rotaia di guida | -45mm/+35 mm |
| d.5) | La rotaia dovrà essere installata in modo che le vie di corsa siano situate in una tolleranza di -5mm/+15mm rispetto al profilo superiore della rotaia (piano del ferro). | |

5.5.1 Controllo del livello di usura della piattaforma tramviaria (via di corsa e rotaia)

Durate la "vita nominale di progetto" delle opere costituenti il sottosistema armamento, viene prescritto il rispetto dei seguenti parametri massimi di "invecchiamento" delle due vie di corsa (una per senso di marcia del tram) nonché della rotaia di guida:

- | | | |
|------|--|---------------|
| e.1) | Usura verticale delle due vie di corsa di un senso di marcia: | 10 mm |
| e.2) | Usura differenziale verticale tra le 2 vie di corsa: | 5 mm ((0,33%) |
| e.3) | Usura laterale della rotaia di guida: | 0 mm |
| e.4) | Schiacciamento verticale delle due vie di corsa di un senso di marcia: | 5 mm |
| e.5) | Schiacciamento differenziale delle due vie di corsa (differenziale di pendenza trasversale rispetto al valore iniziale dopo un dato tempo di esercizio): | 2 mm (0,13%) |

Controlli dei requisiti funzionali della pavimentazione di calcestruzzo

Al termine della costruzione delle due vie di corsa (una per senso di marcia del tram), dovranno essere obbligatoriamente verificati i seguenti requisiti funzionali in conformità alla norma UNI EN 13877-2:2013: Pavimentazioni a base di calcestruzzo - Parte 2: Requisiti funzionali per pavimentazioni a base di calcestruzzo.

a) Verifica dello spessore della platea di armamento

Lo spessore della platea di armamento dovrà essere determinato a partire dalle carote ricavate per trivellazione dell'intera profondità della platea in conformità alla norma UNI EN 13863-3:2005: Pavimentazioni di calcestruzzo - Parte 3: Metodo di prova per la determinazione dello spessore di una pavimentazione di calcestruzzo a partire dall'utilizzo di carote.

In alternativa lo spessore della platea potrà essere determinato utilizzando il metodo non distruttivo indicato nella norma UNI EN 13863-1:2004 Pavimentazioni di calcestruzzo - Metodo di prova per la determinazione dello spessore di una pavimentazione di calcestruzzo mediante controllo delle quote

Al fine di verificare l'accuratezza dei valori così misurati, è necessario prelevare almeno tre carote delle aree in cui è stata condotta la prova non distruttiva.

Il numero delle carote da sottoporre a prova dovrà essere come quello specificato nel punto 5 della norma UNI EN 13877-2:2013.

b) Verifica della resistenza meccanica

La resistenza meccanica (a compressione e trazione) del calcestruzzo della platea di armamento dovrà essere determinato a partire dalle carote ricavate per trivellazione dell'intera profondità della platea in conformità alla norma UNI EN 12504-1:2019: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione.

Il numero delle carote da sottoporre a prova dovrà essere come quello specificato nel punto 5 della norma UNI EN 13877-2:2013.

c) Verifica della massa volumetrica

La massa volumetrica del calcestruzzo della platea di armamento dovrà essere determinata a partire dalle carote ricavate per trivellazione dell'intera profondità della platea e non potrà essere minore del 95% della media della massa volumetrica calcolata su almeno sei provini plasmati, ed essere eseguita in conformità alla norma uni en 12390-7.

Il numero delle carote da sottoporre a prova dovrà essere come quello specificato nel punto 5 della norma UNI EN 13877-2:2013.

d) Verifica della resistenza al gelo/disgelo

La determinazione della resistenza ai cicli gelo/disgelo deve basarsi su prove eseguite in conformità a quanto specificato nel punto 4.5 della norma UNI EN 13877-2:2013

Il numero delle carote da sottoporre a prova dovrà essere come quello specificato nel punto 5 della norma UNI EN 13877-2:2013.

e) Controlli di aderenza della superfici dei percorsi di rotolamento dei pneumatici

Le superfici in calcestruzzo una volta poste in opera dovranno essere trattate meccanicamente o chimicamente quando sono ancora fresche, per migliorarne le caratteristiche di aderenze.

Le tecniche più diffuse consistono nella spazzolatura e nel trattamento con agenti ritardanti della presa. La spazzolatura consiste nel solcare la superficie in direzione longitudinale o trasversale rispetto al senso di marcia con utensili meccanicizzati scelti in funzione del grado di rugosità ricercato.

Le prestazioni richieste dal produttore del materiale rotabile in merito all'aderenza della piattaforma di rotolamento, utilizzano il Coefficiente di Attrito Longitudinale (CFL) il cui valore è compreso tra 0 e 1.

Nelle tratte in linea si dovrà ottenere una aderenza superiore a 0,6 in particolare nelle zone di frenata e nei tratti in pendenza (ad esempio sulle rampe di ascesa/discesa del nuovo ponte sul canale scaricatore). In ogni modo è richiesto un coefficiente minimo di aderenza pari 0,5.

L'aderenza dello strato di circolazione nuovo e secco può essere quantificata dalle misure dirette della macrotessitura della via di corsa, essendo questa determinata, secondo la norma UNI EN 13036-1:2010: Caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali ed aeroportuali - Metodi di prova - Parte 1: Misurazione della profondità della macrotessitura della superficie della pavimentazione tramite tecnica volumetrica ad impronta.

CAVIDOTTO TRAMVIARIO

La sede tranviaria ospita due cavidotti laterali che si sviluppano lungo l'intera linea tranviaria che collegano le tre sottostazioni elettriche.

I cavidotti ospitano le vie cavi dei dispositivi di segnalamento, di localizzazione dei tram e di controllo semaforico, le comunicazioni, il controllo nonché la distribuzione dell'energia elettrica ai dispositivi lungo linea e nelle fermate.

La polifora con dimensioni esterne pari a 50 cm x 40 cm (H), è realizzata in calcestruzzo C32/40 e contiene sei tubi in PVC rigido di diametro pari a 125 mm/cad che sono destinati a contenere i cavi telecomunicazioni - segnalamento - circuito scattato e ai cavi di bassa tensione - feeder - fibra ottica - illuminazione pubblica.

Per la posa delle tubazioni e per la loro ispezionabilità il cavidotto è provvisto di appositi pozzetti di derivazione e rompitratte posti ad interasse di circa 30 m.

ROTAIA DI GUIDA

Non appena il cantiere consente l'uscita degli operai delle opere civili e l'ingresso dei posatori del binario, potranno iniziare le prime operazioni di stoccaggio delle rotaie lungo la linea e dell'approvvigionamento di tutti i materiali di impiego.

A seconda di come verranno organizzate le fasi di cantierizzazione, si provvederà alla disposizione delle rotaie sopra la soletta di armamento e alla predisposizione delle infrastrutture per le opere tecnologiche (cavidotto, guaine, corrugati, pozzetti, scatole di drenaggio per la raccolta delle acque, ecc.).

Le rotaie sono saldate testa a testa tramite saldature alluminotermiche da saldatori abilitati e qualificati.

Le rotaie assemblate vengono successivamente montate e fissate in portalini metallici di posa distribuiti ogni circa 3,0 m che assicurano il livellamento ed allineamento X,Y,Z (posizionamento, profilo longitudinale) partendo dalla quota del Piano del Ferro (PdF).

Gli assi del binario saranno tracciati partendo dalla poligonale di base secondo i punti caratteristici del tracciato definiti nel progetto.

I portalini sono dotati di due piastrine formate da piatti metallici e da una cerniera, la rotaia è attestata e fissata contro i due piatti metallici interni. Quando è così fissata, la rotaia può essere alzata grazie alle due grandi barre filettate esterne.

Una volta regolata la rotaia all'altezza corretta, le barre filettate orizzontali vengono sbloccate per lasciare scivolare la rotaia verso la quota di regolazione laterale.

La messa in opera della rotaia viene regolata in rispetto alle tolleranze di costruzione descritte nel punto d) del paragrafo 5.4 del presente Capitolato Prestazionale e controllato prima che sia effettuato il getto della resina di fissaggio della rotaia all'interno della nicchia appositamente realizzata nella platea di armamento.

Il giorno successivo il getto della resina può essere effettuata la rimozione dei portalini e elementi di cassero. I vari elementi saranno riuniti e sgomberati per poter poi essere puliti e ricondizionati per un nuovo utilizzo. Una volta che la piattaforma è liberata, avranno luogo le operazioni di rifinitura e pulizia della rotaia.

Verifica di resistenza della rotaia agli sforzi trasmessi dal rotabile tramviario

La rotaia e i dispositivi delle rotaie dovranno resistere agli sforzi generati dalla circolazione stradale negli incroci, così come dagli sforzi trasmessi dalla circolazione del rotabile tramviario Translohr STE3.

Gli sforzi trasmessi dalla guida, ad esclusione di quelli generati dalla circolazione stradale, sono quelli presentati qui di seguito con una frequenza di passaggio di 240 veicoli al giorno e per senso di marcia, durante una durata di 30 anni.

- Sollecitazione laterale: 34000 N, con un'occorrenza di 10 cicli sulla durata di vita prevista per il gruppo "rotaia/fissaggio";
- Sollecitazione verticale: + 30000 N (dal basso verso l'alto) sul gruppo "rotaia/fissaggio", con un'occorrenza di 5,1 102 cicli sulla durata di vita prevista per il gruppo "rotaia/fissaggio";
- Sollecitazione verticale: + 55000 N (dal basso verso l'alto) sulla rotaia, con un'occorrenza di 5,1 102 cicli sulla durata di vita prevista per il gruppo "rotaia/fissaggio". Questo carico è applicato tra il profilo della rotaia e la sua soletta. I fissaggi della rotaia non sono sollecitati da questo sforzo.

Il comportamento del gruppo "rotaia/fissaggio" o della rotaia deve rimanere nel campo elastico dopo applicazione dello sforzo.

Prestazioni delle gole della rotaia

Le gole lungo la rotaia devono permettere il passaggio dei rulli e dei DDO, anche in caso di presenza di oggetti. Per definire le prestazioni richieste, dovrà essere messo a punto un programma di prove dinamiche tipo, a cui dovranno essere sottoposte le rotaie, i dispositivi della rotaia e di posa dei dispositivi della rotaia.

Per le prove dinamiche, si dovrà utilizzare un carrello di test composto da un dispositivo di guida di serie montato su degli organi di rotolamento di serie. Il carrello sarà trainato da un veicolo stradale, con timone articolato: la direzione del carrello è imposta solamente dal dispositivo di guida. Si effettueranno passaggi del carrello a diverse velocità: 20 km/h, 40 km/h e 60 km/h nelle gole ingombre della rotaia.

RESINA DI RIEMPIMENTO NICCHIA DI CONTENIMENTO ROTAIA

La rotaia metallica, al fine di assorbire le sollecitazioni trasmesse dal rotabile tramviario in movimento, viene fissata tramite incollaggio continuo con apposita resina colata entro la nicchia appositamente ricavata nella platea in calcestruzzo armato avente dimensioni 20 cm di larghezza e 8 cm di altezza.

Il riempimento è realizzato con una resina posata per colatura che adempie a diverse funzioni:

- Fissaggio della rotaia;
- Isolamento elettrico della rotaia per canalizzare le correnti elettriche verso le sottostazioni;
- Isolamento vibratorio della rotaia;
- Realizzazione di solchi che contengono la rotaia per il passaggio dei rulli.

La modalità di fissaggio della rotaia deve integrare un profilo di riempimento delle gole della rotaia, che deve ostruirle al massimo pur lasciando uno spazio funzionale sufficiente.

Il profilo della resina di riempimento deve rispettare il profilo indicato dal costruttore dei rotabili di cui agli schemi sottostanti in quanto, il non rispetto di questa sagoma di profilo, rischia di compromettere la sagoma dinamica dei rulli, poiché il contatto ruotino/materiale di fissaggio può creare un'usura precoce e una sollecitazione verticale sulla coppia di rulli.

La durata di vita del fissaggio della rotaia (vita nominale) così come quella del profilo di riempimento della rotaia e dei vari dispositivi, deve essere quella del sistema di trasporto (30 anni) ed integrare le operazioni di manutenzione per prevenire/riparare le conseguenze degli urti, invecchiamento fisico, termico o climatico/urbano, ecc.

Verifica resistenza agli sforzi trasmessi dal rotabile tramviario

La rotaia e il suo fissaggio e i dispositivi delle rotaie dovranno resistere agli sforzi della circolazione stradale negli incroci, così come agli sforzi trasmessi dalla guida del Translohr.

Gli sforzi trasmessi dalla guida, ad esclusione di quelli generati dalla circolazione stradale, sono quelli presentati qui di seguito; essi sono definiti per un parco di 32 veicoli STE6, una frequenza di passaggio di 240 veicoli al giorno e per senso di marcia, durante una durata di 30 anni.

Capacità deformativa del profilo di riempimento

Il profilo di riempimento lungo la rotaia in via corrente, e che si trova sotto il passaggio dei bordini, sarà in grado di deformarsi abbastanza da assorbire un ostacolo rappresentato da un cilindro di diametro 30 mm e lunghezza 200 mm, durante il passaggio dei rulli.

La deformazione dovrà essere sufficiente per permettere il passaggio della sagoma dinamica dei bordini, tenendo conto che lo sforzo esercitato dalla guida è di 1500 daN.

Verifica della tenuta agli sforzi dinamici

Le sottoelencate prove dinamiche devono essere effettuate per convalidare l'aspetto funzionale del profilo di riempimento delle gole al passaggio del materiale rotabile.

- Sollecitazione laterale media, che si applica su ogni collegamento alla rotaia del dispositivo di guida anteriore, ovvero una per assale: 0 a 5200 N, con un'occorrenza di 10×10^6 cicli sulla durata di vita prevista del gruppo "rotaia/fissaggio".
- Sollecitazione verticale, che si applica a tutti i collegamenti alla rotaia dei dispositivi di guida, ovvero due per assale: 0 a - 1500 N, con un'occorrenza di $1,8 \times 10^7$ cicli sulla durata di vita prevista del gruppo "rotaia/fissaggio".

Non si deve osservare deterioramento del sistema in seguito ai cicli di sforzi a fatica (fessure, rottura, ecc.).

DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA TRAMVIARIA

Al fine di evitare il ristagno dell'acqua meteorica che potrebbe gelare in caso di basse temperature nei solchi che contengono la rotaia, è necessario installare lungo l'intera linea tramviaria apposite scatole di drenaggio che raccolgano l'acqua delle gole e la convogliino verso la rete di scarico presente ai bordi della piattaforma stradale.

Una foratura sul coperchio delle scatole di drenaggio permette il passaggio dell'acqua meteorica dalle gole verso il fondo della scatola stessa e da qui l'evacuazione verso la rete di raccolta stradale è garantita da una apposita tubazione in materiale plastico.

La scatola di drenaggio ha una forma circolare, in modo da evitare crepe che partano dagli angoli e per permettere una posa mediante carotaggio dopo la realizzazione della piattaforma.

Il passo delle scatole di drenaggio è determinato essenzialmente dall'andamento del profilo longitudinale della rotaia nonché dai dati di intensità pluviometrica propri della città di Padova.

In ogni caso la disposizione delle scatole di drenaggio deve garantire che non ci sia acqua che ristagni nelle gole della rotaia.

L'acqua meteorica che interessa la restante parte di piattaforma stradale, tramite la propria pendenza trasversale, verrà convogliata nelle caditoie presenti o da realizzare ex novo lato marciapiedi.

Le scatole di drenaggio sono disposte su ogni rotaia e planimetricamente nella stessa sezione trasversale ai fini di semplificare il collegamento alla rete di smaltimento della piattaforma stradale.

APPARECCHI DI DILATAZIONE

In corrispondenza delle due opere d'arte, il nuovo ponte sul canale scaricatore e il ponte Omizzolo, per consentire i movimenti differenziali delle suddette opere d'arte su cui sono posate le due rotaie e la dilatazione delle rotaie, questi dovranno essere assorbiti attraverso apparecchi di dilatazione.

Gli apparecchi di dilatazione ovvieranno alla dilatazione dovuta alla temperatura, al ritiro, e allo spostamento delle strutture causato dalla frenatura dei veicoli che possono percorrerli.

Nelle estremità delle opere d'arte, si posizionerà l'estensione di ogni dispositivo di dilatazione della rotaia, posizionandolo al massimo a 400 mm dal giunto della via di corsa. In questo modo si eviterà di far coincidere il passaggio delle ruote del veicolo sul giunto dell'opera con il passaggio dei rulli sul dispositivo di dilatazione.

Il dispositivo di dilatazione sarà disposto perpendicolarmente al giunto dell'opera.

APPARECCHI DI DEVIAZIONE: SCAMBI

Gli scambi rendono possibile il raccordo della rotaia in retto con la rotaia deviata, sia in linea che nei due nuovi depositi di Guizza e Voltabarozzo.

Gli scambi potranno trovarsi a destra o a sinistra e sono stati posizionati nelle zone a velocità ridotta, per esempio in prossimità delle fermate.

Le rotaie degli scambi saranno attrezzate di profili di riempimento delle gole nello stesso modo della rotaia in via corrente, e il materiale rispetterà le stesse regole e caratteristiche.

Saranno rispettati gli spazi necessari al passaggio dei bordini, così come le caratteristiche meccaniche ed elettriche. La continuità elettrica tra la rotaia fissa della via corrente e la rotaia mobile dello scambio sarà altresì garantita.

Gli scambi dispongono di sistemi di blocco della posizione dell'ago; è previsto un dispositivo di comando manuale d'emergenza il cui accesso sarà protetto e avverrà tramite uno sportello sicuro, che permette lo scollegamento dell'azionatore.

L'estrazione del dispositivo di comando manuale (leva) potrà avvenire solamente nella posizione di funzionamento estrema del meccanismo, che corrisponde al finecorsa, bloccaggio attivo. È importante che non sia possibile rimuovere la leva se non in una posizione che garantisca il blocco dello scambio. Gli sforzi manuali necessari alla manovra ed al blocco rispetteranno le norme vigenti.

Per gli scambi "non tallonabili", sarà la segnalazione a permettere il comando in tutta sicurezza. (Si intende con scambio tallonabile uno scambio che permette il passaggio corretto del dispositivo di guida anche se viene preso lato tallone con l'ago mal posizionato).

Il movimento dell'ago è realizzato meccanicamente tramite il passaggio dei rulli.

Gli scambi e loro fissaggi sono dimensionati per resistere agli sforzi massimi indotti dal rotabile tramviario.

La cassa di manovra dovrà essere sufficientemente "ancorata" nella via di corsa, al fine di non muoversi; la dilatazione termica della rotaia non dovrà creare blocchi della rotaia mobile rispetto alla rotaia fissa della via corrente.

Le dimensioni massime dello scambio sono:

- 4 500 mm di lunghezza, comprese le antenne di raccordo;
- Un massimo di 550 mm da ambo le parti dell'asse della rotaia;
- 350 mm d'altezza massima (in posizione di circolazione).

Lo scambio sarà installato a terra secondo le stesse regole della rotaia, in particolare sarà rispettato l'isolamento elettrico. L'insieme dello scambio deve essere isolato dalla terra.

Così, conformemente alla norma CEI EN 50122, i componenti elettrici saranno di classe 2, ovvero dotati di un doppio isolamento, al fine di garantire la sicurezza dei pedoni e del personale di esercizio (durante le operazioni di manutenzione per esempio) e di evitare ogni sorta di corrente vagante nella rotaia di guida.

Gli scambi rispetteranno le stesse regole della via corrente. Le rotaie fisse e mobili, che assicurano la funzione di guida sugli scambi, saranno quindi fornite di un cordone di saldatura inox. Allo stesso modo, gli scambi rispetteranno le condizioni descritte nel paragrafo 6.

La sezione dell'insieme "rotaia – profilo di riempimento", a livello delle antenne degli scambi, sarà identica alla sezione presente sulla linea di corsa.

ART 6 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI

6.1 ROTAIA DI GUIDA

La rotaia di guida è ricavata da un profilo in acciaio laminato commerciale per rotaie da carroponete tipo "A55 (norma DIN 536-1:1991) oppure rotaia Burbach KS32 –A5.

La rotaia presenta al centro la parte utile e lateralmente alla testa del fungo si trovano le gole necessarie per poter ospitare le flange delle rotelle di guida e garantire un adeguato contatto alle superfici dei rulli, inclinati di 45° sulla verticale, in ogni assetto verificabile durante la marcia del mezzo.

Le tre facce superiori utili dovranno avere una ruvidità inferiore a 1,6, misurata secondo le norme ISO. Questo valore può essere ottenuto tramite decalaminaggio o smerigliatura con mezzi appositi prima del pre-esercizio, al fine di non ridurre la vita utile delle bande del dispositivo di guida durante il periodo di rodaggio della rotaia. Le due facce inferiori non dovranno presentare asperità, né cavità che potrebbero ridurre le prestazioni meccaniche della rotaia.

Caratteristiche geometriche del profilo

Area: 3610 mm²

Peso: 28 kg/ml

Momento di Inerzia Ix: 148.4 cm⁴ Momento di

Inerzia Iy: 315,6 cm⁴

Qualità e composizione dell'acciaio

La qualità dell'acciaio per la fabbricazione del prodotto deve presentare la composizione chimica e le caratteristiche meccaniche di seguito indicate:

C	Si max.	Mn	P max.	S max.
0,60 à 0,80	<0,50	0,80 à 1,70	0,045	0,045

Caratteristiche meccaniche

Le rotaie dovranno presentare le seguenti proprietà meccaniche, conformi alle disposizioni della norma UNI EN 13674-1:

Modulo Young: $E=210\,000\text{ Mpa}$ Limite

elastico: $R_e>440\text{ Mpa}$ Modulo di

Poisson: 0,3 Resistenza a rottura:

$R_m>880\text{ Mpa}$

La durezza Brinell e le prove di resistenza alla trazione verranno effettuate in conformità alle norme UNI EN 14811 ed EN ISO 6506.

Lunghezze delle rotaie

La lunghezza nominale delle rotaie fornite dovrà essere di 18 m. Le rotaie corte, di lunghezza minima di 15 m, dovranno essere fornite a coppie, in versioni che differiscano di 1 m di lunghezza (15 m, 16 m o 17 m).

Tolleranze dimensionali delle rotaie

Le rotaie dovranno essere realizzate tenendo conto delle tolleranze previste dalla norma UNI EN 13674-1, da verificare mediante calibri o altre tecniche di misurazione, in conformità alla norma UNI EN 13674-1.

Controllo geometrici sulle rotaie

Verranno effettuate prove in conformità alla norma UNI EN 14811 e UNI EN 13674-1 per accertare la rettilinearità delle rotaie e delle loro estremità.

Le tolleranze relative alla rettilinearità, alla planarità e alla torsione dell'estremità delle rotaie devono rispettare i requisiti prescritti.

La verifica di planarità della campata deve essere eseguita con idonea apparecchiatura di misura automatica. Per la misura dell'imbarcamento laterale, la rotaia deve essere appoggiata verticalmente su idoneo supporto, libera da qualunque altro vincolo.

Difetti interni e superficiali

Le rotaie non dovranno presentare difetti interni o superficiali. L'assenza di difetti superficiali dovrà essere verificata e dimostrata in conformità alle norme UNI EN 14811 UNI EN 13674-1.

Un test ad ultrasuoni dovrà inoltre accertare l'assenza di difetti interni pericolosi ai fini della sicurezza. Tutte le rotaie dovranno essere sottoposte a processo continuo di prova ad ultrasuoni.

Marcatura delle rotaie

La marcatura delle rotaie dovrà essere effettuata secondo le disposizioni che seguono, in conformità alla norma UNI EN 13674-1:

Marchio di Fabbrica

I marchi di fabbrica dovranno essere rullati a rilievo sul gambo della rotaia. I marchi di fabbrica impressi sulle rotaie dovranno essere chiaramente leggibili e dovranno avere un'altezza compresa tra 15 e 20 mm, con un rilievo compreso fra 0,8 e 1,5 mm.

I marchi di fabbrica dovranno comprendere: i

dati identificativi della fabbrica.

- le ultime due cifre dell'anno di fabbricazione.
- i dati identificativi del profilo della rotaia.
- il simbolo di qualità dell'acciaio in conformità alla norma UNI EN 13674-1.

Marcature punzionate a caldo

Ogni rotaia, oltre a presentare tutti i dati richiesti alla marcatura, dovrà essere identificata da un sistema di codici numerici e/o alfabetici, impressi a caldo a macchina su un lato del gambo della rotaia; ogni rotaia dovrà essere impressa a caldo almeno una volta, in conformità alla norma UNI EN 13674-1.

Il sistema di identificazione utilizzato dovrà essere tale da consentire il confronto della marcatura impressa a caldo con:

- il numero di colata da cui è stata ricavata per laminazione la rotaia;
- il numero della linea di colata e la posizione del blumo all'interno della colata;
- la posizione della rotaia nel blumo (A,B,... Y);

Processi da effettuarsi sulle rotaie Taglio delle rotaie

Per il taglio delle rotaie sono da impiegare obbligatoriamente mezzi meccanici, quali troncatrici a disco abrasivo o sega rotaie. Il taglio delle rotaie con mezzi meccanici permette di ottenere superfici di taglio verticali, esposte in modo omogeneo al calore di preriscaldamento, ed annulla il rischio di formazione di pericolosi difetti.

Con il taglio del binario si ha interruzione della continuità elettrica e pertanto il lavoro non potrà essere eseguito senza darne preventiva comunicazione al personale dell'Ente Gestore e senza il suo intervento.

L'applicazione delle ganasce per realizzare giunzioni provvisorie può essere fatta solo su rotaie tagliate con mezzo meccanico o tagliate al cannello e successivamente bonificate come di seguito descritto. Il mancato rispetto di questa prescrizione comporta il forte rischio che avvengano, in tempi brevi, rotture con distacco del fungo dalla rotaia, innescate dalla possibile presenza di micro cricche sul fronte del taglio al cannello, che non sono eliminate da una successiva saldatura.

Saldature delle rotaie e relativi controlli

Le saldature di rotaie, sia alluminio termiche che elettriche a scintillio, devono essere eseguite rispettando i seguenti limiti di temperatura:

- rotaie acciaio R260: possono essere saldate finché la temperatura di rotaia non scenda sotto - 5 °C.

Le due fughe di rotaie devono essere poste in opera in modo tale che le testate delle rotaie elementari, destinate ad essere successivamente saldate con procedimento alluminotermico, risultino sfalsate fra loro m e comprese entro lo spartito delle traverse o attacchi, (le stesse testate non devono, comunque, distare meno di 10 cm dalla più vicina traversa).

Dopo la posa in opera delle rotaie si eseguiranno le saldature progressive a costituire il binario.

Controlli sulle saldature

Le saldature, allumino termiche ed elettriche a scintillio, non devono presentare difetti come:

- irregolarità di profilo del ringrosso;
- difetti di allineamento;
- inclusioni non metalliche (scoria, terra);
- inclusioni di gas;
- cretti;
- scarsità di materiale sulla superficie di rotolamento nella zona fusa;
- incollature;
- Controllo visivo e geometrico delle saldature.

Tutte le saldature devono essere controllate visivamente e geometricamente. Il controllo visivo va fatto per verificare l'assenza di difetti superficiali visibili.

Il controllo geometrico delle saldature, interessante la superficie di rotolamento e ambedue i fianchi del fungo delle rotaie saldate, va eseguito servendosi di uno spessimetro e dell'apposita riga metallica da 1 m, disponendola a cavallo del giunto.

Dopo la smerigliatura finale delle saldature gli eventuali errori di allineamento, cuspidi o avvallamenti, non dovranno eccedere le tolleranze indicate sia per la tavola di rotolamento, sia per i fianchi del fungo da ambo i lati della rotaia.

- tolleranza ammessa sulla tavola di rotolamento: $\pm 0,3$ mm
- tolleranza ammessa sui fianchi del profilo: $\pm 0,3$ mm

Gli spigoli fra superficie di rotolamento e fianchi del fungo devono essere ben arrotondati e raccordati con la zona al di fuori del tratto molato.

Controlli strumentali sulle saldature

Tutte le saldature devono essere sottoposte ad un controllo non distruttivo ad ultrasuoni per l'individuazione di eventuali difetti interni, con apposite apparecchiature portatili.

Regolazione delle tensioni interne

La regolazione delle tensioni interne può essere effettuata solo quando la temperatura effettiva di rotaia (libera dagli organi di attacco e poggiata sui rulli di scorrimento) non supera quella di regolazione prescritta.

Prima della regolazione delle tensioni interne il binario andrà tenuto sotto controllo affinché non siano superate le temperature limite.

La regolazione delle tensioni interne alle rotaie con il binario nel suo assetto definitivo e cioè caratterizzato dalla prescritta sagoma di massicciata con la riguarnitura, la rinalzata e la profilatura.

Certificazione, controllo di qualità e attestazioni

Qualora la documentazione relativa al controllo di qualità risulti redatta in un'altra lingua, il fornitore dovrà produrre un esemplare di ciascun documento di controllo in italiano, in modo tale che la suddetta documentazione sia comprensibile.

Il fornitore dovrà procurarsi e conservare almeno le seguenti attestazioni:

- Processo di eliminazione dell'idrogeno;
- Disegni della progettazione concettuale;
- Composizione chimica;
- Dati registrati sulle calde;

- Descrizione delle attrezzature e della procedura utilizzata per le prove ad ultrasuoni, nonché la certificazione del personale coinvolto nelle prove;
- Attestazioni dell'effettuazione delle prove di durezza Brinell;
- Attestazioni di effettuazione delle prove ad ultrasuoni, comprensive dei risultati della taratura delle attrezzature, di un elenco delle rotaie testate e delle letture su carta ricavate dagli strumenti per le prove ad ultrasuoni per tutte le rotaie difettose e respinte;
- Le attestazioni delle procedure di raffreddamento, messa sottovuoto e trattamento termico di controllo, se effettuate;
- Il nome e le qualifiche dell'organizzazione responsabile delle prove.

L'elenco prodotto non esonera il fornitore dall'obbligo di produrre tutte le attestazioni previste dalla norma UNI EN 13674-1.

Le rotaie di lunghezza diversa, conformi alla presente Specifica Tecnica sono garantite dal Produttore per il loro periodo di garanzia contro rotture o avarie, e contro qualsiasi difetto imputabile alla fabbricazione anche se non rilevato in fase di collaudo.

Il prodotto oggetto della presente Specifica Tecnica è soggetto alla garanzia contro rotture o avarie e contro qualsiasi difetto imputabile alla fabbricazione. Il periodo di garanzia ha termine il 31 dicembre del sesto anno consecutivo a partire da quello di fabbricazione (incluso), figurante marcato in rilievo sulla rotaia.

Se durante questo periodo rotaie dovessero essere ritirate dal servizio per rotture od avarie, si procederà ad un esame per la ricerca della causa delle rotture od avarie in contraddittorio con il Produttore.

Nel caso in cui da tale esame risultasse che le rotture od avarie delle rotaie sono imputabili a difetti di fabbricazione, il materiale dovrà essere sostituito gratuitamente.

La Committente si impegna a mettere a disposizione del Produttore, su sua domanda, gli spezzoni difettosi, prelevati nei punti scelti di comune intesa, in modo da consentirgli la ricerca delle cause del difetto.

Il Produttore dispone, per far conoscere le sue osservazioni in merito al difetto, di 60 giorni di calendario, a datare dall'avviso che gli viene dato o dall'invio degli spezzoni difettosi se il Produttore li ha richiesti. Il materiale avariato resta di proprietà della Committente.

RESINA DI FISSAGGIO

La rotaia metallica viene fissata tramite incollaggio continuo con apposita resina colata entro la nicchia appositamente ricavata nella platea in calcestruzzo armato avente dimensioni 20 cm di larghezza e 8 cm di altezza.

Il riempimento è realizzato con una resina posata per colatura che adempie a diverse funzioni:

- Fissaggio della rotaia;
- Isolamento elettrico della rotaia per canalizzare le correnti elettriche verso le sottostazioni;
- Isolamento vibratorio della rotaia;
- Realizzazione di solchi che contengono la rotaia per il passaggio dei rulli.

Le caratteristiche meccaniche del materiale di riempimento dovranno rispettare seguenti parametri:

- Durezza compresa tra 50 e 70 Shore A, secondo la norma UNI EN ISO 868:2005: Materie plastiche - Determinazione della durezza per penetrazione di un durometro (durezza Shore);
- Resistenza in trazione alla rottura > 1 Mpa, secondo la norma UNI EN ISO 527-3:2019: Materie plastiche - Determinazione delle caratteristiche a trazione;
- Allungamento alla rottura > 70%, secondo la norma UNI EN ISO 527-3:2019: Materie plastiche - Determinazione delle caratteristiche a trazione;
- Il materiale deve avere una coesione col metallo e col calcestruzzo, garantendo uno strappo (jerk) secondo la norma UNI EN ISO 8339:2006: Sigillanti - Determinazione delle proprietà a trazione (Estensione a rottura);
- Densità dell'ordine di 1 g/cm³, secondo la norma UNI EN ISO 1183:2013: Materie plastiche Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari.

Il materiale di riempimento deve possedere proprietà viscoelastiche che permettano l'espulsione degli oggetti dopo il passaggio dei rulli del veicolo.

Tale materiale deve presentare in contemporanea due comportamenti meccanici: il comportamento elastico del solido, caratterizzato da un modulo di elasticità e il comportamento viscoso del liquido, che si manifesta con un ritardo di risposta e una perdita di energia a ogni ciclo di deformazione.

Gli urti e danneggiamenti del materiale possono essere prodotti da diverse sollecitazioni esterne. Occorre quindi impedire qualsiasi degradazione dello stato di superficie del profilo di riempimento, onde evitare le infiltrazioni di acqua, le ritenzioni di corpi estranei, ecc.

Il materiale di riempimento deve possedere le seguenti caratteristiche:

- Resistenza al consumo della superficie del profilo di riempimento 233 TWA, secondo la norma ISO 9352:2012;
- Modulo di taglio 2 Mpa, secondo la norma UNI EN ISO 527-1:2019;
- Resistenza al taglio 0,7 MPa, secondo la norma UNI EN ISO 527-1:2019;
- Resistenza alla lacerazione 8 N/mm, secondo la norma UNI ISO 34-1:2015.

La rotaia di guida garantisce in maniera sicura il ritorno di corrente, attirata dai veicoli verso le sottostazioni o tra veicoli stessi. In questo modo esistono delle tensioni tra la rotaia e il suolo, che potrebbero generare correnti vaganti; le regole di sicurezza elettrica impediscono l'utilizzo della terra come conduttore attivo per linee elettrificate con corrente continua, CEI EN 50122-2. I carrelli del Translohr sono equipaggiati con pattini di ritorno della corrente per realizzare questa funzione.

Tali condizioni implicano che il fissaggio della rotaia al suolo debba garantirne l'isolamento elettrico rispetto al suolo: la resistenza elettrica volumetrica del fissaggio della rotaia deve essere $\geq 10^6 \Omega.m$. Inoltre l'equipotenzialità è garantita tra le rotaie e le vie di corsa, essendo il sistema isolato da terra.

ART 7 PAVIMENTAZIONI STRADALI

Misto granulare stabilizzato per fondazione e/o sottofondazione

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL. Questa lavorazione si applica per strati di fondazione nelle Manutenzioni Straordinarie (MS) o Nuove Lavorazioni (NC) esclusivamente nei casi di strade di minore rilevanza e può essere impiegata anche per lavori di sottofondazione come ultimo strato del rilevato stradale. La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione. Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla DL.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite;
- c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4; compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento). Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 40 e 60 la DL richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma. Indice di portanza C.B.R. (CNR UNI

10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50, per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, salvo nel caso citato al comma d) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

Studio preliminare

L'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata. I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della DL in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo. Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello

strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180- 57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante tramite LWD (Light Weight Deflectometer) con valore min 80 Mpa secondo procedura di prova descritta all'art 1.4. La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Prove di portanza con piastra dinamica Tipo LWD

Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)" e andranno eseguite applicando uno sforzo di sollecitazione pari a circa 70 KPa mentre la durata dell'impulso di carico sarà pari a circa 30 msec.

Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 Kg con una altezza di caduta (distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm. Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra $\leq 3\%$.

Pur nel rispetto del limite di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati almeno 5 metri tra loro lo strato andrà riaddensato.

Le prove eseguite, salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra ed il modulo elastico che dovrà essere calcolato con la seguente espressione $E = f \cdot (1 - \lambda) \cdot \pi \cdot r / d_0$ con f

$\lambda = 2$, $\lambda_1 = 0,35$, $\lambda_2 =$ sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 KPa), $r = 150$ mm (raggio della piastra),

e $d_0 =$ deflessione misurata al centro piastra.

Fondazione stradale in misto cementato

Il misto cementato per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore finito di norma di 20 cm e comunque variabile secondo le indicazioni della DL.

Caratteristiche dei materiali da impiegare

INERTI

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 DL 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 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,063 mm.

L'aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare. La granulometria deve essere compresa nel seguente fuso ed avere andamento continuo ed uniforme.

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 933-1) non superiore al 30% in peso.
- Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) compreso fra 30 e 60.
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

LEGANTE

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325. A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

ACQUA

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (rilevabile con lo studio con pressa giratoria) con una variazione compresa entro + 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

Studio della miscela

L'Impresa dovrà proporre alla DL la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela. La percentuale di cemento e la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini realizzati mediante pressa giratoria con le seguenti caratteristiche a n° giri 180 con le seguenti caratteristiche.

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600±3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
Rit 25°C (MPa)	0,20 - 0,45	0,25-0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (MPa)	1,3 - 3,5	2,0- 5,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I parametri sopra descritti devono essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltrech  allo stabilire la curva ottimale.

La miscela di studio verr  preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua. I suddetti 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 + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo.

Per particolari casi   facolt  della DL accettare valori di resistenza a compressione anche fino a 0,70 MPa a 3gg e 0,90 Mpa a 7gg. Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densit  (misurabile sui provini giratoria a 180giri) e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

Modalit  esecutive

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. Gli impianti dovranno comunque garantire uniformit  di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sar  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 dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si far  uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate. La miscela verr  stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. La stesa verr  eseguita impiegando finitrici vibranti comunque dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale. Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in

ordine con le seguenti attrezzature: rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton; rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 ton. Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle 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 DL, potrà essere consentita la stesa a temperature diverse, mai superiori a 35 °C. Nel caso di stesa tra 25°C e 35°C sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno 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 una eccessiva evaporazione della miscela. Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 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 similare. 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 sarà 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 dovranno 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 e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa. Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1÷2 Kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto un successivo spargimento di sabbia.

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele. Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti percentuali fino al passante al setaccio 4 e di ± 2 punti percentuali per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 mc di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 94% della densità dei provini giratoria (miscela di progetto a 180 giri) nel 100% delle misure effettuate. La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'Appaltatore a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante. I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori: Maturazione Modulo elastico (Mpa) 4 ore 60 24 ore 200-600 3 F.

Fondazione in misto cementato

“Stabilizzazione a cemento o calce di esistente fondazione”. Il misto cementato per fondazione (sottobase) o sottofondazione con miscelazione in sito e inerente esclusivamente i lavori di manutenzione straordinaria (MS) e sarà costituito da una miscela di inerti costituenti la preesistente fondazione in misto granulare da miscelare in sito, mediante idonei miscelatori (pulvimixer), dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore di norma di cm. 20-25 e comunque variabile secondo le indicazioni della DL (ma comunque non superiore a 30 cm).

L'impiego della calce è previsto per lavorazioni che interessano strati posti sotto la fondazione inquinati da argille, in casi particolari (su approvazione della DL) sarà possibile usare entrambi i leganti (cemento e calce) pur nei limiti indicati al punto 3.1.2 Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

Caratteristiche dei materiali

INERTI

Nel caso di miscelazione della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille), in presenza delle quali comunque l'indice di plasticità (CNR UNI 10.014) dovrà essere comunque inferiore a 10.

La granulometria (UNI EN 933-1) dovrà rientrare nel fuso seguente:

setacci UNI	(mm)	Fuso (passante %)
setaccio	63	100-100
setaccio	40	84-100
setaccio	20	70-92
setaccio	14	60-85
setaccio	8	46-72
setaccio	4	30-56
setaccio	2	24-44
setaccio	0.25	8-20
setaccio	0.063	6-12

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la DL potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto e per un massimo del 20% in peso del totale della miscela. Nel caso di impiego totale di misto granulare nuovo di apporto la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI-EN1097-2) non superiore a 30% in peso; il materiale dovrà risultare non plastico (N.D.).

LEGANTE

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325. A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti, è consentito l'impiego di calce idrata.

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche. L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi. Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

Studio della miscela

Prima delle lavorazioni si deve prevedere almeno un saggio di almeno 150 kg su cui effettuare uno studio da realizzare con provini giratoria per stabilire le percentuali di cemento /calce e acqua ottime ed eventuali integrazioni. Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento/calce e umidità ottima si dovranno realizzare provini con pressa giratoria a n° giri 180.

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura. I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento/calce e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione. A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (vedi modalità descritte sopra).

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta a 3 o 7 gg Dallo studio si potrà evidenziare anche la necessità di integrare la miscela da riciclare con eventuali aggregati di integrazione.

Modalità esecutive

La demolizione degli strati legati a bitume dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla DL e che comunque non dovrà essere inferiore, là dove possibile, a 4,5 m alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti di strisciata dei vari strati, gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,0 m.

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazioni in misto granulare o stabilizzato molto compromesse per la presenza di sostanze argillose od altro, si procederà, dietro preciso ordine della DL alla loro demolizione ed asportazione; la ricostruzione dello strato sarà effettuata mediante la stabilizzazione a cemento con aggregati interamente di integrazione. Il cemento verrà distribuito sul materiale da stabilizzare in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla DL in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 20 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo.

La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C. Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18°C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente. Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della DL. Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento. Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione

dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e di risagomatura; dovranno comunque essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della DL, da una eventuale ulteriore umidificazione e dovrà essere realizzato in ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota;
- rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton. Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di $1 \div 2 \text{ Kg/m}^2$, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto a successivo spargimento di sabbia. Considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito. Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni: - verifica della granulometria - verifica della % di umidità;
- verifica della % di cemento/calce che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità.

ART 8 SOVRASTRUTTURA STRADALE

Per le terminologie e le definizioni relative alle pavimentazioni ed ai materiali stradali si fa riferimento alle norme tecniche del C.N.R. - B.U. n.169 del 1994. Le parti del corpo stradale sono così suddivise:

a) sottofondo (terreno naturale in sito o sull'ultimo strato del rilevato): b) sovrastruttura, così composta:

1. fondazione,
2. base,
3. strato superficiale (collegamento e usura).

In linea generale, salvo diversa disposizione della Direzione dei lavori, la sagoma stradale per tratti in rettilo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del $1,5\pm 2,0\%$, raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di $0,50$. Alle banchine sarà invece assegnata la pendenza trasversale del $2,0\div 5,0\%$. Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con pendenza che la Direzione dei lavori stabilirà in relazione al raggio della curva e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettili o altre curve precedenti e seguenti. Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dalla Direzione dei lavori, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio. L'impresa indicherà alla Direzione dei lavori i materiali, le terre e la loro provenienza, e le granulometrie che intende impiegare strato per strato, in conformità degli articoli che seguono. La Direzione dei lavori ordinerà prove su detti materiali, o su altri di sua scelta, presso Laboratori ufficiali di fiducia dell'Amministrazione appaltante. Per il controllo delle caratteristiche tali prove verranno ripetute sistematicamente, durante l'esecuzione dei lavori, nei laboratori di cantiere o presso gli stessi Laboratori ufficiali.

L'approvazione della Direzione dei lavori circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita del lavoro.

L'impresa avrà cura di garantire la costanza nella massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente disposto dagli articoli che seguono, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 0,3 mm, controllata a mezzo di un regolo lungo in 4,00 disposto secondo due direzioni ortogonali.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre alla usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti. Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

A) Strati di fondazione

Lo strato di fondazione sarà costituito dalla miscela conforme alle prescrizioni del presente Capitolato e comunque dovrà essere preventivamente approvato dalla Direzione dei lavori e dovrà essere steso in strati successivi dello spessore stabilito dalla Direzione dei lavori in relazione alla capacità costipante delle attrezzature di costipamento usate.

Gli strati dovranno essere costipati con attrezzature idonee al tipo di materiale impiegato ed approvato dalla Direzione dei lavori, tali da arrivare ai gradi di costipamento prescritti dalle indicazioni successive.

Il costipamento dovrà interessare la totale altezza dello strato che dovrà essere portato alla densità stabilita di volta in volta dalla Direzione dei lavori in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura da laboratorio usata ed in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura di cantiere impiegato. Durante la fase di costipamento la quantità di acqua aggiunta, per arrivare ai valori ottimali di umidità della miscela, dovrà tenere conto delle perdite per evaporazione causa vento, sole, calore ed altro. L'acqua da impiegare dovrà essere esente da materie organiche e da sostanze nocive.

Si darà inizio ai lavori soltanto quando le condizioni di umidità siano tali da non produrre danni alla qualità dello strato stabilizzante. La costruzione sarà sospesa quando la temperatura sia inferiore a 3 °C.

Qualsiasi zona o parte della fondazione, che sia stata danneggiata per effetto del gelo, della temperatura o di altre condizioni (l'umidità durante qualsiasi fase della costruzione, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità delle prescrizioni della Direzione dei lavori, senza che questa abbia a riconoscere alcun compenso aggiuntivo.

La superficie di ciascuno strato dovrà essere rifinita secondo le inclinazioni, le livellette e le curvature previste dal progetto e dovrà risultare liscia e libera da buche e irregolarità.

A1) fondazione in misto granulare a stabilizzazione meccanica con legante naturale

Tale fondazione è costituita da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,4 UNI.

L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato, scorie od anche altro materiale; potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure miscela di materiali aventi provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione dei lavori in relazione alla portata del sottofondo; la stesa avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10.

Caratteristiche del materiale da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- 1) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 75 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 2) granulometria compresa nei seguenti fusi e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNi.	Miscela passante: % totale in peso $\leq 71\text{mm}$	Miscela passante: % totale un peso Q max 30 mm
Crivello 71	100	100
Crivello 30	70 + 100	100
Crivello 15	50~80	70+100
Crivello 10	30 + 70	50÷ 85
Crivello 5	23 e 55	35 + 65
Setaccio 2	15 + 40	25÷50
Setaccio 0,42	8÷25	15÷30
Setaccio 0,075	2 + 15	5 + IS

- 3) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- 4) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;
- 5) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65. Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato dalla Direzione lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo punto 6);
- 6) indice di portanza CER (C.N.R. — U.N.I 10009— Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra), dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al Crivello 25) non minore di SO. E inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento;
- 7) limite di liquidità $\leq 25\%$, limite di plasticità ≥ 19 , indice di plasticità ≤ 6 . Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1), 2), 4), 5), salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

Studi preliminari

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla Direzione lavori mediante prove di laboratorio sui campioni che l'impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata. I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli dalla Direzione lavori in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo effettuato il costipamento.

Modalità operative

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivo spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostruito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi, l'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASRO modificata:

percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40%. In tal caso nella stessa formula, al termine Z, dovrà essere dato il valore di 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso di trattenuto al crivello da 25 mm,).

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Stillo strato di fondazione, compattato in conformità delle prescrizioni avanti indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, tra le due fasi di lavori un intervallo di tempo troppo lungo, che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato. Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento, di esportazione e di disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere o dagli agenti atmosferici; nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni. sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione oppure eseguire analoghi trattamenti protettivi

A2) Fondazione in misto cementato

Gli strati in misto cementato per fondazione o per base sono costituiti da un misto granulare di ghiaia (o pietrisco e sabbia impastato con cemento e acqua in impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a peso o a volume. Gli strati in oggetto avranno lo spessore che sarà prescritto dalla Direzione dei lavori.

Comunque si dovranno stendere strati il cui spessore finito non risulti superiore a 20cm o inferiore a 10 cm,

Caratteristiche del materiale da impiegare

Inerti

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava o di fiume con percentuale di frantumato complessivo compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli inerti (la Di. potrà permettere l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione ed a trazione a 7 giorni; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,075 mm) aventi i seguenti requisiti:

- 1) l'aggregato deve avere dimensioni non superiori a 40 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 2) granulometria, a titolo orientativo, compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI.	Miscela passante: % totale in peso
<i>Crivello 40</i>	<i>100</i>
<i>Crivello 30</i>	<i>80 - 100</i>
<i>Crivello 25</i>	<i>70 - 95</i>
<i>Crivello 15</i>	<i>45 - 70</i>
<i>Crivello 10</i>	<i>35 - 60</i>
<i>Crivello 5</i>	<i>25 - 50</i>
<i>Setaccio 2</i>	<i>20 - 40</i>
<i>Setaccio 0,4</i>	<i>6 - 20</i>
<i>Setaccio 0,18</i>	<i>4 - 14</i>
<i>Setaccio 0,075</i>	<i>4 - 8</i>

3) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 -AASHO T 96, inferiore o uguale al 30%;

4) equivalente in sabbia compreso tra 30 e 60; 5) indice di plasticità non determinabile (materiale non plastico).

L'impresa, dopo avere eseguito prove in laboratorio, dovrà proporre alla Direzione dei lavori la composizione da adottare e successivamente l'osservanza della granulometria dovrà essere assicurata con controlli giornalieri.

Verrà ammessa una tolleranza di + 5% fino al passante al crivello 5 e di 2% per il passante al setaccio 2 e inferiori.

Legante

Verrà impiegato cemento di tipo normale (Portland, pozzolanico, d'alto forno).

A titolo indicativo la percentuale di cemento in peso sarà compresa tra il 3% e il 6% sul peso degli inerti asciutti.

Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, olii, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro + 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

In modo indicativo il quantitativo d'acqua si può considerare pari tra il 5% e il 7%.

Miscela - Prove di laboratorio e in sito

La percentuale esatta di cemento, come pure la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza appresso indicate.

Resistenza

Verrà eseguita la prova di resistenza a compressione ed a trazione sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (CNR. UNI. 10009) impiegati senza disco spaziatore

(altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno 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 dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello U.N.I.

25 mm (o setaccio ASTM 3/4") allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO T 180 e a 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello mm 50,8 peso pestello Kg 4,54, altezza di caduta cm 45,7).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20⁰C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 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 confezionati come sopra detto dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 2,5 N/mm² e non superiori a 4,5 N/mm² ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" non inferiore a 0,25 N/mm² (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 + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelte la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

Preparazione

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o a volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre assortimenti, il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1500 m³ di miscela.

Posa in opera

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli lisci vibranti o rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati) tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere

Prova di costipamento

La stesa della miscela non dovrà di nonna essere eseguita con temperature ambienti inferiori a 0 °C e superiori a 25 °C né sotto pioggia. Potrà tuttavia essere consentita la stesa a temperature comprese tra i 25 °C e i 30 °C. In questo caso, però, sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di miscelazione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa dello strato di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15 °C - 18 °C ed umidità relative del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; 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 una eccessiva evaporazione del getto.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1 - 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali di ripresa, che andranno protetti con fogli di polistirolo espanso (o materiale similare) conservati umidi. Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola, e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa del getto; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa del getto, provvedere a tagliare l'ultima parte del getto precedente, in modo che si ottenga una parete verticale per tutto lo spessore dello strato.

Non saranno eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere sarà ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'impresa.

Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di rifinitura, dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa in ragione di 1-2 Kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto ed il successivo spargimento di sabbia.

Norme di controllo delle lavorazioni e di accettazione

La densità in sito dovrà essere maggiore o uguale al 98% della densità di progetto. Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con cadenza giornaliera (almeno una

prova per giornata lavorativa) prelevando il materiale durante la stesa ovvero prima dell'indurimento; la densità in sito si effettuerà mediante i normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm.

Ciò potrà essere ottenuto attraverso l'applicazione della formula di trasformazione di cui al precedente "modalità operative" del paragrafo "Fondazione in misto granulare a stabilizzazione meccanica", oppure attraverso una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura col volumometro. La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento, per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso. Il controllo della densità potrà anche essere effettuato sullo strato finito (almeno con .15~20 giorni di stagionatura), i provini estratti da quest'ultimo tramite carotatrice; la densità secca ricavata come rapporto tra il peso della carota essiccata in stufa a 105 ± 110 °C fino al peso costante ed il suo volume ricavato per mezzo di pesata idrostatica previa paraffinatura del provino, in questo caso la densità dovrà risultare non inferiore al 100% della densità di progetto.

Nel corso delle prove di densità verrà anche determinata l'umidità della miscela, che, per i prelievi effettuati alla stesa, non dovrà eccedere le tolleranze indicate al punto b) del presente articolo.

La resistenza a compressione ed a trazione verrà controllata su provini confezionati e stagionati in maniera del tutto simile a quelli di studio preparati in laboratorio, prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo, nella quantità necessaria per il confezionamento dei sei provini (tre per le rotture a compressione e tre per quelle a trazione) previa la vagliatura al crivello da 25 mm. Questo prelievo dovrà essere effettuato almeno ogni 1500 m di materiale costipato.

La resistenza a 7 giorni di ciascun provino, preparato con la miscela stesa, non dovrà discostarsi da quella di riferimento preventivamente determinato in laboratorio di oltre +

20%; comunque non dovrà mai essere inferiore a $2,5 \text{ N/mm}^2$ per la compressione e $0,25 \text{ N/mm}^2$ per la trazione. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, e tale scostamento non potrà essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito il ricarico superficiale e l'impresa dovrà rimuovere a sua totale cura e spese lo strato per il suo intero spessore.

A3) Fondazione stradale in pozzolana stabilizzata con calce idrata

Per l'esecuzione ditale sovrastruttura i lavori dovranno svolgersi nel seguente modo: prima di spargere la calce idrata, lo strato di pozzolana dovrà essere conformato secondo le sagome definitive trasversali e longitudinali di progetto.

La calce idrata dovrà, essere distribuita uniformemente nella qualità che sarà precisata, di volta in volta, dalla D.L. in rapporto alle prove sulla miscela che saranno eseguite secondo le modalità di seguito precisate. In ogni caso la quantità di calce idrata non potrà essere inferiore a 100 Kg per mc di pozzolana.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità necessaria con barre spruzzatrici a pressione e uniformemente incorporata nella miscela nelle quantità richieste per ottenere l'umidità specificata dalla D.L. in base sempre ai risultati delle suddette prove.

Ad avvenuta uniforme miscelazione della pozzolana acqua-calce idrata, l'impasto dovrà essere immediatamente costipato fino al raggiungimento della densità indicata dalla Direzione dei Lavori.

La miscela dovrà essere mantenuta umida con aggiunta di acqua nella quantità necessaria a sopperire le perdite verificatesi durante la lavorazione, ed infine lo strato sarà rifinito secondo gli ordini che di volta in volta verranno impartiti dalla D.L.

Dopo che la soprastruttura di pozzolana e calce sarà ultimata, dovrà essere immediatamente protetta la superficie per un periodo di almeno 20 giorni con sabbia o con stuoie onde evitare perdite di contenuto di umidità nella miscela.

Il macchinario da impiegare dovrà essere in buone condizioni d'uso e dovrà avere l'approvazione della D.L.

La calce dovrà essere consegnata in sacchi sigillati portanti scritto il marchio di fabbrica della cementeria e dovrà avere i requisiti prescritti dal R.D. 16.11.1939, numero 2231.

In ogni caso dovrà essere accettata dalla D.L. a suo giudizio insindacabile.

La calce idrata dovrà essere depositata in luoghi asciutti a riparo dalle piogge e dalle intemperie. Tutta la calce che per qualsiasi ragione risulterà parzialmente deteriorata o conterrà impurità sarà rifiutata.

L'acqua da impiegarsi dovrà essere esente da impurità dannose, da acidi, alcali, materie organiche e qualsiasi altra sostanza nociva.

- L'attrezzatura di cantiere dovrà assicurare che lo spargimento della calce idrata venga effettuato con una precisione che non vari col variare delle condizioni della superficie del terreno su cui si opera e dovranno assicurare una distribuzione uniforme delle quantità teoriche richieste per mq.

I lavori di spargitura della calce idrata potranno essere eseguiti soltanto quando le condizioni di temperatura dell'aria ambiente siano superiori a quattro gradi centigradi, il tempo non sia piovoso o molto nebbioso e si prevedano imminenti piogge.

La calce idrata dovrà essere sparsa solamente su quella parte del terreno che si preveda di completare entro le ore di luce dello stesso giorno; nessun macchinario, eccetto quello usato per miscelare, potrà attraversare la zona in cui è stata sparsa di fresco la calce idrata fino a quando questa non sia stata miscelata con la pozzolana.

- La percentuale di umidità della miscela, sulla base del peso secco, non dovrà essere inferiore all'ottimo indicato dalla D.L. e con l'uso di apparati speciali per la determinazione rapida dell'umidità.

Sarà responsabilità dell'appaltatore di raggiungere l'appropriata quantità di acqua alla miscela. La miscela sciolta dovrà essere uniformemente costipata con le attrezzature approvate dalla D.L. fino al raggiungimento della densità ottima (fino al 98% AASHO Mod.).

La velocità di operazione e conseguentemente il numero dei metri costipati dovrà essere tale che il materiale precedentemente miscelato venga costipato per tutta la larghezza prevista e per la profondità prestabilita prima del tempo di inizio della presa della miscela.

Alla fine della giornata o, in ogni caso, a ciascuna della interruzione delle operazioni di lavori, dovrà essere posta una traversa in testata in modo che la parte terminale della miscela risulti soddisfacentemente costipata e livellata.

Il traffico potrà essere aperto solo dopo almeno 20 giorni.

L'Impresa potrà attrezzare in loco, a sua cura e spese un laboratorio da campo in modo da mettere la Direzione Lavori in condizioni di poter eseguire eventuali analisi che essa Direzione Lavori dovesse richiedere, con specifico riguardo alle prove con apparato triassiale; presso il laboratorio dell'impresa o presso quel laboratorio a cui la Impresa affida l'esecuzione delle analisi; l'efficienza e l'idoneità di tale laboratorio dell'impresa saranno accertate insindacabilmente dalla Direzione, Lavori che potrà comunque far eseguire qualsiasi numero di prove presso laboratori ufficiali.

La pozzolana da usarsi dovrà essere esente da materie organiche e vegetali e dovrà essere di caratteristiche tali da dare una densità massima di laboratorio superiore a 1.5.

Dovranno essere eseguite prove di stabilità su miscela di calce idrata e del particolare tipo di pozzolana impiegata tutte le volte che la Direzione Lavori crederà opportuno presso i Laboratori Ufficiali ed in ogni caso almeno uno ogni 5000 mq di strada trattata.

Le prove saranno eseguite con il metodo della compressione triassiale (oppure compressione semplice) e non verranno accettate quelle miscele per le quali la linea di involuppo dei relativi cerchi di MOHR sia sottostante a quella avente una inclinazione di 45 gradi sull'orizzonte ed intersecante l'asse delle ordinate nel punto corrispondente a 3 Kg/cm².

La fondazione stradale su descritta sarà valutata con il prezzo corrispondente all'art. S./23 della Tariffa a stampa del Comune di Roma Ediz. 1988, intendendosi in tale prezzo compensato ogni onere relativo alla fornitura dei materiali ed alla loro posa in opera secondo le caratteristiche e le modalità su descritte.

B) Conglomerati bituminosi a caldo per strati di base collegamento e usura

I conglomerati bituminosi sono costituiti da miscele di inerti (o aggregati), impastate a caldo, con legante bituminoso semisolido previo riscaldamento degli aggregati.

Gli aggregati possono essere nuovi, di frantumazione artificiale, integrati da frazioni (nelle percentuali massime indicate per ciascun tipo di strato) di materiale fresato da precedenti pavimentazioni, assortite granulometricamente (pietrischetti, graniglie sabbie e filler).

I conglomerati bituminosi sono posti in opera mediante macchina vibrofinitrice e successivamente costipati.

Prescrizioni per i materiali

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei.

Gli elementi litoidi dovranno possedere un indice di forma specificato nelle prescrizioni di ciascun strato.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi (>2 mm), dagli aggregati fini (2 – 0,075 mm) e dai filler (<0,075 mm, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree, o costituiti da cemento, calce idrata, polvere d'asfalto, caratterizzati da un indice di plasticità =N.P., secondo la norma CNR UNI 10.014).

Leganti bituminosi

I leganti bituminosi semisolidi per uso stradale sono costituiti o da bitumi tradizionali o da bitumi modificati; dovranno essere usati nelle percentuali, in massa dell'aggregato, specificate per ciascuno degli strati in conglomerato bituminoso della sovrastruttura stradale.

I requisiti di accettazione e le prove sono definiti negli artt. concernenti i bitumi tradizionali e quelli modificati.

Prescrizioni per la formazione e confezione delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Ogni impianto deve assicurare il perfetto essiccamento degli aggregati, il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta per il raggiungimento della viscosità necessaria fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio del bitume e del filler.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

Per i conglomerati migliorati, utilizzando bitume modificato, la temperatura degli aggregati, all'atto della miscelazione, deve essere compresa tra i 160° e 180° C, e quella del legante tra 170° e 190° C, salvo diverse disposizioni dell'A.C., in rapporto al tipo di bitume e polimero impiegati. Nel caso di utilizzazione di bitumi di provenienza visbreaking, le temperature degli inerti e del bitume dovranno opportunamente essere abbassate di 10-30 ° C rispetto alle temperature sopra indicate per i bitumi tradizionali. In tale caso, dovrà essere osservata la massima cura per garantire ugualmente l'essiccamento degli inerti, trattati a tali minori temperature.

Attivanti l'adesione ("dopes") per i conglomerati bituminosi

Nella confezione dei conglomerati bituminosi degli strati realizzati con materiali idrofili, specialmente se costituenti lo strato di usura, saranno impiegate, miscelate al bitume in impianto, speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume- aggregato, compensate nei prezzi. Tali sostanze non dovranno essere impiegate negli strati confezionati con aggregati idrofobi (ad es. calcari), in grado di consentire e conservare la perfetta adesione bitume- aggregato anche in presenza di acqua.

I tipi di attivante, i dosaggi e le tecniche di impiego devono ottenere il preventivo benestare dell'A.C.

L'immissione delle sostanze attivanti l'adesione nel bitume deve avvenire in impianto ed essere realizzata in modo da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

Posa in opera dei conglomerati bituminosi

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata mediante macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dall'A.C. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente, possibilmente con l'impiego di due finitrici con analoghe caratteristiche.

Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata possibilmente deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica 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 devono essere sempre realizzati previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato, dall'impianto di confezione al cantiere di stesa, deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci; la temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la

finitrice, deve risultare, in ogni condizione, non inferiore a 135° C, per i conglomerati tradizionali, e non inferiore ai 170°C, per i conglomerati migliorati a base di bitumi modificati. Nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia stato confezionato con bitume di provenienza visbreaking, la temperatura, dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 125° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni metereologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

Il costipamento dei conglomerati deve iniziare immediatamente dopo la stesa della vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Esso sarà realizzato con rulli di peso opportuno in modo da consentire il prescritto grado di costipamento. Al termine del costipamento, gli strati di base, collegamento e usura devono presentare, in tutto il loro spessore, un grado di costipamento non inferiore al 97%, con riferimento alla massa volumica dei provini Marshall relativi al periodo di lavorazione controllato all'impianto.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 metri, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascun strato, deve aderirvi uniformemente; potrà essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Per lo strato di base, la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione soltanto dopo che sia stata accertata dall'A.C. la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, grado di costipamento e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato, per garantirne l'ancoraggio, deve essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Se la stesa del conglomerato avviene in doppio strato, tra di essi deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 kg/mq.

Controllo dei requisiti di accettazione dei conglomerati bituminosi

L'Impresa ha l'obbligo di far eseguire prove di controllo di idoneità dei campioni di aggregato e di bitume per la relativa accettazione da parte dell'A.C. , alla quale l'impresa è tenuta a presentare, per il controllo della idoneità, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato dall'A.C. lo studio di progetto e la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'impresa deve attenersi scrupolosamente, comprovandone l'osservanza con controlli sperimentali, presso laboratori specializzati, secondo la frequenza stabilita dall'A.C. e comunque non inferiore ad un prelievo per ogni due giorni di lavorazione consecutiva.

Nella curva granulometrica non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali di aggregato grosso (>2 mm) di ± 5 per lo strato e ± 3 per gli strati di binder e di usura.

Per gli strati di base, di collegamento e di usura, non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm) di $\pm 2\%$; per il passante al setaccio UNI 0,0075 mm (filler) di $\pm 1,5\%$.

Per la percentuale di bitume, non deve essere tollerato uno scostamento da quello di progetto di $\pm 0,25\%$.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate sia all'impianto, sia all'atto della stesa, come pure dall'esame dei campioni prelevati in sito mediante carotaggio, tenuto conto, per questi ultimi, della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Per quanto sopra specificato, dovranno essere effettuati:

la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale di bitume);

la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito, in opera (massa volumica, percentuale dei vuoti, grado di costipamento di ciascun strato);

la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato che si pone in opera (massa volumica, stabilità e scorrimento Marshall).

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni, l'A.C. potrà effettuare, a sua discrezione, tutte le verifiche.

Modalità di esecuzione dei provini Marshall

Per gli strati di base, binder e usura (e per il binderone), i provini di conglomerato bituminoso devono essere confezionati con materiale prelevato direttamente dall'impianto di produzione del conglomerato o alla stesa, presso la finitrice, ed immediatamente costipato: per i bitumi tradizionali, alla temperatura prescritta al punto 3.3 della norma CNR 30/73; per i bitumi modificati, alla temperatura non inferiore ai 180°C.

In ogni caso i provini Marshall dovranno essere confezionati senza alcun ulteriore riscaldamento, rispetto a quello che è stato necessario per la preparazione della miscela. I valori di stabilità e scorrimento Marshall ottenuti da provini ricostituiti in laboratorio, mediante riscaldamento del conglomerato prelevato in cantiere e lasciato raffreddare non possono essere considerati significativi. Il confezionamento di provini Marshall mediante secondo riscaldamento potrà essere soltanto indicativo per la determinazione della massa volumica ed il controllo del grado di costipamento del conglomerato in opera, qual'ora non si sia proceduto alla confezione di provini Marshall durante le operazioni di stesa.

Così pure non potranno essere presi in considerazione, perché assolutamente privi di significato, i valori della stabilità Marshall eseguita su carote prelevate dalla pavimentazione.

B1) Bitumi Tradizionali di base

Sono miscele di idrocarburi e loro derivati organici, derivati dal petrolio, completamente solubili in solfuro di carbonio, dotati di capacità legante.

Salvo diversa prescrizione dovranno essere usati bitumi tradizionali (di base) caratterizzati da penetrazione 50 -70.

Requisiti di accettazione

Sono indicati nella tabella seguente; le percentuali, rispetto alla massa dell'aggregato, sono specifiche per ciascuno degli strati in conglomerato bituminoso della sovrastruttura stradale.

Tabella: specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70

Caratteristica	Metodo	Unità di misura	Min – max	Valore	Corrisp. CNR
Penetrazione a 25°C	EN 1426	mm/ 10		50- 70	24/71
Rammollimento	EN 1427	°C		46- 54	35/73
Indice di penetrazione			Min	-1	
Punto di rottura Fraass	EN 12593	°C	Max	-8	43/74
Punto di infiammabilità	EN 22592	°C	Min	230	72/79
Solubilità	EN 12592	%	Min	99	48/75
Viscosità dinamica a 60°C	ASTM D 4402	mPa- s	Min	1450 00	
Resistenza all'invecchiamento	EN 12607- 1 (RTFOT)				54/77
Penetrazione residua		%	Min	50	
Incremento P&A		°C	max	10	

Prove

Le Caratteristiche del bitume dovranno essere rilevate su campioni prelevati direttamente dalle cisterne o dai serbatoi di stoccaggio.

Le verifiche indicate in grassetto nella tabella sono considerate prioritarie.

B2) Bitumi modificati

Sono costituiti da bitumi semisolidi contenenti additivi polimerici (elastomeri e/o plastomeri) prodotti in impianti dotati di idonei dispositivi di miscelazione.

Requisiti di accettazione

Il fornitore di bitume modificato deve certificare i valori dei seguenti parametri:

- dispersione del polimero (ad es. mediante microspia, prova EN 13632);
- solubilità, usando l'adatto solvente indicato dal fornitore stesso;
- temperatura di uso (minima T di stoccaggio e pompaggio, min e max T di miscelazione).

All'impianto si provvederà alla necessaria integrazione del legante e delle sostanze rigeneranti, al fine di conferire al legante finale le caratteristiche richieste.

Le percentuali, rispetto alla massa dell'aggregato, sono specificate per ciascuno degli strati in conglomerato bituminoso della sovrastruttura stradale.

Se non diversamente prescritto, i bitumi modificati per le applicazioni stradali devono possedere i requisiti indicati nella tabella seguente. La classe B riguarda le applicazioni tradizionali (conglomerati migliorati); la classe A è per drenanti e fono assorbenti, conglomerati chiusi ad alte prestazioni, manti ultrasottili.

Tabella: specifiche tecniche del bitume tradizionale BM 50-70

Caratteristica	Metodo	U.M.	Min-max	Classe A 50-70 P&A=> 65	Classe A 50-70 P&A=> 60	Altre norme di riferimento
Penetrazione a 25°C	EN 1426	mm /10		50-70	50-70	
Rammollimento (P&A)	EN 1427	°C	M in	65	60	
Punto di rottura Fraass	EN 12593	°C	M ax	-15	-12	
Punto di infiammabilità	EN 22592	°C	M in	230	230	
Viscosità dinamica a 160°C	ASTM 4402	mP a-s	M in	400	300	
Ritorno elastico	EN 13398	%	M in	75	50	DIN 52013
Stabilità allo stoccaggio	EN 13399					
Differenza P&A		°C	M ax	5	5	
Resistenza all'invecchiamento	EN 12607-1 (RTFOT)					
Penetrazione Residua		%	M in	60	60	
Incremento P&A		°C		0/5	0/5	

Prove

Le caratteristiche del bitume dovranno essere rilevate su campioni prelevati direttamente dalle cisterne o dai serbatoi di stoccaggio.

Il bitume sarà riconosciuto come modificato solo se siano raggiunti tutti i parametri minimi, nessuno escluso, indicati nella tabella n. 3.

B3) Strato di base in conglomerato bituminoso

Nella miscela di aggregati dello strato di base l'A.C. potrà autorizzare l'uso di inerti non frantumati in una percentuale massima del 35% in massa degli aggregati (per "non frantumato" s'intende un elemento litico che abbia anche una sola faccia arrotondata).

Per la costruzione della miscela, potrà altresì essere impiegato materiale fresato da qualsiasi precedente strato bituminato di pavimentazioni stradali, purché in quantità non superiore al 35% della massa totale della miscela di conglomerato.

Prove

Le prove riguarderanno :l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidezza Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, deve dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 121/87).

B4) Strato di collegamento (Binder) in conglomerato Bituminoso

Nella miscela dello strato di collegamento non potranno essere utilizzati inerti non frantumati in quantità superiore al 10% in massa degli aggregati (per "non frantumati" s'intende un elemento litico che abbia anche una sola faccia arrotondata).

Per la costruzione della miscela potrà essere impiegato materiale fresato da precedenti strati di manto di pavimentazioni stradali, purché in quantità non superiore al 15% della massa totale della miscela di conglomerato. In tale caso all'impianto dovrà provvedersi alla

necessaria integrazione del legante e delle sostanze rigeneranti, al fine di conferire al legante finale le caratteristiche richieste dall' A.C.

Tabella: aggreganti, bitumi, conglomerato per lo strato di collegamento

Aggregati						
Caratteristica			Valore		Riferimento	
Perdita in massa alla prova Los Angeles			=>25 % in massa		CNR 34/73	
Sensibilità al gelo			=<30		CNR 80/80	
Porosità			=<1.5%		CNR 65/78	
Spogliamento in acqua a 40°C, con eventuale impiego di "dope" d'adesione			=<5%		CNR 138/92	
Aggregato frantumato			=> 90% in massa dell'insieme degli inerti			
Indice di forma dei grani della miscela di inerti			=<25		CNR 95/84	
Gli aggregati dovranno avere una composizione granulometrica compresa nel fuso sotto indicato, con andamento continuo, concorde con quello delle curve limiti.						
Setaccio mm	criv	Passante tot in massa %		Setaccio mm	criv	Passante tot in massa %
20	25	100		0.4		10-20
12.5	15	65-85		0.18		5-15
8	10	55-75		0.075		5-9
4	5	35-55		0.075		4-8
2		25-38				
Bitume						
Percentuale riferita alla massa totale degli inerti =>4.5 %						

<i>Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70</i>			
<i>Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche dei bitumi modificati BM 50-70</i>			
Conglomerato			
<i>Percentuale riferita alla massa totale degli inerti 4.5 – 5.2 %</i>			
Prova	Bitume tradizionale	Bitume modificato	Riferimento
<i>Stabilità Marshall</i>	<i>>1000 daN</i>	<i>>1100 da N</i>	<i>CNR 30/73</i>
<i>Rigidezza Marshall</i>	<i>300 – 450 da N/mm</i>	<i>350 – 450 da N/mm</i>	
<i>Percentuale di vuoti residui</i>	<i>4 – 6 %</i>	<i>4 – 6 %</i>	<i>CNR 39/73</i>

Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidezza Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, deve avere un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 121/87).

B5) Strato di base e collegamento ("binderone") in conglomerato bituminoso

Nella miscela dello strato di base e collegamento dovranno essere utilizzati inerti frantumati di pezzatura non superiore a 25 mm.

Potrà essere impiegato materiale fresato da precedenti strati di manto di pavimentazioni stradali in quantità non superiore al 15% della massa totale della miscela di conglomerato.

In tale caso, all'impianto dovrà provvedersi alla necessaria integrazione del legante e delle sostanze rigeneranti, al fine di conferire al legante finale le caratteristiche richieste.

Per il binderone miscelato a caldo con bitume modificato la stesa deve avvenire ad una temperatura superiore di circa 20°C rispetto alla temperatura del conglomerato tradizionale.

Tabella: aggregati, bitumi, conglomerato per lo strato di base e collegamento (binderone)

Aggregati			
Caratteristica	valore		Riferimento
<i>Perdita in massa alla prova Los Angeles</i>	<i>=< 25% in massa</i>		<i>CNR 34/73</i>
<i>Gli aggregati dovranno avere una composizione granulometrica compresa nel fuso concordato</i>			
Bitume			
<i>Percentuale riferita alla massa degli inerti: 4,5 e il 4%</i>			
<i>Specifiche tecniche vedasi tabella: specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70</i>			
<i>Specifiche tecniche vedasi tabella: Specifiche tecniche dei bitumi modificati BM 50-70</i>			
Conglomerato			
<i>Percentuale riferita alla massa totale degli inerti:4.5 -5%</i>			
Prova	Bitume tradizionale	Bitume modificato	Riferimento
<i>Stabilità Marshall</i>	<i>> 1000 da N</i>	<i>> 1100 da N</i>	<i>CNR 30/43</i>
<i>Rigidezza Marshall</i>	<i>300 – 450 da N/mm</i>	<i>350 – 450 da N/mm</i>	
<i>Percentuale di vuoti residui</i>	<i>4 – 6%</i>	<i>4 – 6%</i>	<i>CNR 39/73</i>

Prove

Le prove riguarderanno : l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidezza Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua tradizionale per 15 giorni, deve dare un valore di Stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 121/87).

B6) Strato di usura in conglomerato bituminoso Prescrizioni

Nella miscela dello strato di usura non potranno assolutamente essere utilizzati inerti non frantumati (per "non frantumato" s'intende un elemento litico che abbia anche una sola faccia arrotondata).

La quantità di frantumato, per l'aggregato grosso (> 2 mm), deve essere =100% della massa degli aggregati.

La sabbia dovrà essere costituita da sabbia di frantumazione artificiale almeno per il 90% dell'insieme della frazione sabbiosa.

Tabella: aggreganti, bitumi, conglomerato per lo strato di usura

Aggregati		
Caratteristica	Valore	Riferimento
Perdita in massa alla prova Los Angeles	=> 18% in massa	CNR 34/73
Levigabilità accelerata	>0.43	CNR 140/92
Sensibilità al gelo	=<30	CNR 80/80
Porosità	=<1.5%	CNR 65/78
Spogliamento in acqua a 40°C, con eventuale impiego di "dope" d'adesione	0%	CNR 138/92
Aggregato frantumato, per l'aggregato grosso (> 2mm)	= 100% della massa degli aggregati	
Sabbia di frantumazione artificiale	=>90% dell'insieme della frazione sabbiosa	
Indice di forma dei grani della miscela di inerti	=<25	CNR 95/84

Gli aggregati dovranno avere una composizione granulometrica compresa rispettivamente nel fuso A o nel fuso B(sotto indicati)se lo spessore finito previsto è compreso tra 4 e 6 cm, oppure di 3 cm.						
Setaccio mm	criv	Passante tot in massa %		Setaccio mm	Passante tot in massa %	
		A	B		A	B
16	20	100	-	2	25-38	25-38
12.5	15	90-100	100	0.4	11-20	11-20
8	10	70-90	70-90	0.18	8-15	8-15
4	5	40-55	40-60	0.075	6-10	6-10
Bitume						
<i>Percentuale riferita alla massa totale degli inerti =>4.5 %</i>						
<i>Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70</i>						
<i>Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche dei bitumi modificati BM 50-70</i>						
Conglomerato						
<i>Percentuale riferita alla massa totale degli inerti 4.5 – 5.5 %</i>						
Prova	Bitume tradizionale		Bitume modificato		Riferimento	
<i>Stabilità Marshall</i>	<i>>1200 daN</i>		<i>>1250 da N</i>		<i>CNR 30/73</i>	
<i>Rigidità Marshall</i>	<i>300 – 450 da N/mm</i>		<i>350 – 500 da N/mm</i>			
<i>Percentuale di vuoti residui</i>	<i>4 – 5 %</i>		<i>3 –56 %</i>		<i>CNR 39/73</i>	

Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidità Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 gg, deve

dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 12/87).

B7) Strato di usura in conglomerato bituminoso modificato del tipo drenante fono assorbente (anti skid split- mastix)

Prescrizioni

Gli aggregati lapidei che costituiscono la fase solida del tappeto drenante – fonoassorbente sono: aggregato grosso, aggregato fino e filler (che può provenire dalla frazione fina o di additivazione). *Tabella: strato di usura in conglomerato bituminoso modificato del tipo drenante – fono/assorbente*

Aggregato Grosso			
<i>Costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, trattenuto al setaccio ASTM n. 5 (luce 4 mm)</i>			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Los angeles</i>	%	≤ 20	<i>CNR 34/73 – EN 1097-2</i>
<i>Quantità di frantumato</i>	%	100	<i>EN 933-5</i>
<i>Dimensione max</i>	<i>Mm</i>	10	<i>CNR 23/71</i>
<i>Sensibilità al gelo</i>	%	≤ 30	<i>CNR 80/80 – EN 1367-1</i>
<i>Coeff. Di forma</i>		≤ 3	<i>CNR 95/84</i>
<i>Coeff. Di appiattimento</i>		≤ 1.58	<i>CNR 95/84 – EN 933-3</i>
<i>CLA</i>	%	≤ 45	<i>CNR 140/92</i>
Aggregato fino			
<i>Costituito da sabbie frantumate, trattenuto al setaccio ASTM n. 5 (luce 4mm)</i>			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento

<i>Equivalente in sabbia</i>	%	=> 80	<i>CNR 27/72</i>
<i>Quantità di frantumato</i>	%	100	<i>CNR 109/85</i>
Filler			
<i>Frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, passante al setaccio 0.075 mm</i>			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Passante al setaccio ASTM 80</i>	%	100	<i>CNR 23/71</i>
<i>Passante al setaccio ASTM 200</i>	%	=>80	<i>CNR 75/80</i>
Bitume modificato			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Penetrazione a 25°C</i>	<i>Dmm</i>	50-70	<i>EN 1426 – CNR 24/71</i>
<i>Punto di rammollimento</i>	°C	=>65	<i>EN 1427 – CNR 35/73</i>
<i>Punto di rottura (Fraass)</i>	°C	=< -15	<i>CNR 43/74</i>
<i>Viscosità dinamica 160°C</i>	<i>Paxs</i>	=>0.4	<i>PrEN 13072-2</i>
<i>Ritorno elastico a 25°</i>	%	=>75	<i>EN 13398</i>
<i>Stabilità allo stoccaggio 3 gg a 180°C</i>	°C	=<0.5	<i>EN 13399</i>
<i>Valori dopo RTFOT</i>			<i>EN 12607-1</i>
<i>Volatilità</i>	%	=<0.8	<i>CNR 54/77</i>

<i>Penetrazione residua a 25°</i>	%	=>60	<i>EN 1426 – CNR 24/71</i>
<i>Incremento del Punto di rammollimento</i>	°C	=<5	<i>ENI 1427 – CNR 35/73</i>
Additivo			
<i>Per il tappeto drenante-fonoassorbente è costituito da microfibre di cellulosa prebituminata che, aggiunte all'impasto in fase di miscelazione all'impianto garantiscono una perfetta stabilizzazione del mastice bituminoso (filler +bitume), evitandone la separazione dallo scheletro litico. Le suddette fibre di cellulosa devono soddisfare i seguenti requisiti:</i>			
<i>Caratteristica del granulato:Pillet grigio di forma cilindrica</i>			
<i>Contenuto di fibra</i>	<i>79% - 84%</i>	<i>Materia prima</i>	<i>Cellulosa grezza per applicazioni industriali</i>
<i>Contenuto di bitume</i>	<i>21% - 16%</i>	<i>Contenuto cellulosa</i>	<i>80+/- 5%</i>
<i>Lunghezza media del pillet</i>	<i>2 – 8 mm</i>	<i>Ph</i>	<i>4.5 +/- 1</i>
<i>Diametro medio del Pillet</i>	<i>5+/- 1 mm</i>	<i>Lunghezza medi a della fibra</i>	<i>1100 um</i>
<i>Densità apparente</i>	<i>450 – 200 g/l</i>	<i>Spessore medi o della fibra</i>	<i>45 um</i>
<i>Contenuto di granulato < 3.55mm</i>	<i>Max 5%</i>		

<p>Miscela per tappeto drenante fonoassorbente</p> <p>La quantità di bitume impiegata viene determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, si utilizza il metodo Marshall</p>		<p>Assorbimento acustico</p> <p><i>La caratteristica relativa è riportata nella seguente tabella e viene espressa in coefficiente alfa di fonoassorbenza; tale caratteristica viene rilevata su provini</i></p>	
		<p><i>cilindrici prelevati in situ, applicando il metodo ad onde stazionarie (TUBO DI KUNDT)</i></p>	
Parametro	Valore	frequenza	Coefficiente di fono assorbenza (alfa)
Passante al setaccio astm 10	Max 20%	630	=>0.03
<i>Passante al setaccio astm 4</i>	<i>Min 25%</i>	800	=>0.2
<i>Rapporto filler – legante bituminoso</i>	<i>1 – 1.3</i>	1000	=>0.35
		1600	=>0.20
		2000	=>0.20

Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidità Marshall, la percentuale dei vuoti, l'assorbimento acustico.

Trattamenti superficiali

Immediatamente prima di dare inizio ai trattamenti superficiali di prima o di seconda mano, l'impresa delimiterà i bordi del trattamento con un arginello in sabbia onde ottenere i trattamenti stessi profilati ai margini.

Ultimato il trattamento resta a carico dell'impresa l'ulteriore profilatura mediante esportazione col piccone delle materie esuberanti e colmataura delle parti mancanti col pietrischetto bituminoso.

Trattamento A Freddo Con Emulsione

Preparata la superficie da trattare, si procederà all'applicazione dell'emulsione bituminosa al

50%, in ragione, di norma, di Kg 4 per metro quadrato. Tale quantitativo dovrà essere applicato in due tempi.

In un primo tempo sulla superficie della massicciata dovranno essere sparsi Kg 2,5 di emulsione bituminosa e dm^2 12 di graniglia da mm 10 a mm 15 per ogni metro quadrato.

In un secondo tempo, che potrà aver luogo immediatamente dopo, verrà sparso sulla superficie precedente il residuo di Kg 1 di emulsione bituminosa e dm^2 8 di graniglia da mm 5 a mm 10 per ogni metro quadrato.

Allo spargimento della graniglia seguirà una leggera rullatura da eseguirsi preferibilmente con rullo compressore a tandem, per ottenere la buona penetrazione della graniglia negli interstizi superficiali della massicciata.

Lo spargimento dell'emulsione dovrà essere eseguito con spanditrici a pressione che garantiscano l'esatta ed uniforme distribuzione, sulla superficie trattata, del quantitativo di emulsione prescritto per ogni metro quadrato di superficie nonché, per la prima applicazione, la buona penetrazione nel secondo strato della massicciata fino a raggiungere la superficie del primo, si da assicurare il legamento dei due strati.

Lo spandimento della graniglia o materiale di riempimento dovrà essere fatto con adatte macchine che assicurino una distribuzione uniforme.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno i campioni con le modalità stabilite precedentemente.

Indipendentemente da quanto possa risultare dalle prove di laboratorio e dal preventivo benessere da parte della Direzione dei lavori sulle forniture delle emulsioni, l'impresa resta sempre contrattualmente obbligata a rifare tutte quelle applicazioni che, dopo la loro esecuzione, non abbiano dato soddisfacenti risultati, e che sotto l'azione delle piogge abbiano dato segni di rammollimento, stemperamento o si siano dimostrate soggette a facile esportazione mettendo a nudo la sottostante massicciata.

Trattamento Superficiale Mono-Strato Realizzato Con Emulsione Bituminosa Prodotta Da Bitumi Modificati E Graniglie Di Prima Categoria

modalità di esecuzione

- Accurata pulizia della superficie stradale per eliminare polvere, terra e quant'altro in genere.
- Per mezzo di apposite autocisterne dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile automaticamente dall'operatore e di computerizzate strumentazioni di controllo della quantità, progettate e costruite tali da garantire l'uniformità durante la stesa di emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati con SBS-Radiali. con le prescrizioni come da capitolato, in ragione di 1,5 Kg/mq, in funzione delle condizioni del manto stradale, alla temperatura di 60-80°C.
- Immediata stesa della graniglia, avente generalmente la pezzatura di 4-8 o 3- 6mm secondo le indicazioni dell'elenco voci, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in ragione di lt. 6/7mq o lt. 4-6/mq
- Adeguata rullatura con rullo compressore da 6/7 t.
- Successiva eliminazione di eventuali eccessi di graniglia con motospazzatrice. anche a più riprese o nei giorni successivi alla posa in opera

- Apertura al traffico con velocità ridotta pari a 30 Km/h.

Se indicato nella voce della lavorazione dell'elenco prezzi o se ordinato dalla Direzione lavori, il trattamento superficiale in monostrato dovrà eseguirsi con apposita macchina semovente che provveda alla contemporanea stesa e dosaggio del legante e dell'inerte. In tale caso all'impresa esecutrice dei lavori non gli verrà riconosciuta nessuna maggiorazione rispetto al prezzo offerto in sede di gara.

I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a +10°C ed in assenza di forte umidità e ovviamente di pioggia.

Emulsione bituminosa modificata

EMULSIONE CATIONICA DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI TERMOPLASTICI SUS AL 70%

dalle seguenti caratteristiche:

	CARATTERISTICHE	METODO DI PROVA	VALORI
a	Contenuto d'acqua	CNR 100/84	30 ±1%
b	Contenuto di legante	100 -a)	70±1%
c	Contenuto di bitume	CNR 100/84	>69%
d	Contenuto di lussante	CNR 100/84	0
e	Demulsività	ASTM D 244 -72	50-100
f	Omogeneità	ASTM D 244 -72	MAX 0.2%
g	Sedimentazione a 5 gg	ASTM D 244 -72	MAX 5%
h	Viscosità engler a 20°C	CNR 102	>20°E
i	Ph (grado di acidità)	ASTM E 70	2-4

Caratteristiche del bitume SBS emulsionato

L	Penetrazione a 25C	CNR 24/71	50 – 70 dmm
m	Punto di rammollimento	CNR 35/73	Migliore di 65°C
n	Punto di rottura (Frass)	CNR 43/72	Migliore di -18°C

Materiali inerti

Dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

Los Angeles	=<18%
Coefficiente di frantumazione (valore massimo)	120
Perdita per decantazione (valore massimo)	1
Coeff. Di levigatezza accelerata "CLA" (CNR 140/92)	>0.45
Coeff di forma (CNR 95/84)	<3
Coeff. Di appiattimento /CNR95/84)	<1.56
Sensibilità al gelo (CNR 80/80)	<20%
Spogliamento in acqua a 40°C (CNR 138/92)	0%

Si riportano qui di seguito i fusi granulometrici degli inerti ed i relativi quantitativi da impiegare:

GRANIGLIA		GRANIGLIA	
apertura		4/8 mm	3/6 mm
Setacci ASTM	mm	Passante al setaccio % in peso	
3/4"	19.5		
1/2"	12.5		
3/8"	9.5	100	
1/4"	6.25	88-100	100
n. 4	4.75	26-55	92-100
n.10	2	0-5	2-15
n.40	0.42	0	0
n.80	0.18		
n.200	0.075		
Lt/mq		6/7	4/6

Il materiale lapideo, ottenuto da frantumazione di rocce, dovrà essere di forma poliedrica, ben pulito ed esente da ogni traccia di argilla e sporco in genere.

Requisiti di accettazione

Determinazione del contenuto di emulsione al mq e della uniformità di stesa.

Dovranno essere allegare alla contabilità copie delle bolle, riferite al cantiere specifico, dalle quali risulti la quantità netta effettivamente scaricata su strada. La Direzione lavori si riserva di effettuare la pesatura a campione, oppure di tutte le cisterne spanditrici operanti sul cantiere. Le cisterne spanditrici dovranno essere costruite con accorgimenti tali da garantire una stesa di legante in opera, omogenea, sia in senso orizzontale che longitudinale. In particolare dovranno essere dotate di barra automatica di spandimento a dosaggio controllato e larghezza variabile automaticamente durante la stesa del legante. Il quantitativo globale a mq. richiesto nel capitolato in ogni punto della pavimentazione, dovrà essere considerato il minimo. In caso di difetto, contenuto entro il 10%, sarà applicata una detrazione pari al 15% del valore complessivo della pavimentazione eseguita fino al momento della campionatura. In caso di difetto, superiore al 10%, sul quantitativo globale al mq. la pavimentazione sarà rifiutata e dovrà essere rimossa e allontanata a cura e spese della Impresa appaltatrice.

Determinazione Qualità e quantità graniglie:

Prima dell'inizio dei lavori, l'impresa dovrà fornire alla Direzione lavori certificati di Laboratorio, dai quali risultino le caratteristiche fisico-meccaniche e le curve granulometriche delle graniglie che verranno impiegate. La Direzione lavori si riserva di accettare o respingere i materiali proposti. Nel caso di accettazione, le graniglie impiegate saranno sottoposte ad ulteriori accertamenti di laboratorio, e da questi dovranno risultare uguali ai campioni proposti. In caso di difformità, per risultati contenuti entro il 5%, si applicherà una detrazione del 15% sul valore complessivo della pavimentazione eseguita fino al momento della prova. Per valori che risultino difformi oltre il 5%, la pavimentazione verrà rifiutata, e dovrà essere rimossa e allontanata a cura e spese dell'Impresa appaltatrice.

Per determinare la quantità di graniglia, si eseguiranno un congruo numero di prove, a discrezione della Direzione . lavori, durante lo spargimento della stessa, ponendo su strada al passaggio delle macchine spandigraniglia, rettangoli di superficie nota, e

provvedendo alla pesatura della graniglia raccolta, comparata con il peso specifico della stessa.

In caso di mancanza dovrà essere idoneamente integrata, in caso di eccesso dovrà essere spazzata e allontanata.

Controllo qualità delle emulsioni bituminose:

Prima dell'inizio dei lavori, l'impresa, dovrà fornire alla Direzione lavori, una scheda tecnica e certificato ufficiale di qualità rilasciato da Laboratorio autorizzato, dei leganti bituminosi che intende impiegare. Da questi documenti si dovrà riscontrare l'idoneità rispetto alle norme di capitolato. In corso d'opera saranno prelevati campioni dalle cisterne spanditrici e sottoposte a prove di laboratorio. In caso di difformità rispetto alle prescrizioni tecniche di capitolato, anche riferite ad una sola caratteristica, contenute entro il 2% per il contenuto di legante ed il 10% per le altre caratteristiche, si applicherà una detrazione del 15% sul prezzo complessivo della pavimentazione eseguita fino al momento del prelievo. Per difformità di valori, superiori al 2% per il contenuto di legante ed il più o meno 10% per tutti gli altri valori, anche se riferite ad una sola caratteristica, la pavimentazione sarà rifiutata, e dovrà essere rimossa e allontanata a cura e spese della Ditta appaltatrice.

Rugosità superficiale:

La superficie finita del trattamento superficiale messo in opera, dovrà presentare:

- resistenza di attrito radente, misurata con l'apparecchio portatile a pendolo "Skid Resistance Tester" (secondo la norma C.N.R. B.U. n.105/1985) su superficie pulita e bagnata, riportata alla temperatura di riferimento di 15°C:
- inizialmente, ma dopo almeno 15 giorni dall'apertura al traffico non inferiore a 65 BPN
- dopo un anno dall'apertura al traffico, non inferiore a 55 BPN;
- coefficiente di aderenza trasversale (CAT) misurato con l'apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway Force Coefficient Investigation Machine), secondo la norma C.N.R. B.U. n. 147/92, non inferiore a 0,60.

Le misure di BPN e CAT dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 150 ed il 90° giorno dall'apertura al traffico.

Tali valori si intendono come minimi, e pertanto qualora non si raggiungessero i termini sopra indicati l'impresa dovrà rimuovere a sua cura e spese tutti i tratti della pavimentazione trattata non rispondenti ai requisiti minimi di aderenza superficiale.

Note: le detrazioni nella misura del 15% sul valore della pavimentazione saranno tollerate una sola volta. Nell'ipotesi di dovere applicare la detrazione una seconda volta la pavimentazione sarà rifiutata e dovrà essere rimossa ed allontanata a cura e spese della impresa appaltatrice.

Trattamento superficiale doppio-strato realizzato con emulsione bituminosa prodotte da bitumi modificati e graniglie di prima categoria

Modalità di esecuzione

- Accurata pulizia della superficie stradale per eliminare polvere, terra e quant'altro in genere.
- Stesa della prima mano, per mezzo di apposite autocisterne dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile e di computerizzate strumentazioni di controllo della quantità, progettate e costruite tali da avere l'uniformità della stesa di emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati con SBS-Radiali, con le prescrizioni da capitolato di 1,2 Kg/mq massimo alla temperatura di 60-80°C.
- Immediata stesa del primo strato di graniglia, avente generalmente la pezzatura di 8÷12 o 12÷18 mm, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in ragione di IL 7/9/mq o lt.10÷11/mq.
- Stesa di una seconda mano di emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati con SBS-Radiali, in ragione di 1,300 Kg/mq.
- Successiva stesa del secondo strato di graniglia, avente generalmente la pezzatura di 3÷6 o 4÷8 mm, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in ragione di lt. 4÷6/mq o 6÷7/mq.

- Adeguata rullatura con rullo compressore da 6/7 t.
- Successiva eliminazione di eventuali eccessi di graniglia con motospazzatrice anche a più riprese e nei giorni successivi alla posa in opera;
- Apertura al traffico con velocità ridotta pari a 30 Km/h

Se indicato nella voce della lavorazione dell'elenco prezzi o se ordinato dalla Direzione lavori, il trattamento superficiale in doppio strato dovrà eseguirsi con apposita macchina semovente che provveda alla contemporanea stesa e dosaggio del legante e dell'inerte. In tale caso all'impresa esecutrice dei lavori non verrà riconosciuta nessuna maggiorazione rispetto al prezzo offerto in sede di gara.

I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a +10°C ed in assenza di forte umidità e ovviamente di pioggia.

Emulsione bituminosa modificata Requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni riportate al punto precedente: *“Trattamento superficiale monostrato realizzato con emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati e graniglie di prima categoria”*.

Trattamento ad impregnazione di strade sterrate con emulsioni bituminose

Il trattamento superficiale ad impregnazione eseguito con emulsioni bituminose è adatto per impermeabilizzare ed irruvidire le pavimentazioni stradali con fondazioni in terra, misto granulare, in pietrisco tipo Mac Adam o similari. Inoltre, il procedimento si finalizza in un marito legato alla superficie trattata, pertanto se indicato nella voce dell'elenco prezzi o su ordinativo della Direzione lavori si dovrà fare utilizzo di inerti da precise tonalità di colore, con le caratteristiche rispondenti ai successivi requisiti di accettazione, al fine di decidere l'impatto ambientale delle superfici trattate. Qualora il trattamento superficiale sia vincolato soprattutto dal fatto di ridurre l'impatto ambientale, indipendentemente dal volume di traffico veicolare, sarà necessario prevedere per la stesa di emulsione nella 2° e 3° mano, l'utilizzo di emulsione cationica, prodotta con bitumi modificati. L'applicazione della stesa di

emulsione cationica per impregnazione a lenta rottura è capace di aderire agli strati polverosi e di scendere tra gli interstizi in profondità nella massicciata in modo da creare uno strato bituminoso di fondazione di rinforzo e predisposto a ricevere il successivo trattamento superficiale.

Modalità di esecuzione

- Eventuale risagomatura della strada con misto granulare a stabilizzazione meccanica, di pezzatura 0/25 mm, disteso con motograder, spargimento di pietrischetto di pezzatura 12/18 mm in ragione di 15 l/mq e abbondante bagnatura della superficie con apposito autobotte.
- Spargimento di una prima mano di emulsione cationica da impregnazione al 55% di bitume a lenta rottura, in quantità non inferiore a 2,5 Kg/mq, mediante apposite autocisterne dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile automaticamente dall'operatore e di computerizzate strumentazioni di controllo della quantità, progettate e costruite tali da garantire l'uniformità durante le operazioni di stesa.
- immediata stesa, con apposito spandigraniglia, di pietrisco di pezzatura 12/18 mm, in ragione di 10 l/mq e successiva rullatura con rullo statico da 8/10t.
- Stesa di una seconda mano: di emulsione cationica al 69% di bitume, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq per strada a traffico leggero per strada a traffico medio/pesante di emulsione cationica al 70% di bitume, prodotta da bitumi modificati, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq.
- Immediata stesa, con apposito spandigraniglia, di pietrisco di pezzatura 8/12 mm, in ragione di 10 l/mq.
- Stesa di una terza mano di emulsione cationica al 69% di bitume, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq per strade a traffico leggero e di emulsione cationica al 70%, prodotta da bitumi modificati, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq per quelle a traffico medio/pesante.
- Saturazione con apposito spandigraniglia, di graniglia di pezzatura 4/8 o 3/6 mm in ragione di 5 o 6 l/mq e successiva rullatura.
- Apertura al traffico con velocità ridotta pari a 30 Km/h.

Il giorno successivo la posa del materiale è opportuno provvedere alla rimozione della graniglia eccedente mediante motospazzatrice aspirante. Tutti gli accorgimenti tecnici, cautele, precauzioni, spese per le prove di laboratorio (preliminari e in corso d'opera) e quanto altro sia dato come ordinativo dalla Direzione lavori, per eseguire la posa a perfetta regola d'arte, sono a completo carico dell'impresa, in quanto si intendono già compresi nel prezzo della lavorazione finita.

I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a +10°C ed in assenza di forte umidità e ovviamente di pioggia.

Il materiale lapideo, ottenuto da frantumazione di rocce, dovrà essere di forma poliedrica ben pulito ed esente da ogni traccia di argilla e sporco in genere.

Requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni riportate all'articolo precedente: *“Trattamento superficiale monostrato realizzato con emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati e graniglie di prima categoria”*

Additivi colorati per conglomerati bituminosi

Per la produzione di conglomerati bituminosi colorati l'additivo da usare sulla loro formazione, sarà ITERLENE 1301, esente da oli di catrame ed altro a garantire un perfetto equilibrio tra la plasticità e la colorazione che dovrà risultare del tutto omogenea. L'additivo dovrà essere aggiunto direttamente sul mescolatore dell'impianto di produzione subito dopo l'immissione del pigmento colorante.

Il dosaggio sarà del 4% in peso degli aggregati mentre la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 120-130° C.

L'additivo è composto da una miscela di polialchilati, oxo-alcoli ed esteri delle seguenti proprietà fisiche: densità a 15° C PARI A 0,820-0.880 gr/m³, punto di infiammabilità oltre i 120°C, viscosità a 20°C pari a 1,2-1,5 mPa*s.

Il colorante sarà formato da ITEROXID 100% -S (ossido di ferro sintetico) per la perforazione di conglomerati bituminosi rossi.

Il dosaggio sarà del 5-6% del peso degli aggregati.

Scarificazione di pavimentazioni esistenti

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'Impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della massicciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori entro i limiti indicati nel relativo articolo di Elenco, provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Impresa.

Fresatura di strati in conglomerato bituminoso con idonee attrezzature

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

Nel corso dei lavori la D.L. potrà richiedere la sostituzione delle attrezzature anche quando le caratteristiche granulometriche risultino idonee per il loro reimpiego in impianti di riciclaggio.

La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove

stese da porre in opera (questa prescrizione non valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o In eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa tenuta a darne Immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

Conglomerati bituminosi a caldo rigenerati in impianto fisso e mobile

Descrizione

I conglomerati bituminosi rigenerati in impianto fisso o mobile sono costituiti da misti granulari composti da conglomerati preesistenti frantumati, inerti nuovi, aggiunti in proporzioni e tipo variabili a seconda della natura di conglomerato (base, binder) che si deve ottenere, impastati a caldo con bitume, al quale viene aggiunto un idoneo prodotto di natura aromatica, che rigeneri le proprietà del legante contenuto nelle miscele bituminose preesistenti. La messa in opera avviene con sistemi tradizionali.

Il conglomerato bituminoso preesistente denominato «materiale da riciclare», proviene in genere dalla frantumazione, direttamente dalla sua primitiva posizione, con macchine fresatrici (preferibilmente a freddo).

Per i materiali descritti nel presente articolo, in carenza di indicazioni, valgono le prescrizioni per i conglomerati bituminosi.

Materiali Inerti

Le percentuali del materiale da riutilizzare sono variabili in funzione del tipo di conglomerato da ottenere. Il restante materiale sarà costituito da nuovi inerti, aventi i requisiti di accettazione previsti per i conglomerati normali. Si potrà usare materiale fresato di qualsiasi provenienza, per impieghi nello strato di base; materiale proveniente da vecchi strati di binder ed usura, per impieghi nello strato di binder; nessun impiego per lo strato di usura.

Legante

Il legante sarà costituito da quello presente nel materiale fresato integrato da bitume nuovo, generalmente additivato con rigeneranti-fluidificanti in modo da ottenere le viscosità e le caratteristiche di adesione prescritte nel punto che segue.

Il bitume fresco sarà normalmente del tipo di penetrazione 80/100, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

Miscela

La granulometria della miscela costituita da materiale di risulta dalla fresatura e dai nuovi inerti dovrà corrispondere al fuso prescritto nelle specifiche norme tecniche per il tipo di conglomerato che si vuol realizzare (base o binder).

La percentuale di bitume da aggiungere e la percentuale di rigenerante da utilizzare saranno determinate come appresso.

Percentuale totale di bitume (Pt) della miscela ottenuta (materiali fresati e materiali nuovi)

$$Pt = 0,035 a + 0,045 b + cd + f$$

essendo:

Pt = % (espressa come numero intero) di bitume in peso sul conglomerato. a = % di aggregato trattenuto al N. 8 ; (ASTM 2,36 mm)..

b = % di aggregato passante al N. 8 e trattenuto al N. 200 (0,074). c = % di aggregato passante al N. 200.

d = 0.15 per un passante al N. 200 compreso tra 11 e

15. d = 0.18 per un passante al N. 200 compreso tra 6 e 10.

d = 0.20 per un passante al N. 200 > 15.

f = parametro compreso normalmente fra 0.7 e 1, variabile in funzione dell'assorbimento

degli inerti.

La percentuale rispetto al totale degli inerti, di legante nuovo da aggiungere (Pn) sarà pari a $Pn =$

$$Pt - (Pv \times Pr)$$

in cui:

Pv = % di bitume vecchio preesistente (rispetto al totale degli inerti). Pr =

valore decimale della percentuale di materiale riciclato

La natura del legante nuovo da aggiungere sarà determinata in base ai seguenti criteri:

La viscosità del legante totale a 60°C non dovrà superare 4000 poise, quindi, misurata la viscosità del legante estratto è possibile calcolare la viscosità (sempre a 60°C) che dovrà avere il legante da aggiungere usando il monogramma su scala semilogaritmica della figura seguente.

Indicando con A il punto le cui coordinate sono: il valore ottenuto di P_n/P_t ed il valore della viscosità di 4000 poise, l'intersezione della retta con l'asse verticale corrispondente al valore 100 dell'asse orizzontale, fornisce il valore C della viscosità del legante che deve essere aggiunto.

Qualora non sia possibile ottenere il valore C con bitumi puri, si dovrà ricorrere a miscele bitume- rigenerante. Si ricorda che la viscosità a 60°C di un bitume C.N.R. 80/100 è 2000 poise.

Per valutare la percentuale di rigenerante necessaria si dovrà costruire in un diagramma - viscosità percentuale di rigenerante rispetto al legante nuovo - una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate secondo i criteri precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto.

Da questo diagramma mediante interpolazione lineare è possibile dedurre, alla viscosità di 2000 poise, la percentuale di rigenerante necessaria.

La miscela di bitume nuovo o rigenerato nelle proporzioni così definite dovrà soddisfare particolari requisiti di adesione determinabili mediante la metodologia Vialit dei "Points et Chaussees"; i risultati della prova eseguita su tale miscela non dovranno essere inferiori a quelli ottenuti sul bitume nuovo senza rigenerante.

Il conglomerato dovrà avere gli stessi requisiti (in termini di valori Marshall e di vuoti) richiesti per i conglomerati tradizionali; ulteriori indicazioni per il progetto delle miscele potranno essere stabilite dalla D.L. utilizzando la prova di deformabilità viscoplastica carico costante (Norma C.N.R.). Il parametro J1 dovrà essere definito di volta in volta (a seconda del tipo di conglomerato), mentre lo Jp a 40°C viene fissato il limite superiore di

$20 \times 10^{-1} \text{ cm}^2/$ da N.s.

Per il controllo dei requisiti di accettazione valgono le prescrizioni relative dei conglomerati non rigenerati.

Drenaggi con filtro in "Geotessile"

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o sui drenaggi laterali delle pavimentazioni, i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in telo "geotessile" in poliestere o polipropilene. Il materiale da usare sarà analogo a quello descritto nell'Art. "Qualità e provenienza dei materiali", punto y).

I vari elementi di "geotessile" dovranno essere cuciti tra loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno cm. 50.

La parte inferiore dei "geotessili", a contatto con il fondo del cavo di drenaggio e per un'altezza di almeno cm 20 sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul supporto) in ragione di almeno 2 kg/m^2 . Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del "geotessile" stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera: Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di "geotessile" necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito sarà successivamente riempito di materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione con pezzatura massima non eccedente i 70 mm. Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "geotessile" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il “geotessile” fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata.

Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidità Marshall, la percentuale dei vuoti, l'assorbimento acustico.

Asfalti colati per marciapiedi

Gli asfalti colati sono conglomerati asfaltatici da usare per la pavimentazione dei marciapiedi, con posa a caldo per semplice “colata”.

In passato gli asfalti colati venivano ottenuti aggiungendo ad appositi mastici bituminosi (a loro volta preparati “in pani” con polveri di rocce asfaltiche), aggregato grosso e sabbia, oltre ad un quantitativo di legnate aggiuntivo, rispetto a quello contenuto nei mastici; il tutto in modo che l'impasto avesse, a caldo, fluidità sufficiente a permetterne la posa senza alcuna azione accessoria di costipamento.

I mastici bituminosi attuali, per difficoltà di reperimento di polveri di rocce asfaltiche, sono prodotti con aggregati calcarei, legati con bitume di origine naturale o proveniente da distillazione del petrolio, eventualmente modificato con polimeri.

L'Amministrazione Comunale ha facoltà di chiedere ghiaio tondo in luogo della graniglia di frantumazione.

E' ammessa la riutilizzazione del materiale di recupero, con una nuova fusione in caldaia, previo integrazione pari al 3% della massa totale di nuovo bitume, con penetrazione compresa tra 60 e 120, a seconda delle caratteristiche e dello stato del materiale di recupero.

Sono vietate, comunque, miscele composte di solo materiale di recupero. Requisiti dei materiali inerti costituenti l'asfalto colato

Gli aggregati dovranno possedere tutte le caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica previste per lo strato di usura.

Tabella: asfalto colato con mastici formati con polveri di rocce asfaltiche e/o asfalti naturali

Materiale	% in massa
Mastice d'asfalto con 14-18 % di bitume	45 – 60
Graniglia o ghiaino (nei due assortimenti 3-5 e 5-10)	30 –50
Sabbia (0 –4)	0 –15
Bitume aggiunto (naturale o da distillazione) con penetrazione tra 30 e 50. La tipologia del bitume da aggiungere deve essere di volta in volta stabilita In base a quella del bitume contenuto nelle polveri	2 – 6
Aggregati	
Caratteristica Valore	Riferimento
Perdita in massa alla prova Los Angeles <18 % in massa	(CNR 34/73) EN 1097-2
Levigabilità accelerata (CLA) >0,43	CNR 140/92
Sensibilità al gelo <30	(CNR 80/80) EN 1367-1
Porosità <1,5%	CNR 65/78
Spogliamento in acqua a 40°C, con Eventuale impiego di "dope" d'adesione 0%	CNR 138/92

Pavimentazioni in elementi preconfezionati

La posa in opera dei pavimenti di qualsiasi tipo o genere dovrà essere perfetta in modo da ottenere piani esatti. Nel collocamento in opera degli elementi saranno scrupolosamente osservate le disposizioni che, di volta in volta, saranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

I singoli elementi dovranno combaciare esattamente tra di loro, dovranno risultare perfettamente fissati al sottostrato e non dovrà verificarsi nelle sconnessure dei diversi elementi a contatto la benché minima ineguaglianza.

I pavimenti si addenteranno per mm. 15 entro l'intonaco delle pareti dell'ambiente da pavimentare, tirato verticalmente sino al pavimento, evitando quindi ogni raccordo o guscio; questo, se prescritto, dovrà sopravanzare interamente sul pavimento e non da costituire ancoraggio.

I pavimenti dovranno essere consegnati diligentemente finiti, lavorati e puliti senza macchie di sorta.

L'Impresa ha l'obbligo, durante il periodo di presa delle malte di allettamento dei pavimenti, di provvedere a sue spese alle opere provvisorie che si rendessero necessarie perché il transito, nei limiti strettamente indispensabili, possa svolgersi su andatore con parapetti, palancati o simili, e quando ciò non sia necessario, provvedere agli sbarramenti per impedire il transito abusivo.

In ogni caso ove i pavimenti risultassero in tutto o in parte danneggiati per il passaggio – anche abusivo – di persone, o per qualsiasi altra causa, l'appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spesa al ripristino.

L'Appaltatore ha l'obbligo di presentare alla Direzione dei Lavori i campioni dei pavimenti che saranno prescritti. Tuttavia l'Amministrazione ha piena facoltà di provvedere alla fornitura del materiale di pavimentazione e l'Appaltatore ha l'obbligo di provvedere alla posa in opera al prezzo indicato nell'elenco ed eseguire il sottofondo giuste le disposizioni che saranno impartite dalla Direzione stessa.

E' a carico dell'Appaltatore il maggiore impiego di malta o di cretonato per ottenere un piano di posa orizzontale e regolare qualora l'Appaltatore stesso avesse eseguito le strutture sottostanti in modo non rispondente a tale precisione.

In qualunque caso, prima della posa in opera del pavimento, delle stratificazioni di asfalto o simili, o dei sottofondi isolanti speciali di qualsiasi tipo, le lesioni eventualmente manifestatesi nel piano di posa saranno, a cura e spese dell'Impresa, riempite e stuccate con un beverone di calce o cemento.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE IMPIANTI CIVILI DEPOSITI

INDICE

ART 1 ALIMENTAZIONE ELETTRICA	451
ART. 2 LEGGI DI VALIDITA' GENERALI	452
ART 3 LEGGI E NORME PARTICOLARI	453
ART 4 CAVI BT	454
ART 5 QUADRO ELETTRICO DISTRIBUZIONE GENERALE QECA04	455
ART 6 IMPIANTO DI TERRA	455
ART 7 IMPIANTO LUCE	456
ART 8 IMPIANTO FORZA MOTRICE	457
ART 9 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	458
ART 10 UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA	465
ART 11 SIZE 2 E RH 10	465
ART 12 UNITA MONOBLOCCO: - SIZE 2,-SIZE5	467
ART 13 RHE 10	472
ART 14 CONDIZIONATORE AUTONOMO A POMPA DI CALORE MULTISPILT	474
ART 15 CANALIZZAZIONI E DISTRIBUZIONE	475
<i>Canali aria</i>	475
CANALI RETTANGOLARI	476
ISOLAMENTO ESTERNO PER CANALI	477
CANALI RETTANGOLARI IN PAL	478
CANALI POSA INTERNA IN PAL SP 20	479
ART 16 APPARATI DI DISTRIBUZIONE E REGOLAZIONE ARIA	480
SERRANDE TAGLIA FUOCO	480
SERRANDA DI TARATURA	481
GRIGLIA PRESA ARIA ESTERNA	481
DIFFUSORE A DISLOCAMENTO	481
GRIGLIA DI RIPRESA	482
GRIGLIA DI TRANSITO	482
VALVOLA ASPIRAZIONE SERVIZI IGENICI	482

ART 17 IMPIANTO BSM DI TERMOREGOLAZIONE	482
<i>SONDE DI TEMPERATURA</i>	<i>482</i>
<i>TERMOSTATI AMBIENTE</i>	<i>483</i>
<i>SONDA DI UMIDITA' RELATIVA</i>	<i>483</i>
<i>TERMOSTATI ANTIGELO</i>	<i>484</i>
<i>PRESSOSTATI DIFFERENZIALI PER ARIA</i>	<i>484</i>
<i>FLUSSOSTATI</i>	<i>484</i>
<i>SERVOCOMANDI PER SERRANDE</i>	<i>485</i>
<i>VALVOLE DI REGOLAZIONE SERVOCOMANDATE</i>	<i>485</i>
<i>REGOLATORI ELETTRONICI PER UNITA' TERMINALI</i>	<i>485</i>
ART 18 SISTEMA DDC DI REGOLAZIONE E CONTROLLO	485
ART 19 UNITA' CENTRALE DI SUPERVISIONE	486
<i>CONSOLLE OPERATIVA</i>	<i>486</i>
<i>UNITA' CENTRALE E RELATIVA MEMORIA</i>	<i>487</i>
<i>POSTO OPERATORE – ACCESSIBILITA'</i>	<i>488</i>
<i>STAMPANTE</i>	<i>488</i>
<i>DISPOSITIVI DI COMUNICAZIONE</i>	<i>488</i>
ART 20 VALVOLAME, POMPE SPECIFICHE TECNICHE	488
<i>VALVOLE DI SICUREZZA</i>	<i>488</i>
<i>ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE IN LINEA</i>	<i>489</i>
<i>TERMOMETRI A QUADRANTE BIMETALLICI</i>	<i>490</i>
<i>MANOMETRO PER ACQUA</i>	<i>490</i>
<i>VASI DI ESPANSIONE CHIUSI A MEMBRANA</i>	<i>490</i>
<i>GIUNTI ANTIVIBRANTI</i>	<i>490</i>
<i>GRUPPI AUTOMATICI DI RIEMPIMENTO IMPIANTI</i>	<i>491</i>
<i>VALVOLE A SFERA IN BRONZO</i>	<i>491</i>
<i>SARACINESCHE A CORPO PIATTO IN GHISA</i>	<i>491</i>
<i>VALVOLE DI RITEGNO INTERMEDIE IN GHISA</i>	<i>492</i>
<i>VALVOLE DI RITEGNO IN BRONZO</i>	<i>492</i>

<i>FILTRI AD Y IN GHISA</i>	492
<i>FILTRI AD Y IN BRONZO</i>	492
<i>RUBINETTI A MASCHIO A TRE VIE IN GHISA</i>	492
ART 21 IMPIANTO IDRICO-SANITARIO	492
<i>PRESCRIZIONI TECNICHE ADDUZIONI IDRICHE</i>	493
<i>ADDOLCITORI AUTOMATICI A SCAMBIO IONICO</i>	494
<i>IMPIANTO PRODUZIONE ACS CON POMPA DI CALORE E PANNELLI SOLARI</i>	495
<i>POMPA DI CALORE ACQUA CALDA SANITARIO</i>	496
ART 22 TUBAZIONI	496
<i>TUBAZIONI IN ACCIAIO</i>	497
<i>TUBAZIONE IN RAME</i>	501
<i>TUBAZIONI IN PEAD PER FLUIDI IN PRESSIONE</i>	502
<i>TUBAZIONI IN PEAD PER SCARICHI</i>	502
<i>TUBAZIONI IN PVC PER SCARICHI</i>	503
<i>TUBAZIONI IN PVC PER SCARICHI</i>	503
<i>TUBAZIONE MULTISTRATO PER IMPIANTO IDRICO SANITARIO</i>	504
<i>SERBATOIO PER ACCUMULO ACQUA CALDA O REFRIGERATA</i>	505
<i>ISOLAMENTO DELLE TUBAZIONI IN POLIURETANO ESPANSO A CELLE CHIUSE</i>	505
<i>ISOLAMENTO DELLE TUBAZIONI CON GUAINA ELASTOMERICHE</i>	505
ART 23 APPARECCHI SANITARI E RUBINETTERIE	506
<i>LAVABI A CANALE</i>	507
<i>LAVABI</i>	507
<i>VASI IGIENICI</i>	507
<i>BIDET</i> 508	
<i>PIATTI DOCCIA</i>	508
<i>ORINATOI</i>	508
<i>VASI PER INABILI</i>	508
<i>LAVABI PER INABILI</i>	509
ART 24 IMPIANTO DI SCARICO ACQUE GRIGIE E NERE	509

POZZETTO SIFONATO DI SCARICO	509
VASCA BIOLOGICA TIPO IMHOFF	510
IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO PREFABBRICATO PER LIQUAMI FOGNARI E DI DRENAGGIO	511
ART 25 SCARICHI DI APPARECCHI SANITARI E SIFONI	511
COLONNE DI SCARICO	511
ART 26 IMPIANTO ARIA COMPRESSA	512
SISTEMA DI FILTRAZIONE FILTRI;	513
SEPARATORI D'ACQUA WSD	514
REGOLATORE DI PRESSIONE	514
PUNTI DI UTILIZZO;	515
RETE DI DISTRIBUZIONE ARIA	515
TUBAZIONI IN ACCIAIO ZINCATO	516
SARACINESCHE	516
MANOMETRI	516
RACCORDI PER TUBAZIONI IN ACCIAIO ZINCATO $\phi \geq 4''$	517
GIUNTO DIELETTICO	517
DISCONNETTORE IDRAULICO	517
FILTRO 517	
SARACINESCA A CORPO PIATTO	517
VALVOLE A SFERA	517
STAFFAGGI	518
VERNICIATURA A FINIRE DELLE TUBAZIONI	518
ART 27 ATTREZZATURE DEL DEPOSITO-OFFICINA	519
CAPANNONE OFFICINA	519
SETTORE MECCANICO	519
SETTORE ELETTRICO	520
RICARICA BATTERIE	520
MAGAZZINO	521
ATTREZZATURE GENERALI DI OFFICINA	521

MEZZI DI DEPOSITO	521
SCORTE DI MAGAZZINO.....	522
ART 28 IMPIANTO LAVAGGIO TRAM	522
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI LAVAGGIO ESTERNO VEICOLI	523
IMPIANTO DI PULIZIA PNEUMATICA.....	526

ART 1 ALIMENTAZIONE ELETTRICA

L'alimentazione delle utenze elettriche è dotata di un Quadro generale di distribuzione (denominato **QE**) di potenza adeguata.

È presente un UPS da 9kW per le utenze necessarie di un'alimentazione elettrica continua, l'UPS è ubicato al QE., la sezione continuità verrà alloggiata all'interno del QE.

Il quadro QE alimenterà i seguenti carichi:

sbarra normale

- Circuiti prese capannone;
- Circuiti prese locali ufficio/ bagni/pulizie/magazzino/locale compressore.
- Circuiti prese officina
- Alimentazione carroponete
- Alimentazione compressore
- Alimentazione fresatrice
- Circuiti luce capannone;
- Circuito proiettori illuminazione esterna
- Circuit luce di tutti i locali previsti
- Circuit luce sicurezza.
- Motorizzazione per portoni.
- Impianti meccanici

sbarra continuità

- Circuiti prese (posti operatore) ufficio e pronto soccorso
- Luce di sicurezza prevista.

Di seguito si riportano sinteticamente le principali caratteristiche di alcuni componenti peculiari del sistema di distribuzione elettrica.

ART. 2 LEGGI DI VALIDITA' GENERALI

- DPR n° 547 del 27 Aprile 1955: "Norma sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro".
- Legge n° 186 del 1° Marzo 1968: "Disposizione concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici".
- Decreto Legislativo n° 81 del 9/4/2008: "Tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Decreto Ministeriale n° 37 del 22/01/2008: "Norme per la sicurezza degli impianti".
- Decreto del Presidente della Repubblica n° 459 del 24 Luglio 1996: "Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relativi alle macchine".
- Circolare Ministeriale n° 91 del 14 Settembre 1961: "Resistenza al fuoco".
- Decreto Ministeriale n° 48 del 26 giugno 1984: "Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi".
- Nuova direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE: "Obblighi o disponibilità di fabbricanti, imprenditori, distributori e responsabili autorizzati"
- Decreto legislativo n° 626 del 25 Novembre 1996: "Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione".
- Decreto Legislativo n° 476 del 4 Dicembre 1992: "Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 3 maggio 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28 aprile 1992".
- DL 12/11/96 n°615/96 Attuazione della direttiva 89/336/CEE del Consiglio del 3 maggio 1989 in materia di
- ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, modificata ed integrata dalla direttiva 92/31/CEE del Consiglio del 28 aprile 1992, dalla direttiva 93/68/CEE del Consiglio del 22 luglio 1993 e dalla direttiva 93/97/CEE del Consiglio del 29 ottobre 1993 (1/circ.) 2.2 Norme UNI CEI EN IEC

ART 3 LEGGI E NORME PARTICOLARI

- UNI 6125 - Filettature gas coniche per tubi portacavi e relativi raccordi per impianti elettrici a sicurezza del
- tipo a prova di esplosione (AD-PE).
- UNI 7683 - Tubi e raccordi filettati, portacavi, per impianti elettrici antideflagranti a prova di esplosione (ADPE). Tubi senza saldatura e saldati di acciaio non legato, zincati
- UNI ISO 2081 del 2018 - Rivestimenti metallici. Rivestimenti elettrolitici di zinco su ferro o acciaio.
- UNI EN 1838:2013: - "Applicazione dell'illuminotecnica. Illuminazione di emergenza"
- UNI EN 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali
- UNI EN 10111 del 2008 - Lamiere e nastri a basso tenore di carbonio laminati a caldo in continuo per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN 10240 del 2004- Rivestimenti protettivi interni e/o esterni per tubi di acciaio - Prescrizioni per i rivestimenti di zincatura per immersione a caldo applicati in impianti automatici.
- UNI EN 10255 - Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura - Condizioni tecniche di
- fornitura
- UNI EN 12464-1:2011 – “Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni”
- CEI 7-6 - Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici
- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo
- CEI 20-19 - Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 20-22 - Prove d'incendio su cavi elettrici
- CEI 23-31 - Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso porta cavi e porta apparecchi
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI EN 50014 - Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive – Regole generali.
- CEI EN 50018 - Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive Custodie a prova di esplosione 'd'
- CEI EN 50019 - Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive Modo di protezione a sicurezza aumentata “e”
- CEI EN 50085-2-3 - Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche - Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di canali con feritoie laterali per installazione all'interno di quadri elettrici
- CEI EN 50086-1 - Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche
- CEI EN 60073 - Principi fondamentali e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, la marcatura e l'identificazione - Principi di codifica per gli indicatori e per gli attuatori
- CEI EN 60112 - Metodo per la determinazione degli indici di resistenza e di tenuta alla traccia dei materiali isolanti solidi in condizioni umide

- CEI EN 60204–1 - Sicurezza del macchinario. Equipaggiamento elettrico delle macchine. Parte 1 : Regole generali.
- CEI EN 60423 - Tubi per installazioni elettriche - Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- CEI EN 61439-2 (17-114) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 2: Quadri di potenza.
- CEI EN 60445 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità di conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico
- CEI EN 60529 - Gradi di protezione degli involucri
- CEI EN 60598-1 - Apparecchi di illuminazione. Parte 1: Prescrizioni generali e prove.
- CEI EN 60715 - Dimensioni delle apparecchiature a bassa tensione. Profilati di supporto normalizzati per il sostegno dei dispositivi elettrici.
- CEI EN 60947 - Apparecchiature a bassa tensione.
- CEI EN 62305 – Protezione contro i fulmini

ART 4 CAVI BT

Tipo FG16R(O)R16 – 0,6/1kV

(per impianto LFM)

Conduttore: rame rosso, formazione flessibile, classe 5

- Isolamento: gomma, qualità G16
- Riempitivo: termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari)
- Guaina: PVC, qualità R16
- Colore: grigio

NORNA EN 50575:2014-A1

NON PROPAGANTI LA FIAMMA

SENZA ALOGENI E GAS CORROSIVI

Tipo FS17 – 450/750V

(per impianto di terra)

Conduttore in rame rosso formazione flessibile cl. 5
Guaina esterna: PVC – qualità S17
Colore: nero, blu, marrone, grigio, rosso, bianco, giallo/verde

NON PROPAGANTI LA FIAMMA E L'INCENDIO

BASSISSIMA EMISSIONE DI ALOGENI

ART 5 QUADRO ELETTRICO DISTRIBUZIONE GENERALE QECA04

Caratteristiche tecniche:

Si riportano le principali caratteristiche tecniche:

Struttura tipo	ARTU-M
Tensione esercizio	230/400V
Numero delle fasi	3F + N
Livello nominale di isolamento tensione di prova a frequenza Industriale per un minuto a secco verso terra e tra le fasi	2,5kV
Frequenza nominale	50Hz
Corrente nominale sbarre principali	fino a 300A
Corrente di c.to circuito simmetrico	fino a 10kAx1'
Sistema	TN-S
Grado di protezione sul fronte	fino a IP65
Grado di segregazione	Forma 3
Accessibilità quadro	Fronte
Forma di segregazione	max 3
Uscita/ingresso cavi	basso/alto
Tensione circuiti ausiliari	230V interna
Verniciatura	RAL 7035 Bucciato
Rispondenza normativa 17-13/1)	CEI EN 61439 - CEI 23-49 (CEI

ART 6 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà costituito da un nodo equipotenziale generale e da dorsali principali.

Il nodo equipotenziale generale è costituito da una piastra di terra fissata all'interno del quadro generale di distribuzione QE e collegata con cavo FS17 di adeguata sezione al collettore principale rappresentato da un anello esterno al capannone realizzato con corda nuda in rame da 50mm²

Sono previsti anche 5 pozzetti di terra con dispersore a picchetti di profondità 1,5m, i pozzetti previsti ai vertici dell'anello saranno collegati con corda di rame nudo alle strutture metalliche del capannone..

In base alla Norma CEI 64-8 l'impianto di distribuzione di I categoria è di tipo TT.

Il collegamento di terra è elettricamente indipendente da quello del neutro mediante un conduttore di protezione PE.

Si utilizzeranno interruttori differenziali con i seguenti livelli di taratura:

0,03A istantaneo per circuiti luce e prese;

0,3A istantaneo per alimentazione sotto quadri di distribuzione e quadri locali in campo.

L'impianto comprenderà pertanto i conduttori di protezione per rendere il sistema equipotenziale.

ART 7 IMPIANTO LUCE

L'impianto luce è il seguente:

Proiettori per interno

Lampade 147W LED (potenza assorbita) tipo 3F LEM 2 HO LED 140 CR AMPIO

I corpi illuminanti sono del tipo a sospensione staffati alle travi principali delle campate della struttura.

Da quadro il comando dei proiettori è previsto con un selettore aut/man, in automatico il comando avviene da un orologio programmatore (a bordo quadro)

Proiettori per illuminazione esterna

Lampade 130W LED tipo PROLAMP 2.0 45 2L 120W ERAL

I corpi illuminanti sono montati all'esterno della struttura.

Da quadro il comando dei proiettori è previsto tramite rebuscolare (a bordo quadro)

Locali

Installazione di apparecchi illuminanti idonei per montaggio a plafone completi di lampade LED con cablaggio elettronico tipo 3F Filippi di potenza variabile da 2x12/2x24W.

Ufficio

Installazione di apparecchi illuminanti idonei per montaggio a plafone completi di lampade LED con cablaggio elettronico tipo 3F Filippi di potenza variabile da 40W.

Sono presenti interruttori/deviatori per il comando dei circuiti.

E' presente un impianto di luce di sicurezza, lampade installate a sopra le porte di accesso o lungo le pareti.

Ogni corpo luminoso ha le seguenti caratteristiche:

- n°1 lampada da 8/11W
- esecuzione IP65
- lampade sempre spente (si accendono al mancare della tensione di rete)
- pittogramma autoadesivo con il simbolo di uscita d'emergenza.

I cavi per l'impianto luce sono di sezione minima 2,5mm² per le dorsali e 1,5mm² per le derivazioni; tutti i cavi di dorsale sono posati su una passerella metallica preforata (con coperchio) di adeguata sezione installata a parete o su travi metalliche come illustrato nelle planimetrie progettuali.

I cavi di derivazione ai singoli corpi illuminanti saranno posati entro tubi in PVC corrugati e flessibili di adeguata sezione.

ART 8 IMPIANTO FORZA MOTRICE

I gruppi prese FM previsti per i posti operatore dovranno essere installati ad una altezza conforme alla Norma CEI 64-8 e l'asse di inserzione della spina dovrà essere orizzontale o prossimo all'orizzontale. Le prese a spina dovranno essere di tipo:

-Bipasso 10/16 A ad alveoli schermati provvisti di morsetti per il collegamento al conduttore di protezione e morsetti di parallelo;

-Universale 10/16 A 2P+T serie UNEL ad alveoli schermati provvisti di morsetti per il collegamento al conduttore di protezione e morsetti di parallelo.

Descrizione dei gruppi

Gruppo prese tipo PL

Ogni posto operatore ha:

2Prese 2x16A+T UNEL/schuko con contatti di terra laterali e centrali rosse sotto continuità,

2Prese bipasso 230V 10/16A sotto alimentazione normale

2Prese fonia-dati RJ45

Gruppo prese per capannone e officina

I gruppi possono essere staffati a parete o su trave.

Ogni gruppo è composto da

1 Presa interbloccata 230V – 16A 1P+N+T – IP65

1 Presa interbloccata 400V – 16A 3P+N+T – IP65

Presa singola per capannone e locali

Presa bipasso 230V 10/16A sotto alimentazione normale

I cavi per l'impianto LFM sono di sezione minima 2,5mm² sia per le dorsali che per le derivazioni.

Per i gruppi prese tutti i cavi di dorsale sono posati sia dentro una canaletta in PVC da 100x60mm installata a parete (tipo battiscopa) o in cavidotti tipo corrugato a pavimento.

Se posati in canaletta deve essere previsto un setto separatore per le dorsali dati, se in tubo sarà previsto un corrugato a parte per le linee dati.

I cavi FM (sia per la linea normale che per la linea sotto UPS) attestati alle relative prese devono avere una lunghezza superiore alla reale in modo tale da poter posizionare le torrette in moto atto a soddisfare le richieste operative della committenza.

I cavi di derivazione alle singole prese FM sono posati entro tubi in PVC di adeguata sezione.

I gruppi prese nel locale ricovero e manutenzione tram sono alimentati dal quadro QE tramite opportuni cavi installati in cavidotti da 2/1 tubiΦ100 a appositi pozzetti di interconnessione.

Le apparecchiature previste per l'alimentazione nell'officina sono collegate alle prese interbloccate site nel locale.

La fresatrice è alimentata tramite opportuno sezionatore rotativo trifase dal QE.

Analoga soluzione per l'alimentazione del compressore ubicato nel relativo locale.

ART 9 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Gli impianti dovranno essere realizzati in modo compiuto ed in conformità di leggi, norme, prescrizioni, regolamenti e raccomandazioni emanati da tutti gli Enti e Autorità riconosciuti, agenti in campo nazionale e locale, preposti al controllo ed alla sorveglianza della regolarità della sua esecuzione, direttamente o indirettamente interessata dai lavori:

Normative ISPESL, ASL e ARPA;

Leggi e decreti;

Disposizioni dei vigili del fuoco di qualsiasi tipo;

Norme CEI;

Norme UNI;

Regolamento e prescrizioni Comunali relative alla zona di realizzazione dell'opera.

Se esplicitamente richiesto o nei casi in cui la normativa nazionale risulti lacunosa, saranno utilizzati standard di riferimento riconosciuti su scala internazionale quali per esempio ASHRAE, SMACNA, NFPA ecc.

In particolare verrà rispettato quanto elencato alle voci seguenti, compresi successivi aggiornamenti e/o integrazioni anche se non specificati.

➤ LEGGI E REGOLAMENTI

Si intendono applicate, a titolo esemplificativo e non limitativo, le seguenti leggi e regolamenti:

- L. n° 10 del 09/01/1991: "Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia";
- D.P.R. n° 412 del 26/08/1993: "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici";
- DPR n. 551 del 1999 "Regolamento recante modifiche al DPR 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia";
- D.P.R. n° 447 del 06/12/1991: "Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990 n. 46, in materia di sicurezza degli impianti";
- D. s. n. 494 del 14/08/1996: "Attuazione della Direttiva CEE 92/57, concernente le prescrizioni minime di sicurezza e salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili";
- DPR 23 marzo 1998, n.126. Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 94/9/CE, in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva (Direttiva ATEX).
- DMICA 02 aprile 1998. Modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi.
- D.P.R. n. 551/99 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26/08/1993, n.412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia".
- D.Leg.vo del 25/02/2000 n.93. Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione (PED)
- D.M. 31 maggio 2001. Elenco di norme armonizzate concernente l'attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva.
- Circ. 02 Aprile 2002 n.17. Applicazione del DPR 22 Ottobre 2001 n.462 "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra e di impianti elettrici pericolosi".
- D.M. 30 settembre 2002. Secondo elenco riepilogativo di norme armonizzate, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto
- del Presidente della Repubblica 23 marzo 1998, n. 126, concernente l'attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva.
- Direttiva 2002/91/CE - Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16.12.2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.
- Legge Regionale n° 39 del 21/12/2004 - Norme per il risparmio energetico negli edifici e per la riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti.
- D. s. n° 192 del 19/08/2005 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- D. s. n° 311 del 29/12/2006 "Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"

- D.P.R. n. 59 del 2 aprile 2009 - Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- D.M. 26 giugno 2009 - Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica degli edifici
- Legge 29 gennaio 2009 - Conversione in legge Decreto anti-crisi
- LEGGE n. 447 del 26/10/1995: "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- DPCM del 01/03/1991: "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- DPCM 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- LEGGE n. 47 del 1985 Art. 26 "Norme in materia di controllo dell'attività urbanistico edilizia, sanzioni, recupero e sanatoria delle opere edilizie";
- LEGGE n. 13 del 1989 "Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati";
- DPR n. 547 del 1955 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro" aggiornato con le modifiche apportate
- dalla Legge 2 maggio 1983, n. 128; dalla Legge 5 novembre 1990, n. 320; dal D. s. 19 settembre 1994, n. 626; dal
- D. s. 19 marzo 1996, n. 242; dal D. s 14 agosto 1996, n. 493; dal D. s 4 agosto 1999, n. 359 e dal DPR 22 ottobre 2001, n. 462;
- R.D. 12-5-1927 n°824 Approvazione del Regolamento per l'esecuzione del R.D. del 09-07-1926 n°1331
- Decreto 13/12/93 Approvazione modelli relazioni tecniche di cui art. 28 Legge n.° 10 del 9/01/91
- C.M.I n°. 231/F 13/12/93 Chiarimenti e indicazioni interpretative su art. 28 del D.P.R. n.412 del 26/08/93
- C.M.I n°. 233/F 12/04/94 Chiarimenti e indicazioni interpretative su art. 11 del D.P.R. n. 412 del 26/08/93
- DPR 14/01/1997 Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici, ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private
- D.M. 10-3-1977 Determinazione delle zone climatiche e dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici globali di dispersione termica
- D.M. 12/04/96 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi.
- D.P.C.M. 01/03/91 Limiti di esposizione a rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
- D.M. 23-9-1957 Capitolato-programma tipo per impianti di riscaldamento e di condizionamento
- C.M. sanità 1/2/62 n.13 Erogazione di acqua potabile negli edifici
- C.M. sanità 16/10/64 n.183 Erogazione d'acqua potabile negli edifici
- D.L.15-8-91 n°277 Attuazione delle direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro

NORME UNI

- Si intendono applicate, a titolo esemplificativo e non limitativo, le seguenti norme UNI:
- UNI 5364 del settembre 1976. Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo.
- UNI 8854 del 1986 Impianti termici ad acqua calda e/o surriscaldata per il riscaldamento degli edifici adibiti ad attività industriale e artigianale. Regole per l'ordinazione, l'offerta e il collaudo.
- UNI 8852 del gennaio 1987. Impianti di climatizzazione invernali per gli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale. Regole per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo.
- UNI 8065 del 1989 Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile.
- UNI 9953 del 1993 Recuperatori di calore aria-aria negli impianti di condizionamento dell'aria. Definizioni, classificazione, requisiti e prove.
- UNI 10348 del 1993 Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo.
- UNI 10349 del 1994 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici
- UNI 10351 del 1994 - Materiali da costruzione. Conduktività termica e permeabilità al vapore.
- UNI 10355 del 1994 - Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
- UNI 10339 del giugno 1995. Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- UNI 10347 del 1995 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante - Metodo di calcolo
- UNI 8884 del febbraio 1998. Caratteristiche e trattamento delle acque dei circuiti di raffreddamento e di umidificazione.
- UNI EN ISO 10211-1 del 1998 Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Metodi generali di calcolo.
- UNI ENV 12097 del 1999 - Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a
- facilitare la manutenzione delle reti delle condotte
- UNI EN ISO 6946 del 1999 Componenti e elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 6946 del 1999 Componenti e elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 7345 del 1999 Isolamento termico - Grandezze e definizioni
- UNI EN 410 del 2000 Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate
- UNI EN 1886 del giugno 2000. Ventilazione degli edifici. Unità di trattamento dell'aria. Prestazioni meccaniche.
- UNI EN 1507 luglio 2008 - Ventilazione degli edifici - Condotte rettangolari di lamiera metallica - Requisiti di resistenza e di tenuta
- UNI EN 12237 giugno 2004 - Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica

- UNI ENV 12599 settembre 2001 - Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti installati di ventilazione e di condizionamento dell'aria.
- UNI EN 832 del 2001 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali.
- UNI EN ISO 13370 del 2001 - Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
- UNI EN 13789 del 2001 - Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 14683 del 2001 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento
- UNI EN 12524 del 2001 Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto
- UNI EN ISO 10077-1 del 2002 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato
- UNI EN ISO 10077-2 del 2002 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai
- UNI EN 378 emessa in 4 parti tra il 2002 e il 2003 - Impianti di refrigerazione e pompe di calore - Requisiti di sicurezza ed ambientali
- UNI EN ISO 10211-2 del 2003 Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Ponti termici lineari.
- Raccomandazioni CTI 03/3 limitatamente al calcolo del fabbisogno di energia termica utile per la produzione di
- acqua calda per usi igienico - sanitari.
- UNI EN 13788 del 2003 - Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 16484 del 2004 - Automazione degli edifici e sistemi di controllo (BACS) - Parti 2- 3-6.
- UNI EN 14511 del 2004 Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico per il
- riscaldamento e il raffreddamento - Parti 1-2-3-4.
- UNI EN 13053 del 2004 Ventilazione degli edifici - Unità di trattamento dell'aria - Classificazioni e prestazioni per le unità, i componenti e le sezioni.
- UNI EN 15927-1 del 2004 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici. Medie mensili dei singoli elementi meteorologici.
- UNI EN 779 del 2005 Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale.
- UNI EN ISO 13791 del 2005 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Criteri generali e procedure di validazione.
- UNI EN ISO 13792 del 2005 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Metodi semplificati.

- UNI 10379 del 2005 - Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato.
- UNI EN ISO 13790 del 2005 - Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento.
- UNI EN 13779 del 2005 - Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento.
- UNI EN 12828 del 2005 Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione dei sistemi di riscaldamento ad acqua.
- UNI EN 673 del 2005 Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo
- UNI 10412-1 del 2006 Impianti di riscaldamento ad acqua calda - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Requisiti specifici per impianti con generatori di calore alimentati da combustibili liquidi, gassosi, solidi polverizzati o con generatori di calore elettrici.
- UNI 11169 del 2006 Impianti di climatizzazione degli edifici - Impianti aerarileci ai fini di benessere - Procedure per il collaudo.
- UNI EN 13384 del 2006 Camini - Metodi di calcolo termico e fluido dinamico. Parti 1-2-3
- UNI EN 14908 del 2006: Comunicazione aperta dei dati per l'automazione, la regolazione e la gestione tecnica degli edifici - Protocollo di rete per gli edifici - Parte 1: Livello di protocollo
- UNI EN 14908 del 2006: Comunicazione aperta dei dati per l'automazione, la regolazione e la gestione tecnica degli edifici - Protocollo di gestione della rete - Parte 2: Comunicazione tramite doppio telefonico
- UNI CEN/TS 15231 del 2006 Comunicazione aperta dei dati per l'automazione, la regolazione e la gestione tecnica degli edifici - Integrazione di funzionalità (mapping) tra LONWORKS e BACnet
- UNI EN 12831 del 2006 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
- UNI EN ISO 7730 del 2006 Ergonomia degli ambienti termici
- UNI EN 12097 Rete delle condotte ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte
- UNI TS 11300 Parti 1 & 2 del 2008 Prestazioni energetiche degli edifici
- UNI EN 1507 del 2008 Ventilazione negli edifici - Condotte rettangolari di lamiera metallica - Requisiti di resistenza e di tenuta

➤ LIVELLI DI RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI

limiti di accettabilità del livello sonoro sono quelli indicati dalle norme UNI-CTI 8199; ove necessario devono essere adottati opportuni accorgimenti atti ad attenuare il rumore.

L'impianto dovrà inoltre rispondere alla Legge Quadro sull'inquinamento acustico n° 447 del 26/10/1995 e dovrà infine soddisfare il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1° marzo 1991 riguardante i limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

rumore generato dai macchinari dovrà essere conforme a quanto richiesto da :

D.P.C.M. 1/3/91 "limiti massimi di esposizione al rumore nell'ambiente esterno",

D. Leg. n°277 del 15/8/91 "attuazione delle direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici fisici e biologici durante il lavoro"

Legge 26/10/1995 N°447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

Decreto 11/11/1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo"

D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

D.P.C.M. 05/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

Decreto 16/03/1998 " Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico"

ART 10 UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA

ART 11 SIZE 2 E RH 10

Compressore ermetico Scroll comandati con inverter, completi di protezione del motore contro le sovratemperature, sovracorrenti e contro temperature eccessive del gas di mandata. Sono montati su gommini antivibranti ed sono completi di carica olio. Un riscaldatore dell'olio ad inserimento automatico previene la diluizione dell'olio da parte del refrigerante all'arresto del compressore.

E' installato un singolo compressore su un unico circuito frigorifero (SIZE 2)

SIZE 5-

Compressori ermetici Scroll, completi di protezione del motore contro le sovratemperature, sovracorrenti e contro temperature eccessive del gas di mandata. Sono montati su gommini antivibranti e sono completi di carica olio. Un riscaldatore dell'olio ad inserimento automatico previene la diluizione dell'olio da parte del refrigerante all'arresto del compressore.

Sono installati due compressori comandati con inverter sul circuito frigorifero principale, completi di equalizzazione del livello dell'olio, ed un singolo compressore con regolazione ON/OFF sul circuito frigorifero secondario.

STRUTTURA

Il basamento è assemblato con telaio in acciaio zincato a caldo e verniciato. La struttura interna è a telaio portante, eseguita in lamiera sagomata in acciaio del tipo "ALUZINK", mentre nella SIZE 1 e SIZE 2 la carenatura funge da telaio.

Aluzink offre un'ottima resistenza alla corrosione grazie alla protezione galvanica tipica del binomio alluminio-zinco.

PANNELLATURA

Pannelli del vano compressori in lamiera di acciaio, verniciati mediante polveri di poliestere con colorazione RAL 9001 e rivestiti sul lato interno con materiale termoisolante e fonoassorbente del tipo autoestinguente (spessore 20mm, densità 9.5kg/m³, reazione alla fiamma classe 1 - DIN 53438).

Pannelli della zona trattamento aria e pannelli di copertura, nella SIZE3, SIZE 4, SIZE 5 e SIZE 6, di tipo sandwich a doppia parete in lamiera d'acciaio con interposto isolante di materiale poliuretano (40 kg/m³), spessore lamiera esterna 6/10mm zincata e verniciata mediante polveri di poliestere con colorazione RAL 9001, spessore poliuretano 40mm con coefficiente di conduttività termica 0.022W/mK, spessore lamiera interna 5/10mm zincata a caldo. Il pannello inoltre è fornito di un profilo in PVC per il taglio termico con inserita una guarnizione in gomma in EPDM che garantisce una tenuta ermetica, colorazione RAL 9001.

Nelle SIZE 1, SIZE 2 sono installati lo stesso tipo di pannelli del vano compressori.

Ogni pannellatura è facilmente rimovibile per permettere la completa accessibilità ai componenti interni.

SCAMBIATORE INTERNO

- scambiatore per il trattamento dell'aria esterna
- scambiatore per il recupero dell'energia dell'aria estratta

Scambiatore a espansione diretta a pacco alettato, realizzato con tubi di rame disposti su file sfalsate ed espansi meccanicamente per meglio aderire al collare delle alette. Le alette sono realizzate in alluminio con una particolare superficie corrugata adeguatamente spaziate per garantire il massimo rendimento di scambio termico.

VENTILATORE

- ventilatore di mandata
- Ventilatore di estrazione

Ventilatori del tipo plug-fan senza coclea a pale rovesce azionati da motori a corrente continua "brushless" a controllo elettronico direttamente accoppiati. Le pale dei ventilatori sono state progettate per ottimizzare l'aerodinamica e ridurre la rumorosità, sono costruite in materiale plastico ad elevate prestazioni. Non è necessario alcun dimensionamento di trasmissione.

CIRCUITO FRIGORIFERO

Circuito frigorifero completo di:

- carica refrigerante
- indicatore di passaggio del liquido e di umidità
- Pressostato di sicurezza alta pressione

- filtro deidratatore
- valvola di sicurezza per alta pressione
- valvola di espansione elettronica
- valvola di non ritorno
- valvola di inversione del ciclo a 4 vie
- ricevitore di liquido
- Postriscaldamento a recupero di gas caldo a modulazione di capacità

FILTRAZIONE

- lato presa aria esterna
- lato estrazione ambiente

Filtro pieghettato per ottenere una maggiore superficie filtrante, costituito da telaio in lamiera zincata con reti di protezione zincate ed elettrosaldate e setto filtrante rigenerabile in fibre di poliestere apprettate con resine sintetiche. Efficienza G4 secondo norma CEN-EN 779 (classificazione Eurovent EU4/5 - grado di separazione medio 90.1% ASHRAE 52-76 Atm). E' del tipo autoestinguente (resistenza alla fiamma classe 1 - DIN 53438).

Nel lato presa aria esterna, è installato un secondo stadio di filtrazione ad alta efficienza, attraverso un filtro elettronico in lega di alluminio e completo di prefiltra metallico, realizzato mediante celle filtranti di tipo elettrostatico attivo. Il circuito elettronico di controllo è integrato, con protezione a tenuta stagna che ne consente il lavaggio.

L'efficienza di filtrazione è superiore a 95% per le particelle di diametro superiore a 0,5 µm, ed equivale alla classificazione H10 impiegata nei filtri tradizionali.

BACINELLA

Bacinella raccolta condensa in lega di alluminio 1050 H24 con isolamento anticondensa, saldata e provvista di manicotto filettato di scarico

QUADRO ELETTRICO

Il quadro elettrico è situato all'interno dell'unità e l'accesso è garantito da una porta incernierata apribile mediante apposita chiave

COLLAUDO

Unità costruita secondo standard di qualità ISO 9001 e sottoposta a collaudo funzionale a fine linea di produzione

ART 12 UNITA MONOBLOCCO: - SIZE 2,-SIZE5

Le unità della serie SPRI e SPRX sono state ideate per permettere un elevato recupero di calore associando all'interno della stessa centrale di trattamento aria un recuperatore statico e un circuito frigorifero in pompa di calore. Lo scambiatore statico (calo duc per le SPRI ed a flussi

incrociati per le SPRX) trasferisce il calore dall'aria estratta a quella di rinnovo riducendo sensibilmente il periodo di accensione del circuito frigorifero nel corso dell'anno con un notevole vantaggio a livello di risparmio energetico. Nel caso le condizioni di temperatura esterna ed interna lo richiedano, il circuito frigorifero in pompa di calore assicura un secondo recupero trasferendo dall'evaporatore al condensatore le calorie dell'aria estratta. Queste unità di trattamento aria rappresentano quindi un'ottima soluzione per soddisfare le esigenze di trattamento dell'aria primaria (aria di rinnovo) necessario in tutti gli impianti di condizionamento del terziario, civili ed industriali.

Mediante le unità SPRI e SPRX, l'aria di rinnovo viene introdotta in ambiente nelle stesse condizioni di temperatura con una spesa energetica molto contenuta (COP stagionali maggiori di 8). Associare un recuperatore statico ad un circuito frigorifero permette:

- garantire il recupero tramite lo scambiatore statico esente da manutenzioni;
- diminuire il dispendio energetico nei periodi dell'anno in cui è sufficiente il solo recupero statico e garantire delle ottime prestazioni nelle condizioni più sfavorevoli con l'intervento del circuito frigorifero;
- di evitare il dispendio energetico per il preriscaldamento invernale dell'aria di rinnovo all'ingresso del condensatore.

Questo preriscaldamento è necessario per mantenere l'alta pressione nel circuito termodinamico ed evitare la formazione di ghiaccio sull'evaporatore.)

Risparmio energetico e rispetto per l'ambiente

Utilizzo di R410A come refrigerante, avente ODP nullo, gruppo di sicurezza A1 (non infiammabile e a bassa tossicità) secondo ASHRAE 34/2001;

- Prevista la compensazione del setpoint di temperatura;
- Diminuzione della potenza frigorifera richiesta ai compressori e dunque della potenza assorbita, grazie al recupero di calore statico.) Manutenzione
- Accesso agevolato da pannelli amovibili o montati su cerniere;
- Vano tecnico separato dal flusso d'aria; • Accesso a tutti i componenti dal lato frontale;
- Scarichi riportati sul fronte dell'unità e di facile ispezione.) Sicurezza
- In caso di arresto della pompa di calore, le prestazioni sono comunque in parte garantite dal recuperatore statico;
- Il controllo a mezzo di microprocessore elettronico gestisce le funzioni delle SPRI e SPRX nelle sue diverse modalità operative, garantendo i set point programmati;
- Antigelo nel caso di unità dotata di batteria ad acqua integrativa;
- Termostato di bassa pressione a riarmo automatico;
- Termostato di alta pressione a riarmo manuale

CARATTERISTICHE GENERALI

3.1 STRUTTURA

La struttura è di tipo a pannelli montati su telaio costituito da profili di semplice, preciso e rapido assemblaggio. La lavorazione delle lamiera è realizzata mediante macchina operatrice a controllo numerico integrata a un sistema cad/cam che consente di ottenere estrema precisione nei particolari costruttivi ed elevata precisione della finitura superficiale. I profili sono in alluminio pressofuso EN AW 6060 con sezioni differenti a seconda delle necessità costruttive.

3.2 PANNELLI

Pannelli di tipo sandwich a doppia parete in lamiera di acciaio con interposto isolante poliuretanico. La lamiera è in acciaio zincato. Se l'unità è collocata alle intemperie, la lamiera esterna è preverniciata di colore bianco-grigio, con ottima resistenza in ambienti salini e agli agenti aggressivi. L'isolante è poliuretano espanso a cellule chiuse con densità $>45 \text{ kg/m}^3$, resistenza alla fiamma secondo ISO 3580 – ASTM 1692 corrispondenti alle classi M2 – NF P 92-501, B2 – DIN 4102 e 2 – CSE, conduttività termica 0.020 W/mK . Il riempimento dei pannelli avviene per iniezione su pressa a piani riscaldati in modo tale da garantire l'omogeneità. Il fissaggio dei pannelli al telaio è ottenuto mediante viti autofilettanti, previo inserimento di speciale guarnizione in resina anti-invecchiamento che garantisce nel tempo una perfetta tenuta aeraulica alla differenza di pressione tra interno dell'unità ed esterno. Le viti sono inserite all'interno di bussole che vengono poi chiuse da un tappo. Tutte le pannellature sono di semplice rimozione; inoltre per le sezioni soggette a manutenzione o ispezione sono previste porte dotate di maniglie e cerniere in lega di alluminio presso-fuso.

3.3 BASAMENTO

Il basamento è un longherone continuo realizzato in lamiera zincata tipo Sendzimir Z200 UNI 5753-84, passivato di spessore minimo 20/10. Ogni blocco (sezione o insieme di sezioni) è dotato del proprio basamento che lo rende indipendente dagli altri. L'assemblaggio del basamento al telaio è del tipo a doppio appoggio e consente di incastrare i pannelli di fondo, garantendo la pedonabilità sugli stessi, senza l'utilizzo di viti sporgenti, in accordo alle norme di sicurezza antinfortunistiche.

3.4 TETTO

Per le unità da installare all'esterno, è previsto un tettuccio di protezione da agenti atmosferici nella stessa finitura esterna dell'involucro, sagomato con pendenza del 2% per evitare il ristagno d'acqua e arrotondato ai bordi in modo da facilitare il distacco delle gocce d'acqua e da risultare antinfortunistico.

3.5 COMPRESSORI

I compressori sono di tipo ermetico scroll a spirale orbitante e consentono di avere basse emissioni sonore, ottime efficienza ed affidabilità, compatibilità con il funzionamento a pompa di calore. I compressori sono posizionati fuori dal flusso dell'aria, in apposito vano tecnico, al fine di ridurre il rumore e facilitare le operazioni di manutenzione anche con unità in funzione. I compressori sono completi di:

- rubinetto in mandata;
- rubinetto in aspirazione;
- protezione termica;

- resistenze riscaldamento olio. Il lubrificante è olio estere POE

Sequenza delle fasi di aspirazione, compressione e scarico in un compressore scroll. Il centro della spirale mobile (in grigio) si muove lungo una circonferenza attorno al centro della spirale fissa (in nero). Il moto relativo tra le due spirali individua due volumi aperti simmetricamente disposti, che vanno via via allargandosi, favorendo l'aspirazione del gas. La fase di aspirazione termina con l'unione di detti volumi in un unico volume chiuso, la cui progressiva restrizione determina la compressione del gas ivi contenuto. La compressione termina quando lo spazio chiuso raggiunge il centro della spirale fissa, dove è localizzata la luce di scarico. Le tre fasi avvengono contemporaneamente.

4 SEZIONE TRATTAMENTO ARIA 4 AIR HANDLING SECTION

I componenti base per il trattamento aria delle unità SPRI e SPRX sono:

- ventilatori di mandata/ripresa;
- filtro a cella G4;
- scambiatore a pacco alettato flusso aria di rinnovo;
- scambiatore a pacco alettato flusso aria di espulsione. Sono inoltre disponibili numerosi accessori e componenti opzionali per la personalizzazione dell'unità.

4.1 SEZIONI VENTILANTI

I ventilatori adottati di serie sono centrifughi, accoppiati al motore con cinghie e pulegge. I motori elettrici sono asincroni trifasi a gabbia di scoiattolo con grado di protezione IP 55, classe di isolamento F, forma B3, serie Unel – Mec. Tutti i motori sono adatti ad essere regolati con inverter e sono costruiti per operare ad una temperatura ambiente non superiore ai 40°C e ad una altitudine non superiore ai 1000 mt sul livello del mare (per altitudini e temperature superiori il nostro ufficio tecnico prenderà tutte le misure necessarie a garantire un corretto funzionamento). Il montaggio del gruppo motore-ventilatore all'interno della sezione è stato studiato per garantire al massimo l'isolamento dalla struttura, riducendo al minimo le vibrazioni e quindi la rumorosità. Come accessorio è disponibile la regolazione di velocità tramite inverter. Come optional è possibile l'installazione dei ventilatori plug fan senza coclea a pale rovesce:

- direttamente accoppiati al motore asincrono trifase da regolare con inverter;
- di tipo EC (Electronically Commutated) a corrente continua con motore

4.2 SEZIONI FILTRANTI

L'unità base comprende la sezione di pre-filtraggio a celle sintetiche pieghettate con efficienza G4 secondo CEN-EN 779 (classificazione Eurovent EU4 – grado di separazione medio >90% metodo ponderale secondo ASHRAE). Le celle hanno telaio in acciaio zincato e racchiudono un materassino pieghettato, in fibra sintetica autoestinguente, supportato da rete zincata elettrosaldada. Il materassino è in fibra di poliestere ed è rigenerabile mediante lavaggio con acqua e detersivo oppure con aria soffiata in controcorrente nel caso di polveri secche. La massima temperatura di esercizio è di 100°C. A richiesta, sono disponibili sezioni di filtraggio a tasche rigide di classe F6/F7/F8/F9 eventualmente abbinati ai pre-filtri a celle in una stessa sezione. Le tasche sono in carta di vetrocellusa, non rigenerabili, ma totalmente inceneribili, ad elevata capacità di ritenzione delle polveri. Il setto filtrante risulta inerte, non igroscopico, inodore

e non propaga batteri. Questi filtri sono disponibili con efficienza colorimetrica crescente dal 50% al 98%, ovvero da EU6/F6 a EU9/F9 secondo Eurovent. L'accessibilità ai filtri per la manutenzione è garantita da una portina con maniglia e cerniere che ne consente, di regola, l'estrazione a monte rispetto al flusso dell'aria.

4.3 SCAMBIATORI FLUSSO ARIA DI RINNOVO E FLUSSO ARIA DI ESPULSIONE

Scambiatore a espansione diretta a pacco alettato, realizzato con tubi in rame rigati internamente a spaziatura elevata e alette in alluminio corrugate high-performance provviste di collarini autodistanziati, ricavati da imbutitura, che assicurano il perfetto contatto con i tubi, opportunamente mandarinati, favorendo di conseguenza un ottimo scambio termico. La sezione che contiene la batteria è stata accuratamente progettata per consentire l'estrazione a cassetto, su apposite guide, sia dal lato degli attacchi idraulici, che dal lato opposto, rimuovendo semplicemente un pannello laterale. In tal modo sono facilitate le operazioni di manutenzione e di pulizia del pacco alettato della batteria. Il telaio è dotato di bacinella di raccolta condensa isolata a garanzia del drenaggio dell'acqua, completa di raccordi per lo scarico, montata al di sopra del pannello sandwich di fondo e termo isolata dall'ambiente esterno.

4.4 BATTERIA AD ACQUA CALDA INTEGRATIVA (OPTIONAL)

Questa soluzione necessita di collegamento idraulico con la rete di distribuzione acqua proveniente da una caldaia. La portata d'acqua da inviare in batteria dipende dalla potenza termica scambiata, nonché dalla differenza di temperatura tra mandata e ritorno dell'acqua in caldaia, dipendente a sua volta dalla tipologia di caldaia installata (es. tradizionale o a condensazione). La batteria ad acqua calda è a 1-2-3 ranghi e presenta la medesima area frontale della batteria di espansione. La valvola a tre vie è inserita all'interno della carpenteria; i tubi di adduzione vengono portati all'esterno in posizione di facile accesso.

5 RECUPERATORE A FLUSSI INCROCIATI

Le unità SPRX sono dotate di recuperatore statico aria-aria a flussi incrociati. Tale recuperatore è costituito da uno scambiatore a piastre di alluminio montato in un telaio di contenimento anch'esso in alluminio. Il principio di funzionamento si basa sullo scambio tra i flussi incrociati dell'aria di espulsione e di quella di rinnovo: l'aria scorre in canali adiacenti ma perfettamente separati in modo da evitare qualunque contaminazione tra i due flussi. L'efficienza di recupero, detta anche rapporto delle temperature, è funzione delle dimensioni dello scambiatore e delle temperature ma per questo tipo di applicazione si aggira intorno al 50%. La formula che lega le temperature dell'aria all'efficienza è la seguente: Efficienza o rapporto di temperatura = $(T_{out} - T_{ext}) / (T_{exp} - T_{ext})$, dove:

- T_{out} è la temperatura di rinnovo uscente dal recuperatore;
- T_{ext} è la temperatura dell'aria esterna (o di rinnovo);
- T_{exp} è la temperatura di espulsione (o di ripresa).

Un altro indice del recuperatore è il "rendimento" definito come: $Rendimento = Q_r(T_{out} - T_{ext}) / Q_e(T_{exp} - T_{ext})$, dove:

- Q_r è la portata di aria esterna (o di rinnovo);

- Q_e è la portata di espulsione (o di ripresa). Poiché per le unità SPRX le portate d'aria dei due flussi sono uguali, il rendimento coincide con l'efficienza.

ART 13 RHE 10

Unità monoblocco di recupero di calore con circuito frigorifero integrato ad elevata efficienza. Portate d'aria da 1.000 a 3.300 mc/h.

Le unità della serie RHE rappresentano la soluzione ad elevata efficienza per soddisfare le esigenze di benessere termoigrometrico e di ricambio dell'aria negli impianti di climatizzazione che vanno a servire ambienti civili e del terziario come ad esempio uffici, bar, ristoranti, ecc.

Le unità RHE sono macchine particolarmente efficienti in quanto utilizzano un recuperatore di calore a piastre a flussi incrociati ad elevata rendimento unito ad un circuito frigorifero in pompa di calore operante con fluido refrigerante R410A.


L'adozione del recuperatore a flussi incrociati ad alto rendimento permette di ridurre sensibilmente il periodo di accensione del circuito frigorifero nell'arco dell'anno, riducendo così al minimo i consumi di energia elettrica.


Le contenute dimensioni delle unità permettono una agevole installazione anche in controsoffitto mantenendo un'eccellente accessibilità per la manutenzione di tutti i componenti interni.

I numerosi accessori disponibili a richiesta, come ad esempio i filtri compatti ad alta efficienza, le batterie ad acqua o i silenziatori, completano le funzioni della macchina che generalmente va abbinata ad un impianto di climatizzazione.

- 4 grandezze disponibili
- Configurazione per installazione in controsoffitto o a pavimento
- Recuperatore di calore ad alta efficienza
- Elettroventilatori con inverter di serie
- Elevate prevalenze statiche utili
- Unità dotate di quadro elettrico, regolazione e pannello remoto
- Ampia disponibilità di accessori

>Principali dati tecnici

Modello RHE		10	15	25	33
Portata aria massima mandata e ripresa	m ³ /h	1.000	1.500	2.500	3.300
Portata aria minima	m ³ /h	800	1.100	2.000	2.500
Pressione statica disponibile in mandata e ripresa ¹	Pa	320	245	140	220
Potenza termica recuperata ²	kW	7,0	10,0	15,3	19,6
Potenza frigorifera recuperata ³	kW	2,2	3,2	4,5	5,8
Potenza termica totale (recuperatore + compressore) ²	kW	10,9	14,2	24,8	33,1
Potenza frigorifera totale (recuperatore + compressore) ³	kW	6,6	8,7	13,8	19,8
Potenza termica disponibile ²	kW	2,8	2,9	3,9	7,0
Potenza frigorifera disponibile ³	kW	1,8	3,1	3,3	5,4
Efficienza recuperatore ²	%	82	80	73	71
Efficienza recuperatore ³	%	82	80	68	65
Potenza assorbita massima 1 ventilatore	kW	0,42	0,46	1,1	1,1
Corrente assorbita massima 1 ventilatore	A	3,10	3,10	5,3	5,3
Numero totale ventilatori		2	2	2	2
Potenza assorbita totale in riscaldamento ²	kW	2,2	2,4	4,2	4,9
Potenza assorbita totale in raffreddamento ³	kW	2,6	2,9	5,1	6,5
Corrente assorbita massima compressore	A	10	11	7	10,3
Livello di potenza sonora 	dB(A)	66	69	72	75
Alimentazione unità	ph-V-Hz	1-230-50	1-230-50	3+N 400-50	3+N 400-50
MBCH Batteria di riscaldamento ad acqua		10	15	25	33
Potenza termica ⁶	kW	7,7	10,4	15,6	19,7
Potenza termica ⁷	kW	2,6	4,0	6,5	7,6
MBCX Batteria di riscaldamento elettrica		10	15	25	33
Potenza termica	kW	5	7,5	12,5	16,5
Assorbimento batteria elettrica	A	7,6	11,4	19,0	25,1

- 1 Portata aria nominale; senza accessori.
 - 2 Prestazioni riferite a: portata aria di rinnovo uguale a portata aria di espulsione; temperatura ingresso aria esterna -5°C, 80% UR; temperatura aria ambiente 20°C, 50% UR.
 - 3 Prestazioni riferite a: portata aria di rinnovo uguale a portata aria di espulsione; temperatura ingresso aria esterna 34°C, 50% UR; temperatura aria ambiente 26°C, 50% UR.
 - 4 Indice energetico riferito alle seguenti condizioni: temperatura ingresso aria esterna 7°C bs, 6°C bu; temperatura aria ambiente 20°C bs, 15°C bu.
 - 5 Indice energetico riferito alle seguenti condizioni: temperatura ingresso aria esterna 35°C bs, 24°C bu; temperatura aria ambiente 27°C bs, 19°C bu.
 - 6 Prestazioni riferite a: temperatura acqua Ing./usc. 70/60°C, alle condizioni 2) con compressore funzionante.
 - 7 Prestazioni riferite a: temperatura acqua Ing./usc. 45/40°C alle condizioni 2) con compressore funzionante.
-  Livello di potenza sonora del ventilatore di mandata non canalizzato con pressione statica utile pari a 0 Pa.

raffreddamento

riscaldamento

ART 14 CONDIZIONATORE AUTONOMO A POMPA DI CALORE MULTISPILT

Sarà costituito da più unità di climatizzazione ambiente e da una unità motocondensante ad aria da sistemare all'esterno e sarà del tipo per funzionamento in refrigerazione e in riscaldamento.

L'unità interna sarà del tipo pensile orizzontale a soffitto o verticale a pavimento, costituita da involucro completo di griglie per la mandata dell'aria di tipo orientabile e di ripresa fisse e batteria ad espansione diretta.

Il ventilatore sarà a tre o più velocità. Il filtro dell'aria sarà del tipo piano rigenerabile.

L'impostazione dei parametri di funzionamento potrà essere effettuata a mezzo di telecomando a raggi infrarossi o a mezzo di telecomando cablato

Il gruppo motocondensante sarà del tipo per installazione all'esterno e comprenderà il compressore ermetico rotativo, il condensatore e il ventilatore.

Il collegamento tra le due unità sarà realizzato mediante tubazioni in rame precaricate e opportunamente isolate.

ART 15 CANALIZZAZIONI E DISTRIBUZIONE

Canali aria

Il complesso dei canali (a sezione rettangolare o circolare) deve essere realizzato in ottemperanza alle seguenti prescrizioni:

a) I canali, qualunque sia la loro destinazione, devono essere realizzati usando lamiera in acciaio zincata avente caratteristiche e spessori di zincatura tali che non si verifichi alcun danneggiamento e/o alterazione al rivestimento zincato per effetto dell'azione corrosiva dell'aria e dell'azione meccanica conseguente alle operazioni di costruzione e/o di messa in opera. In particolare nessun danneggiamento e/o alterazione dovrà verificarsi in corrispondenza delle graffature e dei tagli della lamiera che dovranno anch'essi essere protetti da zincatura.

b) Gli spessori ammessi dovranno corrispondere a: 6/10 mm per canali aventi una dimensione del lato maggiore di canale rettangolare o del diametro di canale circolare fino a cm 45;

c) Le unioni fra i vari tronchi, nonché quelle in corrispondenza ai pezzi speciali (curve, tee, raccordi) dovranno essere realizzate come segue:

Canali a sezione circolare: con guarnizione di tenuta: al fine di ridurre le perdite di aria attraverso le giunzioni ad innesto, i manicotti ed i pezzi speciali possono essere dotati di guarnizione a doppio labbro in EPDM. Questo materiale risulta estremamente resistente all'ozono ed all'irraggiamento UV, tollerando temperature di esercizio da -30°C a 100 °C.

d) Tutti gli staffaggi dovranno essere realizzati in profilati e tondino in ferro nero e verniciato con due mani di antiruggine:

Le staffe dovranno essere poste ad una distanza tale, una dall'altra, che non si verifichino frecce superiori a 1/200 della distanza tra gli appoggi delle canalizzazioni sotto l'azione del peso proprio. Il collegamento tra staffaggi e canali dovrà essere realizzato esclusivamente con appoggio del canale sulla staffa o con sospensione del canale per mezzo di tiranti fissati alle flange oppure a collari circoscritti al corrispondente tronco di canale. Gli appoggi e/o sostegni dovranno essere separati a mezzo di materiale antivibrante (gomma o simile).

e) È vietato realizzare collegamenti che comportino il ricorso a forature sulle pareti dei canali;

f) I vari pezzi speciali quali curve, gomiti e derivazioni devono essere previsti con i deflettori interni atti a ridurre al minimo le perdite di carico ed i vortici d'aria;

g) I canali dovranno essere corredati di sportelli d'ispezione a tenuta per consentire l'accesso all'interno dei dispositivi di pulizia:

Tali ispezioni andranno posizionate ogni 20 m, ed al massimo ogni 2 curve.

h) Le curve dovranno avere un diametro non inferiore a 1,5 volte il diametro del condotto;

i) Il collegamento con le unità terminali, quali diffusori, Griglie di Ripresa dovrà essere realizzato con condotti flessibili della lunghezza massima di 80 cm. Per le connessioni con il recuperatore di calore dovranno essere usati appositi giunti antivibranti, oppure condotti flessibili con lunghezza inferiore a 40 cm;

L) Ogni collegamento con unità terminale dovrà essere dotato di Valvola regolatrice del tipo Dinamico, tarata come evidenziato negli elaborati di progetto.

Accessori canalizzazioni aria

- a) Giunti, Raccordi, Derivazioni, Tee, Staffe, Giunti dilatazione, Giunti antivibranti
- b) Ogni accessorio deve garantire i dati tecnici di scelta (quali ad esempio velocità di efflusso o di attraversamento, perdite di carico aerauliche, fono assorbenza o rumorosità, REI, ecc.), certificati dal costruttore.
- c) Prima dell'ordinazione devono essere sottoposti alla Stazione Appaltante per l'approvazione i dati tecnici caratteristici di ogni singolo componente oggetto della presente specifica.

CANALI RETTANGOLARI

Dovranno essere eseguiti con lamiera di acciaio zincato a caldo con spessore minimo di zinco corrispondente al tipo Z 200 secondo norme UNI 5753- 75.

Gli spessori minimi richiesti per i canali rettangolari sono i seguenti:

Lato maggiore del canale	Spessore minimo ammesso
fino a 300 mm	6/10 mm
da 310 mm a 600 mm	8/10 mm
da 610 mm a 1200 mm	10/10 mm
oltre i 1200 mm	12/10 mm

Le aggraffature longitudinali debbono essere realizzate con il sistema Pittsburgh; le congiunzioni trasversali con unioni a flangia con interposta guarnizione, o a baionetta per i canali di dimensioni minori.

Per i canali aventi la dimensione maggiore superiore a 700 mm., dovranno essere previsti, tra le congiunzioni trasversali, rinforzi in angolari da: 25 x 25 x 3 mm su tutti i 4 lati del canale con interasse non superiore a 1200 mm.

Altrettanto dovrà essere previsto per canali con lato maggiore superiore a 1000 mm per i quali però i rinforzi dovranno essere realizzati con angolari da 40 x 40 x 3 mm e l'interasse non dovrà superare i 900 mm.

Gli angolari di rinforzo dovranno essere realizzati in acciaio nero perfettamente privo di ruggine e verniciati con due mani di antiruggine, ciascuna di diverso colore, prima dell'installazione.

Salvo esigenze diverse dovute alle necessità di equilibratura, tutte le curve dovranno avere un raggio medio uguale al lato del canale, complanare al raggio di curvatura. Per raggi inferiori, dovuti a difficoltà realizzative, si dovranno prevedere deflettori in lamiera zincata fissati al canale con rivetti in alluminio di lunghezza minima pari a 10 mm e con testa arrotondata da un lato.

Non sono ammesse curve o diramazioni a gomito salvo casi particolari e dietro approvazione da parte della Direzione Lavori.

Le condotte dovranno essere installate su staffaggi realizzati con angolari in acciaio con distanza tra supporto e supporto non superiore a 1,80 m.

Secondo i casi e la convenienza operativa dette staffe potranno essere supportate da tiranti ancorati a soffitto.

I tiranti di sostegno delle staffe dovranno essere in tondino di ferro di diametro minimo 8 mm ancorati a solai mediante appositi attacchi ad occhiello murati solidamente nei solai stessi.

Il fissaggio delle staffe dovrà essere effettuato sull'estremità inferiore di queste adeguatamente filettate mediante dado e controdado con l'interposizione di rondelle piane in acciaio.

Tutte le staffe e gli ancoraggi dovranno essere verniciati con due mani di antiruggine prima dell'installazione e con una mano a finire di colore diverso per le parti in vista.

Le condotte verticali poste nei cavedi dovranno essere staffate mediante ancoraggi in profilati di acciaio ai solai e alle murature sui quali dovranno essere fissati a vite con dado e controdado, appositi telai sempre in angolari preventivamente fissati mediante viti ai canali.

Anche per le canalizzazioni d'aria dovranno essere presentati disegni relativi ai sistemi di staffaggio riportando sulle tavole le posizioni degli staffaggi stessi e i conseguenti carichi interessanti le strutture.

Come rilevabile dalle tavole di progetto, i tracciati e il dimensionamento delle canalizzazioni di mandata, di ripresa ed espulsione dell'aria sono inequivocabilmente definiti e sono anche indicati i posizionamenti delle serrande tagliafuoco e taratura.

Resta compito dell' Impresa Appaltatrice la definizione delle caratteristiche geometriche delle curve, derivazioni stacchi ecc. nonché il numero e posizioni delle serrande di taratura degli impianti, alla perfetta distribuzione dell'aria ed al rispetto alle prescrizioni dei V.V.F.

In funzione dei livelli sonori delle unità ventilanti prescelte dovranno essere inseriti, ove occorrenti, elementi silenziatori in modo da rispettare i livelli sonori prescritti a livello di ambienti trattati.

Nella sezione dei canali ove saranno installati filtri, serrande tagliafuoco, batterie di postriscaldamento, serrande motorizzate e per la pulizia dei condotti, è necessario installare portine o pannelli di ispezione.

Dette portine di ispezione, atte ad assicurare una perfetta tenuta d'aria e d'acqua, dovranno essere essenzialmente costituite da un robusto telaio a T, da un rigido portello in lamiera d'acciaio zincata a parete semplice o doppia (in questo ultimo caso dovrà essere interposto un materassino isolante) e da un sistema di chiusura a tenuta ermetica.

La pressione, esercitata dal sistema di chiusura, dovrà essere uniformemente distribuita su tutta la superficie del portello.

Ciascuna portina dovrà essere completa di cerniere, maniglie, guarnizioni ed oblò di ispezione; le maniglie dovranno risultare apribili da entrambi i lati.

ISOLAMENTO ESTERNO PER CANALI

L'isolamento esterno dei canali sia rettangolari che circolari sarà eseguito con:

- materassino di lana di vetro, di spessore minimo 20 mm, densità non inferiore a 25 kg/mc, trapuntata su foglio di cartone catramato, rifinita sulla faccia esterna da carta di alluminio retinata.
- legatura con rete o filo di acciaio zincato.

- ove richiesto, finitura esterna in gusci di alluminio spessore 6/10 mm, opportunamente sagomati e sigillati con mastici siliconici a tenuta d'acqua.

L'isolamento esterno dei canali sia rettangolari che circolari correnti all'esterno del fabbricato, sarà realizzato mediante materassino di poliuretano espanso di spessore non inferiore a mm 30; finitura esterna in lamierino di acciaio zincato spess. 6/10 mm pretrattato e verniciato a fuoco nel colore a scelta della D.L., fissato con viti autofilettanti previa interposizione di guarnizione in gomma nel bordo di giunzione.

CANALI RETTANGOLARI IN PAL

I canali di termoventilazione e condizionamento in alluminio preisolati saranno realizzati con pannelli sandwich eco-compatibili tipo **PIRAL HD HYDROTEC OUTSIDER** con le seguenti caratteristiche:

Spessore pannello: 30,5 mm;

Alluminio esterno: spessore 0,2 mm gofrato protetto con lacca poliesteri;

Alluminio interno: spessore 0,08 mm gofrato protetto con lacca poliesteri;

Conduttività termica iniziale: 0,022 W/(m °C) a 10 °C;

Densità isolante: 46-50 kg/m³;

Componente isolante: poliuretano espanso mediante il solo impiego di acqua senza uso di gas serra (CFC, HCFC, HFC) e idrocarburi (HC);

Espandente dell'isolante: ODP (ozone depletion potential) = 0 e GWP (global warming potential) = 0;

% celle chiuse: > 95% secondo ISO 4590;

Classe di rigidezza: R 900.000 secondo UNI EN 13403;

Reazione al fuoco: classe 0-1 secondo D.M. 26/06/84.

I canali saranno protetti in opera con una resina impermeabilizzante, tipo Gum Skin. Non dovranno essere utilizzati composti a base di bitume. In prossimità dei punti di flangiatura è consigliabile l'applicazione di una garza di rinforzo. I canali saranno costruiti in base agli standard P3ductal e in conformità alla norma UNI EN 13403.

RINFORZI

Ove necessario, i canali saranno dotati di appositi rinforzi in grado di garantire, durante l'esercizio, la resistenza meccanica. Il calcolo dei suddetti rinforzi sarà effettuato utilizzando le tabelle del produttore. La deformazione massima dei lati del condotto non dovrà superare il 3% o comunque 30 mm come previsto dalla UNI EN 13403.

FLANGIATURA

Le giunzioni tra i singoli tronchi di canale saranno realizzate per mezzo di apposite flange "a taglio termico" del tipo invisibile ossia con baionetta a scomparsa e garantiranno una idonea tenuta pneumatica e meccanica secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13403. La lunghezza massima di ogni singolo tronco di canale sarà di 4 metri.

STAFFAGGIO

I canali posti all'esterno saranno staffati ogni 2 metri, sollevati da terra, con idonee controventature e, nei tratti orizzontali, dovranno essere installati con una pendenza sufficiente a drenare l'acqua.

CARICO NEVE/VENTO

I canali dovranno essere dimensionati in modo da sopportare anche un carico di neve/vento secondo le tabelle del produttore.

ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI

Qualora i canali attraversino il tetto saranno muniti nella parte terminale di curve a "collo d'oca" allo scopo di evitare l'ingresso di acqua e neve. Tutte le aperture dei canali verso l'esterno, espulsione, presa d'aria esterna ecc., saranno provvisti di apposita griglia antivolatile.

CANALI POSA INTERNA IN PAL SP 20

canali di termoventilazione e condizionamento in alluminio preisolati saranno realizzati con pannelli sandwich eco-compatibili tipo PIRAL HD HYDROTEC con le seguenti caratteristiche:

Spessore pannello: 20,5 mm;

Alluminio esterno: spessore 0,08 mm gofrato protetto con lacca poliesteri;

Alluminio interno: spessore 0,08 mm gofrato protetto con lacca poliesteri;

Conduttività termica iniziale: 0,022 W/(m °C) a 10 °C;

Componente isolante: poliuretano espanso mediante il solo impiego di acqua senza uso di gas serra (CFC, HCFC, HFC) e idrocarburi (HC);

Densità isolante: 50-54 kg/m³;

Espandente dell'isolante: ODP (ozone depletion potential) = 0 e GWP (global warming potential) = 0;

Eco-sostenibilità: dichiarazione ambientale di prodotto EPD;

% celle chiuse: > 95% secondo ISO 4590;

Classe di rigidezza: R 200.000 secondo UNI EN 13403;

Reazione al fuoco: classe 0-1 secondo D.M. 26/06/84;

Tossicità ed opacità dei fumi di combustione: classe F1 secondo NF F 16-101;

Tossicità dei fumi di combustione: FED e FEC < 0,3 secondo prEN 50399-2-1/1.

I canali dovranno rispondere alle caratteristiche di comportamento al fuoco previste dal D.M. 31-03-03 e dalla norma ISO 9705 (Room corner test). I canali saranno costruiti in base agli standard P3ductal e in conformità alla norma UNI EN 13403.

RINFORZI

Ove necessario, i canali saranno dotati di appositi rinforzi in grado di garantire, durante l'esercizio, la resistenza meccanica. Il calcolo dei suddetti rinforzi sarà effettuato utilizzando le tabelle del produttore. La deformazione massima dei lati del condotto non dovrà superare il 3% o comunque 30 mm come previsto dalla UNI EN 13403.

FLANGIATURA

Le giunzioni tra i singoli tronchi di canale saranno realizzate per mezzo di apposite flange "a taglio termico" del tipo invisibile ossia con baionetta a scomparsa e garantiranno una idonea tenuta pneumatica e meccanica secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13403. La lunghezza massima di ogni singolo tronco di canale sarà di 4 metri.

DEFLETTORI

Tutte le curve ad angolo retto dovranno essere provviste di apposite alette direttrici; le curve di grandi dimensioni a raccordo circolare saranno dotate di deflettori come previsto dalla UNI EN 1505.

STAFFAGGIO

I canali saranno sostenuti da appositi supporti con intervalli di non più di 4 metri se il lato maggiore del condotto è inferiore ad 1 metro, e ad intervalli di non più di 2 metri se il lato maggiore del condotto è superiore ad 1 metro. Gli accessori quali: serrande di taratura, serrande tagliafuoco, diffusori, batterie a canale, ecc., saranno sostenuti in modo autonomo in modo che il loro peso non gravi sui canali.

ISPEZIONE

I canali saranno dotati degli appositi punti di controllo per le sonde anemometriche e di portelli per l'ispezione e la pulizia distribuiti lungo il percorso come previsto dalla EN 12097 e dalle "Linee guida pubblicate in G.U. del 3/11/2006 relative alla manutenzione degli impianti aeraulici". I portelli potranno essere realizzati utilizzando lo stesso pannello sandwich che forma il canale, in combinazione con gli appositi profili. I portelli saranno dotati di guarnizione che assicuri la tenuta pneumatica richiesta. In alternativa potranno essere utilizzati direttamente i portelli d'ispezione P3ductal.

COLLEGAMENTI ALLE UTA

I collegamenti tra le unità di trattamento aria ed i canali saranno realizzati mediante appositi giunti antivibranti, allo scopo di isolarli dalle vibrazioni. I canali saranno supportati autonomamente per evitare che il peso del canale stesso venga trasferito sugli attacchi flessibili. Inoltre il collegamento con l'unità di trattamento aria renderà possibile la disgiunzione per la manutenzione dell'impianto. Qualora i giunti antivibranti siano posti all'esterno, questi saranno impenetrabili all'acqua

ART 16 APPARATI DI DISTRIBUZIONE E REGOLAZIONE ARIA

SERRANDE TAGLIA FUOCO

Serrande tagliafuoco circolari per l'isolamento delle infiltrazioni dei condotti tra i compartimenti antincendio. Testato per le proprietà di resistenza al fuoco secondo la EN 1366-2, con Tipotura CE e dichiarazione di prestazione secondo il regolamento sui prodotti da costruzione. Unità pronta all'uso, che include una lama di smorzamento resistente al fuoco e un meccanismo di rilascio. Per l'installazione senza malta e senza malta in solidi di pareti e solai, pareti divisorie leggere con struttura di supporto in metallo, comprese pareti antincendio, pareti divisorie di sicurezza e pareti per fornire protezione dalle radiazioni; anche per l'installazione su pareti in legno e costruzioni a graticcio con rivestimento su entrambi i lati; per l'installazione in pareti divisorie leggere con rivestimento su un lato (pareti dell'albero), con o senza struttura di supporto metallica. Per l'installazione senza malta a secco sul fronte di solide pareti e solette, a distanza da solide pareti e solette e lontano da pareti divisorie leggere. Per l'installazione con giunto a soffitto flessibile in pareti divisorie leggere con struttura di supporto in metallo e pareti antincendio; per l'installazione a secco senza malta con una palla di fuoco in solide pareti e solette e in pareti divisorie leggere con struttura di supporto in metallo, comprese pareti divisorie di sicurezza e pareti per fornire protezione dalle radiazioni; anche per l'installazione senza malta a secco con un battito di fuoco in pareti di legno e pareti e costruzioni a graticcio con rivestimento su entrambi i lati. Per l'installazione a base di malta in soffitti con travi in

legno e soffitti modulari (sistema Cadolto), e per l'installazione con giunti a soffitto flessibili in pareti piene non portanti e solette massicce. Lunghezza dell'involucro 400 mm, per il collegamento a condotti in materiali non combustibili o combustibili. Rilascio termico o termoelettrico a 72 ° C o 95 ° C (sistemi di ventilazione ad aria calda). Costruzioni con attuatore con ritorno a molla per l'apertura e la chiusura della serranda tagliafuoco indipendenti dalle dimensioni nominali e anche mentre il sistema di ventilazione è in funzione, ad es. per un test funzionale. Costruzioni antideflagranti per zone 1, 2, 21 e 22 con attuatore con ritorno a molla. Costruzione semplice per installazione senza malta a secco con kit di installazione: ER, TQ, GL, WA, WE.

Dimensioni e caratteristiche come da elaborati grafici.

SERRANDA DI TARATURA

Serranda di taratura ad iride per condotti circolari

Serranda di taratura ad iride per condotti circolari

Descrizione:

Serranda di regolazione ad iride circolare per la regolazione del flusso dell'aria con prese di pressione differenziale per il calcolo della portata.

Caratteristiche:

Materiale: cassa ed alette in acciaio zincato

La regolazione viene effettuata con una maniglia situata sulla serranda che cambia il diametro dell'apertura del foro di smorzamento.

Tenuta classe C in conformità alla norma EN 1751.

Temperatura di funzionamento da -10 a +80

GRIGLIA PRESA ARIA ESTERNA

Griglia di presa aria esterna tipo ALA-R circolare, costituita da un telaio profilato a forma di elle da alette anti-pioggia orizzontali fisse, distanza 50 mm, con fori di fissaggio e griglia posteriore di protezione contro gli uccelli in maglia metallica (in lamiera d'acciaio zincata, ampiezza maglie 8 x 8 mm). prodotto in: Lamiera d'acciaio zincata (standard), Acciaio zincato 1,4301 (V2A) 1.4751 (V4A) lucido, spazzolato e saldato in colorazione grigio sabbia (con sovrapprezzo), Alluminio verniciato RAL 9010 (bianco).

DIFFUSORE A DISLOCAMENTO

Diffusore a dislocamento con griglia frontale perforata e smontabile per flusso d'aria di mandata a bassa turbolenza, facile da pulire secondo VDI 6022. Costituito da involucro e griglia frontale in lamiera d'acciaio zincata (standard), lamiera d'acciaio verniciata RAL 9010 (bianco) o in acciaio inox verniciata nella tonalità grigio sabbia. Per una distribuzione omogenea dell'aria è montato una lamiera equalizzatrice in lamiera forata. Il diffusore a dislocamento può essere fornito anche con un trattamento protettivo in una colorazione RAL idoneo per montaggio a pareti o soffitto- Serranda a scorrimento (-SS) per la semplice regolazione della portata d'aria.

- Serranda di taratura (-DV1) per la facile regolazione della quantità d'aria.

GRIGLIA DI RIPRESA

Le bocchette di ripresa per installazione a soffitto essere eseguite con le seguenti caratteristiche: cornice in acciaio verniciato; alette fisse. serranda di regolazione a comando manuale tramite cacciavite dall'esterno della bocchetta, con telaio in acciaio zincato ed alette in alluminio estruso; regolazione tramite movimento contrapposto delle alette.

Costituita da un telaio frontale con montaggio viti a vista (SM), alette singolarmente orientabili orizzontali e serranda a scorrimento integrata per la regolazione della portata d'aria. Con cartuccia filtro in tegrata EU4 (filtro rigenerabile). Corpo alette removibile anteriormente.

- Bocchetta monoblocco con filtro costituita da Lamiera d'acciaio zincata, con frontale verniciato, colore RAL 9010

GRIGLIA DI TRANSITO

Per il transito dell'aria tra corridoi e gruppi servizi, vengono utilizzate griglie di transito posizionate sulle porte stesse. La griglia di transito SG-Alu per il montaggio su porte e pareti, è costituita da un telaio con alette a V a profilo antiluce in alluminio anodizzato naturale (E6/EV1). - Controtelaio (-GR) in alluminio anodizzato naturale (E6/EV1).

VALVOLA ASPIRAZIONE SERVIZI IGENICI

Per la ripresa ed espulsione dell'aria dai servizi igienici o dai locali di servizio vengono Valvola di ventilazione (ripresa), con frontale circolare in lamiera d'acciaio verniciata, colore RAL 9010 (bianco) e guarnizione in espanso perimetrale. Con disco valvola in plastica con regolatore di portata dell'aria girevole in lamiera d'acciaio verniciata, colore RAL 9010 (bianco) e controdado per garantire la regolazione della portata dell'aria nonché mandrino filettato in acciaio zincato. Compreso telaio di montaggio in plastica fino alla grandezza 150, colore simile a RAL 9010 (bianco), a partire dalla grandezza 160 in lamiera d'acciaio zincata con chiusura a baionetta.

- Piastra per montaggio su pannelli (-PA) in lamiera d'acciaio verniciata RAL 9010 (bianco), con telaio di montaggio integrato, in lamiera d'acciaio zincata - Attacco per canale circolare (-SA) con telaio di montaggio integrato, in lamiera d'acciaio zincata.

ART 17 IMPIANTO BSM DI TERMOREGOLAZIONE

Caratteristica fondamentale dell'impianto sarà la capacità di mantenere in funzione i diversi sistemi anche in caso di avaria o arresto di una singola unità interna consentendone le operazioni di manutenzione senza disattivare l'intero impianto. Attraverso la linea bus le unità riusciranno ad alimentare la valvola LEV permettendo in caso di non alimentazione elettrica di posizionarsi in posizione di OFF senza compromettere il funzionamento del sistema e consentirne il funzionamento. Questa caratteristica intrinseca del sistema è una particolarità della scheda elettronica dell'unità interna

SONDE DI TEMPERATURA

Le sonde di temperatura potranno essere del tipo da ambiente, da canale, ad immersione, o esterne.

L'elemento sensibile sarà costituita da una resistenza variabile in funzione della temperatura.

Le sonde saranno costituite da una basetta e da una custodia forata innestabile in materiale sintetico, contenente l'elemento sensibile.

Le sonde esterne avranno ulteriore protezione dalle intemperie.

Le sonde da canale e ad immersione saranno costituite da una basetta, da una custodia, e da una guaina di adeguata lunghezza, la quale contiene l'elemento sensibile.

Le sonde ambiente dovranno essere installate possibilmente ad una altezza di circa 1,5 m a parete, distanti da fonti di calore, in posizione idonea al rilevamento delle effettive condizioni dell'ambiente.

Le sonde esterne saranno installate al riparo dall'irraggiamento solare, in posizione tale da non essere influenzate da fonti di calore o di umidità, come presso porte, finestre, camini ecc. È anche da evitare l'installazione presso angoli, nicchie o posizioni in cui non vi sia libera circolazione dell'aria.

Le sonde da canale dovranno essere installate a metà altezza della parete del canale stesso.

Le sonde da immersione saranno installate in apposito pozzetto saldato sulla tubazione.

I campi di misura saranno scelti in relazione alle caratteristiche di funzionamento dell'impianto.

È ammesso l'uso di sonde combinate di temperatura e di umidità relativa, che contengono i due elementi sensibili distinti dentro un'unica custodia.

TERMOSTATI AMBIENTE

I termostati ambiente saranno installati a parete ad un'altezza di 1,5 m dal pavimento in posizione idonea.

Saranno del tipo a due posizioni con contatti in commutazione.

Avranno una sensibilità tale da garantire il valore di taratura con uno scarto di 0,5 °C.

Dovranno essere del tipo elettrico a lamina bimetallica.

Tra la posizione di "aperto" e "chiuso" la temperatura dell'aria in ambiente non dovrà subire variazioni superiori a 1 °C.

La posa in opera dovrà avvenire con l'interposizione di un pannello di materiale isolante tra il termostato e la struttura.

Tale pannello rifinito e verniciato in colore gradito alla D.L. dovrà avere le stesse dimensioni del termostato.

Sono da evitare posizioni che risentano di fonti di calore e di umidità, come presso porte, finestre, camini.

È anche da evitare l'installazione presso angolari, nicchie o posizioni in cui non vi sia una libera circolazione dell'aria.

SONDA DI UMIDITA' RELATIVA

Le sonde di umidità relativa potranno essere del tipo da ambiente o da canale.

L'elemento sensibile sarà costituito da un nastro in materiale sintetico speciale che varia la sua lunghezza in funzione dell'umidità relativa dell'aria

Questo movimento è convertito in un segnale elettrico per mezzo di un trasduttore.

Le sonde da ambiente saranno costituite da una basetta e da una custodia innestabile in materiale sintetico la quale conterrà l'elemento sensibile.

Il collegamento elettrico del flussostato dovrà essere in serie con tutte le altre sicurezze dell'apparecchiatura cui è collegato.

Caratteristiche di funzionamento:

- pressione di funzionamento (max.): 1 MPa (10 Ate)
- temperatura del fluido(max.): 110 °C

SERVOCOMANDI PER SERRANDE

I servocomandi saranno del tipo a movimento rotativo o lineare per regolazione modulante o a due posizioni.

I servocomandi dovranno poter essere montati alla leva della serranda senza snodi o rinvii meccanici e dovranno essere completi di staffa di fissaggio orientabile e girevole, saranno completi di molla di ritorno automatica.

VALVOLE DI REGOLAZIONE SERVOCOMANDATE

Dovranno essere previste delle valvole con azionatore elettromeccanico o elettromagnetico per funzionamento modulante con segnale 0...10 V oppure 0...20 V in corrente continua proveniente dal regolatore.

Non sono in alcun caso consentiti azionatori termici o flottanti.

Le valvole saranno previste con dispositivo di ritorno a molla, in mancanza del segnale di comando, e complete dell'azionatore manuale.

La pressione nominale sarà di 1 MPa (10 Ate) come minimo. Gli attacchi saranno filettati fino al diametro di 50 mm e flangiati per diametri superiori.

Le valvole dovranno essere fornite preassemblate con il relativo servocomando, in modo tale da non richiedere ulteriori aggiustamenti e tarature.

REGOLATORI ELETTRONICI PER UNITA' TERMINALI

Regolatore elettronico di temperatura per unità terminali, a circuiti integrati, con elemento sensibile e segnale di comando multistadio modulante, di tipo a una o due uscite proporzionali in sequenza, con custodia modulare, atta al montaggio dello strumento su barre a norme DIN dentro l'unità terminale (mobiletto), con una potenza in uscita sufficiente per il comando contemporaneo di almeno tre mobiletti.

Potenza massima assorbita circa 2 W.

Alimentazione 24 V ca.

ART 18 SISTEMA DDC DI REGOLAZIONE E CONTROLLO

La regolazione delle apparecchiature appartenenti all'impianto di climatizzazione verrà realizzata mediante l'impiego di un sistema di controllo di tipo digitale diretto (DDC).

Il sistema sarà composto principalmente da più unità di regolazione (o sottostazione) remote a funzionamento autonomo (stand alone), predisposte totalmente per l'interfaccia con una stazione remota centralizzata di controllo su personal computer.

Le unità di regolazione remote avranno capacità variabile in funzione dell'applicazione, e comunque saranno in grado di gestire segnali in entrata ed uscita di tipo analogico o digitale. Le unità, ubicate nei relativi locali tecnologici, saranno collegate tra loro in modo da poter colloquiare e gestire logiche comuni.

Ogni unità sarà dotata di apposito display di grandezza adeguata, sul quale potranno essere letti tutti i parametri relativi al sistema di regolazione, di tastierino con il quale poter intervenire sui parametri menzionati. Saranno inoltre del tipo modulare e potranno quindi essere accoppiate per raggiungere la capacità richiesta.

Le unità saranno direttamente collegabili agli elementi in campo di tipo:

ingressi analogici

ingressi digitali

uscite analogiche

uscite digitali.

Il sistema DDC gestirà completamente gli impianti, ed in special modo assolverà le seguenti funzioni:

- rilevamento dei parametri di funzionamento degli impianti, con possibilità di lettura dei dati e taratura manuale (valori impostati, valori reali, posizionamento degli attuatori, ecc.);
- segnalazione del superamento di soglie di allarme o del malfunzionamento di alcuni componenti;
- programmazione dei cicli di accensione/spegnimento delle apparecchiature.

Nello specifico caso, il sistema DDC dovrà provvedere alle seguenti funzioni:

comando serranda sulla presa aria esterna con segnale proveniente da termostato antigelo;

allarme filtro intasato da pressostato differenziale;

comando valvole a tre vie batterie di scambio termico tramite segnale proveniente da sonde di temperatura;

comando, stato ed allarme della elettropompa di umidificazione;

comando ventilatori di mandata, lettura dello stato e degli allarmi;

comando ventilatori di espulsione aria, lettura dello stato e degli allarmi.

controllo stato pompe

ART 19 UNITA' CENTRALE DI SUPERVISIONE

CONSOLLE OPERATIVA

Un posto centrale di supervisione e controllo dell'impianto sarà ubicato ove possibile nel locale della centrale di condizionamento. Questo verrà presidiato saltuariamente solo nelle ore di funzionamento degli impianti e sarà costituito dai seguenti sottosistemi:

unità centrale e relativa memoria

memoria di massa

stampante

dispositivi di comunicazione

La fornitura comprenderà anche tutti gli arredi di supporto per terminale video, stampante, ecc. (tavolo, sedia ecc.).

UNITA' CENTRALE E RELATIVA MEMORIA

La piattaforma hardware dovrà essere in grado di gestire le informazioni provenienti dagli apparati in modo da gestire gli impianti in tempo reale.

Cura rilevante dovrà essere posta nel dimensionamento della macchina e della memoria centrale per le implicazioni che queste comportano sulle prestazioni del sistema in generale e del tempo di risposta in particolare.

In caso di mancanza di energia elettrica l'unità centrale sospenderà l'azione di monitoraggio ma non perderà tutti quei dati e programmi necessari alla sua ripresa al ritorno dell'unità sotto rete. In tal caso un programma di ripartenza dovrà essere attuato automaticamente, cioè senza l'intervento di alcun operatore.

L'unità centrale dovrà inoltre essere dotata di tutte quelle risorse di autodiagnostica che permettano l'individuazione di tutti quei guasti che portino ad un inaccettabile degrado del sistema.

Dovrà essere prevista tutta la memoria di massa (dischi fissi, RAM disc, ecc.) necessaria alla buona gestione del sistema. Si dovrà prevedere una riserva minima del 30% da utilizzare per eventuali ampliamenti futuri. I dispositivi di memoria avranno capacità e tempi di accesso aggiornati allo stato dell'arte.

Verrà data particolare attenzione alla possibilità di gestire con semplicità ed affidabilità le copie di sicurezza dei dati e dei programmi ed il trasporto del software in generale. Saranno preferiti tutti quei dispositivi di memoria che adottino supporti (dischi rimovibili, streamer tape, ecc.) a larga diffusione sul mercato.

CARATTERISTICHE MINIME

personal computer di primaria marca;

processore Intel Pentium IV 1.8 GHz (o CPU equivalente di prestazioni analoghe)

256 Mb RAM

HD 20Gb

CD-Rom - Driver 3"½

Scheda di rete

Slot per futuri ampliamenti e collegamenti

monitor grafico SVGA (dimensione minima 17") a bassa emissione di radiazioni e con schermo antiriflesso.

POSTO OPERATORE – ACCESSIBILITA'

Sarà realizzato con un video a colori e una tastiera. Dovranno essere previsti tutti gli accorgimenti possibili affinché il personale preposto alla supervisione degli impianti sia facilitato nell'espletamento delle operazioni: ad esempio utilizzando procedure di tipo guidato con menù od icone. Inoltre tutta la messaggistica in chiaro dovrà essere redatta in lingua italiana.

Per l'accessibilità al sistema attraverso il posto operatore si dovranno distinguere almeno due livelli di gestione. Il primo che permetta a chiunque di prendere visione dei parametri funzionali degli impianti. Il secondo, riservato al solo personale abilitato, che consenta anche l'accettazione degli allarmi, l'invio di comandi, la variazione di soglie, ecc.. All'uopo dovrà essere predisposto un opportuno dispositivo hardware o software per il riconoscimento del personale (ad esempio con un codice individuale). Tale dispositivo sarà escludibile ovvero attivabile solo al cambio turno operatori.

STAMPANTE

La stampante verrà utilizzata per la redazione sia della documentazione di esercizio che di tutte le altre stampe a richiesta dell'operatore (anagrafiche di punti, ecc.).

La stampante sarà del tipo a getto d'inchiostro a colori, formato A4.

DISPOSITIVI DI COMUNICAZIONE

Saranno forniti tutti i dispositivi hardware e software necessari al colloquio fra unità centrale, unità periferiche e posto operatore. Le comunicazioni dovranno avvenire con interfacce e protocolli di tipo normalizzato aperto e disponibile (tipo EIB, PROFIBUS, BACnet o similari).

ART 20 VALVOLAME, POMPE SPECIFICHE TECNICHE

Le valvole a saracinesca flangiate per condotte d'acqua devono essere conformi alle norme UNI 7125 ed UNI 7125 FA 109-82.

Le valvole disconnettici a tre vie contro il ritorno di flusso e zone di pressione ridotta devono essere conformi alla norma UNI 9157.

Le valvole di sicurezza in genere devono rispondere alla norma UNI 9157.

La rispondenza alle norme suddette deve essere comprovata da dichiarazione di conformità completata con dichiarazione di rispondenza alle caratteristiche specifiche dal progetto.

La pompa deve rispondere alle prescrizioni previste dal progetto e rispondere, secondo il tipo, alle norme UNI 6781, UNI ISO 3555 e altre vigenti.

VALVOLE DI SICUREZZA

Le valvole di sicurezza dovranno essere previste ovunque le vigenti normative ISPEL e le regole di buona esecuzione degli impianti ne prescrivono o consigliano l'uso.

Tipo, dimensionamento e materiali in tutto e per tutto conformi alle vigenti normative ISPEL.

La Ditta è tenuta a presentare i calcoli relativi al dimensionamento e i certificati di omologazione ISPEL.

Saranno in bronzo, o ghisa, con pressione massima di taratura di 5 bar.

ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE IN LINEA

Le elettropompe centrifughe in linea saranno del tipo monoblocco con accoppiamento diretto pompa-motore, in esecuzione singola e gemellare.

Dovranno essere adatte per funzionamento in ambiente chiuso e saranno progettate per esercizio continuo a pieno carico (8.000 ore/anno).

La portata di progetto dovrà essere preferibilmente situata in prossimità del punto di massimo rendimento.

Valori al di fuori di detti limiti richiedono esplicita approvazione del Committente.

Qualora siano previste due o più pompe in parallelo, le curve caratteristiche dovranno essere perfettamente uguali.

Gli spessori dei corpi e delle volute saranno previsti per le pressioni di progetto e con un sovrappessore di corrosione di almeno 3 mm.

Dovranno essere realizzate con corpo in ghisa, giranti in bronzo, ghisa o acciaio inox, staticamente e dinamicamente equilibrate, con albero in acciaio ed essere scelte per sopportare pressioni corrispondenti alla pressione statica gravante su di esse più la pressione che esse sono in grado di generare a bocca premente chiusa.

La tenuta sull'albero sarà di tipo meccanico.

Le flange di aspirazione dovranno essere atte a sopportare anche la pressione di prova idraulica della carcassa.

I cuscinetti a sfere o a rulli dovranno avere una durata nominale, nelle condizioni di carico previste dal progetto non inferiore a 40.000 ore.

I cuscinetti a bronzina dovranno avere corpo in acciaio. Tutti i cuscinetti dovranno essere del tipo autolubrificante.

I motori elettrici dovranno avere una potenza resa, incluso l'eventuale fattore di servizio, superiore di almeno il 15% rispetto a quella assorbita.

La potenza assorbita dalla pompa dovrà essere calcolata nel punto di funzionamento richiesto nelle peggiori condizioni di esercizio previste.

I motori dovranno essere del tipo protetto autoventilato ad avviamento in corto circuito, adatti a 4 poli, per tensione 380/3/50, protezione meccanica IP 44.

I motori di tutte le pompe, complete di giranti, dovranno essere equilibrati staticamente e dinamicamente.

Ogni pompa sarà munita di manometri per il controllo della prevalenza, valvole di intercettazione e valvola di ritegno sulla mandata.

Le pompe dovranno essere collocate in opera mediante idonei giunti antivibranti di connessione alle tubazioni.

Le tubazioni ed il valvolame non devono gravare sulle bocche delle pompe e lo staffaggio deve essere concepito e realizzato in maniera da rendere semplice l'accesso ai vari organi sia per le manovre durante l'esercizio, che durante le operazioni di manutenzione.

TERMOMETRI A QUADRANTE BIMETALLICI

I termometri a quadrante con elemento sensibile costituito da una spirale bimetallica avranno le seguenti caratteristiche: cassa in lega leggera, accuratamente rifinita con verniciatura antiacida in nero, costruzione stagna con anello metallico avvitato e guarnizioni in neoprene col vetro; quadrante bianco con numeri litografati in nero, diametro 100 mm; indice in acciaio brunito; dispositivo micrometrico di azzeramento.

Il bulbo sarà diritto o ad angolo a seconda del luogo di installazione; nei casi in cui la lettura dei termometri a gambo rigido possa essere difficoltosa, dovranno essere previsti termometri con bulbo a capillare, di lunghezza adeguata al tipo di installazione.

I termometri per acqua saranno montati su pozzetti termometrici all'uopo predisposti sulle tubazioni.

I termometri per aria saranno smontati a metà altezza del lato del canale ove è prevista l'installazione.

La precisione dovrà essere del + 1% del valore di fondo scala.

I campi di misura verranno selti a seconda delle necessità.

MANOMETRO PER ACQUA

Saranno del tipo Bourdon con molla tubolare di materiale adatto alle pressioni d'esercizio.

Cassa in lega leggera, accuratamente rifinita con verniciatura antiacida in nero, costruzione stagna con anello metallico avvitato e guarnizioni in neoprene al vetro; quadrante bianco con numeri litografati in nero indelebile, diametro 80 mm, indice in acciaio brunito con dispositivo micrometrico di azzeramento, lancetta rossa regolabile, scala graduata in Kg/cmq.

Precisione +/- 1% riferito al valore del fondo scala, per un buon funzionamento del manometro è consigliabile che il valore di fondo scala non sia superiore del 50 % alla pressione nominale d'esercizio.

Ogni manometro dovrà essere completo di rubinetto a tre vie con flangetta di controllo.

VASI DI ESPANSIONE CHIUSI A MEMBRANA

I vasi di espansione chiusi a membrana dovranno essere costruiti in lamiera d'acciaio di forte spessore opportunamente rinforzata, a forno. La membrana di divisione sarà in gomma anticalore conforme alle norme DIN 4807 e sarà graffiata o saldata in atmosfera di gas inerte.

I vasi saranno provvisti nel fondo inferiore di una valvolina per il carico e lo scarico dell'azoto.

- Pressione di bollo: 500-600 kPa

I vasi di capacità superiore a 24 litri saranno in tutto rispondenti alle prescrizioni delle vigenti norme.

GIUNTI ANTIVIBRANTI

I giunti antivibranti, del tipo adatto ad interrompere le onde sonore generate dalla colonna liquida e le vibrazioni create da organi in movimento, dovranno essere del tipo a spinta eliminata ed avranno le seguenti caratteristiche:

- corpo in gomma caucciù in un unico pezzo con flange in acciaio vulcanizzate sul corpo;

- flange di collegamento secondo norme UNI PN 10.

GRUPPI AUTOMATICI DI RIEMPIMENTO IMPIANTI

Il gruppo monoblocco automatico di riempimento per impianti termici, con attacchi a manicotti filettati, sarà costituito dalle seguenti parti:

- riduttore automatico di pressione ad otturatore a membrana con molla di contrasto;
- dispositivo di ritegno;
- filtro;
- manometro incorporato.

Dovrà inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche costruttive:

- corpo, coperchio ed otturatore in ottone;
- molle per riduzione e ritegno in acciaio inox,;
- membrana in materiale sintetico;
- filtro in bronzo sinterizzato;
- manometro a molla Bourdon con scala 0 - 600 kPa.

VALVOLE A SFERA IN BRONZO

Le valvole a sfera saranno del tipo a passaggio totale, costruite interamente in bronzo.

Avranno le guarnizioni di tenuta in teflon e maniglia di manovra in lega di alluminio verniciata.

Avranno attacchi a manicotti filettati gas femmina.

SARACINESCHE A CORPO PIATTO IN GHISA

Le saracinesche in ghisa a corpo piatto saranno del tipo esenti da manutenzione, completamente coibentabili, e dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- corpo e coperchio in ghisa grigia GG 25 Meehanite;
- asta in acciaio inox;
- tenuta sull'asta elastica di EPDM inserita tra anelli di fibra di vetro per garantire una perfetta tenuta;
- asta costruita in modo tale che la controtenuta risulti perfetta sia a saracinesca aperta che a saracinesca chiusa. La controtenuta dovrà essere ottenuta a mezzo di due anelli di PTFE;
- cuneo di tipo flessibile atto a garantire una perfetta adattabilità alle sedi del corpo eliminando problemi di incollamento e grippaggio;
- tenuta sul cuneo e sul corpo con anelli di acciaio inox;
- flange di collegamento secondo UNI/DIN PN 6 o PN 10;

Per impianti antincendio la saracinesca dovrà essere corredata di indicatore di apertura.

Dovranno essere fornite complete di controflange normalizzate, guarnizioni in grafite e bulloni.

VALVOLE DI RITEGNO INTERMEDIE IN GHISA

Saranno del tipo verticale ed avranno le seguenti caratteristiche:

- corpo in ghisa GG 25;
- otturatore in ghisa GG 25;
- sede di tenuta ricavata nel corpo;
- tenuta sull'otturatore in gomma dura;
- flange di collegamento secondo norme UNI PN 10.

VALVOLE DI RITEGNO IN BRONZO

Le valvole di ritegno in bronzo potranno essere del tipo a molla, per installazione verticale, o a clapet, per installazione sia orizzontale che verticale.

Avranno le seguenti caratteristiche:

- corpo in bronzo;
- otturatore in bronzo;
- tenuta sull'otturatore in gomma;
- tappo per ispezione otturatore in bronzo con tenuta in gomma;
- eventuale molla in acciaio inox;
- attacchi a manicotto filettati gas PN 10.

FILTRI AD Y IN GHISA

I filtri saranno del tipo ad "Y" con filtro estraibile e corpo in ghisa.

Cestello in acciaio inox e guarnizioni del coperchio in Klingerite.

Tutti i filtri saranno smontabili ed installati fra 2 valvole di intercettazione.

FILTRI AD Y IN BRONZO

Filtri raccoglitori di impurità con corpo in bronzo. Avranno l'elemento filtrante a cestello in acciaio inox, completamente estraibile. Avranno attacchi a manicotti filettati maschio e femmina, PN 10.

RUBINETTI A MASCHIO A TRE VIE IN GHISA

I rubinetti a maschio a tre vie saranno del tipo con cappello flangiato, atto a contenere il maschio nel rubinetto. Saranno costruiti completamente in ghisa, con cappello e premistoppa imbullonati. Avranno attacchi a flange dimensionati e forati secondo le norme UNI PN 10. Dovranno essere forniti completi di controflange normalizzate, guarnizioni in grafite e bulloni.

ART 21 IMPIANTO IDRICO-SANITARIO

L'impianto idraulico di distribuzione dell'acqua fredda e calda è stato progettato in base ai criteri indicati dal progetto norma EN806.

Le caratteristiche dell'acqua potabile di alimentazione dell'Acquedotto esterno dovranno essere conformi alle prescrizioni del D.P.C. 8 febbraio 1985 (G.U. n° 108 9 maggio 1985) ed alle indicazioni dell'Appendice A delle Norme UNI 9182 sopra citate.

Il dimensionamento dell'impianto di raccolta e smaltimento acque nere degli edifici è stato effettuato secondo la UNI EN 12056 parte 2.

NE

PRESCRIZIONI TECNICHE ADDUZIONI IDRICHE

In conformità alla normativa vigente, l'impianto idrico ed i suoi elementi devono rispondere alle regole di buona tecnica; le UNI sono considerate norme di buona tecnica.

- Gli apparecchi sanitari, indipendentemente dalla loro forma e dal materiale costituente, devono soddisfare i seguenti requisiti:

-robustezza meccanica;

-durabilità meccanica

-assenza di difetti visibili ed estetici;

- resistenza all'abrasione

-pulibilità di tutte le parti

-resistenza alla corrosione

-funzionalità idraulica.

Per gli apparecchi di ceramica, la rispondenza alle prescrizioni di cui sopra s'intende comprovata se essi rispondono alle norme UNI 8949/1 per i vasi, 8951/1 per i lavabi, 8950/1 per bidet.

–I rubinetti sanitari considerati nel presente punto sono quelli appartenenti alle seguenti categorie:

-rubinetti singoli, cioè con sola condotta d'alimentazione;

-gruppo miscelatore, avente due condotte di alimentazione e comandi separati per regolare e miscelare la portata d'acqua.

I rubinetti sanitari di cui sopra, indipendentemente dal tipo e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle seguenti caratteristiche:

- inalterabilità dei materiali costituenti e non cessione di sostanza all'acqua.

- tenuta dell'acqua e alle pressioni d'esercizio;

- conformazione della bocca di regolazione in modo da erogare acqua con filetto a getto regolatore e comunque, senza spruzzi che vadano all'esterno.

- proporzionalità fra apertura e portata erogata;

- silenziosità ed assenza di vibrazioni tutte le condizioni di funzionamento;

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate s'intende soddisfatta per i rubinetti singoli e gruppi miscelatori, quando essi rispondono alla norma UNI EN 200 e ne viene comprovata la rispondenza con certificati di prova o con apposizione del marchio UNI.

ADDOLCITORI AUTOMATICI A SCAMBIO IONICO

Addolcitore automatico per il trattamento dell'acqua fredda per usi tecnologici costituito da una colonna di contenimento delle resine scambiatrici di "basi" in acciaio rivestito con resine protettive, testata programmatrice della rigenerazione automatica completa di tutte le apparecchiature di controllo e comando.

Caratteristiche:

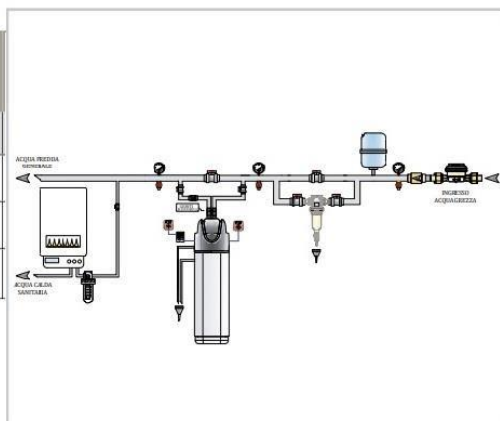
- durezza totale acqua greggia: ... °C fr
- durezza acqua trattata: < 0,2 °C fr
- durata rigenerazione: 60 '

Accessori compresi nell'addolcitore:

- organi interni per la distribuzione ed il drenaggio dell'acqua e del rigenerante;
- valvola multipla automatica a comando idraulico costituita da un unico corpo di più valvole e membrana, con incorporato l'eiettore idraulico;
- n. 2 manometri e presa campioni;
- n. 1 contatore d'acqua emettitore di impulsi;
- n. 1 programmatore e distributore idraulico;
- n. 1 serbatoio di stoccaggio del cloruro sodico e preparazione della salamoia satura, costituito in materiale plastico, in grado di garantire 4 rigenerazione/colonna;
- n. 1 flussimetro di controllo portata acqua dura;
- n. 1 flussimetro controllo portata acqua addolcita;
- carica di resina cationica forte.

L'alimentazione idrica dell'intero complesso avviene direttamente da acquedotto. Lo stacco per alimentare l'intero edificio, dove sarà ubicata l'intercettazione generale, sarà posizionata al piano terra.

PORTATA ($\Delta P=0,2$ BAR)	CICLICA MAX	ATTACCHI	DIMENSIONI in mm		
			A	B	C
1900	105	1" M	1075	180	350
2800	160	1" M	1075	235	350
4600	250	1" M	1650	255	565

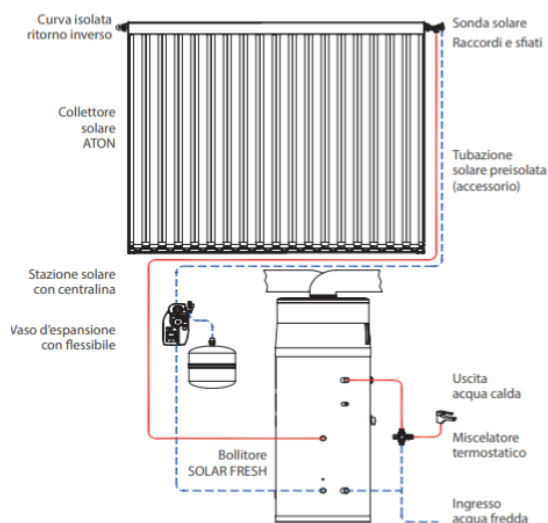


IMPIANTO PRODUZIONE ACS CON POMPA DI CALORE E PANNELLI SOLARI

Sistema solare a circolazione forzata per la produzione di acqua calda sanitaria con collettori solari a tubi sottovuoto serie ATON certificati Solar con tubazione di ritorno integrata nella testata del collettore e bollitore sanitario con pompa. Il bollitore sanitario è dotato di finitura interna vetrificata secondo DIN 4753-3 e di pompa di calore con compressore ad alta efficienza con refrigerante R134a. Sul bollitore è presente un display di visualizzazione parametri e gestione generazione termica mediante resistenza pompa di calore, resistenza termica o caldaia. Stazione solare S12C con gruppo di carico, manometro, valvola di scarico termico e centralina SUNIT MTDC-E precablata. Sistema dotato di vaso d'espansione specifico per impianti solari termici e di miscelatore termostatico antiscottature.

Kit raccordi sfiati aria uscita battuta piana 3/4" per inox Ø16 e curva preisolata ritorno inverso inclusi.

Staffe di fissaggio, raccordi di connessione e fluido termovettore da ordinarsi a parte in funzione delle diverse specifiche di cantiere.

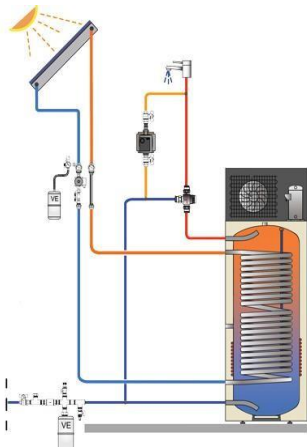


Descrizione		SOLAR FRESH
Collettore solare a tubi sottovuoto con tubazione di ritorno integrata	n°	ATON G 10 TUBI
Dimensioni collettori solari	mm	L 1200 x H 1927
Kit raccordi e sfiati battuta piana e curva preisolata ritorno inverso	n°	1
Accumulo di acqua sanitaria con pompa di calore	tipo	SOLAR FRESH 300 1S
Dimensioni accumulo	mm	L 650 x H 2100
Serpentini	n°	1
Stazione solare	n°	1 x S12 monotubo AE
Centralina solare	tipo	SUNIT MTDC-E
Vaso d'espansione con flessibile	l	24
Miscelatore termostatico 35-60°C	"	3/4" Kvs 1,6
Quantità di antigelo consigliate*	l	20

POMPA DI CALORE ACQUA CALDA SANITARIO

Il boiler pompa di calore sfrutta l'energia aerotermica per riscaldare l'acqua destinata agli usi sanitari. Circa il 70% dell'energia richiesta per il suo funzionamento è prelevata dall'aria esterna, mentre soltanto il 30% ca. proviene dalla rete elettrica.

Collegando Air Combo impianti che producono elettricità da fonti rinnovabili, come fotovoltaico o eolico, si utilizza al 100% energia pulita e gratuita proveniente dalla natura. L'abbinamento con fonti alternative consente, inoltre, di raggiungere la completa indipendenza energetica.



Dati Tecnici	u.m.	PRO 180
Classe di efficienza energetica		A
Efficienza energetica η _{wh}	%	135,6
Consumo annuo di energia elettrica AEC	kWh	1.235,00
Consumo giornaliero di energia elettrica Q _{elec}	kWh	5,722
Impostazioni di temperatura del termostato dello scaldacqua	°C	55,00
Potenza sonora LWA all'interno / Pressione sonora a 1 m**	dB(A)	59/58
Volume accumulato	l	180,00
Acqua miscelata a 40°C V40	l	252,00
COP ACS (A15/W10-55) EN 16147****		3,89
Consumo in standby secondo EN16147****	W	18,00
Refrigerante		R134a
Quantità di refrigerante	g	1.100,00
Limiti operativi temperatura aria	°C	0,20
Portata d'aria standard	m ³ /h	220-450
Perdita di carico a 330 m ³ /h (60%)	Pa	100,00
Caratteristiche elettriche		
Potenza assorbita totale	W	1.580,00
Potenza resistenze	W	1.500,00
Tensione	V/Hz	230/50
Protezione elettrica	A	16,00
Grado di protezione contro l'umidità		IP 24
Scaldacqua		
Protezione anticorrosione del serbatoio		
Pressione nominale	MPa	0,6/0,9/1,0
Temperatura max acqua pompa di calore	°C	65,00
Temperatura max acqua resistenza elettrica	°C	75,00

ART 22 TUBAZIONI

– GENERALITÀ

Tutte le tubazioni dovranno essere installate in modo da uniformarsi alle condizioni del fabbricato così da non interessare né le strutture, né i condotti ed in modo da non interferire con le apparecchiature installate per altri impianti.

In particolare nella realizzazione delle reti, la Ditta deve tener conto dei giunti di dilatazione del fabbricato e delle dilatazioni dell'edificio ed assorbire le proprie anche se ciò non è espressamente detto.

Nell'attraversamento di pavimenti, muri, soffitti, tramezzature devono essere forniti ed installati spezzoni di tubo zincato murati, aventi un diametro sufficiente alla messa in opera della tubazione; per le tubazioni che debbono attraversare il pavimento la parte superiore dello spessore deve sporgere 50 mm sopra la quota del pavimento finito.

Nel caso di tubazioni isolate il diametro degli spezzoni deve essere sufficiente a permettere un isolamento mediante lana di roccia pressata e sigillata all'estremità.

Nel montaggio dei circuiti di acqua calda, fredda refrigerata si deve avere cura di realizzare le opportune pendenze in relazione al fluido trasportato (minimo ammesso 0,5 %), in modo da favorire l'uscita dell'aria dagli sfiati che devono comunque essere previsti in tutti i punti alti dei circuiti, mentre nei punti bassi devono essere previsti dispositivi di spurgo e scarico.

Sfiati e scarichi devono essere convogliati ad imbuti di raccolta collegati alla fognatura.

Tali imbuti devono essere completi di rete antitopo.

Tutti i macchinari e le saracinesche in ghisa devono essere forniti completamente verniciati.

Eventuali ritocchi a fine lavori per consegnare gli impianti in perfetto stato devono essere effettuati dalla ditta installatrice.

TUBAZIONI IN ACCIAIO

Le tubazioni saranno in acciaio trafilato di tipo Mannesmann, conformi alle seguenti normative:

- UNI 8863: gas commerciali neri e zincati
- UNI 7287/74: bollitore nero da DN 50 sino DN 300

Tutti i circuiti di distribuzione fluidi saranno realizzati con tubazioni di acciaio nero ad esclusione dei seguenti che dovranno essere realizzati interamente ed esclusivamente in acciaio zincato:

- Distribuzione e ricircolo acqua calda e fredda di consumo
- Adduzione gas metano
- Scarico condense
- Distribuzione acqua trattata.

È vietato l'uso di tubazioni nere fortemente ossidate per prolungata sosta in cantiere, la cui incidenza ossidata superi 1/100 dello spessore del tubo, mentre non saranno accettate quelle tubazioni zincate che, per lavorazioni di cantiere presentino manomessa la continuità ed integrità del velo di zincatura, anche in misura modesta.

Le diramazioni delle reti collettrici dovranno essere realizzate mediante raccordi ad invito nel senso di circolazione del fluido.

Non è consentito l'impiego di curve a gomito e comunque realizzate con grinzature del tubo; in genere è preferibile l'impiego di curve a largo raggio dello stesso spessore del tubo e comunque non inferiore a 1,5 volte il diametro del tubo.

Si potranno utilizzare curve piegate a freddo fino al diametro di 1"; per diametri superiori le curve saranno in acciaio stampato.

Le giunzioni delle tubazioni in acciaio nero saranno realizzate mediante saldatura o con flange a seconda dei diametri.

Le saldature saranno eseguite con metodo ad arco od ossiacetilenico secondo le modalità di seguito specificate:

- smussatura dei raccordi;
- eliminazione delle scorie con martello, scalpellatura etc. fino a rendere le superfici pulite e prive di sbavature;

- adozione, per l'alimentazione delle saldatrici ad arco, di conduttori schermati per eliminare la possibilità di correnti indotte;

- fusione completa del metallo di apporto con quello base in modo omogeneo.

Le saldature dovranno essere esenti da scorie ed eseguite da saldatori qualificati per l'esecuzione di tale lavoro.

Quando richiesto dovranno essere sottoposti alla D.L. i campioni per il controllo.

Le reti da realizzare in tubo di acciaio zincato saranno tutte corredate di pezzi di raccordo e derivazioni in ghisa malleabile rinforzata e bordata fortemente zincata.

Anche in questo caso è proibita l'adozione di gomiti a 90 gradi se non per diametri di modesta entità (1/2", 3/4") prevedendo in loro sostituzione curve ad ampio raggio.

Non è ammesso l'impiego di manicotti a filettatura destra e sinistra, ma ove occorra, si adotteranno scorrevoli filettati con controdado di fissaggio.

Nell'effettuare la filettatura per procedere all'attacco dei pezzi speciali ci si dovrà sempre preoccupare che la lunghezza delle stesse sia strettamente proporzionata alle necessità in modo da garantire che non si verifichino soluzioni di continuità nella zincatura superficiale delle tubazioni.

Per tutti gli attacchi a vite dovrà essere impiegato materiale per guarnizione di prima qualità quale il nastro di teflon.

Le tubazioni correnti a fascio, da installare in vista a soffitto del piano interrato e negli interpiani in elevazione o verticalmente nei predisposti cavedi, saranno ancorate alle strutture mediante staffe in profilato di acciaio ed i tubi saranno fissati alle staffe mediante collari di fissaggio aventi funzione di guida permettendo allo stesso tempo una sufficientemente libera dilatazione.

Le tubazioni saranno posate con spaziature sufficienti da consentire lo smontaggio nonché la facile esecuzione del rivestimento isolante senza ostacolare i passaggi o le aperture di aerazione.

In ogni caso si dovrà mantenere sotto le tubazioni orizzontali la maggior altezza possibile, prevedendo comunque le necessarie pendenze onde consentire lo sfogo dell'aria e lo svuotamento totale dell'installazione, in modo che in caso di impianto fermo per più giorni con temperature inferiori a 0 °C non si verifichino inconvenienti.

Tutti gli scarichi devono essere accessibili per le ispezioni e le sostituzioni; i punti alti saranno dotati di sfoghi d'aria e le relative intercettazioni devono essere ispezionabili e possibilmente centralizzate.

Tutte le apparecchiature, valvolame ed accessori, saranno installate con interposizione di flange o manicotti a tre pezzi.

Tutte le colonne verticali saranno intercettabili sull'andata e sul ritorno mediante valvole e saranno munite di rubinetto di scarico alla base, raccordato alla rete di scarico.

Esse inoltre saranno sostenute ad ogni piano sulla soletta relativa; in nessun caso dovranno essere previsti ancoraggi sulle pareti tagliafuoco.

Le tubazioni dovranno essere sostenute particolarmente in corrispondenza di connessioni con pompe e valvole, affinché il peso non gravi in alcun modo sulle flange di collegamento.

Il distanziamento delle staffe tra di loro onde assicurare un corretto allineamento delle tubazioni è fissato nei seguenti intervalli:

Diametro tubazione	Distanza tra gli appoggi (m)
1/2"	1,50
3/4"	1,80
1"	2,10
1"¼	2,50
40 mm	2,70
50 mm	3,00
65 mm	3,30
80 mm	3,60
100 mm e superiori	4,20

In presenza di fasci tubieri con diametri di tubo fra loro differenti si adotteranno gli intervalli prefissati relativi al tubo di minor diametro.

L'assorbimento delle dilatazioni delle reti, aventi sviluppo lineare diritto, in funzione delle sollecitazioni termiche inerenti la temperatura del fluido trasportato, dovrà essere effettuata tramite l'inserimento di opportuni dilatatori assiali plurilamellari a soffietto realizzati in acciaio inox 18/8, con giunti a saldare o a flangia.

Particolare cura dovrà essere posta nella selezione di tali dilatatori in ordine alla loro migliore condizione di assorbimento delle spinte meccaniche in modo che gli stessi si trovino a lavorare nelle condizioni di massima sicurezza.

Per la ripartizione nei vari tratti delle dilatazioni dovranno essere inseriti opportuni punti fissi ancorati alle strutture in modo di garantire una ripartizione omogenea fra i vari elementi di assorbimento delle dilatazioni.

Tutte le staffe costruite in profilato di acciaio, esente da ossidazioni apprezzabili, una volta sistemate in opera, dovranno essere trattate con doppia passata di minio di piombo e successivamente verniciate a smalto, sempre in doppia passata, usando vernice resistente alle alte temperature.

Per consentire la continuità dei rivestimenti isolanti anche in corrispondenza degli appoggi sugli staffaggi nonché il libero scorrimento causato dalle dilatazioni termiche, per le reti principali ed in particolare per quelle poste al piano interrato si dovrà prevedere:

- collari di fissaggio alle tubazioni nude bloccati meccanicamente alle stesse con saldati tronchetti a T di adeguata altezza e lunghezza;

- guide di scorrimento saldate allo staffaggio per il libero alloggiamento dell'ala dei tronchetti di cui sopra.

Per tubazioni di modesto diametro o comunque installate nei bancali potranno essere adottati appoggi diretti della tubazione già completa di isolamento purché siano previsti, agli staffaggi, selle di superficie tale da non danneggiare l'isolamento passante.

Tutte le forature necessarie per la posa delle tubazioni, dovranno essere indicate in tempo utile per consentire all'Impresa interessata di realizzarle in concomitanza all'esecuzione dell'edificio.

Tra gli elaborati richiesti entro i termini di tempo fissati, l'appaltatore dovrà sottoporre alla D.L. disegni relativi a:

- staffaggi
- punti fissi
- dilatatori
- collettori

Dovranno essere inoltre fornite, nello stesso termine di tempo, apposite tavole con indicate tutte le posizioni ed i carichi delle tubazioni che interessano le strutture.

Le tubazioni installate in traccia, per le quali non è previsto l'isolamento termico, dopo avere subito un trattamento antiruggine come precedentemente detto per gli staffaggi, dovranno essere protette con avvolgimento di cartone cannettato o materiale equivalente.

Le tubazioni in genere attraversanti strutture murarie siano esse costituite da pavimenti, solai, pareti verticali o soffitti, dovranno essere protette da spezzoni di tubo plastico rigido o di acciaio zincato, atto a consentire il loro libero passaggio.

La Ditta fornirà tutti i suddetti manicotti che saranno installati e sigillati nei relativi fori prima della posa delle tubazioni.

Lo spazio libero fra tubo e manicotto dovrà essere riempito con un materassino elastico, incombustibile e che possa evitare la trasmissione di rumore da un locale all'altro nonché il passaggio delle eventuali vibrazioni alle strutture.

Se dovesse presentarsi l'esigenza di attraversare con le tubazioni i giunti di dilatazione dell'edificio, si dovranno prevedere dei manicotti distinti da un lato e dall'altro del giunto, come pure dai giunti flessibili con gioco sufficiente a compensare i cedimenti dell'edificio.

Nel caso di tubazioni isolate gli spezzoni di protezione dovranno avere un diametro tale da consentire che l'isolante non abbia soluzione di continuità.

Tutte le tubazioni nere e zincate in corso di montaggio dovranno essere protette, alle loro estremità libere, da opportuni tappi per evitare che si introduca al loro interno polvere e sporcizia.

Non sono ammesse protezioni in nylon, plastica e stracci. Nei depositi di cantiere le barre di tubo in attesa di impiego devono essere protette dagli agenti atmosferici ad evitare processi di ossidazione per quelle in acciaio nero ed aggressioni chimiche deterioranti per quelle in acciaio zincato.

Le tubazioni nere una volta poste in opera, e completato totalmente o parzialmente il circuito di competenza, dovranno essere provate, per la loro tenuta, nei termini indicati.

A posa ultimata delle tubazioni si procederà ad un soffiaggio con aria compressa e ad un accurato e prolungato lavaggio, mediante acqua immessa a notevole pressione per asportare dalle reti tutta la sporcizia che può essersi introdotta, gli eventuali residui di trafilatura della ferriera ed i residui interni determinati dalle saldature.

Il controllo finale dello stato di pulizia delle tubazioni avrà luogo alla presenza della D.L.

Tutte le tubazioni dovranno essere trattate con due mani di antiruggine di colore diverso per controllare agevolmente l'avvenuto trattamento.

La seconda mano sarà applicata soltanto dopo l'approvazione della D.L.

Prima dell'applicazione delle due mani di antiruggine le tubazioni dovranno essere accuratamente spazzolate con spazzola metallica e scartavetrare nei punti ove si fossero manifestati processi di ossidazione, anche di lieve entità.

Dopo il trattamento che precede, le tubazioni saranno in grado di accogliere la coibentazione di competenza; le tubazioni passanti in vista per le quali non è previsto alcun tipo di rivestimento (impianto antincendio) dovranno essere verniciate con due mani di smalto resistente alle alte temperature.

Il percorso delle tubazioni, sia in senso orizzontale che verticale, è chiaramente indicato sui disegni esecutivi e dovrà essere in ogni caso rispettato. In caso di inadempienza per cause di forza maggiore o per variazioni impiantistiche, le modifiche da apportare ai percorsi delle tubazioni dovranno essere preventivamente sottoposte all'esame ed all'approvazione della D.L..

TUBAZIONE IN RAME

Le tubazioni in rame devono avere titolo 99,9% ed essere disossidate con fosforo (P residuo compreso tra 0,015% e 0,04%) secondo le norme ASTM.

In particolare i tubi devono essere sgrassati internamente e presentare la superficie interna ed esterna lisce, esenti da difetti come bolle, soffiature, scaglie, ecc., che possano provocare inconvenienti nell'utilizzazione dei tubi stessi.

Le giunzioni tra tubazioni devono essere eseguite mediante saldatura con leghe saldanti tipo Sn/Pb 50/50 a bassa temperatura di fusione (200 - 250 °C) oppure Sn/Ag 95/5 oppure con giunti speciali.

Non saranno comunque consentite, né tollerate saldature per le tubazioni correnti sotto pavimento che dovranno quindi essere poste in opera senza soluzione di continuità.

Le guarnizioni devono essere in gomma speciale di spessore idoneo per il diametro delle flange e comunque non inferiore a 2 mm.

I giunti tra tubi di rame e tubi di ferro sono eseguiti mediante ghiera in ottone, mentre quelli tra tubi di rame ed apparecchiature mediante bocchettoni.

Tutte le tubazioni dovranno essere preventivamente controllate con prova pneumatica a valori di pressione proporzionale ai diametri, in accordo con le norme UNI.

TUBAZIONI IN PEAD PER FLUIDI IN PRESSIONE

Le tubazioni in PEAD per fluidi in pressione saranno del tipo 312 (acqua potabile e fluidi alimentari) secondo UNI 7611/76 PN 6 - 10 - 16 secondo necessità e richieste.

La raccorderia per questi tipi di tubazioni sarà conforme alle norme UNI 7612/76; essa sarà del tipo a compressione con coni e ghiere filettate in ottone.

Questo tipo di giunzione sarà utilizzato per diametri fino a 110 mm.

Per diametri superiori sia per i pezzi speciali (curve etc) che le giunzioni fra tratti di tubazioni dritti saranno del tipo a saldare; la saldatura dovrà essere del tipo a specchio, eseguita con apposita attrezzatura elettrica seguendo scrupolosamente le istruzioni del costruttore.

Per le diramazioni a T potranno usarsi anche prese a staffa, per qualsiasi diametro della tubazione principale.

Per il collegamento di tubazioni di PEAD a tubazioni metalliche si useranno giunti a vite e manicotto, metallici, quando la tubazione in acciaio sia filettabile e comunque non oltre i 4".

Per i diametri superiori si useranno giunzioni a flange (libere o fisse sul tubo di plastica).

TUBAZIONI IN PEAD PER SCARICHI

Le tubazioni in polietilene ad alta densità per gli scarichi del tipo 302 conformi alle norme DIN 19535 e UNI 8451.

La raccorderia e le giunzioni saranno del tipo a saldare; la saldatura potrà essere o del tipo a specchio (eseguita con apposita attrezzatura, seguendo scrupolosamente le prescrizioni del costruttore) o del tipo con manicotto a resistenza (anche per questo tipo di raccordo saranno seguite scrupolosamente le prescrizioni del costruttore).

Sulle condotte principali od orizzontali potranno essere usate giunzioni a bicchiere, con guarnizioni di tenuta ad O-ring o a lamelle multiple; tali giunzioni serviranno per consentire le dilatazioni.

Il collegamento ai singoli apparecchi sanitari avverrà con tronchi terminali speciali di tubo in polietilene, con guarnizione a lamelle multiple in gomma.

Il collegamento a tubazioni di ghisa potrà avvenire con giunto a bicchiere sulla tubazione di ghisa, con guarnizione in gomma a lamelle multiple o ad O-ring.

Per questo tipo di collegamento sarà ammessa anche l'adozione di una delle seguenti soluzioni:

- giunti a collare in gomma, con manicotto esterno metallico di serraggio a viti;

-tappo di gomma (sul terminale della tubazione in ghisa) con fori a labbri profilati in modo tale da infilarvi le tubazioni di polietilene, con garanzie di tenuta.

Per i collegamenti che dovranno essere facilmente smontati (sifoni, tratti di ispezione etc.) si useranno giunti con tenuta ad anello in gomma O-ring e manicotto esterno avviato.

I pezzi speciali dovranno essere fabbricati con inietto-fusione dello stesso materiale delle tubazioni e lavorati con apposite attrezzature sia per saldatura a testa con termoelemento sia con manicotto elettrico.

Le colonne di scarico verranno posate con manicotto di dilatazione ad ogni piano.

Per i collettori di scarico orizzontale sarà previsto per tratti inferiori a 6 m, il montaggio a punto fisso; per tratti superiori montaggio con manicotto di dilatazione.

Il tipo di giunto prescelto dovrà garantire una tenuta perfetta in tutte le posizioni ed essere collaudato per una pressione statica pari a 500 kPa.

TUBAZIONI IN PVC PER SCARICHI

Le tubazioni in PVC per scarichi saranno del tipo rigido, non plastificato, tipo 302 (scarichi civili ed industriali) secondo norme UNI 7443.

La raccorderia dovrà essere tutta conforme alle norme UNI 7444 del tipo a bicchiere, da incollare con appositi collanti che realizzino una saldatura chimica fra le parti.

L'incollaggio dovrà avvenire seguendo scrupolosamente le istruzioni del fabbricante e ponendo particolare attenzione nell'evitare la formazione di miscele esplosive con i solventi.

Lungo le tratte di tubazioni diritte, sia verticali che orizzontali, ogni 12 metri al massimo saranno installate delle giunzioni a bicchiere con anelli di tenuta O-ring e manicotto esterno avvitato.

Il collegamento ai singoli apparecchi sanitari avverrà per mezzo di tronchi terminali speciali di tubazione in PVC, con guarnizioni a lamelle multiple in gomma. Il collegamento a tubazione in ghisa avverrà con guarnizioni in gomma a lamelle multiple o ad O-ring.

Per questo tipo di collegamento sarà ammessa anche l'adozione di una delle seguenti soluzioni:

- Giunti a collare in gomma, con manicotto esterno metallico di serraggio a viti;
- Tappo di gomma (sul terminale della tubazione in ghisa), con fori a labbri profilati in modo tale da infilarvi le tubazioni di PVC, con garanzia di tenuta.

TUBAZIONI IN PVC PER SCARICHI

il sistema di scarico composto da tubi, raccordi e accessori per la realizzazione di impianti di scarico e drenaggio pluviale.

un sistema estremamente leggero e, grazie al bicchiere a innesto con guarnizione di tenuta idraulica, rappresenta la soluzione più semplice per la realizzazione degli impianti di scarico.

prodotto in accordo alle norme EN 1451 e può essere impiegato per impianti di scarico a bassa e alta temperatura, impianti di ventilazione delle reti di scarico e per pluviali all'interno dei fabbricati adibiti a uso civile e industriale, ospedali e alberghi.

L'ampia gamma di tubi, raccordi e accessori consente di realizzare l'intera rete di scarico, dalle diramazioni degli apparecchi sanitari, alle colonne, al collettore di scarico.

Caratteristiche

Assoluta garanzia di tenuta delle giunzioni grazie alla guarnizione in elastomero (preassemblata) che non richiede l'uso di nessuna particolare attrezzatura, colle o solventi.

La superficie interna di colorazione bianca semplifica operazioni di video ispezione interna della rete di scarico.

La speciale miscela del materiale che compone lo strato intermedio dei tubi incrementa la resistenza allo schiacciamento e all'impatto alle basse temperature. Le particolari caratteristiche del materiale gli permettono di avere inoltre delle buone prestazioni acustiche, tra le migliori se confrontate con prodotti della stessa categoria.

Estrema velocità e facilità di posa in opera grazie alla leggerezza dei manufatti.

Gamma di diametri da De 32 mm a De 160 mm e vasta gamma di pezzi speciali e accessori consentono la realizzazione di qualsiasi tipo di impianto o di collegamento con reti di scarico esistenti realizzate anche con materiali diversi quali ghisa, PE, PVC, ecc.

Il materiale non è soggetto a correnti vaganti ed è compatibile con la maggior parte delle sostanze chimiche normalmente presenti nelle acque di scarico.

L'elevata resistenza all'abrasione e le superfici interne estremamente lisce garantiscono perdite di carico minime e l'assenza di depositi.

Tubi disponibili in diverse lunghezze (da 150 mm fino a 5 m) e possibilità di utilizzare gli sfridi attraverso l'uso delle tubazioni a doppio bicchiere e del raccordo a doppio bicchiere (bigiunto).

TUBAZIONE MULTISTRATO PER IMPIANTO IDRICO SANITARIO

Tubazione composita multistrato resistente alla diffusione dell'ossigeno (PE-RT - adesivo - alluminio senza saldatura - adesivo - PE-RT) con anima di alluminio estrusa completamente senza alcuna saldatura (SACP-technology), in cui sono coestrusi all'interno e all'esterno due strati di polietilene (PE-RT).

Tutti gli strati sono uniti tra loro in modo durevole per mezzo di uno strato adesivo intermedio. Il PE-RT è un polietilene con una resistenza maggiorata alle alte temperature (PE-RT Polyethylene of raised temperature resistance).

Conforme alla Norma UNI EN ISO 21003-2 (certificato IIP UNI).

Certificazioni di sistema DVGW.

Resistenza al fuoco Classe E ai sensi della Norma EN 13501-1.

Colore bianco esterno, strato adesivo blu, PE-RT naturale interno.

Per utilizzo sanitario e riscaldamento.

Tubazione con tappi di chiusura per garantire l'igienicità secondo la norma EN 806,.

Applicazione:

Sanitario: la temperatura di esercizio permanente varia da 0 °C a 70 °C ad una pressione di esercizio di 10 bar. La temperatura di malfunzionamento a breve termine è di 95 °C per un periodo di 100 ore nel tempo di vita operativa.

Riscaldamento: la temperatura di funzionamento permanente varia fino a 80°C ad una pressione di esercizio permanente massima di 10 bar. La temperatura di malfunzionamento a breve termine è di 100 °C per un periodo di 100 ore nel tempo di vita operativa.

Certificazione:

-IIP -DVGW

SERBATOIO PER ACCUMULO ACQUA CALDA O REFRIGERATA

Saranno del tipo cilindrico ad asse verticale costruiti con lamiera di acciaio di qualità a norme UNI, saldati con procedimenti automatici e con materiali d'apporto omologati.

Saranno sottoposti a processo di zincatura per totale immersione in bagno di zinco fuso.

Saranno completi di piedi di sostegno, gancio di sollevamento, attacchi per il collegamento tubazioni ed eventuali strumenti di controllo filettati gas femmina.

Saranno coibentati secondo quanto indicato nel capitolo "Isolamento delle valvole e delle apparecchiature".

ISOLAMENTO DELLE TUBAZIONI IN POLIURETANO ESPANSO A CELLE CHIUSE

L'isolamento delle tubazioni per acqua refrigerata/calda è realizzato con coppelle in poliuretano espanso, montate a giunti. Avrà le seguenti caratteristiche:

- densità: > 25 kg/mc
- temperatura massima di esercizio 120 °C
- conducibilità termica 0.030 W/m°C

Gli spessori da utilizzare saranno i seguenti:

- diametro tubazione sino a 50 mm: spessore 30 mm
- diametro tubazione da 65 a 100 mm: spessore 30 mm
- diametro tubazione oltre 100 mm: spessore 40 mm

L'isolamento sarà completato dai seguenti materiali:

- sigillatura;
 - barriera al vapore ottenuta mediante l'applicazione di bitume ;
- protezione esterna in guscio di PVC bianco rigido;

- ove richiesto, protezione esterna in lamierino di alluminio di spessore 0,6 mm, opportunamente sagomato, fissato alle giunzioni con viti e sigillati con mastici siliconici a tenuta d'acqua.

ISOLAMENTO DELLE TUBAZIONI CON GUAINA ELASTOMERICHE

Ove richiesto, l'isolamento delle tubazioni sarà realizzato con guaine flessibili di materiale elastomerico con struttura a cellule chiuse contenenti gas inerte, dalle seguenti caratteristiche:

- densità minima: 80 kg/m³
- comportamento al fuoco: classe 1

L'isolamento sarà posto in opera negli spessori richiesti dall'allegato B del D.P.R. n. 412/93 del 26 agosto 1993.

Le giunzioni saranno fissate con apposito collante fornita dalla casa costruttrice dell'isolamento e rifinite con apposito nastro adesivo.

La guaina deve essere messa in opera infilandola alle tubazioni senza tagli longitudinali, che saranno ammessi solo per l'isolamento di pezzi speciali.

Sarà costituito da più unità di climatizzazione ambiente e da una unità motocondensante ad aria da sistemare all'esterno e sarà del tipo per funzionamento in refrigerazione e in riscaldamento.

L'unità interna sarà del tipo pensile orizzontale a soffitto o verticale a pavimento, costituita da involucro completo di griglie per la mandata dell'aria di tipo orientabile e di ripresa fisse e batteria ad espansione diretta.

Il ventilatore sarà a tre o più velocità. Il filtro dell'aria sarà del tipo piano rigenerabile.

L'impostazione dei parametri di funzionamento potrà essere effettuata a mezzo di telecomando a raggi infrarossi o a mezzo di telecomando cablato

Il gruppo moto condensante sarà del tipo per installazione all'esterno e comprenderà il compressore ermetico rotativo, il condensatore e il ventilatore.

Il collegamento tra le due unità sarà realizzato mediante tubazioni in rame precaricate e opportunamente isolate.

ART 23 APPARECCHI SANITARI E RUBINETTERIE

Collettori di distribuzione idrosanitaria preassemblati:

Collettori di distribuzione idrosanitaria preassemblati in cassetta.

Corpo in lega antidezincificazione.

Pmax d'esercizio: 10 bar.

Campo di temperatura: 5–100 °C.

Interasse derivazioni: 35 mm. Composti da:

- coppia di collettori serie 354;
- coppia di supporti in acciaio inox codice 360210;
- cassetta di contenimento codice 360032 (320 x 250 x 90), con coperchio.

– GENERALITÀ

I prodotti ceramici in vetrochina devono avere spiccate caratteristiche di durezza, compattezza non assorbente (coefficiente di assorbimento inferiore allo 0,55%) e copertura a smalto durissimo e brillante di natura feldspatico-calcareo con cottura contemporanea a 1.300 °C. che assicura una profonda compenetrazione fra smalto emassa e quindi la non cavillabilità.

La superficie deve risultare brillante ed omogenea e resistente agli acidi. Ogni pezzo deve essere privo di qualsiasi imperfezione.

Salvo indicazione contraria tutti gli apparecchi si intendono non colorati.

Per il fissaggio degli apparecchi è vietato l'uso di cementi è ammesso unicamente l'impiego di viti di ottone o acciaio inox.

La sede del fissaggio di tali viti (sia a muro che a pavimento) dovrà essere costituita da tassello in ottone con foro filettato a spirale in ottone, murata nella costruzione.

Nel caso siano fissati su pareti in cartongesso o simili, ogni apparecchio sanitario deve essere fissato ad apposite staffe in acciaio ancorate alle strutture di sostegno delle pareti.

Tutte le rubinetterie devono essere in bronzo di tipo pesante con forte cromatura della parte in vista e con viti di fissaggio delle maniglie al corpo ("vitone").

Il deposito di cromo deve essere fatto su un deposito elettrolitico di nichel, di spessore non inferiore a 10 micron.

Le superfici nichelate e cromate non devono risultare ruvide nè per difetto di pulitura, nè per intrusione di corpi estranei nei bagni galvanici di nichelatura e di cromatura, e devono risultare perfettamente speculari su tutta la parte visibile.

LAVABI A CANALE

Lavabo sospeso, con profondo bacino rettangolare. Parte anteriore a scivolo con profili per l'utilizzo di eventuale asse in legno. Da completare con apposite colonne in ceramica.

I lavabi saranno in vetro china, ognuno corredato di:

- gruppo di erogazione e miscela su due rubinetti con bocca di erogazione diametro 1/2";
- piletta con griglia cromata diametro 1"1/4;
- sifone cromato a bottiglia con prolunga e rosone a muro diametro 1"1/4;
- due rubinetti di taratura sotto lavabo diametro 1/2" con raccordi in rame cromato;
- staffe di sostegno con mensole di fissaggio.

Larghezza: 60 cm

Profondità: 61 cm

Altezza: 39,5 cm

Peso: 28 kg

LAVABI

I lavabi saranno in vetro china, da cm 58 ognuno corredato di:

- gruppo di erogazione e miscela su due rubinetti con bocca di erogazione diametro 1/2";
- piletta con griglia cromata diametro 1"1/4;
- sifone cromato a bottiglia con prolunga e rosone a muro diametro 1"1/4;
- due rubinetti di taratura sottolavabo diametro 1/2" con raccordi in rame cromato;
- staffe di sostegno con mensole di fissaggio.

Ove richiesto saranno installati lavabi da incasso.

VASI IGIENICI

I vasi a sedere saranno in vetrochina con scarico a pavimento, o a parete, corredati di:

- cassetta alta in vista, capacità 14 litri, realizzata in vetrochina, con comando e pulsante tipo "CATIS", tubo di collegamento con raccordo e rosone cromati;
- sedile con coperchio in plastica bianca pesante;
- collegamento in ottone cromato e morsetto in gomma;
- viti cromate e mazzette in ottone per il fissaggio a pavimento.

BIDET

I bidets saranno in vetrochina corredati da:

- piletta con griglia cromata diam. 1"1/4;
- sifone ad S con prolunga e rosone a muro diam. 1"1/4;
- viti cromate e mazzette in ottone per fissaggio a pavimento;
- gruppo di erogazione e miscela sui due rubinetti;
- rubinetti di intercettazione e raccordi in rame cromato sottobidet.

PIATTI DOCCIA

I piatti doccia saranno in gres porcellanato da cm 72x72 ognuno corredato di:

- gruppo di erogazione e miscela su due rubinetti da incasso;
- soffione cromato anticalcare con braccio snodato diametro 1/2" e rosetta cromata del tipo a getto regolabile;
- piletta sifoide in polietilene duro con griglia cromata e guarnizione;
- pozzetto sifonato esterno al piatto doccia, con griglia cromata.

ORINATOI

Gli orinatoi saranno del tipo sospeso in porcellana da cm 31x38 con sifone incorporato completi di:

- rubinetto di erogazione e regolaggio;
- raccordo cromato di scarico con rosone a muro;
- mensole o staffe di sostegno.

VASI PER INABILI

I vasi per inabili saranno realizzati in vetrochina, con dimensioni 460x410x770 mm.

Avranno una forma particolare, con catino allungato, apertura anteriore e sedile fisso in materiale plastico.

Saranno dati in opera corredati dei seguenti accessori:

- cassetta di scarico in vetrochina, del tipo a sedile, con comando agevolato;
- doccetta esterna da incasso con funzione di bidet, con miscelatore termostopico con filtro e valvole di ritegno incorporati e comando a leva, completa di flessibile, doccetta a pulsante e supporti-doccetta a muro;

- iti cromate e mazzette in ottone per il fissaggio a pavimento.

LAVABI PER INABILI

I lavabi per inabili saranno realizzati in vetro- china, con dimensioni 660x580 mm.

Saranno completi di manopola e staffe per la regolazione dell'inclinazione del lavabo da 0 a 110 mm ed avranno il frontale concavo, bordi arrotondati, appoggio per i gomiti, spartiacqua antispruzzo, ripieno in porcellana per alloggiamento rubinetto.

Saranno dati in opera corredati dei seguenti accessori:

- gruppo di erogazione e miscela del tipo monocomando
 - a leva;
- sifone in materiale plastico con tubo di scarico flessibile, per facilitare l'accessibilità;
- due rubinetti di taratura sottolavabo, diametro 1/2", con raccordi in rame cromato;
- staffe di sostegno.

ART 24 IMPIANTO DI SCARICO ACQUE GRIGIE E NERE

Sono previste due reti distinte per lo scarico delle acque dell'edificio.

Una prima rete sarà ad esclusivo servizio delle acque nere. Ad essa saranno collegati tutti i sanitari igienici a cacciata. Sara realizzata con tubazioni in polietilene ad alta densità aventi una pendenza media dell'uno per cento e terminerà alla fossa IMOF esterna all'edificio. La rete di scarico sarà corredata di due colonne di Ventilazione fino a tetto. Una DN 90 direttamente dalla fossa Imhoff al tetto, la seconda DN 90 dal collettore principale a tetto.

La seconda rete sarà ad esclusivo servizio delle acque grigie. Ad essa saranno collegati tutti i lavabi. Sara realizzata con tubazioni in polietilene ad alta densità aventi una pendenza media dell'uno per cento e terminerà nel degassatore esterno all'edificio.

La rete di scarico sarà corredata di colonna di Ventilazione fino a tetto DN 50 direttamente dal collettore acque grigie.

POZZETTO SIFONATO DI SCARICO

Sifone di scarico adatto per l'installazione a filo pavimento in polietilene ad alta densità ad una via completo, ove richiesto, di griglia cromata filettata ad imbuto e cordolo di raccordo alle tubazioni di scarico.

VASCA BIOLOGICA TIPO IMHOFF

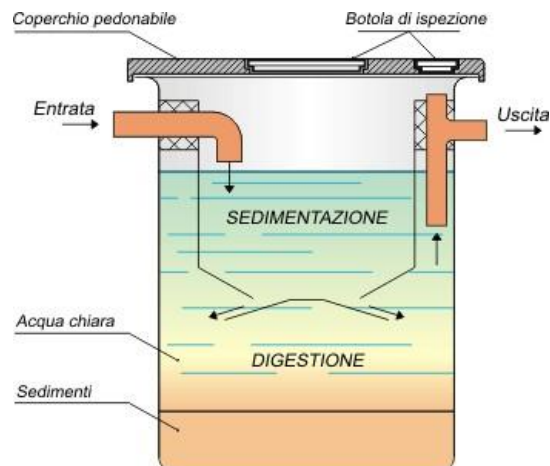
1120

Le vasche settiche tipo Imhoff sono costituite da una vasca principale (digestione anaerobica) che contiene al suo interno un vano secondario (di sedimentazione). L'affluente entra nel comparto di sedimentazione, che ha lo scopo di trattenere i corpi solidi e di destinare il materiale sedimentato attraverso l'apertura sul fondo inclinato, al comparto inferiore di digestione. È proporzionato in modo tale da garantire il giusto tempo di ritenzione e da impedire che fenomeni di turbolenza, causati dal carico idrico, possano diminuire l'efficienza di sedimentazione.

Il comparto di digestione è dimensionato affinché avvenga la stabilizzazione biologica delle sostanze organiche sedimentate (fermentazione o digestione anaerobica).

Sono costruite in conformità alle descrizioni, al proporzionamento dei volumi ed alla capacità di depurazione sancite dal Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento nella delibera del 04/02/77 (S.O.G.U. n. 48 del 21/02/77).

Vasche biologiche IMHOFF in Polietilene



Codice	Capacità litri	Abitanti equivalenti *	Diametro cm	H totale cm	Ø raccordi mm	Prezzo Euro/cad.
VI-PE-9E	1295	9	131	150	110	

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO PREFABBRICATO PER LIQUAMI FOGNARI E DI DRENAGGIO

Per il convogliamento alla rete fognaria dei reflui o delle acque piovane provenienti da abitazioni, uffici, laboratori, con portata fino a 10 abitanti equivalenti.

Di ridotto ingombro può essere inserito in apposito vano in muratura o in locale di sgombero.

Caratteristiche tecniche:

serbatoio in Polietilene

altezza totale 840 mm

base 700x745 mm

capacità 200 litri

raccordo di ingresso 110 mm

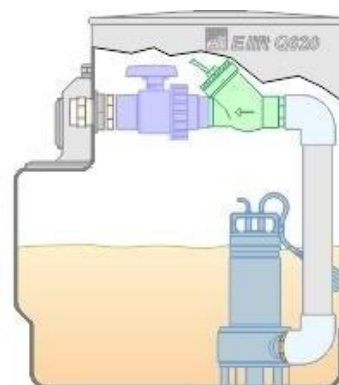
raccordo di mandata 63 mm

predisposizione per raccordo di aerazione 110 mm

raccordo per passaggio cavi elettrici

idraulica da 2" di collegamento alla condotta di man

N. 2 pompe rilancio 12mc/h 10 mca (cadauna)



ART 25 SCARICHI DI APPARECCHI SANITARI E SIFONI

Gli elementi costituenti gli scarichi applicati agli apparecchi sanitari si intendono denominati e classificati come riportato nelle norme UNI 4542, sull'argomento.

Indipendentemente dal materiale e dalla forma essi devono possedere caratteristiche d'inalterabilità alle azioni chimiche ed all'azione del calore.

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate s'intende soddisfatta, quando essi rispondono alle norme UNI EN 274 e UNI EN 329; la rispondenza è comprovata da un'attestazione di conformità.

COLONNE DI SCARICO

Le colonne di scarico dei servizi igienici saranno realizzate con tubazioni in polietilene ad alta densità e proseguiranno come ventilazione primaria sino a sfociare nell'atmosfera al di sopra della copertura. Altro sbocco saranno munite di torrino di esalazione.

Ogni colonna è munita alla base di ispezioni. Altre ispezioni sono predisposte sui tratti orizzontali.

Ogni colonna di scarico è affiancata da una colonna di ventilazione secondaria realizzata con tubazione in polietilene ad alta densità. La colonna di ventilazione è collegata alla colonna di scarico a monte del primo innesto di scarico ed a valle dell'ultimo innesto.

ART 26 IMPIANTO ARIA COMPRESSA :

Compressori a vite;

COMPRESSORE A VITE 7.5 KW 14 L/S CON SERBATOIO 200 LITRI GX7 TM FF-Y/D

Compressore a vite lubrificato silenziato su serbatoio con essiccatore integrato (FF-Y/D)

MODELLO: GX7TM POTENZA: 7.5 KW PORTATA: 14 l/s SERBATOIO: 200 litri PRESSIONE: 10 barARIA

I compressori «GX» sono silenziosi, economici, di facile installazione e semplice manutenzione		
bassi consumi ed elevata efficienza		
la tecnologia a vite riduce al minimo le vibrazioni per un funzionamento silenzioso		
affidabili per funzionamento continuo senza interruzioni		
I compressori sono dotati di avviatore diretto «DOL».		
La sigla Y/D indica, invece, l'azionamento «stella-triangolo»		
Condizioni di riferimento Standard		
Pressione assoluta all'aspirazione	bar(a)	1.00
Temperatura dell'aria all'aspirazione	°C	20.00
Umidità relativa dell'aria all'aspirazione	%	-
Pressione relativa nominale alla mandata	bar(e)	9,5
Limiti di Funzionamento		
Temperatura ambientale minima	°C	-
Temperatura massima dell'aria in aspirazione	°C	46.00
Pressione relativa minima alla mandata	bar(e)	4.00
Pressione relativa massima alla mandata	bar(e)	9,75
Prestazioni		
Portata d'aria compressa in condizioni di riferimento (FAD)	l/s	14.00
Punto di rugiada in pressione (con 100% U.R.)	°C	3.00
Potenza targa motore elettrico	kW	7,5
Rumorosità	dB(A)	69.00
Dimensioni e peso		
Quantità d'olio	l	2,5
Portata d'aria necessaria per il raffreddamento	m ³ /s	0,75
Connessione filettata mandata aria	G	½ F
Connessione scarico condensa manuale	G	¾ F
Lunghezza	mm	550.00
Larghezza	mm	1.420.00
Altezza	mm	1.280.00
Peso	kg	264.00
Le prestazioni dell'unità e le relative tolleranze sono misurate in completo accordo con la norma ISO-1217, Ed. 4, Allegato C-2009		
Il livello di pressione sonora (rumorosità) dell'unità è misurato in conformità alla norma ISO-2151: 2004 usando ISO9614/2; tolleranza 3 dB(A).		

ESSICCATORE PER ARIA COMPRESSA;

Visualizza ingrandito

ESSICCATORE F30 PORTATA F.A.D. 15 L/S

Essiccatore a ciclo frigorifero ecologico

PORTATA F.A.D. 15l/s GAS REFRIGERANTE: R 134° PRESSIONE MASSIMA: 16 bar

I compressori «GX» sono silenziosi, economici, di facile installazione e semplice manutenzione		
bassi consumi ed elevata efficienza		
la tecnologia a vite riduce al minimo le vibrazioni per un funzionamento silenzioso		
affidabili per funzionamento continuo senza interruzioni		
I compressori sono dotati di avviatore diretto «DOL».		
La sigla Y/D indica, invece, l'azionamento «stella-triangolo»		
Condizioni di riferimento Standard		
Pressione assoluta all'aspirazione	bar(a)	1.00
Temperatura dell'aria all'aspirazione	°C	20.00
Umidità relativa dell'aria all'aspirazione	%	-
Pressione relativa nominale alla mandata	bar(e)	9,5
Limiti di Funzionamento		
Temperatura ambientale minima	°C	-
Temperatura massima dell'aria in aspirazione	°C	46.00
Pressione relativa minima alla mandata	bar(e)	4.00
Pressione relativa massima alla mandata	bar(e)	9,75
Prestazioni		
Portata d'aria compressa in condizioni di riferimento (FAD)	l/s	14.00
Punto di rugiada in pressione (con 100% U.R.)	°C	3.00
Potenza targa motore elettrico	kW	7,5
Rumorosità	dB(A)	69.00
Dimensioni e peso		
Quantità d'olio	l	2,5
Portata d'aria necessaria per il raffreddamento	m ³ /s	0,75
Connessione filettata mandata aria	G	½ F
Connessione scarico condensa manuale	G	¾ F
Lunghezza	mm	550.00
Larghezza	mm	1.420.00
Altezza	mm	1.280.00
Peso	kg	264.00
Le prestazioni dell'unità e le relative tolleranze sono misurate in completo accordo con la norma ISO-1217, Ed. 4, Allegato C-2009		
Il livello di pressione sonora (rumorosità) dell'unità è misurato in conformità alla norma ISO-2151: 2004 usando ISO9614/2; tolleranza 3 dB(A).		

SISTEMA DI FILTRAZIONE FILTRI;

I modelli DD e PD garantiscono una filtrazione ottimale dell'olio a coalescenza

I nostri filtri olio a coalescenza DD(+) e PD(+) riducono efficacemente gli aerosol d'olio, le polveri umide e le gocce d'acqua dal vostro flusso d'aria compressa per proteggere il vostro investimento, le apparecchiature e i processi. Tali impurità possono essere prodotte dalla lubrificazione dell'elemento compressore, dall'aria di aspirazione e dall'installazione stessa del compressore.



SEPARATORI D'ACQUA WSD

I separatori d'acqua WSD di Atlas Copco, realizzati interamente con materiali antiruggine, separano efficacemente l'acqua mediante un ciclone. Esenti da manutenzione in quanto privi di parti mobili, i separatori d'acqua sono dotati di uno scarico automatico e manuale per evitare l'accumulo dell'acqua condensata nei refrigeratori del sistema dell'aria compressa. Forniti di serie di refrigeratori finali HD e TD, è possibile installare i separatori d'acqua WSD in qualsiasi punto della rete di aria compressa.



REGOLATORE DI PRESSIONE

Il regolatore di pressione Syntesi® è basato sul sistema della membrana a rotolamento. Questo sistema presenta diversi vantaggi rispetto a quelli a membrana piana: - Separazione della condensa e delle particelle liquide e solide valvola e quindi più portata. - Diminuzione degli attriti dinamici e di spunto. Di conseguenza aumenta la rapidità di risposta e la sensibilità di intervento. - Maggiore precisione di mantenimento della pressione impostata, sia con portate variabili che con diverse pressioni di alimentazione. Il regolatore include un sistema di compensazione che permette di tenere quasi costante la pressione regolata anche al variare della pressione di monte. Questo è ottenuto principalmente dal progetto della valvola, che è bilanciata pneumaticamente. Se la pressione di valle sale, superando il valore impostato, l'aria viene scaricata verso l'esterno (valvola relieving) sino a che ci si riporta al valore impostato. Un dispositivo permette di scaricare rapidamente la pressione di valle se si azzerla la pressione di monte. In questo modo è possibile, ad esempio, disporre il regolatore tra una valvola ed un cilindro perché l'aria può fluire in entrambe i sensi, verso il cilindro con pressione regolata, in ritorno verso la valvola in scarico. La manopola è di tipo push-lock: una volta regolata la pressione, basta premere e si dispone in una posizione bloccata. In questa posizione è possibile estrarre il lamierino ed inserire uno o due lucchetti in modo da evitare possibili manomissioni. Sul fronte e sul retro ci sono due attacchi da 1/8" utilizzabili per manometri, pressostati o, vista la notevole portata, come prese d'aria regolata aggiuntive.



PUNTI DI UTILIZZO;

AC10B-40B-A (FRL), nuovo modello modulare, filtro dell'aria + regolatore



- Filtro per aria + Regolatore.
- Taglia corpo: 10, 20, 25, 30, 40.
- Attacco: M5, 1/8, 1/4, 3/8, 1/2, 3/4.
- Max. pressione d'esercizio: 1.0 MPa.
- Accessori.

RETE DI DISTRIBUZIONE ARIA.

Dalla centrale di compressione aria, partirà la rete di distribuzione aria per l'officina ed i laboratori posti nella stessa.

Le partenze delle diramazioni dal collettore saranno dotate di valvole a sfera d'intercettazione di tipo pesante a passaggio integrale.

Tutte le tubazioni aria compressa saranno in acciaio zincato secondo norme UNI 8863 serie media, con giunzioni a vite e manicotto.

Le tubazioni dell'aria compressa alimenteranno le prese dislocate nei vari ambiti dell'officina ed ogni presa sarà composta in sintesi da:

. valvola a sfera d'intercettazione;. filtro riduttore;. lubrificatore

. n°1 presa da 1/2" e n°1 da 3/4".

Per ogni due gruppi prese aria compressa dovrà essere fornita una tubazione a spirale per il collegamento degli utensili mobili.

Nei punti più bassi della rete di distribuzione, saranno poste valvole a sfera per lo scarico della condensa.

Oltre alle prese per gli utensili, devono essere predisposte delle prese in prossimità dei portoni flessibili per alimentare l'apertura e chiusura di questi.



Fig. 3: Separatore d'acqua con scaricatore di condensa lungo una linea non trattata del circuito d'aria compressa

TUBAZIONI IN ACCIAIO ZINCATO

Le tubazioni saranno in acciaio zincato tipo Mannesmann saldate UNI 8863 con giunzioni a vite e manicotto, complete di congiunzioni zincate, mensole, staffaggi, tasselli ad espansione e rivestimenti di isolamento elettrico in corrispondenza ai supporti.

SARACINESCHE

Saracinesca a corpo piatto PN 10, a vite interna, completa di flange forate UNI, finita esternamente con verniciatura epossidica dalle seguenti caratteristiche tecniche:

- corpo ghisa GG25
- cappello ghisa GG25
- stelo acciaio inox
- sedi di tenuta ghisa GG25
- cuneo ghisa rivestita EPDM
- guarnizioni anelli OR gomma
- tenuta sullo stelo anelli OR gomma
- volantino acciaio al carbonio

MANOMETRI

I manometri dovranno essere del tipo a quadrante, completi di ricciolo di isolamento in rame, rubinetto a tre vie con premistoppa e flangetta di prova.

RACCORDI PER TUBAZIONI IN ACCIAIO ZINCATO $\phi \geq 4''$

I raccordi scanalati (curve, tee, ecc.) saranno del tipo a corto raggio con pressione di lavoro 2100 kPa (300 psi), prodotti in ghisa sferoidale devono essere del tipo bombato per ridurre al minimo le perdite di carico.

Giunti per tubazioni in acciaio zincato $\phi \geq 4''$

I giunti meccanici saranno del tipo rigido a due bulloni con taglio diagonale della conchiglia (in ghisa sferoidale) per evitare l'utilizzo di chiave dinamometrica, pressione di lavoro 2100 kPa, la guarnizione dovrà essere del tipo che non necessita di lubrificante e manutenzione.

GIUNTO DIELETTRICO

Giunto isolante per acqua PN 25 in acciaio, con estremità filettate o flangiate, tensione di perforazione $\geq 2,5$ kV, completo di flange, controflange, bulloni e codoli in rame per misure elettriche.

DISCONNETTORE IDRAULICO

Disconnettere idraulico eseguito secondo Norme UNI EN 12729.

FILTRO

Filtro in ghisa a flange nei diversi diametri, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- corpo ghisa GG 25
- coperchio ghisa GG 25
- cestello acciaio inox
- guarnizione esente da amianto

SARACINESCA A CORPO PIATTO

Saracinesca a flange a vite interna PN 10 completa di flange, bulloni e guarnizioni del tipo esente da manutenzione, dalle seguenti caratteristiche tecniche per i vari diametri:

- Corpo ghisa GG 25
- cappello ghisa GG 25
- stelo acciaio inox
- sedi di tenuta ghisa GG 25
- cuneo ghisa rivestito in EPDM
- guarnizioni anelli OR gomma
- tenuta sullo stelo anelli OR gomma
- volantino acciaio al carbonio

VALVOLE A SFERA

Valvole a sfera in bronzo a manicotti, PN ≥ 15 bar, del tipo o a manicotti da incassare con cappuccio chiuso cromato, per l'intercettazione dei gruppi di apparecchi o con comando a leva o a farfalla a passaggio totale, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- corpo OT/58 UNI 5705/65 nichelato
- manicotto OT/58 UNI 5705/65 nichelato

- sfera OT/58 UNI 5705/65 cromato
- guarnizioni sfera P.T.F.E. vergine
- tenuta asta O-RING NBR 75 Sh A (ASTM D 2240)
- asta OT/58 UNI 5705/65
- maniglia in alluminio pressofuso/acciaio, verniciata
- dado/vite in acciaio zincato
- limite di temperatura da -30°C a +95°C
- pressione nominale \geq PN 15
- filettatura ISO 228/1

STAFFAGGI

Le mensole in profilato di acciaio dovranno essere del tipo zincato a caldo, con sezioni variabili a seconda dei carichi.

Tutti gli accessori di montaggio (dadi a martello, piastre e viti) dovranno essere del tipo STEX a scatto rapido per rapidità di installazione e smontaggio.

I collari di supporto dovranno essere del tipo con fascetta zincata e gommata in EPDM/SBR, il dado di connessione dovrà essere a doppio attacco filettato per maggiore versatilità di montaggio e le due viti di serraggio dovranno restare sempre collegate al collare e ruotare in modo da rendere il montaggio e lo smontaggio rapido ed agevole. Verniciatura di fondo delle tubazioni

- Pulitura e sgrassaggio delle superfici;
- stesura di una mano di primer epossidico al fosfato di zinco, spessore \geq 25 micron.

VERNICIATURA A FINIRE DELLE TUBAZIONI

- Pulitura e sgrassaggio delle superfici;
- stesura di una mano di primer epossidico al fosfato di zinco, spessore \geq 25 micron.
- stesura di una mano di smalto sintetico alchidico RAL da definire, spessore \geq 25 micron.

ART 27 ATTREZZATURE DEL DEPOSITO-OFFICINA

Di seguito vengono descritte le principali attività manutentive previste all'interno del deposito e le principali attrezzature necessarie alla effettuazione di tali attività.

CAPANNONE OFFICINA

In questa voce rientrano le grandi apparecchiature per il sollevamento del veicolo al fine di consentire il disaccoppiamento dei carrelli dalla cassa nonché alcune di carattere più generale.

- Una passerella da ogni lato del veicolo e un collegamento davanti alla cabina di guida. Il carico di esercizio deve permettere di posare sulla passerella i sottocomponenti più pesante da installare sull'imperiale, nonché effettuare gli interventi sull'imperiale stesso del veicolo e al pantografo
- Carro ponte in grado di muoversi lungo tutta la lunghezza del veicolo. Il carro ponte a riposo staziona agli estremi e al di fuori della passerella e del veicolo.
- Sollevatore elettroidraulico a pantografo
- traversa con martinetti idraulici
- banco prova freni

SETTORE MECCANICO

Questo settore è attrezzato per eseguire le operazioni più comuni per lo smontaggio, aggiustaggio e successivo rimontaggio delle varie parti costituenti il veicolo.

Le operazioni riguardano i circuiti pneumatici di bordo, il sistema frenante, l'impianto idraulico e tutte le lavorazioni meccaniche.

Di seguito si elencano le principali attrezzature:

- Armadi per utensili
- Cercafughe di gas
- Banco di lavoro
- Scaffali modulari
- Pompa per prove idrauliche
- Serie di chiavi dinamometriche
- Smerigliatrice a colonna
- Tornio parallelo multifunzione
- Trapano a colonna
- Fresatrice
- Saldatrice ad elettrodi
- Serie strumenti di misura (comparatori, micrometri, ecc.)
- Equilibratrice

- Pressa per smontaggio pneumatici
- Banco di saldatura

SETTORE ELETTRICO

Questo settore è attrezzato per eseguire la prova e la misura dei circuiti e la verifica dei componenti elettrici ed elettronici del veicolo, al fine di realizzare tutte le operazioni di manutenzione relative.

Di seguito si elencano le principali attrezzature previste:

- Apparecchiatura per diagnostica dispositivi elettronici
- Banco di lavoro
- Bobina avvolgicavo
- Set completo di attrezzi da banco
- Misuratore d'isolamento AT
- Misuratore d'isolamento BT
- Oscilloscopio portatile
- Pinza per crimpatura
- Pinza per connettori
- Megaohmmetro
- Stazione di saldatura per elettronica
- Tester
- Trasformatore di misura amperometrico
- Serie di chiavi dinamometriche
- Dispositivo di carica/scarica dei dati di esercizio dei veicoli

RICARICA BATTERIE

L'area è attrezzata per eseguire le operazioni relative alla ricarica e alla manutenzione delle batterie montate sul veicolo. In particolare:

- Banco per batterie in carica, completo di cappa
- Carica batterie
- Scaffali modulari
- Armadi per utensili

MAGAZZINO

Il locale è attrezzato per l'immagazzinamento dei materiali di stoccaggio e le scorte necessarie per le attività manutentive.

Le principali attrezzature sono costituite da:

- Scaffalatura
- Banco di servizio
- PC in rete
- Punzonatrice per cartellini
- Transpallet
- Carrello per stoccaggio
- Carrello pianale
- Scala spostabile per accesso agli scaffali

ATTREZZATURE GENERALI DI OFFICINA

Le principali attrezzature sono costituite da:

- Armadio per utensili
- Armadio a cassette
- Aspirapolvere industriale
- Carrelli elevatori
- Unità per la pulizia dei circuiti idraulici e sostituzione olio
- Ventose per montaggio vetri
- Lavapavimenti per treni
- Cesoia elettrica

MEZZI DI DEPOSITO

Fanno parte di questo elenco le attrezzature necessarie alla movimentazione dei carichi all'interno dell'officina, alla pulizia della sede e al recupero di veicoli fermi in linea e utilizzate, quindi, dalla squadra di pronto intervento.

- Automezzo per servizi d'officina
- Automezzo per pulizia della sede della rotaia, controllo ottico
- Traverse in lega leggera
- Carrelli provvisori per appoggio cassa
- Martinetti
- Guida di traslazione

SCORTE DI MAGAZZINO

In considerazione del loro livello di usura in servizio normale, vengono di seguito indicati i sottocomponenti/apparecchiature relative ai veicoli che si rende necessario disporre in magazzino già dall'inizio dell'esercizio.

- Pneumatici
- Per la sospensione: ammortizzatore e pattino d'appoggio laterale
- Per il dispositivo di guida: cerchiatura del rullo
- Per il pantografo: pattino di captazione corrente
- Per la catena di trazione: liquido di raffreddamento
- Per l'impianto freno: filtro dell'aria compressore, filtro dell'olio compressore, cartuccia essiccatore compressore
- Per le porte: rullo di porta, cinghia dentata
- Per l'impianto di ventilazione: filtro dell'aria
- Per il circuito elettrico: qualsiasi tipo di relè, di disgiuntore, fusibile, lampadina, spia, pulsante, connessioni, sensori
- Per il tergicristallo: spazzola
- Per materiali di consumo: olio motore e compressore, liquido raffreddamento catena di trazione, grasso, liquido tergicristallo.

Caratteristiche principali

Marche e Garanzie di tutti gli elementi forniti

Apparecchiature specifiche di diagnostica per il materiale rotabile

Apparecchiature specifiche di diagnostica per la rete di alimentazione e sistema di trazione

Eventuali lavorazioni non eseguibili in officina

Scorte a magazzino

ART 28 IMPIANTO LAVAGGIO TRAM

L'impianto riguarda la fornitura completa e posa in opera di un tunnel di lavaggio automatico per il nuovo deposito denominato Valbarozzo di vetture tranviarie di Padova

Il tunnel sarà utilizzato ininterrottamente per 4 ore al giorno dove la frequenza di lavaggio è di 1 volta alla settimana per vettura. La natura dello sporco è caratterizzata, oltre che dallo smog e dalle polveri dei

normali mezzi di trasporto di superficie, da polvere di grafite proveniente dal pantografo della vettura stessa.

Deve, quindi, essere previsto un sistema di lavaggio con spazzole che tenga conto della presenza di quanto detto in precedenza per la parte superiore e di un opportuno sistema di spruzzatura.

Per il lavaggio delle fiancate, vista la tenacità dello sporco, si richiede che l'intervallo tra l'aspersione del detergente e la prima spazzolatura di lavaggio sia sufficiente per lo scioglimento dello sporco.

L'impianto dovrà essere fornito in opera completo di tutti gli accessori atti a garantire la piena funzionalità del sistema.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI LAVAGGIO ESTERNO VEICOLI

Per il lavaggio esterno dei veicoli, in relazione all'area di deposito disponibile, si ritiene che la migliore soluzione sia quella dell'utilizzo di un impianto a portale mobile.

L'impianto dovrebbe essere posizionato su una apposita platea di lunghezza di circa 2m superiore alla lunghezza massima del veicolo, in modo che il veicolo stesso possa avere una zona plateata di almeno 1m in corrispondenza delle due testate.

L'impianto di lavaggio a portale mobile può essere installato all'aperto, senza richiedere la realizzazione di un capannone.

L'impianto può essere realizzato tramite un portale che si muove longitudinalmente per tutta la lunghezza del veicolo su rotaie proprie, disposte parallelamente alle fiancate del veicolo. Ai fini del lavaggio anche delle testate e dei vetri frontali del veicolo, la lunghezza delle rotaie di guida del portale dovrà essere tale da consentire la manovra delle spazzole trasversali.

Di norma si possono prevedere da due a quattro spazzole verticali per la pulizia delle fiancate (una o due per fiancata), due spazzole per il lavaggio della carenatura bassa ed una spazzola (o due semi-spazzole) trasversale per il lavaggio di tetto e testate, fronte e retro.

Il binario su cui viene piazzato il veicolo per il lavaggio può essere elettrificato in modo da consentire l'autonomo piazzamento nella postazione. Ovviamente dovrà essere in questo caso realizzato un interblocco che vincoli l'attivazione dell'impianto di lavaggio alla sicura disalimentazione della linea aerea.

Sul portale può essere installato un circuito ad alta pressione funzionante ad acqua calda o fredda per il lavaggio delle parti di norma più sporche/contaminate, ovvero l'imperiale nella zona pantografo e la parte esterna del rodiggio.

Il sistema di controllo, i serbatoi, le pompe e tutti i componenti necessari per la gestione dell'impianto vengono di norma installati in un locale tecnico ubicato nei pressi dell'impianto.

Il locale tecnico può essere realizzato sul posto in muratura oppure può essere richiesto di tipo prefabbricato al fornitore dell'impianto.

Il portale mobile è posizionato inattivo nella posizione di partenza, ad una estremità delle rotaie di guida e non interferisce con i movimenti dei veicoli che possono transitare nella postazione senza dover essere lavati.

In occasione della effettuazione del lavaggio, il veicolo viene posizionato nella platea in corrispondenza a dei riferimenti fissi, viene stazionato e la linea aerea viene disalimentata.

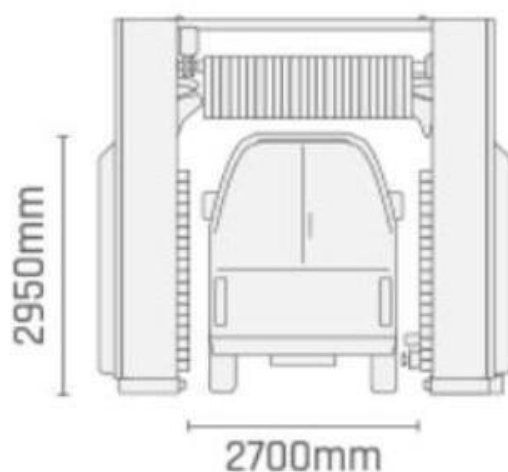
A questo punto può essere avviato il programma di lavaggio, definito in base ad un ciclo convenuto con il fornitore dell'impianto.

Le operazioni che costituiscono il ciclo di lavaggio sono regolate tramite un sistema di supervisione e controllo, realizzato tramite PLC, che consente di adattare in loco i programmi specifici di lavaggio al tipo di veicolo. La gestione dell'impianto può essere in locale e remotizzata da una sala di controllo e sorvegliata con telecamere. Nella sala di controllo l'addetto dispone di una interfaccia grafica per governare le sequenze e, se richiesto, produrre un report di attività.

E' possibile integrare nell'impianto di lavaggio esterno anche una unità per il lavaggio del sottocassa.

La platea sulla quale viene installato l'impianto ha una pendenza tale da raccogliere le acque di lavaggio per convogliarle poi alla depurazione, essendo tali acque contaminate da sporco e prodotti detergenti. Può essere rivestita o meno di grigliati metallici.

Di seguito viene mostrata una rappresentazione schematica in sezione del portale mobile:



La seguente immagine rappresenta impianto del tipo descritto.



Impianti elettrici

Le apparecchiature elettriche devono essere divise in impianto di potenza e di comando.

Tutti i comandi devono essere in bassa tensione (24 V) e a doppio circuito per poter comandare qualsiasi fase singolarmente ed escludendo le fotocellule. Tutti gli armadi che contengono apparecchiature elettriche dovranno avere grado di protezione IP55 o superiore.

A carico del fornitore dell'impianto è anche la posa in opera del quadro elettrico di distribuzione secondaria relativo all'impianto lavaggio. La posizione del quadro andrà definita sul posto in accordo con la Direzione Lavori. Il quadro, realizzato in base alle norme CEI 17-13, dovrà essere in struttura di lamiera di acciaio verniciata con spessore minimo 20/10 mm e grado di protezione IP55, da posizionare a parete (il quadro sarà completo di telaio e controtelaio da fissare a pavimento).

I cavi di distribuzione dovranno essere a norme CEI 20-22 III, 20-35 e 20-37 I. Per tutti i cavi dovrà essere prevista, ogni metro, una stampigliatura della sigla di designazione del cavo e della relativa sezione. Il percorso cavi verrà definito in fase di realizzazione dall'appaltatore in base alle specifiche esigenze e dovrà comunque essere tale da evitare contatto continuo del cavo con l'acqua di lavaggio. Si dovranno cioè prevedere tubazioni in acciaio di protezione per i cavi elettrici.

Messa a terra

Tutte le masse metalliche dell'impianto dovranno essere collegate, tramite morsetti a compressione, all'impianto di terra del capannone rimessa officina.

Impianto idrico

L'adduzione dell'alimentazione idrica verrà realizzata interfacciandosi con il sistema di depurazione delle acque descritto di seguito. Verrà installato un vano per il contenimento del serbatoio di prodotto, per l'alloggiamento delle valvole pneumatiche utilizzate per la miscelazione e per la pompa dosatrice. L'impianto dovrà essere dotato di idonea protezione antigelo, ovvero di apposito sistema di spurgo automatico che provvederà a far evacuare l'acqua da tutte le tubazioni, nel caso la temperatura all'interno del deposito scenda al di sotto di quella prefissata nella consolle di comando (normalmente 0° C).

Sicurezze

L'impianto dovrà essere progettato secondo le più recenti normative in materia di sicurezza.

In particolare dovranno essere presenti:

sistema di controllo della velocità costituito da un sistema di segnalazione sonora che entra in funzione qualora si oltrepassi la velocità di 8 m/min; qualora si superino i 10 m/min, l'impianto si bloccherà automaticamente e potrà essere ripristinato solo dall'operatore attraverso la consolle di comando;

Pulsante di emergenza a fungo di colore rosso collocato in vari punti dell'impianto di lavaggio;

Semaforo bicolore rosso/verde che indica la disponibilità o meno dell'impianto.

IMPIANTO DI PULIZIA PNEUMATICA

L'impianto di pulizia pneumatica da installare nell'impianto di lavaggio sarà costituito in sintesi dai seguenti elementi:

N° 1 filtro a maniche con pulizia pneumatica ad aria compressa;

N° 1 soffiante a canale laterale racchiusa in cabina afona;

N° 1 quadro elettrico bt per la distribuzione secondaria all'impianto con relativi cablaggi;

Tubazione aspirante in PVC per alta pressione;

Tubazione di scarico aria.

Al fine di garantire uniformità di prodotto, il fornitore dell'impianto di pulizia pneumatica dovrà essere il medesimo dell'impianto di aspirazione dei gas combusti.

Dati di progetto

L'impianto di pulizia pneumatica verrà utilizzato esclusivamente per la pulizia interna del materiale rotabile lungo l'impianto di lavaggio.

Il filtro e il soffiante verranno collocati in posizione ottimale onde evitare che i macchinari ingombrino la sagoma limite del convoglio

Filtro a maniche

Il filtro utilizzato dovrà garantire un'elevata efficienza di filtrazione nel separare e filtrare polveri medie, fini ed impalpabili oltre a mantenere una perfetta pulizia del setto filtrante con funzionamento continuo.

Il filtro dovrà essere dotato di un sistema di pulizia ciclica in controcorrente che permette di mantenere il sistema in perfetta efficienza. Il sistema è costituito da un getto di aria compressa che, accumulata in un apposito serbatoio, viene improvvisamente iniettata all'interno delle maniche creando una violenta onda di scuotimento in controcorrente in grado di staccare e far precipitare le particelle di polvere depositate.

Tale getto, ciclicamente programmato da un'apparecchiatura elettronica, sarà iniettato da una rete di ugelli all'interno dei rispettivi tubi venturi collegati alle maniche filtranti, i quali hanno la capacità di aspirare aria nella zona circostante e di amplificarla rispetto al getto ricevuto.

Il filtro sarà realizzato in pannelli di lamiera d'acciaio di forte spessore calandrata ed irrobustita opportunamente con flange in angolare, verniciata con una mano di fondo ed una mano a finire di colore RAL a scelta del Committente.

Le maniche filtranti saranno in tessuto, di ottima qualità, studiato per risolvere i problemi di filtrazione con la massima durata. Dette maniche saranno calzate su cestelli metallici zincati o verniciati per aumentare la resistenza e la durata nel tempo.

Il sistema di lavaggio maniche sarà costituito da un programmatore ciclico con regolatore tempo pausa e pulizia, led luminosi di controllo, polmone di accumulo aria compressa con scarico condensa e manometro di pressione, elettrovalvole pressofuse con pilota elettrico di consenso, iniettori e venturi in materiale totalmente metallico.

Il filtro dovrà essere fornito completo di gambe di sostegno, contenitore di raccolta, collegamenti elettrici tra le valvole ed il programmatore, portello d'ispezione e flange di attacco.

Dati tecnici principali

- Tessuto filtrante: poliestere calandrato
- Peso tessuto filtrante: 500 gr/m²
- Alimentazione programmatore: 230 V Monofase
- Alimentazione elettrovalvole: 24V
- Tempo di eccitazione da 0,05 a 1 sec.
- Tempo di pausa da 0,35 a 35 sec.
- Alimentazione aria compressa da 4 a 8 ATM

Soffiante laterale con cabina afona

Il principio di funzionamento delle soffianti a canale laterale consiste nell'incrementare la pressione del fluido aspirato tramite la creazione, nel canale toroidale periferico, di una serie di vortici determinati dalla spinta centrifuga del rotore alettato.

Il sistema dovrà garantire pressioni sensibilmente più elevate rispetto ai normali ventilatori centrifughi, massima sicurezza di funzionamento e notevole silenziosità.

Le carcasse e le giranti dovranno essere in lega di alluminio stabilizzata con trattamento termico.

I cuscinetti adeguatamente dimensionati avranno caratteristiche idonee a garantire una marcia ininterrotta a pieno carico.

Inclusi nella fornitura saranno i silenziatori in aspirazione e mandata, le valvole di sicurezza e una cabina afona che racchiuderà l'intero macchinario per ridurre la rumorosità.

La cabina afona verrà costruita in pannelli di lamiera zincata con all'estremità una lamiera forata o stirata con interposto materiale fonoassorbente tale da garantire un livello di rumore pari a 80 dB ad 1 m di distanza dalla cabina stessa; la cabina dovrà essere provvista di pannello apribile di ispezione.

Quadro elettrico

A carico dell'appaltatore è la fornitura e posa in opera di un quadro elettrico di distribuzione secondaria relativo all'impianto di aspirazione. La posizione del quadro andrà definita sul posto. Il quadro, realizzato in base alle norme CEI 17-13, dovrà essere in struttura di lamiera di acciaio verniciata con spessore minimo 20/10 mm e grado di protezione IP55.

Il quadro sarà completo di: interruttore generale, bloccoporta, timer, lampada avviso tensione, pulsantiere di marcia ed arresto, lampade luminose, ecc. con materiale di ditta primaria.

Unitamente al quadro andranno forniti i cavi di distribuzione che dovranno essere a norme CEI 20-22 II, 20-35 e 20-37 I. Per tutti i cavi dovrà essere prevista, ogni metro, una stampigliatura della sigla di designazione del cavo e della relativa sezione.

Dati tecnici principali

Tensione: 400 V trifase

Grado di protezione: IP 55

Messa a terra

Tutte le masse metalliche dell'impianto dovranno essere collegate, tramite morsetti a compressione, all'impianto di terra del capannone rimessa officina.

Tubazione aspirante in PVC per alta pressione

La tubazione aspirante sarà costituita da:

Raccordo antivibrante sulla bocca aspirante del ventilatore, atto ad isolare la linea di convogliamento dell'aria alla bocca aspirante del ventilatore.

Tubazione diritta aspirante, prefabbricata, costruita in PVC di prima scelta.

Curve in aspirazione costruite in PVC di prima scelta stampate in due metà.

Deviazioni in PVC con manicotti di attacco in entrata ed uscita. Dette deviazioni dovranno essere costruite rispettando le regole fondamentali di aerodinamica dell'aria riducendo al minimo la resistenza.

Serrande in PVC di ottima qualità adatte per la taratura o l'esclusione del punto aspirante, movimento a ghigliottina funzionante manualmente con pomello in plastica di fermo.

Coni di riduzione in PVC di lunghezza adeguata per diminuire la resistenza di scorrimento dell'aria.

Manicotti di attacco alla tubazione di lamiera o in flessibile con la predisposizione al fissaggio.

Flessibile di ottima qualità in gomma dura, trattato con antinvecchiamento, internamente liscio con anima in PVC o in filo metallico, atto a collegare i montanti o le prese dell'impianto ai punti di aspirazione localizzati. Sono previste 5 calate ciascuna di 10 m di lunghezza. Ogni flessibile andrà dotato di stringiflessibile nei vari diametri costruiti in filo zincato con vite di fermo.

A carico del fornitore sono inoltre tutti gli staffaggi di supporto, fornitura e posa in opera, per il fissaggio nonché gli accessori necessari all'esecuzione del montaggio, compresi i piccoli adattamenti alla buona esecuzione dell'opera.

Tubazione di scarico aria

La tubazione di scarico dell'aria sarà costituita in sintesi da:

Camino di scarico in lamiera zincata di prima scelta opportunamente dimensionato predisposto con attacco a muro per un'altezza totale adeguata per rispettare la normativa vigente secondo il metodo UNICHIM n. 422 ed. 1979 per i camini di scarico

Raccordo per eventuale cambiamento di sezione in lamiera zincata di prima scelta costruito secondo le caratteristiche tecniche di aerodinamica e dell'impianto completo di flangia di attacco.

Tubazione diritta di scarico costruita in lamiera zincata di prima scelta con graffatura longitudinale, dimensionata secondo le caratteristiche tecniche dell'impianto.

Curve di scarico costruite in lamiera zincata di prima scelta, formate da settori graffati e puntati con raggio in rapporto 1,5 il diametro.

Manicotti di attacco alla tubazione di lamiera con la predisposizione al fissaggio.

Terminale di espulsione costruito in lamiera zincata e dotato di rete di protezione antifoglie e dimensionato per facilitare l'uscita dell'aria.

Bocchetta di prelievo per analisi di dimensione richiesta dalle normative vigenti con tappo di chiusura e collare di fissaggio.

Collari o flange di unione stampati in lamiera zincata completi di bulloni anch'essi zincati.

Staffe di supporto camini di scarico in profilati di ferro verniciate atte a sopportare con sicurezza il carico previsto.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE LUC E FORZA MOTRICE

ART 1 PREMESSE	3
ART. 2 CAVI ELETTRICI	3
CAVO BASSA TENSIONE TIPO FG16(O)R16 - 0,6/1 kV - Cca, s3, D1, A3	3
ART 3 CORPI ILLUMINANTI ED ACCESSORI	5
ARMATURA STRADALE LEDLINEA SIR3	5
ARMATURA STRADALE LED PARCHEGGIO	5
ART 4 PALI LUCE	7
PALI ILLUMINAZIONE TRATTO CATENARY FREE E PARCHEGGIO	7
ART 5 QUADRI DI BASSA TENSIONE	8
ARMADIO STRADALE DA ESTERNO	8
INTERRUTTORE DIFFERENZIALE MODULARE A RIARMO AUTOMATICO	8
ART 6 SISTEMA DI COMANDO E CONTROLLO PER GLI IMPIANTI DI BASSA TENSIONE	9
REQUISITI DI SISTEMA	9
ART 7 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO ELETTRICO DEVIATOI	11
GENERALITÀ	11
ARMADI TRASFORMATORI	11
ARMADIO DI CONTENIMENTO	12
SISTEMA DI INGRESSO E SIGILLATURA DEI PASSAGGI CAVI E/O TUBI	13
TRASFORMATORE RIDUTTORE	13
MODULO DI ACQUISIZIONE DATI, TELEGESTIONE COMANDO E CONTROLLO DELLO STATO DI FUNZIONAMENTO	14
SONDA TEMPERATURA ROTAIA	14

ART 1 PREMESSE

Scopo del presente capitolato è di illustrare i criteri costruttivi, le caratteristiche tecniche, meccaniche ed elettriche dei materiali necessari per la realizzazione degli impianti LFM a servizio a servizio della nuova linea tranviaria SIR3.

ART. 2 CAVI ELETTRICI

CAVO BASSA TENSIONE TIPO FG16(O)R16 - 0,6/1 kV - Cca, s3, d1, a3

Cavo per energia isolato in gomma etilenpropilenica, ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità R16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Cavo con conduttori flessibili per posa fissa.

Indicato per l'impiego sia all'interno che esterno di fabbricati. Adatto per posa fissa su murature e strutture metalliche in aria libera, in tubo o canaletta o sistemi similari. Ammessa anche la posa interrata. (rif. CEI 20-67)

RISPONDEZZA ALLE NORME

- CPR (UE) n°305/11 Regolamento Prodotti da Costruzione/Construction Products Regulation
- Cca – s3, d1, a3 Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014 Class according to standards EN 50575:2014 + A1:2016 and EN 13501-6:2014
- CEI 20-13 - CEI UNEL 35324 Costruzione e requisiti/Construction and specifications
- CEI EN 60332-1-2 Propagazione fiamma/Flame propagation
- 2014/35/UE Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive
- 2011/65/UE Direttiva RoHS/RoHS Directive

Dati tecnici

- Tensione nominale 0,6/1kV

- Temperatura di esercizio max 90°C
- Temperatura di corto circuito max 250°C fino alla sezione 240 mm², oltre 220 °C
- Temperatura minima di posa - 15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Tipo di conduttore corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto

ART 3 CORPI ILLUMINANTI ED ACCESSORI

ARMATURA STRADALE LED LINEA SIR3

Gli impianti di illuminazione pubblica saranno realizzati con lampade di tipo a LED, corpo in lega di alluminio pressofuso, schermo in vetro temperato, classe di isolamenti II, grado di protezione IP66, Protezione contro gli urti IK10, protezione da sovratensione di modo comune e differenziale 10 kV, viti esterne e componentistica metallica in acciaio INOX AISI 304, verniciatura in polveri di poliestere resistente agli agenti atmosferici, sistema ottico composto da lenti ad alta trasparenza, indice di resa cromatica CRI >70, vita del gruppo ottico > 160.000h a 25°C, vita driver > 100.000 h a 25°C, classe di sicurezza fotobiologica: EXEMPT GROUP, sostituibilità dei moduli LED, range di potenza da 20W fino a 140W in funzione della categoria stradale e dotato di sistema di controllo DALI.

ARMATURA STRADALE LED PARCHEGGIO

Apparecchio illuminante con corpo in lega di alluminio pressofuso (EN1706AC 46100LF) sottoposto ad un processo multi-step di sgrassaggio, fluorozirconatura e sigillatura (strato nano strutturato ai silani). Ottica stradale asimmetrica. Riflettori in alluminio silver. Schermo in vetro sodico – calcico spesso 5 mm. Possibilità di regolazione attraverso scala graduata a step di 5 ° con inclinazione rispetto al piano stradale di ± 20°. Provvisto di guarnizione siliconica.

Verniciatura resistente agli agenti atmosferici ed ai raggi UV con primer e vernice acrilica liquida cotta a 150 °C.

Il pacco LED è sostituibile così come l'alimentatore 220-240 V 50 Hz, collegato tramite connettori ad innesto rapido. Driver con controllo della temperatura del LED. Il driver permette 4 profili di funzionamento, tre dei quali configurabili ed uno con riconoscimento della mezzanotte. Dotato di sistema di controllo DALI.

Conforme alla Norma EN 60598-1

Le caratteristiche tecniche del corpo illuminante sono:

- Grado protezione IP67
- Grado di resistenza agli urti IK08

- Colore: Grigio
- Temperatura di colore 4000 K
- Indice di resa cromatica > 70
- Classe di isolamento II
- Dimensioni indicative (760x415x210)
- Peso max 12 kg
- Potenza totale max [W]: circa 68 W
- Flusso totale emesso [Lm]: circa 7490 lm
- Flusso totale disperso verso l'alto [Lm]: 0
- Efficienza luminosa [lm/W]: ≥ 111

□□□□□□□□□□ Life Time: 100.000h • L90 • B10 (Ta 25°C)

□□□□□□□□□□ Life Time: 100.000h • L80 • B10 (Ta 25°C)

□□□□□□□□□□ Life Time: 100.000h • L90 • B10 (Ta 40°C)

□□□□□□□□□□ Life Time: 100.000h • L80 • B10 (Ta 40°C)

ART 4 PALI LUCE

PALI ILLUMINAZIONE TRATTO CATENARY FREE E PARCHEGGIO

Pali dritti di forma e dimensioni compatibili con le caratteristiche architettoniche del tracciato del tutto simili a quelli previsti per l'ancoraggio della linea di contatto, in acciaio S23JR-EN10025 zincato a caldo (secondo UNI EN40-ISO1461) e verniciatura a polveri, di altezza pari a circa 8 metri fuori terra infissi in blocchi di fondazione in CLS armato, senza sbraccio; spessore 4 mm, completo di portella in AL IP55, morsettiera in classe di isolamento

II. Sono compresi tutti gli accessori necessari all'installazione del palo. Il palo sarà dotato di marcatura CE.

ART 5 QUADRI DI BASSA TENSIONE

ARMADIO STRADALE DA ESTERNO

I quadri elettrici saranno caratterizzati da:

- armadio di contenimento suddiviso in due vani, di vetroresina in classe II e grado di protezione IP 55; i due vani avranno aperture indipendenti e sono destinati a contenere rispettivamente il gruppo misura installato dall'Ente Distributore ed a contenere le apparecchiature di comando, di sezionamento, di protezione, con aperture indipendenti, le porte saranno complete di chiusura con maniglia a scomparsa e serratura di sicurezza a cifratura unica Y21 su entrambi i vani. I componenti saranno realizzati in conformità alla norma CEI EN 62208, grado di protezione IP 55, e tensione nominale di isolamento 690V. L'armadio dovrà essere posato su zoccolo in c.l.s. prefabbricato o realizzato in opera che consente, mediante l'inserimento di tubi portacavi, l'ingresso dei cavi dell'Ente Distributore pubblico dell'energia elettrica e la partenza dei cavi per l'alimentazione dell'impianto in oggetto;
- il quadro elettrico contenuto all'interno dell'armadio stradale e le relative morsettiere saranno in classe di isolamento II, in resina e dotati di sbarra per Guida DIN; il fissaggio è previsto su piastra di fondo dell'armadio.

Tali quadri saranno dotati di sistema di riarmo automatico che effettua un controllo preventivo di guasti d'isolamento e cortocircuito nell'impianto elettrico anche senza collegamento al conduttore di terra; il controllo viene effettuato ad intervalli regolari fino al superamento di un determinato livello di sicurezza.

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE MODULARE A RIARMO AUTOMATICO

Per l'alimentazione delle viabilità stradali saranno utilizzati interruttori modulari differenziali modulari dotati di riarmo automatico. In questo modo, a valle di un eventuale apertura dell'interruttore e previa verifica dell'impianto, sarà possibile il ripristino automatico dell'alimentazione. Questo sistema permette di ridurre i disservizi dovuti a scatti intempestivi o guasti temporanei.

A seguito dello scatto del differenziale, tale dispositivo permette il riarmo automatico soltanto dopo aver controllato in via preventiva l'isolamento dell'impianto. Durante il controllo dell'impianto, il dispositivo segnala il mancato riarmo automatico.

Alimentazione 230 V ac.

Temperatura di funzionamento: -25 °C / +60 °C.

ART 6 SISTEMA DI COMANDO E CONTROLLO PER GLI IMPIANTI DI BASSA TENSIONE

La presente Offerta definisce le condizioni tecnico-economiche, per la gestione da remoto di una serie di quadri di Bassa Tensione previsti per l'alimentazione dei servizi presenti alle fermate della tramvia di Padova.

REQUISITI DI SISTEMA

Quadri elettrici, segnali da gestire:

N° 4 quadri di alimentazione:

- 48 ingressi digitali,
- 6 uscite digitali
- Sistema di misura di grandezze elettriche: i.e. multimetro

N° 11 quadri di fermata con il seguente quantitativo di segnali da gestire:

- 32 ingressi digitali,
- 6 uscite digitali
- Sistema di misura di grandezze elettriche: i.e. multimetro

N° 2 quadri di deposito con il seguente quantitativo di segnali da gestire:

- 48 ingressi digitali,
- 6 uscite digitali
- Sistema di misura di grandezze elettriche: i.e. multimetro

Comunicazione:

Tutti gli apparati previsti per questi sistemi dovranno avere una connessione Ethernet con profilo di comunicazione Modbus TCP/IP per i diversi apparati connessi dei singoli siti

Gli apparati saranno supportati da opportuni switch con sufficienti porte RJ45 100TX per la connessione degli apparati di sito e 1 porte ottica multimodale per la connessione con il sistema di supervisione remoto.

Ambientale:

Essendo questi apparati installati in quadri posti in esterno, dovranno avere temperatura di funzionamento -25° + 70°.

Soluzione tecnica

Segnali da gestire: utilizzo di moduli per I/O remoti connettabili direttamente su rete Ethernet Metering: per questa necessità utilizziamo sistemi di misura direttamente installabili su interruttori modulari, che comunicano in wireless con un concentratore. A sua volta, il concentratore rende disponibili queste informazioni in formato Modbus TCP/IP tramite porta Ethernet

Comunicazione: viene utilizzato uno switch con 6 porte RJ45 e 2 porte ottiche monomodali. Questi apparati devono essere installati all' interno dello stesso quadro di distribuzione elettrica. La fornitura prevede i seguenti materiali ed attività, per 17 (11+5+1) quadri complessivi:

- Switch
- Gruppi di I/O remoti per gli I/O previsti nei requisiti
- Metering:
 - - Concentratore ZigBee: Power Tag Link;
 - - Tre Power Tag (tre in totale per quadro).
- Attività di configurazione;
- Attività di messa in servizio e collaudo;
- Documentazione tecnica;
- Applicativi/configurazioni e software realizzati.

ART 7 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO ELETTRICO DEVIATOI

GENERALITÀ

Per garantire la manovra dei deviatori e, di conseguenza, la continuità del servizio di trasporto tranviario anche in caso di precipitazioni nevose, o di particolari condizioni ambientali che possano provocare la formazione di ghiaccio sul deviatoio, saranno installati gli impianti di Riscaldamento Elettrico Deviatori.

Il sistema RED sarà progettato e realizzato in maniera tale da consentire l'accensione dello stesso da postazione locale, nei pressi degli stessi sc

ambi, o da remoto. Tale accensione deve poter essere eseguita anche manualmente bypassando il comando automatico.

L'impianto prevede essenzialmente i seguenti componenti:

- Armadi Trasformatori (AT)
- Cavi scaldanti autoregolanti da applicare all'intero sistema scambio;
- Sistema di telegestione ed efficientamento energetico

ARMADI TRASFORMATORI

Gli armadi trasformatori, devono essere progettati e realizzati nella completa osservanza delle leggi e normative vigenti in materia con particolare riguardo a quelle sotto riportate, in modo da realizzare quanto di più accurato possibile sia per qualità di materiale impiegato che per posa in opera.

- CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua”;
- CEI 7-6 (ISO 2081) Zincatura a caldo per immersione di materiali ferrosi.
- CEI EN 61558-1 (CEI 96-3) Sicurezza dei trasformatori, delle unità di alimentazione, dei reattori e similari. Parte 1: prescrizioni generali e prove.
- CEI EN 61558-2-4 (CEI 96-8) Sicurezza dei trasformatori, dei reattori, delle unità di alimentazione e similari per tensioni sino a 1100V Parte 2-4: prescrizioni particolari e prove per trasformatori di isolamento e unità di alimentazione che incorporano trasformatori di isolamento.
- CEI EN 60529 (CEI 70-1) Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
- UNI CEI EN 17025 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura
- UNI EN 50081-2 Compatibilità Elettromagnetica – Emissioni Generiche Standard.

Resta inteso che le normative sopra riportate devono essere applicate nella versione vigente al momento della realizzazione dell'impianto.

L'armadio trasformatore dovrà essere installato in prossimità del deviatore da riscaldare ed essere costituito da:

- Armadio di contenimento
- Sistema di ingresso e sigillatura dei passaggi cavi e/o tubi
- Trasformatore riduttore
- Modulo di acquisizione dati
- Sonda temperatura rotaia

L'armadio trasformatore dovrà essere fornito completamente assemblato e compreso di basamento in calcestruzzo in modo tale da poter essere posato senza necessità di opere in muratura.

ARMADIO DI CONTENIMENTO

L'armadio di contenimento dovrà essere monoblocco, di tipo a telaio autoportante, realizzato completamente in acciaio inox AISI 304 con spessore minimo 15/10 (non verniciato) e con un grado di resistenza agli urti non inferiore a IK10 secondo CEI EN 60068. Inoltre, dovrà essere certificato con un grado di protezione IP non inferiore a IP55 secondo CEI EN 60529.

Le dimensioni massime dell'armadio di contenimento devono essere:

- Larghezza 550mm
- Profondità 495mm
- Altezza 600

Le saldature dovranno essere realizzate utilizzando come metodo di saldatura il TIG e il processo di saldatura deve essere qualificato secondo UNI EN 288; l'armadio dovrà essere privo di profili taglienti. Inoltre, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Porta di chiusura cieca con serratura a chiave dotata di almeno 2 cerniere interne in acciaio inox AISI 304 saldate con battuta antipioggia e guarnizione di tenuta poliuretanica senza giunzioni.
- Feritorie di areazione per la ventilazione naturale alla sua sommità.
- Sistema di chiusura inox AISI 304 su almeno 2 punti con chiave Yale (cifratura21)

SISTEMA DI INGRESSO E SIGILLATURA DEI PASSAGGI CAVI E/O TUBI

Il sistema di ingresso e sigillatura dei passaggi di cavi deve essere di tipo prefabbricato e modulare, composto da telaio di contenimento, moduli multidiametro e sistema di bloccaggio.

Il telaio di contenimento, realizzato in acciaio inox dovrà essere fissato sulla piastra di ingresso cavi del quadro. I componenti del sistema devono essere privi di alogeni.

Il sistema di ingresso e sigillatura cavi dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Non tossicità: F1, M2 e GEI 20-37/7
- Grado di protezione IP55
- Superamento delle sollecitazioni a vibrazioni
- Caratteristiche anti-roditori

TRASFORMATORE RIDUTTORE

Il trasformatore deve essere adatto per il funzionamento all'aperto durante il clima rigido. Inoltre, il trasformatore dovrà rispettare le seguenti caratteristiche:

- Temperature di funzionamento: -25°C / $+70^{\circ}\text{C}$
- Raffreddamento: ANAN
- Classe di isolamento: II
- Potenza nominale in servizio continuo: 8kW
- Frequenza: 50Hz
- Tensione nominale primario: 400V 3F
- Prese di regolazione primario: 360V – 380V
- Collegamento primario: triangolo
- Livello di isolamento primario: tensione applicata di breve durata 5kV 60"
- Livello di isolamento primario: tensione di tenuta impulso 6kV
- Tensione nominale secondario: 3x24V Vca monofase.
- Livello di isolamento secondario: tensione applicata di breve durata 2,5kV 60"
- Tensione di corto circuito: 4%
- Perdite a vuoto: < 80W
- Perdite nel rame a 75°C <380W
- Rendimento a 75°C > 94%

- Corrente a vuoto < 7% I_n
- Corrente di inserzione < 10 I_n

Per il trasformatore in oggetto, anche se è prevista l'installazione in armadio con IP55, è richiesta comunque la protezione contro i contatti diretti IPXXB, tramite protezione in materiale isolante LEXAN. Sulla protezione deve essere previsto il simbolo di pericolo, in conformità con la normativa nazionale.

MODULO DI ACQUISIZIONE DATI, TELEGESTIONE COMANDO E CONTROLLO DELLO STATO DI FUNZIONAMENTO

Il modulo, per la verifica del corretto funzionamento del RED, deve comandare e controllare le apparecchiature installate all'interno dell'armadio trasformatore da remoto.

I collegamenti elettrici del modulo devono essere effettuati con morsetti ad innesto estraibile, mentre in prossimità delle uscite di connessione degli avvolgimenti secondari devono essere installati dei trasformatori amperometrici (TA).

Per ogni coppia di connessione dei secondari a 24V, devono essere installati dei TA tali da monitorare e controllare lo stato di funzionamento e l'assorbimento dei vari cavi autoregolanti. I TA devono essere in grado di comunicare con il modulo di acquisizione e devono essere di tipo tradizionale, con rapporto 100A/0,1A e prestazione minima 1VA.

SONDA TEMPERATURA ROTAIA

Il dispositivo deve essere corredato di sonda temperatura rotaia del tipo PT100 per il comando accensione/spegnimento degli impianti RED sulla base di prefissate soglie di funzionamento.

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE ALIMENTAZIONE

INDICE

1	INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
2	SCOPO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	18
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	18
3.2	RIFERIMENTI PROGETTUALI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
4	QUADRO DI MEDIA TENSIONE	19
5	TRASFORMATORE 1620KVA	19
5.1	NORME DI RIFERIMENTO.....	19
5.2	PROVE	21
6	SEZIONE A CORRENTE CONTINUA.....	23
6.1	RADDRIZZATORE.....	25
6.2	SCOMPARTA ALIMENTATORE E INTERRUTTORE EXTRARAPIDO.....	25
6.3	UNITÀ SEZIONATORE DI PRIMA FILA	28
6.4	UNITÀ SEZIONATORE DI SECONDA FILA.....	28
6.5	CELLA NEGATIVI	28
7	DERIVAZIONI PER CAVI DI RISALITA	29
8	TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI.....	30
9	ALIMENTATORE STABILIZZATO CARICABATTERIA	31
10	ATTREZZATURE ED ARREDI.....	31

ART 1 NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Riferimenti Normativi

Le apparecchiature dovranno essere progettate, costruite e collaudate in accordo alle norme CEI e relative varianti ora in vigore. Di seguito si riportano le principali norme utilizzate per la redazione del presente documento:

CEI EN 50123-1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, e metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua”

CEI EN 50123-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” - Parte 2: Interruttori a corrente continua

CEI EN 50123-3 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e succ. varianti metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 3: Interruttori di manovra sezionatori e sezionatori a corrente continua per interno

CEI EN 50526-1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, e metropolitane. Impianti fissi – Scaricatori di sovratensione e limitatori di tensione in corrente continua. Parte 1: Scaricatori di sovratensione

CEI EN 50123-6 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e succ. varianti metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 6: Apparecchiatura preassemblata a corrente continua

CEI EN 50123-7-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. “Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 7: Apparecchi di misura, controllo e protezione di uso specifico nei sistemi di trazione a corrente continua Sezione 2: Trasduttori di corrente isolanti e altri apparecchi di misura di corrente

CEI EN 50123-7-3 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Impianti fissi – Apparecchiature a corrente continua” Parte 7: Apparecchiature di misura, controllo e protezione di uso specifico nei sistemi di trazione a corrente continua Sezione 3: Trasduttori di tensione isolanti e altri apparecchi di misura e di tensione

CEI EN 50328 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie, e metropolitane. Impianti fissi – Convertitori elettronici di potenza per sottostazioni

CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

EN 50163 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;

D.Lgs 09/04/2008 n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro)

Legge 01/03/1968 n. 186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici

ART 2 QUADRO DI MEDIA TENSIONE

Il quadro di media tensione installato in ciascuna SSE dovrà essere conforme alla specifica RFI DMA IM LA LG IFS 300 A.

ART 3 TRASFORMATORE 1620KVA

Scopo del presente articolo è quello di definire le caratteristiche tecniche, costruttive e funzionali dei trasformatori trifasi in MT, in resina epossidica, per l'alimentazione di raddrizzatori da 1,5 MW a 750 Vcc con telai in parallelo che saranno a servizio della Linea Tramviaria SIR 3 della città di Padova.

Il trasformatore previsto nella presente specifica deve essere realizzato con isolamento in resina epossidica, con due avvolgimenti secondari e con commutatore di rapporto a vuoto posto sugli avvolgimenti primari. Il trasformatore sarà destinato ad alimentare un gruppo raddrizzatore al silicio del tipo a reazione dodecafase da 1,5 MW a 750 kVcc.

Il trasformatore dovrà essere costituito da un avvolgimento primario connesso a triangolo e n° 2 avvolgimenti secondari, ciascuno di potenza pari alla metà dell'avvolgimento primario, rispettivamente il primo connesso a triangolo ed il secondo connesso a stella. Tra le fasi omonime degli avvolgimenti secondari dovrà risultare uno sfasamento elettrico pari a 30° in modo da generare una reazione dodecafase sul gruppo raddrizzatore.

Norme di riferimento:

- CEI EN 60076-1.....: Trasformatori di potenza. Parte 1: Generalità
- CEI EN 60076-2.....: Trasformatori di potenza. Parte 2: Riscaldamento
- CEI EN 60076-3.....: Trasformatori di potenza. Parte 3: Livelli di isolamento, prove dielettriche e distanze isolanti in aria.
- CEI EN 60076-5.....: Trasformatori di potenza. Parte 5: Capacità di tenuta al cortocircuito.
- CEI EN 60076-10.....: Trasformatori di potenza. Parte 10: Determinazione dei livelli di rumore.
- CEI EN 60076-11.....: Trasformatori di potenza. Parte 11: Trasformatori di tipo a secco.
- CEI 7-6 (1997-04) Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici.
- CEI EN 50216.....Accessori per trasformatori di potenza e reattori.
- IEC 60050.....Vocabolario elettrotecnico internazionale
- IEC 60071 Coordinamento dell'isolamento. EN 60071 Serie CT 28
- CEI 14-7 Marcatura dei terminali dei trasformatori di potenza
- UNI ISO 2081 Rivestimenti metallici. Rivestimenti elettrolitici di zinco su ferro o acciaio.

- ISO 9001 Sistemi qualità - Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza.

Le condizioni ambientali di riferimento sono:

- Categoria di sovratensione. OV4;
- Grado di inquinamento..... PD4;
- Ambiente salino/polveroso;
- Altitudine (classe AX) : ≤ 1000 s.l.m.;
- Sovrapressione..... ≤ 5 kPa;
- Temperatura : $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \div +45\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Temperatura di trasporto e/o immagazzinaggio : $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \div +70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Umidità < 93%.

I trasformatori dovranno garantire una classe ambientale E2.

I trasformatori dovranno garantire una classe climatica minima C2.

I trasformatori dovranno garantire una classe climatica minima F1.

- Potenza nominale avvolgimento primario A1n..... 1,62 MVA;
- Potenza nominale avvolgimenti secondari A2n, A 3n..... 1,62/2 MVA;
- Sovraccarico conforme alla norma EN 50329 Duty Class VII;
- Gruppo vettoriale Dy11/Dd0;
- Tensione nominale primaria V1n..... 20kV;
- Tensione nominale secondaria V2n e V3n..... 590V;
- Classe d'isolamento avvolgimento primario..... 24 kV;
- tensione di tenuta a 50 Hz per 1' verso terra e tra le fasi..... 50 kV;
- tensione di tenuta ad impulso atmosferico 1,2/50 μs 125 kV;
- Classe d'isolamento avvolgimenti secondari 3,6 kV;
- tensione di tenuta a 50 Hz per 1' verso terra e tra le fasi..... 10 kV;
- tensione di tenuta ad impulso atmosferico 1,2/50 μs 20 kV;
- frequenza nominale 50 Hz;
- Gradini di regolazione a vuoto sull'avvolgimento primario rispetto a V1n ...: $\pm 4 \times 2,5\%$;
- Tensione di c.to c.to Vcc D-y11 % (Vcc 1-2 %) per ogni presa con secondario d0 aperto riferita ad A1n /2..... 8 \div 10%;
- Tensione di c.to c.to Vcc D-d0 % (Vcc 1-3 %) per ogni presa con secondario y11 aperto riferita ad A1n /2 8 \div 10%;
- Tensione di c.to c.to Vcc y11-do % (Vcc 2-3 %) per ogni presa con primario D aperto riferita ad A2n..... 10 \div 16%;
- Perdite in c.to c.to 120 $^{\circ}\text{C}$ ≤ 18 kW;
- Corrente a vuoto Io% $\leq 0,6\%$;
- Classe termica F;
- Rumorosità del trasformatore ad 1 m di distanza ≤ 70 dB.

Gli avvolgimenti dovranno essere costruiti con nastro di alluminio esente da bave e con spigoli arrotondati.

Gli avvolgimenti primari e secondari dovranno essere disposti in modo sovrapposto (concentrici e non intercalati) come indicato nella figura 21 della Norma IEC 61378-3 (CEI 14-42). Gli avvolgimenti dovranno essere tutti inglobati, separatamente (primari/secondari), in resina epossidica con trattamento in autoclave e successiva post-cottura in forno autoventilato dotato di controllo del ciclo di cottura.

Il trasformatore dovrà essere dotato di una idonea protezione termica (26) atta a rilevare le temperature e/o sovratemperature che possono danneggiare gli avvolgimenti ed il nucleo.

Dovranno essere presenti, pertanto, almeno n° 7 sonde termiche (PT100) per il rilievo della temperatura rispettivamente: n° 6 per gli avvolgimenti secondari e la restante n° 1 per il nucleo. L'isolamento delle sonde termiche dovrà essere il medesimo dell'avvolgimento sul quale la singola sonda viene posizionata.

I trasformatori dovranno essere costruiti con materiali isolanti di classe uguale o superiore alla classe termica prevista per gli avvolgimenti ($F= 155^{\circ}\text{C}$).

I trasformatori dovranno essere dotati delle seguenti parti accessorie standard:

- isolatori passanti per i collegamenti ai conduttori dell'avvolgimento primario;
- terminali per le uscite degli avvolgimenti secondari;
- sensori termici (PT100) per ogni avvolgimento secondario più 1 sul nucleo;
- Piastre di commutazione di tensione;
- morsettiera di cambio tensione;
- ganci per il traino nei due sensi;
- golfari di sollevamento;
- morsetti di terra;
- ruote orientabili;
- Targa identificativa.

Il raffreddamento del trasformatore dovrà essere a Ventilazione Naturale (tipo AN).

Il trasformatore sarà installato in un apposito locale dedicato adiacente al locale contenete le apparecchiature di protezione ed automazione. Inoltre, dovrà avere dimensioni massime tali da essere contenuto in suddetto locale di dimensioni 4700x2300mm ed alto 3,5m con accesso attraverso una porta di 3200mm alta 2700mm.

Il costruttore deve fornire una relazione di calcolo, contenuta anche nel manuale di installazione uso e manutenzione, che riporta la quantità di aria minima da estrarre dal predetto locale, in m^3/h , per consentire lo smaltimento del calore prodotto nel funzionamento del trasformatore.

Prove

Dovranno essere eseguite a carico del fornitore tutte le prove di accettazione di seguito elencate in accordo dalla norma EN 60076-11.

- esame visivo e verifica dimensionale;
- misura della resistenza degli avvolgimenti;
- misura del rapporto di tensione e controllo dello spostamento angolare;
- misura della tensione di corto circuito e delle perdite a carico;
- misura delle perdite e della corrente a vuoto;
- prova di tenuta a tensione applicata;
- prova di tenuta a tensione indotta in c.a.;

- misura delle scariche parziali.

Inoltre, dovranno essere eseguite le seguenti prove di accettazione:

- Prova di tenuta all'impulso atmosferico

Inoltre, dovranno essere eseguite le seguenti prove di tipo:

- Misura del livello di rumore
- Prova di tenuta al cortocircuito
- Prova di sovratemperatura

Ai fini delle prove di tipo, saranno accettati certificati di colludo relativi a prodotti oggetto di altre forniture purché realizzati con il medesimo progetto.

Le apparecchiature ausiliare ritenute indispensabili (es. Protezione termica, PT100, ecc.) al corretto funzionamento del trasformatore dovranno essere alimentate in corrente continua alla tensione di 110Vcc.

Le apparecchiature ausiliare ritenute non indispensabili al corretto funzionamento del trasformatore dovranno essere alimentate in corrente alternata alla tensione di 230Vca.

ART 4 SEZIONE A CORRENTE CONTINUA

Il quadro in corrente continua è costituito essenzialmente dalle seguenti sezioni:

- sezione di conversione alternata / continua
- sezione della linea di contatto

Il comando ed il controllo del quadro blindato in corrente continua potrà essere eseguito:

- in locale per le prove in bianco
- a distanza da un quadro sinottico
- in telecomando

Il quadro in corrente continua è un insieme con involucro metallico del tipo blindato per interno.

Il quadro blindato è formato da una serie di scomparti normalizzati, tra loro accoppiati, in cui sono montate le apparecchiature di manovra ed i dispositivi di comando, misura e protezione, con i relativi collegamenti di potenza ed ausiliari.

Lo studio dell'involucro metallico, delle disposizioni degli apparati, il tipo di accesso del tutto indipendente tra gli apparecchi di bassa tensione e quelli di potenza, la particolare robustezza della struttura portante del quadro e dei setti di separazione sono tutti fatti allo scopo di garantire la più assoluta sicurezza nell'esecuzione delle normali operazioni di esercizio e manutenzione.

Sono inoltre previsti gli accessori di cella e i blocchi accuratamente studiati in modo da impedire errate manovre e/o comunque garantire l'incolumità degli operatori, nonché la messa a terra di tutte le singole parti.

Le principali caratteristiche elettriche della sezione in corrente continua sono:

- tensione nominale U_n 750Vcc
- tensione di targa U_{ne} 900Vcc
- tensione di isolamento assegnato U_{Nm} 1,2kV
- minima e massima tensione del sistema di trazione in conformità alla CEI EN 50163
- tensione di tenuta ad impulso UNI
 - verso terra e tra i poli (UNIA) $\geq 12kV$
- livello di tensione di tenuta per a frequenza industriale 50Hz:
 - verso terra e tra i poli (UaA) $\geq 6,5 kV$
- Corrente nominale sbarre omnibus del complesso cc $\geq 3000A$
- Corrente di corto circuito di breve durata (250ms) circuiti principali $\geq 80kA$
- Corrente di corto circuito limite dinamica (v. di cresta) circuiti principali $\geq 100kA$
- Corrente di corto circuito di breve durata (250ms) circuiti di terra $\geq 30 kA$
- Corrente di corto circuito limite dinamica (valore di cresta) circuiti di terra $\geq 65kA$
- tensione nominale di alimentazione dei circuiti ausiliari 110 Vcc

- ingresso/uscita cavi dal basso
- accessibilità fronte

L'intero quadro a corrente continua QCC dovrà essere certificato alla tenuta all'arco elettrico interno ai sensi della norma CEI EN 62271-200.

Tutti gli scomparti, raddrizzatore, alimentatori di linea, negativo, sezionatori di prima e seconda fila avranno in comune le caratteristiche costruttive di seguito descritte.

Gli scomparti sono del tipo prefabbricato con involucro metallico, con grado di protezione complessivo almeno IP 30, per installazione all'interno. È comunque garantito, a portelle aperte, un grado di protezione almeno IP 20 per le apparecchiature che rimangono in tensione. Sulla cella logica di comando, protezione e misure, sul pannello di comando è previsto un commutatore che escluda la possibilità di comando a distanza delle apparecchiature, qualora si volesse manovrare localmente per le prove con l'interruttore in posizione di sezionato. La struttura dei quadri è atta a realizzare i collegamenti per i cavi di comando, segnalazioni e controllo. Per facilitare le operazioni di manutenzione, i pannelli posteriori sono muniti di cerniera.

Internamente, pannelli e/o diaframmi suddividono lo scomparto in celle contenenti i singoli complessi.

È prevista una sbarra di terra estesa per tutta la lunghezza dello scomparto. La sbarra è provvista di un terminale adeguato per il collegamento all'impianto di terra dell'installazione.

Il collegamento inoltre deve realizzare la segnalazione e la protezione di guasto a terra sul lato corrente continua.

In generale la continuità dei circuiti di terra è assicurata tenendo presenti le sollecitazioni termiche e meccaniche causate dalle correnti dalle quali potrebbero essere percorsi.

ART 5 RADDRIZZATORE

Il raddrizzatore dovrà essere in versione blindata estraibile, a reazione dodecafase realizzata ponendo in parallelo sul lato cc due raddrizzatori a reazione esafase, ciascuno contenuto in uno scomparto ed alimentato da un secondario del trasformatore a tre avvolgimenti a monte. Il raffreddamento sarà ad aria naturale.

Inoltre, il raddrizzatore dovrà essere dotato di un dispositivo per il monitoraggio dei guasti sui diodi.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche elettriche principali dell'apparecchiatura.

Tipo di apparecchiatura	Raddrizzatore a diodi per trazione
Norma nazionale di riferimento	CEI EN 50328
Caratteristiche	
Tensione nominale in c.c.	750 V
Potenza in c.c.	1500 kW
Corrente continua base	2000 A
Classe di servizio	VII tabella 5 norma CEI EN 50328
Tensione alternata di targa lato alimentazione	590 V
Tensione di targa d'isolamento UNm	1.2 kV
Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min.	≥ 6.5 kV
Metodo di raffreddamento	AN
Monitoraggio temperatura diodo	N°1 sonda PT100 per ponte e centralina elettronica comune

ART 6 SCOMPARTA ALIMENTATORE E INTERRUTTORE EXTRARAPIDO

L'interruttore extrarapido dovrà essere di tipo estraibile, unipolare, in aria a soffio magnetico a sgancio libero ed aggancio magnetico per l'installazione in uno scomparto metallico prefabbricato di tipo blindato.

L'interruttore extrarapido ha le seguenti principali caratteristiche elettriche:

- Tipo estraibile
- Tensione nominale 750 Vcc
- Tensione massima e minime, in accordo alle norme CEI EN 50163
- Sensibilità extrarapido bidirezionale
- Corrente termica nominale 2600 A
- Massima corrente di picco presunta in cto cto franco ≥100 kA
- Massima corrente di regime presunta in cto cto franco ≥80 kA

- Potere di interruzione (valore di picco) ≥100 kA
- Potere di interruzione (valore di regime) ≥80 kA

Ciascuno dei scomparti alimentatori di linea è diviso internamente in celle, sempre tramite pannelli o diaframmi, che conterranno le singole apparecchiature e gli altri componenti necessari per assicurare il corretto funzionamento dello stesso, quali sbarre di distribuzione c. c., interruttore extrarapido, misure, logiche di comando, sezionatori di terra, relè rilevatori di guasto a terra in linea, prova linea, negativo ed ausiliari.

La parte fissa dello scomparto è suddivisa nelle seguenti celle segregate:

- a. La cella interruttore contenente il carrello dell'interruttore extrarapido, con gli innesti e tutti gli altri dispositivi necessari per realizzare l'estraibilità.

Per quanto riguarda i richiesti relè rilevatori di guasto a terra in linea, si intende un dispositivo atto ad analizzare le variazioni della corrente erogata al fine di individuare se sono dovute a normali assorbimenti dei rotabili o a guasti in linea lontano dalla sottostazione, con queste caratteristiche:

Funzioni previste con possibilità di regolazione dei parametri:

funzione massima corrente:

- i. regolazione di soglia
- ii. regolazione di ritardo intervento

funzione massimo gradiente:

- iii. regolazione di soglia intervento

funzione immagine termica con due soglie di intervento regolabili:

- iv. soglia di allarme
- v. soglia di blocco

funzione diagnostica con autotest diagnostico funzionale alla accensione e test comandato da tastiera e da linea di comunicazione.

La cella è chiusa sui fianchi da pannelli, sul fronte da una portella e dalle altre celle con diaframmi. La cella assicura il corretto funzionamento dell'interruttore sia dal punto di vista della circolazione dei gas ionizzati che da quello del raffreddamento corretto delle parti attive previsto in aria e a convezione naturale.

All'interno della cella interruttore sono montati i principali componenti quali gli otturatori metallici, gli interblocchi meccanici ed elettrici, il meccanismo di avanzamento e guida dell'interruttore, il connettore per il collegamento dei servizi ausiliari, il fine corsa di segnalazione della posizione dell'interruttore, il sistema di messa a terra del carrello, i contatti di sezionamento fisso e le scaldiglie.

Quando l'interruttore viene inserito le sue posizioni sono definite da opportuni arresti; in ogni posizione l'interruttore viene meccanicamente bloccato. Nella sua corsa tra inserito e disinserto il carrello è collegato a terra mediante contatti striscianti.

È prevista una segnalazione della posizione raggiunta dall'interruttore; detta segnalazione è di tipo meccanico.

La cella è provvista di tutta una serie di blocchi aventi la funzione di impedire errate manovre e di assicurare che esse vengano compiute nella giusta sequenza ed in modo simile a quelle previste per gli altri interruttori.

- b. La cella sbarre omnibus è atta a contenere la sbarra positiva a 750 Vcc e dimensionata per una corrente continuativa di 3 kA, disposta orizzontalmente, nonché la parte fissa del polo di ingresso dell'interruttore extrarapido. Tale sbarra è posizionata nella parte alta della cella.

La cella è chiusa da pannelli e/o da diaframmi.

- c. La cella logica di comando, protezione e misure contiene i relè ausiliari, gli interruttori di protezione B.T., l'amperometro, la parte logica del relè prova linea, il relè di protezione e diagnostica, il relè di rilevazione guasto a terra, le segnalazioni ed i comandi locali. La cella ha accessibilità dal fronte dello scomparto tramite portella ed è chiusa da pannelli e/o da diaframmi.

- d. La cella uscita linea è atta a contenere la parte posteriore del polo di uscita dell'interruttore extrarapido, lo shunt ed il trasduttore per le misure di corrente "uscita linea" e per l'alimentazione dei relè, la parte di potenza del relè prova linea, i terminali per il collegamento dei cavi di potenza, il sezionatore unipolare di terra e il toroide del relè di terra. La cella è chiusa da pannelli e/o diaframmi.

Le principali apparecchiature presenti nello scomparto sono le seguenti:

- Interruttore Extrarapido
- Sistema di prova linea completo di:
 - Contattore
 - Resistenza
 - Fusibile
- Shunt per inserzione trasduttore di corrente
- Trasduttore di Corrente e Tensione - Unità Trasmettitore
- Unità ricevitrici del trasduttore di corrente e tensione
- Unità periferica di protezione e controllo (UPP ed UPC)
- un sezionatore di terra
- un relè direzionale in c.c.
- un selettore a chiave per comando prova/servizio
- Apparecchiature ausiliarie di bassa tensione come selettore a chiave per controllo Locale / Remoto, lampade di segnalazione, resistenza anticondensa, lampada, interruttori ausiliari, terminali, contatti di segnalazione ecc.

- un canale di misura per il rilevamento dei guasti a terra.

ART 7 UNITÀ SEZIONATORE DI PRIMA FILA

L'unità sezionatore di prima fila sarà equipaggiata con le seguenti apparecchiature:

- N°1 sezionatore a vuoto unipolare, 3000 A, 750Vcc; comando motorizzato e manuale
- N°1 scaricatore di sovratensione
- N°1 rilevatore di presenza tensione. Il rilevatore di presenza tensione dovrà essere conforme per quanto applicabile alla specifica RFI DMA IM LA SP IFS 363 A.
- N°1 relè di massa
- Comando di apertura e chiusura sezionatore
- Scomparto segregato di Bassa Tensione con Relè di protezione e PLC per interfacciamento con lo SCADA
- Scomparti segregato per ogni sezionatore
- Switch a comando manuale o motorizzati con manovra d'emergenza manuale
- Visibilità della posizione dei contatti principali

ART 8 UNITÀ SEZIONATORE DI SECONDA FILA

L'unità sezionatore di seconda fila sarà equipaggiata con le seguenti apparecchiature:

- N°1 sezionatore sotto carico unipolare, 3000 A, 750Vcc; comando motorizzato e manuale
- Comando di apertura e chiusura sezionatore.
- Scomparto segregato di Bassa Tensione con Relè di protezione e PLC per interfacciamento con lo SCADA
- Scomparti segregato per ogni sezionatore
- Switch a comando manuale o motorizzati con manovra d'emergenza manuale
- Visibilità della posizione dei contatti principali

ART 9 CELLA NEGATIVI

La cella negativi sarà dotata di un dispositivo limitatore della tensione con caratteristica d'intervento conforme alla norma EN 50122. L'apparecchiatura ha lo scopo di stabilire un collegamento di potenza tra il circuito TE corrispondente al polo negativo 750Vcc della Trazione Elettrica e l'impianto di terra locale relativo all'impianto di conversione dell'energia in cc per cui l'apparecchiatura svolge la preposta funzione di limitazione della tensione. Le presenti prescrizioni integrano nei dettagli tecnico-funzionali la normativa di riferimento.

Tale collegamento "equipotenziale" dovrà essere attuato dal dispositivo (nel rispetto di tempi di intervento ben definiti) allorché la differenza di potenziale tra il circuito negativo 3kV cc e l'impianto di terra superi i valori limite di tensione/tempo previsti nelle apposite sezioni della normativa di riferimento. Tale funzione di chiusura del collegamento di potenza deve avvenire sia per sovratensioni in corrente continua che per quelle in corrente alternata.

Sono accettate soluzioni con collegamento di potenza di tipo meccanico (basate su sezionatori), di tipo elettronico (basate su semiconduttori) od anche di tipo misto.

La cella negativi sarà inoltre dotata di un relè di massa per il corretto intervento delle protezioni in caso di guasto a terra.

L'unità cella negativi avrà le seguenti caratteristiche:

- Scomparti segregati per il sezionatore ed il VLD.
- Scomparto segregato di bassa tensione con relè di misura e di protezione e PLC per interfacciamento con lo SCADA
- Sezionatori a comando manuale o motorizzato con manovra d'emergenza manuale
- Visibilità della posizione dei contatti principali del sezionatore
- Dispositivo di limitazione di tensione del negativo estraibile (VLD)
- Relè presenza tensione, relè di guasto a terra
- Accessibilità solo frontale

ART 10 DERIVAZIONI PER CAVI DI RISALITA

Come riportato nello schema di Trazione elettrica di riferimento, dovranno essere realizzate delle derivazioni sugli alimentatori della Trazione elettrica posizionate in corrispondenza delle progressive indicate sullo schema. Queste, saranno funzionali al parallelo dei cavi alimentatori, ed alla derivazione del/i cavo/i di risalita che saranno interconnessi alla linea di contatto o alla rotaia guida.

Le derivazioni saranno installate all'interno di pozzetti carrabili posizionati in corrispondenza del blocco di fondazione della Trazione elettrica o in corrispondenza degli ancoraggi della TE. Pertanto, dovrà essere garantita la funzionalità per tale installazione.

Le derivazioni saranno realizzate attraverso l'utilizzo di una piastra di rame su cui saranno fissati i capicorda dei cavi di giunzione. Queste, saranno contenute in una scatola in PVC riempita di resina epossidica bi-componente.

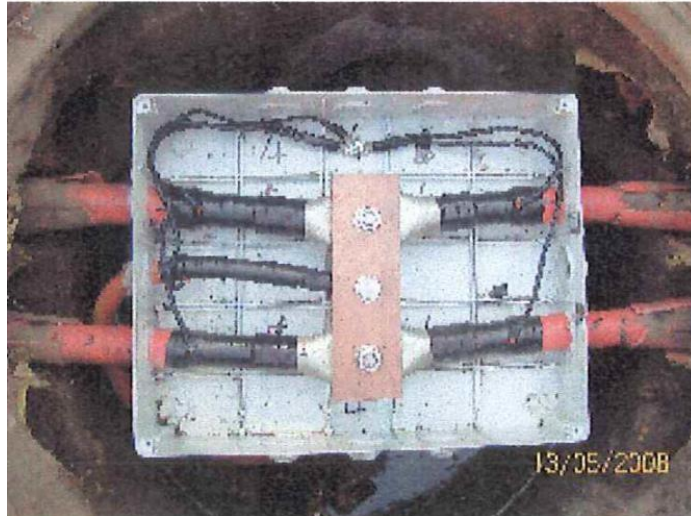


Figura 1 - Immagine indicativa di derivazione a T realizzata sulla Linea SIR1 esistente

Di seguito sono riportate le caratteristiche della resina dopo reazione:

- Assorbimento d'acqua <0,2%
- Rigidità dielettrica >20 kV/mm IEC243
- Costante dielettrica < 4 IEC250
- Fattore di perdita < 0,06 IEC250
- max temperatura di utilizzo >100°C

Con l'obiettivo di non compromettere caratteristiche isolanti e meccaniche della resina, il prodotto dovrà essere installato in condizioni ambientali idonee come comunicato dal fornitore della stessa.

Infine, si fa presente che per le derivazioni potranno essere utilizzate soluzioni alternative migliorative che garantiscano le medesime funzionalità e prestazioni del sistema.

ART 11 TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI

Il trasformatore dei servizi ausiliari installato in ciascuna SSE dovrà essere conforme alla specifica RFI DTC ST E SP IFS SS 114 A.

ART 12 ALIMENTATORE STABILIZZATO CARICABATTERIA

Il caricabatterie installato in ciascuna SSE dovrà essere conforme per quanto applicabile, alla specifica RFI DMA IM LA SP IFS 330 A.

ART 13 ATTREZZATURE ED ARREDI

L'Appaltatore completerà la fornitura per ogni singola sottostazione con una serie di attrezzature ed arredi qui di seguito elencati:

- 1 scala all'italiana a tre elementi in abete, sollevamento manuale, possibilità di essere usata a cavalletto (y rovesciata), lunghezza tronchi m 3, altezza cavalletto m 4,50 completa di certificazione di legge;
- 3 fioretti di manovra dei sezionatori realizzati in materiale isolante, completi di paramano, delle lunghezze necessarie;
- 1 asta di messa a terra adatta per le teste dei cavi positivi in partenza verso la linea di contatto, collegabile con dei punti fissi ed un dispositivo di messa a terra per ogni cella alimentatori;
- serie di cartelli in materiale plastico bianco della misura di 250x200 mm recante pantografato in nero, con carattere alto circa 100 mm, il numero di riconoscimento degli enti;
- serie di cartelli unificati, norme UNI 7543, con i segnali di pericolo, primi soccorsi per colpiti da corrente elettrica, norme generali per prevenzione infortuni, cartelli di divieto, cartelli per riconoscimento valori di tensione cabine, individuazione estintori, vie di fuga, etc., secondo normativa vigente;
- 1 scrivania metallica mm 1800x850x760 circa con due cassettiere laterali di 3 cassetti ognuna, piano scrittoio in laminato plastico, colore palissandro, cassettiere piedini e pannelli color cenere;
- 3 sedie metalliche in struttura tubolare in acciaio inox 18/8 con copertura e schienale in skai marrone;
- 1 armadio metallico a porte scorrevoli mm 1800x450x2000 (altezza) circa con fiancate laterali e tramezza centrale completo di quattro ripiani spostabili secondo necessità e chiusura a chiave, colore cenere.

Tutte le attrezzature fornite devono rispondere alla normativa europea per la sicurezza sul lavoro e portare la marcatura CE.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE LINEA DI CONTATTO

SOMMARIO

ART 1 PREMESSE.....	3
ART 2 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
ART 3 SPECIFICHE TECNICHE MATERIALI PRINCIPALI	8
FILO DI CONTATTO.....	8
SOSTEGNI LINEA DI CONTATTO	9
MENSOLE LINEA DI CONTATTO	10
SOSPENSIONI LINEA DI CONTATTO.....	10
TIRANTERIA TRASVERSALE IN MATERIALE SINTETICO ISOLANTE.....	10
ISOLATORI DI SEZIONE.....	11
SEZIONATORE MANUALE.....	12
ART 4 COSTRUZIONE DELLA LINEA DI CONTATTO	15
ART 5 POSA IN OPERA DELLE FONDAZIONI DEI PALI.....	15
ART 6 POSA IN OPERA DEI SOSTEGNI.....	15
ART 7 POSA IN OPERA DELLE MENSOLE DI SOSTEGNO	15
ART 8 POSA IN OPERA DEI FILI DI CONTATTO.....	16
ART 9 POSA IN OPERA DEI CAVI INTERRATI (LINEA DI ALIMENTAZIONE/FEEDER).....	16
ART 10 INDIVIDUAZIONE E INTERVENTI SULLE STRUTTURE METALLICHE LUNGO LINEA	17
ART 11 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEI SISTEMI DI PROTEZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE INTERRATE.....	18
ART 12 FORNITURA DEI MATERIALI.....	21
ART 13 CONTROLLI E PROVE	22
<i>Resistenza meccanica</i>	22
<i>Prova di isolamento delle linee</i>	22
<i>Prove di collaudo dei sostegni</i>	23
ART 14 ACCETTAZIONE	23

ART 1 PREMESSE

Lo scopo del presente documento è di descrivere i materiali adottati nel Progetto Definitivo del SISTEMA DI TRAZIONE ELETTRICA – LINEA DI CONTATTO del collegamento tra la Stazione FS e Voltabarozzo della Linea tramviaria SIR 3 della città di Padova ed è formulata sulla base dei documenti facenti parte del Progetto Preliminare a base di gara.

In particolare, tutte le indicazioni e disposizioni per la predisposizione dei progetti e per la successiva esecuzione di tutte le opere, apparecchiature ed impianti contenute nel Progetto Preliminare sono ste considerate come minime inderogabili.

ART 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la progettazione definitiva e per la successiva fase esecutiva della linea di contatto saranno rispettati i documenti e le normative di seguito elencate, salvo più specifici riferimenti normativi in relazione a particolari apparecchiature e sistemi da utilizzare:

- normative europee: EN, CEN, CENELEC, ISO, IEC;
- normative UNI e CEI UNEL;
- circolari applicative del Ministero dei Trasporti D.G. - M.C.T.C.;
- prescrizioni di Autorità Locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco;
- prescrizioni e indicazioni dell'Ente Erogatore di energia elettrica o dell'Azienda Distributrice dell'energia elettrica;
- prescrizioni e indicazioni degli Enti gestori del servizio di telefonia.

Le normative UNI sono da considerarsi vincolanti per quanto applicabili se non diversamente previsto negli elaborati di progetto.

In particolare tutti i lavori e materiali necessari alla costruzione della linea di contatto dovranno essere conformi alle seguenti normative:

- N.T. TE/19 Filo sagomato e tondi di rame;
- N.T. TE/25 Corda di rame e lega di rame per TE;
- N.T. TE/90 Materiali ferrosi per linee ed impianti elettrici esclusi pali portalì tubolari e mensole tubolari;
- N.T. TE/93 Materiali per TE di bronzo – alluminio (UNI 5273);
- N.T. TE/119 Mensole tubolari per linea di contatto;
- CEI EN 50119 Classificazione CEI 9-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica
- CEI EN 50122-1:2012-08 Classificazione CEI 9-6 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno
- Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico
- CEI EN 50122-2:2012-02 Classificazione CEI 9-6/2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno
- Parte 2: Provvedimenti contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua
- CEI EN 50122-3:2012-02 Classificazione CEI 9-6/3 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno
- EN 50149 - "Railway Applications: copper and copper alloy grooved contact wire for overhead contact lines"
- Parte 3: Interazione mutua di sistemi di trazione a corrente alternata e a corrente continua

- CEI 64-8/1:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali
- CEI 64-8/2:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 2: Definizioni
- CEI 64-8/3:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Parte 3: Caratteristiche generali
- CEI 64-8/4:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza
- CEI 64-8/5:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici
- CEI 64-8/6:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 6: Verifiche
- CEI 64-8/7:2012-06 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari
- CEI 7-1:1997-09 Conduttori di rame e di leghe di rame per linee elettriche aeree
- CEI 7-6:1997-04 Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici
- UNI 3740 Elementi di collegamento di acciaio
- UNI EN 1982:2017 Rame e leghe di rame - Lingotti e getti
- UNI 7724:1977
- Materiale per linee aeree di contatto di ferrovie, tranvie e filovie. Pali tubolari di acciaio.
- CEI UNEL 73664 Supporti in materiale isolato;
- UNI EN 10025 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali
- CEI UNEL 73625:1973 Morsetti per collegamento del filo di contatto da 65 a 120 Unel 70611 alla corda portante
- CEI UNEL 73626:1973 Morsetti per collegamento di due corde
- CEI UNEL 79826:1989 Materiale per linee aeree di contatto di ferrovie, filovie e di tranvie a tensione nominale fino a 1500 v - isolatori di sezione - dimensioni requisiti e prove
- IEC 60479 Effects of current on human being and livestock. Parts 1÷6
- CEI EN 50163 Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione
- CEI - UNEL 70611-71 Fili sagomati di rame
- CEI - UNEL 01437 Corde di rame crudo
- CEI - UNEL 01435 Corde di alluminio crudo

- CEI – UNEL 79825 Materiale per linee di contatto di ferrovie- filovie- tranvie. Funi isolanti di materiale sintetico per sospensione ed ormeggio
- EN ISO 1461 Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova.
- UNI 3740 Bulloneria di acciaio, prescrizioni tecniche
- UNI 5273 Leghe di rame da fonderia in pani e in getti
- UNI 7724 Pali tubolari in acciaio
- UNEL 73664 Supporti in materiale isolato
- UNI - EN 10025 Prodotti fini di acciaio non legato di base e di qualità limitati a caldo
- UNEL 73625 – 626/73 Morsetti per collegamenti elettrici vari
- CEI - UNEL Isolatori di sezione – per tensioni fino a 1500V
- EN50122-1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno. Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico
- EN50122-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno. Parte 2: Provvedimenti contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua
- EN50119 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica
- UNI 7156 Distanze minime degli ostacoli fissi del materiale rotabile interbinario
- IEC 479 – 1 Effects of current on human being and livestock
- D.M. 24 – 11 – 94 Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo del gas naturale con densità non superiore a 0.8
- UNI 3740 UNI 5397 Travi HE ad ali larghe parallele
- Decreto 4 aprile 2014 Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto
- UNI 11248 Illuminazione stradale
- EN 13201 – 1/2/3 Illuminazione stradale
- D.M. del 17 Gennaio 2018: Nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).

L'elenco di cui sopra non deve ritenersi esaustivo; la fornitura deve rispettare la vigente Normativa, Leggi, Decreti, Circolari applicabili, anche se non espressamente citati.

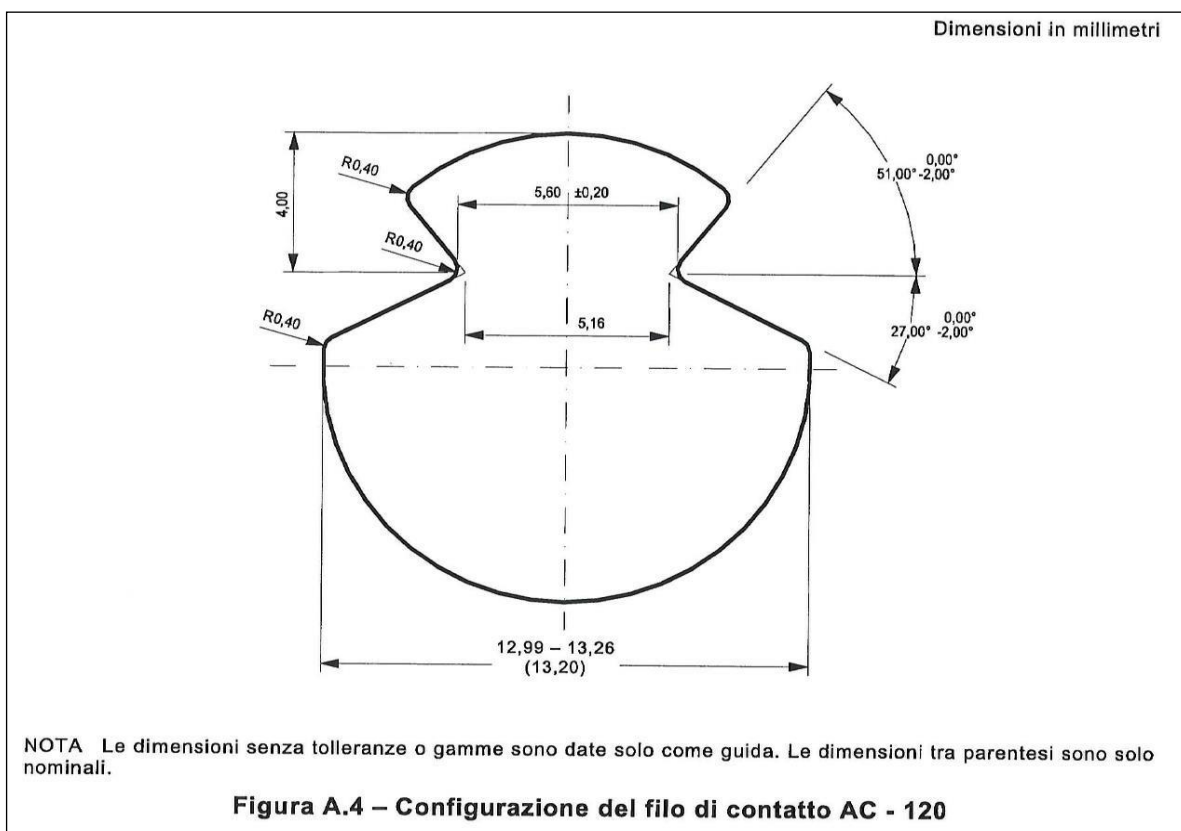
Quando si accertassero nell'ambito di tali norme prescrizioni differenti o contrastanti saranno applicate quelle a vantaggio della sicurezza.

ART 3 SPECIFICHE TECNICHE MATERIALI PRINCIPALI

FILO DI CONTATTO

Filo sagomato in rame ad alta resistenza CuETP, della sezione di mm² 120, in configurazione AC-120 CEI EN 50149 come da figura allegata.

- Temperatura ambiente minima °C -25
- Temperatura ambiente media giornaliera massima °C +30
- Temperatura ambiente massima °C +40
- Ambiente normale
- Altitudine di installazione mt ≤ 1000 slm
- Sezione nominale mm² 120
- Sezione effettiva:
 - ⇒ minima (- 3 % della nominale) mm² 116,4
 - ⇒ massima (+ 3 % della nominale) mm² 123,6
- Massa effettiva:
 - ⇒ minima Kg/Km 1035
 - ⇒ massima Kg/Km 1099
- Carico di rottura kN 41,9
- Resistenza elettrica teorica a 20°C Ω/Km 0,153
- Non sono ammesse giunzioni (saldature) sul conduttore (punto 4.8 della Norma EN 50149).
- Prove di accettazione si effettueranno tutte le prove specifiche ed opzionali di accettazione previste dalle Norme **EN 50149**, Cap. 5.



SOSTEGNI LINEA DI CONTATTO

Per sostenere i fili di contatto sono stati adottati pali in acciaio S355 JR predisposti per accogliere morsetti, cavi, tubi porta cavi, lampada di illuminazione pubblica, sospensioni di Trazione Elettrica su mensola o trasversali ed eventuale Sezionatore, formati da profilati metallici a doppia L o a doppio IPE accoppiati tra loro, in acciaio (chiamati di tipo L) caratterizzati dalla forma slanciata, zincati a caldo (secondo norma EN ISO 1461) con trattamento successivo per l'adesione del primer, idoneo per il tipo di acciaio zincato e due successive mani di verniciatura poliuretanica (il colore sarà scelto in base alle richieste dell'Ente Appaltante).

La tipologia di sostegno scelta nel presente progetto definitivo è legata ad un marchio commerciale, l'appaltatore potrà proporre una soluzione alternativa a parità di prestazioni.

Le caratteristiche geometriche principali dei pali sono riportate nella tabella seguente:

PALI TIPO L									
Tipo	Lunghezza totale [m]	Infissione [m]	Profili	Spessore [mm]	Jx [cm ⁴]	Wx [cm ³]	Jy [cm ⁴]	Wy [cm ³]	Peso del palo [kg]
L29a	9,45	1,20	2L 200x100	12	5403	338	5212	470	583

L30a	9,55	1,30	2L 200x100	14	7947	468	6120	549	700
L31a	9,55	1,30	2IPE 220	-	9877	617	8407	776	680
L32	11,5	1,45	2IPE 400	-	23220	1161	24300	1191	1400

I pali saranno infissi in blocchi di fondazione monolitici in calcestruzzo armato formati in opera.

I pali saranno in grado di sostenere un'ulteriore prolunga con i corpi illuminanti previsti. Al riguardo i pali previsti garantiscono uno spazio opportuno, di facile accesso, per il passaggio dei cavi di alimentazione dei corpi illuminanti. Ulteriori dettagli dei sostegni sono rintracciabili nell'elaborato **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** NP0000D18WXLC0000001A.

MENSOLE LINEA DI CONTATTO

Le mensole saranno tubolari in acciaio S355 JR del diametro esterno di 70 mm e di lunghezza variabile adatta a raggiungere le linee da elettrificare. Queste saranno fissate ai sostegni (pali) attraverso degli ancoraggi snodati (per garantire il doppio isolamento si dovrà prevedere un isolatore tra mensola e attacco al palo).

Il supporto a mensola sarà completato da tiranti (uno per ogni filo di contatto) mensola/palo per sostenere la mensola, realizzato con fune isolante di diametro pari a 13,5 mm con terminali inox, con cono e cuneo a cavallotto. Per la realizzazione dei tiranti e delle trasversali sarà utilizzato un tipo di fune isolante a norma CEI-UNEL 79825/86, con carico di prova pari ad almeno tre volte il carico di lavoro.

SOSPENSIONI LINEA DI CONTATTO

Le sospensioni del filo di contatto ai supporti saranno realizzate mediante:

- sospensioni a Delta in rettifilo, costituite da appositi isolatori per il collegamento alla mensola o alla trasversale in materiale sintetico, e set di fune in materiale sintetico e morsetti in acciaio inox, per l'aggancio del filo di contatto;
- astine di poligonazione isolate in curva, con attacchi in acciaio inox per il collegamento alla mensola o alla trasversale in materiale sintetico, e al filo di contatto;
- accessori quali: collari di attacco, terminali, isolatori per le sospensioni a delta.

Per le distanze di sicurezza delle parti in tensione della linea di contatto da opere fisse, come parti metalliche o manufatti murari, saranno da osservare le prescrizioni delle norme CEI EN 50122-1/2 e quelle della norma UNI 7156.

TIRANTERIA TRASVERSALE IN MATERIALE SINTETICO ISOLANTE

La fune isolante di materiale sintetico isolante prevista per la posa in opera del filo aereo delle linee tranviarie in oggetto risulta conforme alla norma CEI Unel 79825. I fili saranno costituiti da un'anima di fibre sintetiche parallele, rivestita da una guaina polimerica di caratteristiche robuste e di elevata durabilità nel tempo. La struttura delle fibre parallele dovrà assicurare un'elevate caratteristiche di elasticità e di resistenza, oltre ad una eccellente resistenza alla fatica da trazione.

Le proprietà minime da garantire alla trazione sono riportate nella tabella seguente; si vuole sottolineare come tali caratteristiche siano determinate unicamente dalla quantità di fibre utilizzate nell'anima del cavo e non dipendano dal tipo di guaina.

Diametro nominale (mm)	Carico di rottura nominale (t)	Diametro nominale dell'anima (mm)	Sezione delle fibre dentro l'anima (mm ²)	Peso in aria (kg/100m)
11	2	7.5	31.88	9.4
13.5	3.5	10	55.8	14.5

La fune isolante dovrà garantire una resistenza alla corrosione elevata, i materiali dovranno possedere elevate proprietà meccaniche e caratterizzati dall'essere inerti chimicamente.

La guaina esterna sarà l'elemento di protezione del cavo, la quale dovrà essere molto resistente all'azione chimica di sali inorganici, acidi, e solventi organici, rendendolo così adatto per l'installazione in ambiente cittadino urbano.

I materiali dovranno altresì (ed in particolare la guaina), essere caratterizzati da un'elevata resistenza alla degradazione dovuta ai raggi solari.

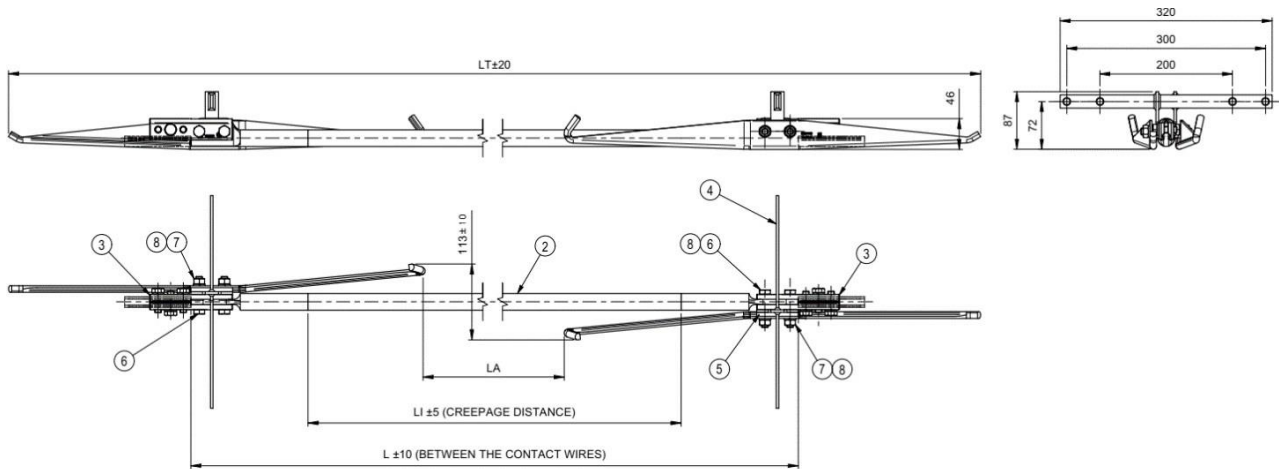
Le caratteristiche della guaina e la sua superficie esterna liscia dovranno evitare l'accumulo di acqua sul cavo, così da limitare il più possibile la formazione, nelle giornate più fredde, di ghiaccio o brina sul cavo.

La fune dovrà avere caratteristiche elettriche conformi alla CEI Unel 79825, ossia:

Diametro nominale (mm)	Tensione di tenuta a frequenza industriale a secco (kV/m)	Tensione di tenuta a frequenza industriale sotto pioggia (kV/m)
11	250	100
13.5	250	100

ISOLATORI DI SEZIONE

Gli isolatori di sezione saranno realizzati secondo la norma CEI UNEL 79826, in conformità al disegno riportato di seguito:



Tale tipologia dovrà essere stata sottoposta ai cicli di prove previsti dalla norma citata e, pertanto, dovrà rispettare i requisiti elettrici e meccanici richiesti.

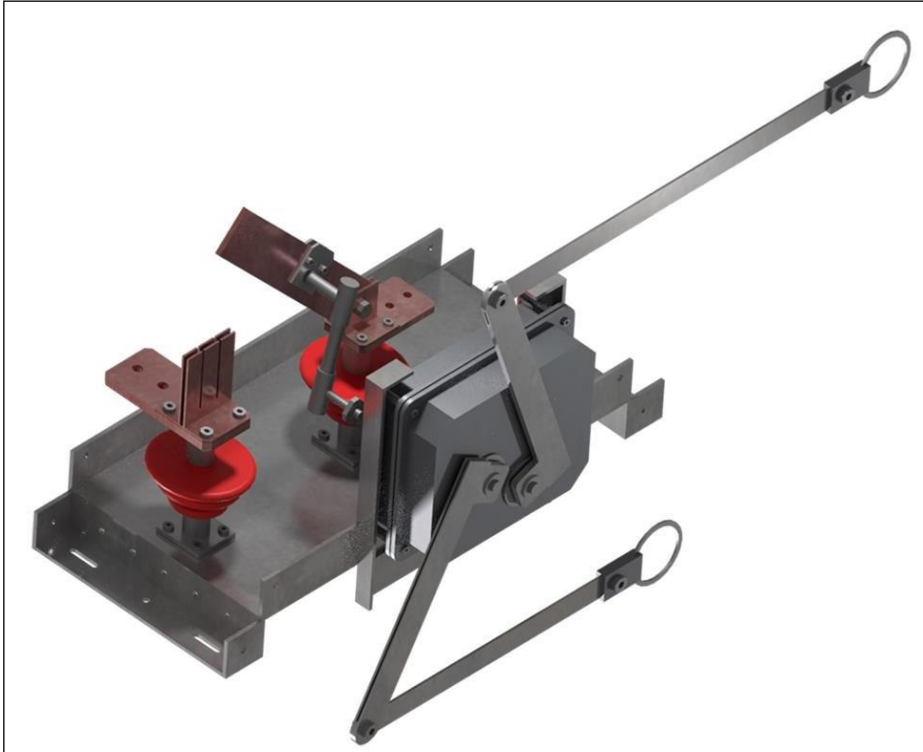
SEZIONATORE MANUALE

I "Sezionatori" hanno lo scopo di stabilire la continuità o sezionamento delle risalite di alimentazione e dovranno permettere le manovre anche in presenza di carico.

La tipologia di sezionatore saranno montati all'esterno, su pali di sostegno TE prospicienti alla linea.

Le apparecchiature di sezionamento dovranno essere contenute in una cassetta di protezione, e avere caratteristiche tali da poter essere installati senza involucro di protezione (grado di protezione minimo IP54). Il complesso dovrà essere di tipologia tale da consentire l'installazione contemporanea di almeno due sezionatori su un palo.

Lo studio, la progettazione, la realizzazione ed il collaudo dovranno essere elaborati ed eseguiti secondo quanto disposto dalla normativa tecnica nella versione più aggiornata. Di seguito si riporta il sezionatore tipo manuale:



Condizioni ambientali

- Categoria di sovratensione (CEI EN 50124-1 6.1.1) OV4
- Grado di inquinamento (CEI EN 50124-1 6.1.5) PD4
- Altitudine < 1000 s.l.m.
- Temperatura di servizio -10°C + 40°C
- Temperatura di trasporto e/o stoccaggio -25°C +70°C
- Umidità < 95%

Sezionatori Manuali – Caratteristiche Elettriche

I complessi di sezionamento manuali sono composti da un sezionatore unipolare a vuoto avente le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale Un (CEI EN 50163 Tab.1) 0,75 kVcc
- tensione di targa 0,9 kVcc
- tensione d'isolamento di targa 1,2 kVcc
- corrente di targa di servizio 1000 A

la classe di impiego è la “categoria I” indicata nella tabella 1 della norma CEI EN 50123-3

Sezionatori Manuali – Caratteristiche Costruttive

I sezionatori manuali dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- dovranno essere tali da garantire la visibilità dello stato del sezionatore;
- dovranno essere dotati di opportuna tiranteria di comando per consentire le manovre di chiusura e apertura del sezionatore da uomo a terra. Indicativamente la tiranteria sarà costituita da astine in acciaio zincato, una rossa ed una bianca per distinguere la manovra di apertura da quella di chiusura. Le astine saranno dotate di anelli agganciabili per consentire la manovra da uomo a terra sotto il contenitore;
- saranno dotati di isolatore in vetroresina;
- Dovranno avere durata meccanica ed elettrica conforme alla norma CEI EN 50123-3, punto 6.5;
- dovranno seguire le prescrizioni date dalla normativa per quanto riguarda l'installazione all'esterno;
- l'ingresso e l'uscita dei cavi di alimentazione della linea di contatto (uno o più cavi) devono essere previsti dal basso.

Di seguito si riporta la figura del sezionatore manuale con la cassetta di protezione:



ART 4 COSTRUZIONE DELLA LINEA DI CONTATTO

Tutti i lavori, oggetto del presente Capitolato, saranno eseguiti a regola d'arte, adottando le tecniche più progredite, secondo l'ordine, la successione e le prescrizioni che verranno date, anche, dal D.L.

L'Appaltatore metterà a disposizione tutte le attrezzature occorrenti per l'esecuzione dei lavori e verifiche in corso d'opera.

ART 5 POSA IN OPERA DELLE FONDAZIONI DEI PALI

Una volta effettuata la picchettazione della posizione di ciascun palo, secondo i disegni del progetto costruttivo, l'Appaltatore provvederà, in relazione all'effettuazione delle lavorazioni interferenti, a:

- eseguire lo scavo necessario per ciascuna fondazione;
- trasportare, appena eseguito lo scavo, a propria cura e spese, i materiali di risulta in discariche autorizzate, onde non creare intralci alla viabilità o ad altri cantieri, che potrebbero essere operanti in concomitanza;
- eseguire il getto e costruire le fondazioni secondo le dimensioni e le modalità previste in progetto.

ART 6 POSA IN OPERA DEI SOSTEGNI

I pali di sostegno avranno le caratteristiche specificate nel progetto esecutivo/costruttivo. Equivalentemente potranno essere utilizzati pali con caratteristiche e prestazioni tecniche corrispondenti ma di qualità migliore - specie sotto il profilo "estetico" - previa accettazione da parte dell'Ente Appaltante.

L'Appaltatore provvederà a propria cura e spese al mantenimento in deposito dei materiali già collaudati e non ancora installati: in particolare i pali di sostegno saranno trasportati a piè d'opera solo nella fase immediatamente precedente l'installazione.

L'Appaltatore curerà la fase di posa del palo di sostegno in modo che, una volta caricato di fili di contatto, si trovi perfettamente verticale.

Il sostegno sarà sfilabile dalla base per successive manutenzioni, pertanto, gli interstizi restanti nel foro di immissione saranno riempiti di sabbia e sigillati in modo da evitare ristagni e infiltrazioni di acque. Inoltre, lo stesso sarà trattato con opportuni procedimenti al fine di evitare le corrosioni.

ART 7 POSA IN OPERA DELLE MENSOLE DI SOSTEGNO

Le mensole, fornite e trasportate in cantiere, saranno posate in opera con particolare attenzione, curando che i collari di sostegno dei fili di contatto vengano serrati adeguatamente per evitare rotture o incrinature di vario genere.

Ciascuna mensola sarà sostenuta al palo mediante una o due funi isolanti.

Le fasi costruttive sono, schematicamente, le seguenti:

- montare i collari, in quota, sui sostegni;

- montare le mensole, infilandole e fissandole negli appositi collari con idonei isolatori;
- tagliare a misura le funi isolanti;
- intestare le funi isolanti e fissarle ai rispettivi collari sulle mensole e sul palo;
- quant'altro, qui non citato, si rendesse necessario per il corretto montaggio e funzionamento della linea a regola d'arte.

ART 8 POSA IN OPERA DEI FILI DI CONTATTO

La posa in opera del filo di contatto sarà svolta in maniera tale che per nessun motivo si abbiano intralci o comunque condizioni di pericolo per la circolazione pedonale e stradale prossima al cantiere di lavoro.

Sarà, pertanto, compito dell'Appaltatore:

- eseguire le giunzioni dei fili;
- eseguire i sezionamenti con l'interposizione delle piastre d'isolamento;
- realizzare la poligonazione rispetto all'asse del binario secondo le indicazioni della Relazione tecnica dei fili di contatto;
- tesare i fili di contatto;
- verificare che la quota dei fili di contatto rispetto al piano del ferro, una volta posati e tesati, risulti in accordo con quanto stabilito nei documenti progettuali e che le variazioni di quota in più o in meno sempre rispetto al piano del ferro, non avvengano con pendenze superiori a quelle stabilite in progetto.

ART 9 POSA IN OPERA DEI CAVI INTERRATI (LINEA DI ALIMENTAZIONE/FEEDER)

Per la posa di tutti i cavi elettrici in tubazioni interrato, si procederà nel modo seguente:

- sul fondo dello scavo privo di qualsiasi sporgenza, rocce o sassi, si costituisce un letto di sabbia di fiume o di cava, vagliata e lavata, dello spessore di almeno 5 cm, sul quale si distende il cavidotto (od i cavidotti) senza premere e senza fare affondare artificialmente nella sabbia;
- si stende, quindi, un altro strato di sabbia, dello spessore di almeno 5 cm, al di sopra della generatrice superiore del cavidotto (od i cavidotti); pertanto lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà risultare di almeno 10 cm superiore del diametro del cavidotto (quello maggiore, avendo più cavidotti);
- sulla sabbia così posta in opera si dispone una fila continua di tegole (o materiale equivalente) bene accostate fra loro e con il lato maggiore secondo l'asse longitudinale del cavidotto (od i cavidotti);
- sistemate le tegole (o materiale equivalente che comunque ricoprono tutto il fascio di cavidotti), si procede al rinterro dello scavo costipando opportunamente e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo e ripristinando, infine, la pavimentazione preesistente.

L'asse del cavidotto (o quello centrale di più cavidotti) si troverà in uno stesso piano verticale con l'asse della fila delle tegole.

La quota di posa è tale per cui il cavidotto (o i cavidotti) risulti sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per riparazioni a manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o movimenti di terra nei tratti a prato o giardino.

In ogni caso, il cavidotto sarà interrato della misura normativamente prevista.

Per gli attraversamenti ed i parallelismi del binario si fa riferimento al D.M. 4 aprile 2014 "Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

Particolare attenzione sarà riservata nell'adozione di tutte le precauzioni e gli accorgimenti atti a proteggere i cavi dall'attacco dei roditori.

I singoli spezzoni di tubazioni costituenti i cavidotti risulteranno uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna e avere una pendenza (per il drenaggio dell'acqua) del 1% in senso longitudinale.

Il diametro interno della tubazione sarà, in rapporto, non inferiore ad 1,5 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi, sistemati a fascia.

I cavi di risalita - per essere connessi sulla linea di contatto – avranno una connessione con la dorsale (feeder) attraverso opportune morsettiere in pozzetti ispezionabili. Il cavo di connessione passerà in posizione protetta fino allo scaricatore di tensione montato sulla sommità del palo. Da questo si conetterà attraverso la mensola/tirante sul filo di contatto.

I cavi non avranno in nessun tratto una curvatura di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro (comunque non inferiore a quanto specificato dal fornitore).

ART 10 INDIVIDUAZIONE E INTERVENTI SULLE STRUTTURE METALLICHE LUNGO LINEA

Procedura e finalità

Saranno individuate tutte le strutture metalliche che possono eventualmente interferire con la linea aerea di contatto e quindi presi i provvedimenti necessari per metterle in sicurezza onde realizzare una protezione dai contatti indiretti.

La protezione contro i contatti indiretti (Contatto di persone, o animali con masse che possono divenire attive in condizioni di guasto - IEC 50 826-03-06) sarà realizzata collegando al circuito di ritorno (costituito dal binario) le masse metalliche estranee (Parti conduttrici che non fanno parte dell'installazione elettrica e che possono introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra - IEC 50 826-03-03) per mezzo di un conduttore di protezione.

Non è però possibile effettuare un collegamento diretto delle masse (passibili in condizioni di guasto di diventare attive alla tensione della linea di contatto) al binario. Saranno, invece, essere usati dispositivi di limitazione della tensione per realizzare un collegamento aperto tra le masse e il circuito di ritorno e quindi consentire l'interruzione della corrente di guasto in un tempo ridotto, limitando così la tensione al valore indicato dalla norma.

Individuazione delle strutture lungo linea

Le masse metalliche estranee sono quelle, previste dalla Norma CEI EN 50122-1, che ricadono all'interno della "zona della linea aerea di contatto aerea" e "zona del captatore di corrente" in cui strutture e impianti possono entrare accidentalmente in contatto con la linea aerea in tensione che abbia subito danni, o con parti in tensione di un pantografo danneggiato, o che abbia sviato.

La zona della linea aerea di contatto deve essere spostata rispetto al binario di corsa per la prevista poligonazione.

ART 11 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEI SISTEMI DI PROTEZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE INTERRATE

Di seguito vengono descritte alcune modalità di realizzazione atte a garantire la protezione dalla corrosione delle strutture metalliche interrato. L'adozione di sistemi di protezione, come il drenaggio e la protezione catodica (quest'ultima comunque prevista per gli attraversamenti e parallelismi delle tubazioni metalliche e in particolare di quelle del gas), sono strettamente legati alle possibili situazioni contingenti che si dovessero riscontrare nel corso della realizzazione delle opere.

Protezione passiva

La protezione passiva ha lo scopo di isolare elettricamente la struttura potenzialmente disperdente (rotaie) e la struttura interrato soggetta a tali interferenze elettriche.

La protezione della struttura disperdente, da realizzare in ogni caso, consiste nell'isolare il blocco traverse-rotaie, con tutte le parti metalliche e conduttrici ad essa collegate, dal suolo ovvero isolare elettricamente ogni singola rotaia dal terreno circostante e dalle parti a cui è collegata.

Nell'isolamento delle rotaie, saranno tenute in debito conto esigenze di sicurezza prevedendosi che nessuna persona risulti esposta in alcun punto a tensioni di passo o di contatto pericolose.

Drenaggio unidirezionale di corrente

Qualora non si raggiungano i valori minimi previsti di isolamento della rotaia dal suolo, si realizzerà un drenaggio unidirezionale di corrente (drenaggio forzato o protezione catodica con travaso di corrente) individuando le zone anodiche delle strutture interrato (soprattutto in corrispondenza delle SSE) e

collegandole, attraverso un conduttore in rame polarizzato mediante una cellula al silicio (diodi), alle rotaie, così da restituire al circuito di ritorno dell'impianto di TE la corrente da questo stesso dispersa.

Un ulteriore, notevole, miglioramento nell'efficacia della protezione può essere raggiunto con la captazione delle correnti disperse, prima che queste possano raggiungere le strutture metalliche interrato da preservare. Il sistema consiste, essenzialmente, nell'interramento di un elemento captatore (ad es. rete metallica) in grado di canalizzare ed indirizzare le correnti intercettate verso il circuito di ritorno con il sistema prima descritto.

Protezione catodica

Questo tipo di protezione sarà prevista per le parti metalliche (come ad es. tubazioni) che stanno nelle vicinanze della linea e possono pertanto essere interessate da fenomeni di corrosione legati alla correnti vaganti. In particolare, per attraversamenti/parallelismi di tubazioni metalliche convoglianti gas/oleodotti/acqua ecc.

Si prevede di intervenire su tutte le zone anodiche del materiale, cercando di renderne impossibile l'ossidazione grazie ad un abbassamento controllato del potenziale elettrico della struttura da proteggere.

Tale risultato si raggiunge collegando le strutture da proteggere al polo negativo di una sorgente di f.e.m. continua regolabile automaticamente (al variare delle caratteristiche elettriche del circuito) o manualmente: il polo positivo è collegato ad una piastra interrata (superficiale o profonda in funzione delle strutture e del tipo di terreno) a sufficiente distanza dalla struttura e di massa sufficiente per funzionare per almeno 20 anni in condizioni ottimali.

I dispersori saranno posati, di preferenza, in terreni di bassa resistività e sistemati in adeguato letto di posa in polvere di carbone o equivalente.

Il sistema sarà realizzato in maniera tale da garantire in tutti i punti e costantemente nel tempo un valore adeguato di corrente, in funzione della corrente dispersa nelle diverse condizioni di esercizio, tale che il potenziale di protezione risulti $V_p < V_s$ (pot. di soglia di protezione al di sotto del quale non si possono verificare danni dalla corrosione) e $V_p > V_l$ (potenziale limite per evitare che un potenziale di protezione troppo basso possa generare corrosioni su altre strutture). Per cui in ogni punto di misura dovrà essere sempre soddisfatta la seguente relazione:

$$V_{on} < (V_s - \left. \begin{array}{l} V_{on} \text{ potenziale della struttura da proteggere con l' imp. di prot. inserito.} \\ \Delta V \text{ tiene conto delle cadute di tensione nell' ambiente;} \end{array} \right)$$

I valori di potenziale rispetto al suolo, in assenza di correnti disperse dalla tranvia, riconosciuti dal NBS (National Bureau of Standards) e dal NACE (National Association of Corrosion Engineers), al disotto dei quali una struttura può considerarsi protetta sono:

DOMINIO DEL POTENZIALE DI PROTEZIONE CATODICA	
	VOLT (elettrodo Cu/CuSO ₄)
Acciaio al carbonio:	
aerobico	-0,850
anaerobico	-0,950
Leghe di rame	-0,950 ÷ -0,650
Alluminio	-0,950 ÷ -1,200
Piombo	-0,600 ÷ -1,500

Tali valori dovranno comunque essere ridotti di 100÷200 mV, non essendo sempre nota la presenza di batteri nel suolo.

Il valore ottimale del potenziale di protezione catodica della struttura si ottiene, quindi, dalla sovrapposizione degli effetti dovuti alle correnti vaganti disperse dalla linea tranviaria.

La sorgente di f.e.m. è costituita da un complesso trasformatore-raddrizzatore (l'energia può essere prelevata direttamente dalla linea elettrificata, senza l'impiego del raddrizzatore) con uscita regolabile (ad es. con un autotrasformatore), voltmetro, amperometro, contattore elettrico e sezionatore, il tutto contenuto all'interno di adeguato armadio munito di serratura, con protezione non inferiore ad IP55, di robusta costruzione e antivandalò.

In relazione al tipo di servizio può ritenersi valido un sistema di alimentazione indipendente, costituito da pannelli fotovoltaici con batterie tampone, tali da assicurare il funzionamento continuo in qualsiasi condizione.

Sono previste, inoltre, "prese di potenziale" in diversi punti della rete protetta, tali da permettere il controllo e la regolazione delle protezioni catodiche.

Nel caso di tubazioni metalliche, il sistema di protezione deve, necessariamente, prevedere opportune interruzioni della continuità elettrica delle stesse da realizzare mediante l'interposizione di giunti isolanti in corrispondenza delle camerette di contenimento dei congegni di intercettazione (a monte e a valle dell'attraversamento) o nelle camerette dei congegni di misura.

I giunti isolanti devono sopportare al collaudo in officina la tensione alternata di valore efficace di 1000 Volt, 50 Hz per un minuto primo e presentare caratteristiche tali che, per effetto di acqua di condensa o forte umidità, non risulti riduzione sensibile dei valori del suddetto isolamento.

Nel caso in cui il fluido sia elettricamente conduttore, in corrispondenza dei giunti isolanti dovrà applicarsi all'interno della tubazione un rivestimento isolante per lunghezza adeguata (da determinarsi sperimentalmente).

All'esterno delle tubazioni si devono applicare rivestimenti che consentano di ottenere una sufficiente resistenza di isolamento, in caso contrario si adottano precauzioni tali da disporre, comunque, di un'efficace protezione catodica.

Poiché le protezioni catodiche provocano nel suolo variazioni di potenziale, occorre evitare che queste causino corrosioni sulle strutture metalliche vicine.

Regolazioni e controllo degli impianti di protezione catodica

Per la regolazione dell'eventuale impianto di protezione catodica si prevedono, almeno, le seguenti misure nell'arco di 48 ore, e in diversi giorni di funzionamento "tipo":

- misura del potenziale delle condotte o strutture metalliche interrate rispetto al suolo;
- misura del potenziale delle rotaie rispetto al suolo;
- misura del potenziale delle condotte o strutture metalliche interrate rispetto alle rotaie.

Devono essere rilevati, in tutti i casi, i campi elettrici esterni esistenti con registrazioni a traccia continua.

Sarà cura dell'Appaltatore predisporre apposita bozza di convenzione, in base a quanto stabilito dalla normativa e legislazione vigente, da stipulare tra l'Ente Appaltante ed Enti interessati alla protezione catodica, per regolare i rapporti atti a garantire il controllo e la regolazione degli impianti a tale scopo installati.

In tale convenzione saranno precisati gli interventi di manutenzione e controllo con le relative periodicità.

Per tutti i controlli da effettuare a carico dell'Ente Appaltante, l'Appaltatore avrà l'onere di fornire ogni strumento di misura occorrente, con istruzioni (in lingua italiana) nonché un manuale che descriva le modalità di effettuazione delle prove e gli interventi di regolazione o manutenzione da effettuare in funzione dei valori ottenuti.

ART 12 FORNITURA DEI MATERIALI

Tutti i materiali (pali, mensole, fili di rame, funi isolanti, tiranti di poligonazione, morsetteria, cavi di alimentazione, scambi aerei, interruttori, piastre di sezionamento, trecce equipotenziali, collari, bulloneria, puntazze, cemento, sabbia ecc.) occorrenti per la costruzione e per dare gli impianti componenti la linea di contatto perfettamente funzionanti, saranno forniti dall'Appaltatore in perfette condizioni e pronti all'impiego.

Tutti i materiali saranno del tipo previsto in progetto e comunque conformi alla normativa vigente (CEI, UNIFER, UNI, UNEL, ecc.). In particolare i conduttori di contatto devono essere rispondenti alle norme CEI-UNEL 70611-71 I tipo A.

In ogni caso i materiali impiegati risulteranno di alta qualità. A tal proposito ENTE APPALTANTE, anche per il tramite della Direzione Lavori, potrà rifiutare materiali ritenuti non idonei per costruzione, tipologia o qualità.

ART 13 CONTROLLI E PROVE

I controlli e le prove, che dovranno essere riportati in uno specifico documento a carico dell'impresa, saranno tesi ad accertare che i vari componenti dell'impianto rispondano alle prescrizioni di progetto, del capitolato e delle normative vigenti in materia.

In tale documento saranno considerate almeno le prove e verifiche di seguito riportate.

Tutte le certificazioni devono essere in lingua italiana, ovvero accompagnate da idonea traduzione in lingua italiana.

Saranno a totale carico dell'Appaltatore tutti i costi da sostenere per eseguire prove, controlli o collaudi sulla linea di contatto e/o sue parti od accessori.

Resistenza meccanica

Su alcuni elementi essenziali della linea di contatto o su campioni punzonati e prelevati da tali elementi, si procederà al controllo della resistenza meccanica. Queste prove saranno effettuate in presenza della Direzione Lavori, di DELL' ENTE APPALTANTE ed, eventualmente, della Commissione di Collaudo.

Prova di isolamento delle linee

Prova di tensione applicata

In sede di collaudo, e comunque prima dell'apertura dell'esercizio, l'isolamento delle linee deve essere tale da sopportare la seguente prova di tensione applicata:

- applicazione ai circuiti gradatamente in 1 minuto, di una tensione a frequenza industriale di 2.500V;
- applicazione di tale tensione per 5 minuti e quindi riduzione graduale in 1 minuto.

La prova sarà eseguita su tutta la linea suddividendola, eventualmente, in tratti di lunghezza da concordare con la D.L. Nel corso di tale prova non devono verificarsi, sia in condizioni atmosferiche buone sia sotto pioggia, anomalie di nessun genere.

Prove di collaudo dei sostegni

Le prove di collaudo da effettuare, in conformità e secondo le modalità stabilite dalle norme CEI EN 50119 (considerate come norme di buona tecnica), saranno, almeno, le seguenti:

- esame a vista e verifica delle dimensioni;
- la verifica delle caratteristiche dei materiali impiegati;
- prova di flessione;
- verifica della massa dei sostegni;
- prova di rottura (solo nel caso in cui il calcolo sia stato sostituito da prova di rottura);

ART 14 ACCETTAZIONE

Tutti i materiali forniti saranno collaudati prima di essere posti in opera, con modalità da concordare tra l'Ente Appaltante e Appaltatore, a cura e spese di quest'ultimo, da Enti o Istituti legalmente riconosciuti, i quali rilasceranno adeguata certificazione dei risultati delle prove di collaudo; tale fase di collaudo potrà essere seguita da tecnici dell'Ente Appaltante.

L'accettazione dei materiali sarà eventualmente operata dalla D.L., la quale avrà facoltà di chiederne la sostituzione per quelli che sulla base dei certificati e delle risultanze dei collaudi occorsi non risultassero idonei.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE LOCALIZZAZIONE E SUPERVISIONE

INDICE

1	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	27
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	27
2	DESCRIZIONE DEI SISTEMI TECNOLOGICI.....	30
3	FUNZIONE DI LOCALIZZAZIONE.....	31
4	ASSERVIMENTO SEMAFORICO - PREFERENZIAMENTO.....	32
4.1	REQUISITI GENERALI – LOGICA DI SISTEMA.....	32
4.2	REQUISITI FUNZIONALI.....	32
4.3	DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DI TERRA.....	33
5	SISTEMA COMANDO SCAMBI.....	34
5.1	REQUISITI GENERALI.....	34
5.2	REQUISITI FUNZIONALI.....	35
5.3	DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DI TERRA.....	36
5.4	APPARATI DI BORDO.....	37
6	CRITERI DI POSIZIONAMENTO ENTI DI PIZZALE.....	38
6.1	POSIZIONAMENTO LOOP VIRTUALI PER LA LOCALIZZAZIONE.....	38
6.2	POSIZIONAMENTO CONTATTO SU LINEA AEREA PER IL BLOCCAMENTO SCAMBIO.....	39
6.3	POSIZIONAMENTO DEL SEGNALE DEVIATOIO.....	40
6.4	RETE LONG RANGE.....	41
6.5	RETE FISICA TLC.....	42
6.6	SOTTOSISTEMA DI SERVIZI ALL'UTENZA (PASSEGGERI).....	43
6.7	SISTEMA D'INFORMAZIONE ALL'UTENZA IN FERMATA E A BORDO.....	43
6.8	SISTEMA AUDIO IN FERMATA.....	44
6.9	SISTEMA DI CONNESSIONE ALLA RETE INTERNET/INTRANET.....	44
6.10	SISTEMA VIDEO IN FERMATA.....	45
6.11	RETE DI COMANDO E CONTROLLO DELLE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE (SSE).....	45
6.12	FUNZIONE DI SCARICO DATI IN DEPOSITO.....	45
7	POSTO DI COMANDO E CONTROLLO DELLA LINEA SIR 3.....	45
7.1	REQUISITI GENERALI.....	45

7.2	REQUISITI FUNZIONALI	46
8	REQUISITI DI CYBER SECURITY	49

ART 1 NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Riferimenti Normativi

Nel seguito è riportato l'elenco delle norme d'interesse per progettazione e costruzione di un sistema tramviario:

[Normativa Generale]

- Norme UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; in particolare, UNI – UNIFER.
- Norme CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano.
- Norme ISO: International Standards Organization.
- Norme CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization.
- Norme ITU – T: International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector.
- Norme IEC: International Electrotechnical Commission.
- Norme IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Norme e circolari Ministero dei Trasporti - Codice della Strada vigente in Italia.
- Leggi regionali, normative comunali, regolamenti edilizi e della Azienda Sanitaria Locale
- Prescrizioni dei Vigili del Fuoco del Comando di zona.

[Normative applicabili al sistema di Segnalamento]

- Circolare 081 MCTC del 31 maggio 1996 (ex legge 211/92) - Linee Guida per la progettazione delle Tramvie.
- UNI 8379/2000 - Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia metropolitana, metropolitana leggera, tramvia veloce e tramvia) – Termini e definizioni.
- BOStrab Regolamenti e Linee guida per la costruzione e gestione delle Light Rail – Repubblica Tedesca (Standard de facto in quanto ampiamente diffusi nel mondo).
- UNI 7836 - Metropolitane. Geometria del tracciato delle linee su rotaia. Andamento planimetrico ed altimetrico e tolleranze di costruzione.
- Norma UNI 5646-65 – Attraversamenti di ferrovie e tranvie extraurbane con strade pubbliche.
- UNI - UNIFER 7156 - Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario.
- IEC 61508: Sicurezza funzionale di sistemi di sicurezza elettrici/elettronici/elettronici programmabili.
- CEI EN 50126 - Railway Applications - The Specification And Demonstration Of Reliability, Availability, Maintainability And Safety (Rams) – Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS).
- CEI EN 50128 - Applications - Software for Railway Control and Protection Systems Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Software per sistemi ferroviari di comando e di protezione. - CEI EN 50129 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione – Sistemi elettronici di sicurezza per il segnalamento
- ISO 14001 - Environmental Management Systems - Specification With Guidance For Use
- ISO 90003 del 2004 – Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2008 to computer software.
- UNI EN 124:1995 - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità.
- UNI EN 12368 - Attrezzatura per il controllo del traffico - Lanterne semaforiche.

- UNI EN 12675 - Regolatori semaforici - Requisiti di sicurezza funzionale.
- CEI EN 50155 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Equipaggiamenti elettronici utilizzati sul materiale rotabile.

ART 2 DESCRIZIONE DEI SISTEMI TECNOLOGICI

I sistemi Tecnologici della Tramvia SIR3 di Padova, sono costituiti dai seguenti sottosistemi o macro funzioni:

- Localizzazione.
- Asservimento Semaforico – preferenziamento.
- Sistema comando scambi.
- Apparato di bordo.
- Rete Long Range.
- Sottosistema TLC.
- Sottosistema di Servizi all’Utenza (Passeggeri).
- Sistema Video in Fermata.
- Rete di comando e controllo delle Sotto Stazioni Elettriche (SSE).
- Funzione di scarico dati in deposito.
- Posto di Comando e Controllo della Linea SIR3.
- Requisiti di Cyber Security.

ART 3 FUNZIONE DI LOCALIZZAZIONE

La funzione di Localizzazione (o SAE Servizio Ausilio All'esercizio) deve essere garantita dalla cooperazione tra il sistema di bordo e il SW al posto di comando e controllo (PCC). La comunicazione tra i due livelli (Bordo e PCC) avviene attraverso la rete di comunicazione radio.

In particolare il computer di bordo deve calcolare la posizione del veicolo facendo un confronto tra i dati ricevuti dai vari sensori di bordo (Radar, Accelerometro e segnale satellitare GNSS), e il data base interno che descrive la linea (Tracking).

Il sistema deve essere in grado quindi di riconoscere anche la direzione del veicolo, informazioni sulla velocità possono essere puntualmente inviate al centro al fine di permettere all'operatore di eseguire statistiche anche su questa grandezza.

La funzione di localizzazione è considerata una grandezza fondamentale per il funzionamento del sistema tramviario, di conseguenza deve avere accuratezza non superiore al metro e deve essere assicurata anche in mancanza di ricezione del segnale satellitare.

Il computer di bordo deve mettere a disposizione l'informazione della posizione del veicolo alle altre funzioni del sistema quali, regolazione tramviaria, asservimento semaforico, segnalamento (richiesta rotta), informazione al pubblico. Per conseguire questo risultato il sistema di bordo, invia la posizione del Veicolo al Posto Centrale, in particolare al SW SAE utilizzando la rete di comunicazione radio.

ART 4 ASSERVIMENTO SEMAFORICO - PREFERENZIAMENTO

Requisiti generali – Logica di Sistema

Con il termine “preferenziamento” si intende la possibilità di offrire un passaggio privilegiato a mezzi pubblici (in questo caso il tram) su incroci semaforizzati dotati di logiche e componenti opportuni.

Il privilegio consiste nel cercare di garantire il verde al mezzo in concomitanza con il suo arrivo sull’incrocio per il tempo sufficiente al superamento dell’incrocio stesso.

L’impatto che una gestione generalizzata del preferenziamento può avere su una viabilità caratterizzata da una densa rete di trasporto pubblico sovrapposta alla circolazione privata è, in generale, di difficile previsione e può certamente avere effetti molto diversi da quelli attesi.

La soluzione proposta deve garantire la massima flessibilità operativa in quanto le scelte dei livelli funzionali, e quindi la risposta del sistema, possono essere modulate tenendo conto in maniera integrata di tutti i fattori in gioco, ad esempio:

- Modularità sul singolo mezzo: è la possibilità selettiva di effettuare il preferenziamento a seconda di alcuni parametri noti al sistema di monitoraggio dei mezzi quali la condizione di anticipo/ritardo (nessun preferenziamento se il veicolo è in anticipo, richiesta preferenziamento se il veicolo è in orario o in ritardo).
- Modularità in base al servizio, nessun preferenziamento se il veicolo è senza passeggeri.

In aggiunta a quanto sopra, per aumentare l’efficienza della funzione stessa, l’approccio alla realizzazione della funzione in oggetto deve essere di tipo locale; per ogni incrocio viene fornito il kit per il preferenziamento semaforico.

La funzione di Asservimento Semaforico o Preferenziamento, è realizzata essenzialmente dai seguenti sistemi:

1. Elaboratore di bordo che calcola il momento esatto in cui inviare la richiesta ai sistemi di terra.
2. Sistema di comunicazione bordo terra.
3. Sistema di interfaccia locale alla centralina semaforica.

Requisiti funzionali

Al fine di ridurre al minimo indispensabile l’impatto delle installazioni a terra, e di semplificare l’architettura del sistema stesso, la funzione di preferenziamento deve essere basata sul concetto di loop virtuale (virtual loop).

In particolare il sistema di bordo, per ogni senso di marcia, deve essere in grado di calcolare i loop virtuali di “Richiesta Priorità”, “Conferma Richiesta Priorità” e “Rilascio Priorità”.

In particolare il sistema di bordo quando incontra il loop virtuale di “Richiesta Priorità” invia tale comando ai sistemi di terra, quindi invia il comando di conferma al raggiungimento di “Conferma Richiesta”, per inviare il comando di “Rilascio Priorità” una volta che il veicolo ha liberato l’incrocio.

In aggiunta, il sistema deve prevedere la possibilità per il conducente di inviare il comando di “Ready to Start”, per esempio quando un incrocio semaforico è posizionato appena dopo una fermata.

La mappatura dei loop virtuali deve tener conto delle caratteristiche del Veicolo in termini di accelerazione e frenatura, così come delle velocità di approccio del tratto di linea in cui l’incrocio è posizionato.

Descrizione dei componenti di terra

Il sistema di terra è essenzialmente costituito da un dispositivo di interfaccia alla centralina semaforica; tale dispositivo una volta ricevuto il comando dal sistema di bordo lo trasferisce alla centralina semaforica.

Il modulo di interfaccia con la centralina semaforica deve essere altamente flessibile e in grado di interfacciare la centralina semaforica attraverso contatti digitali, o una interfaccia seriale o Ethernet con relativo protocollo SW.

Tale modulo rappresenta un elemento fondamentale della funzione e oltre ad avere le caratteristiche di elaborazione necessarie all’esercizio (microprocessore e memoria), proprio per garantire gli elevati livelli di flessibilità, connettività, e facilità di installazione, deve prevedere almeno:

- Uno switch gestito Layer-2,
- Un'interfaccia seriale RS485 optoisolata
- Un'interfaccia seriale RS232 optoisolata
- Fino a 8 uscite digitali isolati, implementate come contatti a liberi da tensione
- Fino a 8 ingressi digitali isolati
- Dimensioni compatte con possibilità di installazione su barra DIN

Sistema di comunicazione per la ricezione del comando: tutti i comandi relativi alla preferenziazione vengono trasmessi dal bordo a terra, tramite una rete a larga banda di tipo Wi-Fi.

ART 5 SISTEMA COMANDO SCAMBI

Requisiti generali

L'esercizio della linea SIR3, è del tipo a "marcia a vista" con l'integrazione di alcune informazioni su appositi dispositivi di segnalazione luminosa gestiti dal sistema di comando scambi.

Il sistema comando scambi deve essere previsto nelle aree di linea interessate da scambi motorizzati.

Il sistema comando scambi ha il compito di gestire le aree interessate da scambi motorizzati, regolando la circolazione dei Veicoli (nell'area interessata), attraverso gli aspetti dei segnali tranviari.

Il sistema comando scambi non prevede quindi nessuna protezione del distanziamento che rimane a vista in base allo standard tramviario.

Il sistema di comando scambio risulta costituito essenzialmente dai seguenti componenti:

- Unità di elaborazione o controllore scambio, che rappresenta il sistema di decodificazione del comando e di gestione, sia delle condizioni di sicurezza, sia dei dispositivi di visualizzazione citati nei punti seguenti.
- Cassa di manovra, dove si realizza l'attuazione del comando.
- Contatto sulla linea area.
- Dispositivo di segnalazione luminosa (Segnale a LED), che fornisce l'informazione di transitabilità o di non transitabilità dello scambio, indicando inoltre la posizione degli aghi.
- Sistema di trasmissione, che realizza il trasferimento del comando da bordo a terra.

Requisiti funzionali

Il comando scambi deve poter essere azionato da qualsiasi veicolo del parco rotabile previsto per la linea SIR3. Per effettuare il comando dello scambio, il rotabile comunica la propria presenza attraverso un sistema di comunicazione bordo-terra.

Una volta ricevuto il comando, l'unità di controllo scambio (interlocking) verifica la fattibilità del comando in base alle informazioni ricevute dai sensori di campo, blocca lo scambio e pone il Segnale a via Libera "Go", indicando anche la direzione dello scambio.

Nel caso di perdita del controllo del posizionamento degli aghi, il segnale visualizza la segnalazione di stop (croce luminosa a "X", sulla seconda luce del segnale).

Il conducente deve procedere a passo d'uomo, verificando a vista la posizione degli aghi e se necessario deve azionare manualmente la cassa di manovra.

Nel caso di occupazione da parte di un tram dell'area di scambio, il segnale deve visualizzare la segnalazione di stop (croce luminosa a "X", sulla seconda luce del segnale).

Nel caso di guasto del sistema di controllo si deve verificare lo spegnimento del segnale, che equivale allo stato di "sistema fuori servizio". Il conducente, constatato il mancato effetto sul segnale, deve verificare visivamente la posizione degli aghi e se necessario manovrare manualmente la cassa.

Descrizione dei componenti di terra

L' Unità Controllo Scambi realizza la funzione principale di "Interlocking" ("interblocco") In particolare riceve il comando scambi dai Veicoli, ne controlla la fattibilità e ne restituisce l'elaborazione sui segnali tranviari. Per realizzare la propria funzione, l'Unità controllo scambi legge le informazioni dal sensore di linea, manovra e blocca la cassa di manovra e gestisce il segnale tramviario.

Da un punto di vista tecnologico, l'Unità Controllo Scambi è rappresentato da un Interlocking di tipo tranviario di tipo statico con un livello di sicurezza SIL3.

L'unità controllo scambi è normalmente installata in un armadio contenitore in prossimità dell'area di manovra; quando possibile e previsto può essere installata anche in sale apparati presenti in prossimità dell'area stessa.

L'unità di controllo scambi, ove possibile, è collegata alla rete di comunicazione ethernet, attraverso la quale comunica con il Posto di Comando e Controllo (PCC), le variazioni del campo e lo stato diagnostico degli apparati stessi.

Il Contatto su linea area verifica la posizione del mezzo ed il suo avvicinamento alla zona scambi, determinando un ulteriore conferma di bloccamento per garantire che la zona scambi sia impegnata sempre e solo da un veicolo.

Il Segnale a LED visualizza al conducente la posizione dello scambio e l'eventuale accessibilità all'area di manovra, mostrando l'aspetto di Via Libera (GO) e Via impedita (STOP) tipico delle applicazioni tranviarie. Tramite una opportuna segnalazione "X" vengono indicati al macchinista gli stati di transizione o di errore di posizionamento che determinano la non transitabilità dell'area stessa.

Il segnale deve essere installato in prossimità dello scambio al fine di fornire al conducente una chiara ed inequivocabile condizione di transitabilità dello scambio stesso.

Il Sistema di comunicazione per la ricezione del comando; la ricezione del comando di itinerario avviene tramite una rete a larga banda di tipo WiFi, in grado di ricevere il comando dal sistema di bordo e trasferirlo all'interlocking.

Apparati di bordo

I tram circolanti sulla linea SIR 3 (di tipo bidirezionale), dovranno essere attrezzati per l'implementazione delle seguenti funzioni:

- Comando scambi.
- Localizzazione.
- Gestione della Priorità Semaforica.
- Comunicazioni da e verso centro.
- Comunicazioni verso i sistemi di Terra.

Le apparecchiature che dovranno essere installate sui veicoli sono le seguenti:

- Unità/computer di elaborazione.
- Sensoristica Innovativa e di ultima generazione (radar , accelerometro), necessaria a realizzare la funzione di geolocalizzazione, comprese le antenne e i dispositivi per la ricezione del segnale satellitare.
- Apparati di bordo per ricetrasmisione terra-bordo.
- Console del conducente (una per cabina).
- Pulsante per la richiesta manuale di preferenziazione (Ready to Start).
- Apparati di trasmissione da e verso il centro, comprese le relative antenne.

Al fine di ridurre gli ingombri a bordo, si richiede un sistema altamente integrato, dove le varie apparecchiature riescono ad asservire le diverse funzioni.

ART 6 CRITERI DI POSIZIONAMENTO ENTI DI PIAZZALE

Posizionamento Loop Virtuali per la localizzazione

Per il posizionamento dei Loop virtuali per la localizzazione sono stati utilizzati i seguenti criteri:

- **Loop virtuale per la localizzazione in Fermata:**

È stato previsto un Loop virtuale in corrispondenza dell'asse banchina di ogni Fermata per la localizzazione del tram in fermata.

- **Loop virtuale per la localizzazione in linea per priorità semaforica:**

Il Loop virtuale di ingresso nella zona di incrocio e di richiesta priorità semaforica deve essere posizionato ad una distanza dal segnale tramviario per la protezione dell'incrocio stradale con priorità semaforica che è funzione:

- della distanza percorsa dal veicolo durante il tempo di reazione del sistema (comando + manovra segnali stradali),
- della distanza percorsa dal mezzo durante il tempo di reazione del macchinista (tempo di riconoscimento dell'indicazione del segnale, importante soprattutto per la situazione in cui l'indicazione è a "via impedita"),
- della velocità del veicolo,
- della distanza di frenatura del veicolo fino al completo arresto.

In questa fase di progettazione, non essendo disponibili i dati sopra riportati, la distanza di posizionamento dei Loop virtuali utilizzate nel progetto sono da considerarsi indicative e dovranno pertanto essere affinate, anche con l'utilizzo di prove in campo, nelle successive fasi di progettazione.

- **Loop virtuale per la localizzazione in prossimità della zona Scambi:**

Il Loop virtuale di ingresso nella zona scambio e di la richiesta di comando scambio deve essere posizionato ad una distanza dalla punta scambi che è funzione:

- della distanza percorsa dal veicolo durante il tempo di reazione del sistema (comando + manovra cassa),
- della distanza percorsa dal mezzo durante il tempo di reazione del macchinista (tempo di riconoscimento dell'indicazione del segnale deviatoio, importante soprattutto per la situazione in cui l'indicazione è a "via impedita"),
- della velocità del veicolo,
- della distanza di frenatura del veicolo fino al completo arresto.

In questa fase di progettazione, non essendo disponibili i dati sopra riportati, la distanza di posizionamento dei Loop virtuali per l'ingresso nella zona scambio utilizzate nel progetto sono da considerarsi indicative e dovranno pertanto essere affinate, anche con l'utilizzo di prove in campo, nelle successive fasi di progettazione.

Il Loop virtuale di uscita dalla zona scambio deve garantire la localizzazione del veicolo nel momento in cui questo ha liberato di "coda" la zona scambio; questo al fine di liberare lo scambio per un secondo comando (proveniente da un secondo veicolo che segue il primo).

L'obiettivo è quello di liberare lo scambio il prima possibile.

Il Loop virtuale di uscita dalla zona scambio deve essere posizionato, a valle della punta scambio, ad una distanza che è funzione:

- della distanza percorsa dal veicolo durante il tempo di reazione del sistema (rovesciamento e bloccamento dello scambio),
- delle caratteristiche del veicolo (lunghezza)
- di opportuni margini di sicurezza.

In questa fase di progettazione, non essendo disponibili i dati sopra riportati, si è ritenuto opportuno utilizzare per il posizionamento dei Loop virtuali d'uscita dalla zona scambio la distanza di 25m utilizzata per la linea SIR 1. Tale distanza dovrà comunque essere confermata, anche con l'utilizzo di prove in campo, nelle successive fasi di progettazione.

Posizionamento Contatto su Linea Aerea per il Bloccamento Scambio

Il passaggio del pantografo dal contatto sulla linea aerea determina l'occupazione della zona degli scambi e l'indicazione sul segnale deviativo dell'aspetto di Alt ("X") per i veicoli che seguono. Inoltre il segnale del contatto su catenaria viene utilizzato nel sistema di comando come un'ulteriore sicurezza per bloccare elettricamente lo scambio; queste esigenze suggerirebbero una distanza dallo scambio possibilmente grande.

Il contatto su linea aerea deve però essere posizionato vicino al segnale affinché il conducente del veicolo che vuole transitare per la zona dello scambio, non possa più vedere l'aspetto di Alt ("X"), esposto, invece, ai veicoli che seguono.

In virtù di ciò, si ritiene che la distanza di 12 m, utilizzata anche per la linea SIR 1, tra il contatto su linea aerea ed il segnale deviativo sia un buon compromesso tra le opposte esigenze sopra esposte. Tale

distanza dovrà comunque essere confermata, anche con l'utilizzo di prove in campo, nelle successive fasi di progettazione.

Posizionamento del Segnale Deviatoio

Il segnale deviatoio deve essere montato in prossimità dello scambio al fine di fornire al conducente una chiara ed inequivocabile condizione di transitabilità dello scambio stesso.

Esso deve comunque essere in condizioni di visibilità e riconoscibilità anche a distanza superiori, al fine di consentire al macchinista di effettuare la frenata di emergenza nel caso di indicazioni di non transitabilità (segnalazione di "X") con fermata del veicolo prima della punta scambi. Tuttavia, in caso di guasto del segnale o di aspetto del segnale non chiaro, il conducente deve avere la possibilità di poter osservare la posizione dello scambio direttamente in prossimità detto scambio.

In virtù di ciò, si ritiene che una distanza di 8 m, utilizzata anche per la linea SIR 1, tra la punta scambi ed il segnale deviatoio sia un buon compromesso tra le opposte esigenze sopra esposte. Tale distanza dovrà comunque essere confermata, anche con l'utilizzo di prove in campo, nelle successive fasi di progettazione.

ART 7 RETE LONG RANGE

La rete Long Range per la comunicazione tra bordo e centro deve essere realizzata attraverso:

- Una rete GPRS/GSM per la comunicazione dati (GPRS o superiore) e fonia (GSM) per la quale si prevede semplice estensione degli eventuali accordi validi su SIR1.
- Rete Wi-Fi, per la comunicazione dati con la centrale di controllo (PCC) attraverso opportuni Access Point (distribuiti lungo la linea).

Le due soluzioni devono essere complementari.

ART 8 RETE FISICA TLC

Al fine di fornire un servizio efficiente, è prevista un'infrastruttura di trasporto dati (rete dati) che raggiunga tutte le nuove fermate

Alla rete dati saranno collegati degli access point per permettere ai passeggeri di collegarsi ad internet alle stazioni e a bordo del veicolo.

L'infrastruttura di rete sarà basata su di una dorsale a fibra ottica costituita da due cavi da 24 fibre ottiche monomodali.

La sequenza di muffole lungo il percorso sarà fatta in modo che, due punti consecutivi di spillatura, non appartengono alla stessa fibra.

Alla rete dati saranno collegati una serie di Access Point per garantire il collegamento lungo linea con il veicolo, gli access point che realizzano la rete Wi-Fi devono lavorare alla frequenza di 5 Ghz.

ART 9 SOTTOSISTEMA DI SERVIZI ALL'UTENZA (PASSEGGERI)

Di questo sottosistema fanno parte i seguenti servizi aggiuntivi:

- Sistema d'informazione all'utenza in fermata e a bordo.
- Sistema audio in fermata.
- Sistema di connessione alla rete Internet/intranet.

ART 10 SISTEMA D'INFORMAZIONE ALL'UTENZA IN FERMATA E A BORDO

Il sistema prevede , in ciascuna fermata, l'installazione di due monitor da 19" di tipo TFT/LCD con protezione antivandalo

I monitor , oltre che riportare le informazioni di partenza, devono visualizzare anche i seguenti contenuti multimediali disposti su 3 finestre:

- Finestra Principale dedicata ai Palinsesti multimediali.
- Finestra Immagini: dedicata a Sequenze di immagini.
- Finestra Notizie dedicata alla visualizzazione di notizie in formato testo.

I contenuti multimediali visualizzati sulle 3 finestre, possono essere costituiti da informazioni sui servizi erogati dal gestore della mobilità, dal comune, dalla provincia come ad esempio:

- Informazioni di tipo pubblicitario.
- Notizie di pubblica utilità, quali traffico, borsa, meteo.

Tutte le informazioni di cui sopra, devono essere generate dal SW del Posto Centrale di Comando, che le invierà opportunamente ai monitor di fermata. Il SW al posto centrale dovrà essere in grado anche di controllare lo stato diagnostico del servizio in oggetto e poter inviare comandi di riavvio delle periferiche quando occorre un evento rilevante.

I monitor di fermata sono collegati al SW del Posto Centrale attraverso la rete dati.

Per quanto riguarda le informazioni a bordo, la logica rimane la stessa come sopra descritto.

In particolare a bordo, il sistema prevederà due monitor TFT da 17" installati dietro le due cabine del conducente, il collegamento tra i monitor TFT e il centro di controllo avverrà attraverso la rete WiFi..

ART 11 SISTEMA AUDIO IN FERMATA

Ad ogni fermata devono essere previsti due citofoni, uno per direzione di marcia, che devono essere collegati al server di gestione tramite la rete dati.

Con lo stesso criterio possono essere predisposti gli annunci sonori in fermata

ART 12 SISTEMA DI CONNESSIONE ALLA RETE INTERNET/INTRANET

Ad ogni fermata dovrà essere previsto un access point per permettere agli utilizzatori, l'accesso alla rete.

L'access point sarà collegato allo switch di fermata e quindi direttamente alla rete dati.

Gli utenti per accedere alla rete dovranno autenticarsi tramite username e password; l'accesso alla rete dovrà essere controllato da un server RADIUS.

Allo stesso modo all'interno del Veicolo dovrà essere previsto un access point per permettere il collegamento ad internet degli utilizzatori, come minimo nelle fermate.

ART 13 SISTEMA VIDEO IN FERMATA

Ad ogni fermata devono essere previste 2 telecamere fisse professionali, ad alta risoluzione Day & Night, che permettono di monitorare il mezzo in tutta la sua lunghezza allo scalo.

Le telecamere fisse verranno collegate al Posto di Comando e Controllo tramite la rete dati. Dovranno essere previsti gli apparati per la gestione e trasmissione delle immagini, quali encoder, server di gestione e server di storage.

ART 14 RETE DI COMANDO E CONTROLLO DELLE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE (SSE)

Il sistema di comando e controllo delle Sotto Stazioni Elettriche deve essere costituito da un Server al posto centrale, al quale sono collegati (tramite la rete dati) tutti i PLC installati presso le SSE.

Oltre al PLC nelle SSE deve essere previsto anche un telefono IP fisso

Sia il PLC che il telefono IP fisso sono collegati alla rete tramite lo switch di SSE.

Completa il sistema, l'installazione di una postazione cliente al PCC per la gestione delle funzionalità di comando e controllo delle Sotto Stazioni Elettriche.

ART 15 FUNZIONE DI SCARICO DATI IN DEPOSITO

Il sistema di bordo deve essere dotato di connettività Wi-Fi anche per lo scarico/carico dati che avviene normalmente al deposito.

ART 16 POSTO DI COMANDO E CONTROLLO DELLA LINEA SIR 3

Requisiti generali

La suite software che realizza il Posto di Comando e Controllo della Linea SIR3 deve essere allineata alle moderne tecnologie WEB, deve prevedere la possibilità d'implementare architetture "Cloud" e "Big Data" per future espansioni della rete. L'interfaccia utente sarà "WEB based".

L'architettura hardware del data center deve essere implementata in ambiente virtualizzato, implementando logiche di backup dei dati e "hot-standby" degli applicativi per un appropriato ripristino delle funzionalità in breve tempo.

Al fine di condividere le informazioni verso la collettività ed in linea con la politica "open data" del comune di Padova, il Sistema Ausilio Esercizio, SAE, deve poter condividere le informazioni sul servizio offerto tramite General Transit Feed Specification (GTFS) e Standard Interface for Real Time Information (SIRI) come standard di riferimento.

Requisiti funzionali

Il Posto di Comando e Controllo (PCC) o Centrale Operativa adibito per la linea SIR3 deve realizzare come minimo le seguenti macro funzioni:

- Gestione dell'interfaccia alla rete long range prevista per il colloquio con i mezzi per la raccolta/invio dati da/verso i mezzi mediante le reti previste.
- Gestione della visualizzazione sulla Postazione Operatore PRT del SIR3 della localizzazione dei Tram su piano schematico e su cartografico. Generazione dei dati Anticipo/Ritardo per la creazione delle priorità relative ai mezzi di carico.
- Gestione dell'Orario di Servizio e delle Regolazione dell'esercizio tramviario.
- Gestione dell'interfaccia con Centrale di controllo semaforico di palazzo SARPI per l'invio dei parametri necessari della preferenziazione.

Nella centrale Operativa devono essere previste la postazione di Lavoro PRT (postazione regolazione traffico) le varie postazioni DM e per la:

- Visualizzazione della linea SIR 3 in formato "Piano Schematico" con evidenza dei mezzi localizzati su di essa; il sistema dovrà aprire delle finestre con i dati di informazione del Veicolo una volta selezionato il veicolo stesso.
- Visualizzazione dello stato operativo di ogni veicolo sulla linea con evidenza dell'anticipo/ritardo del veicolo.
- Gestione della funzione di regolazione dell'esercizio (selezione della modalità di esercizio):
 - Importazione e modifica dell'orario di servizio.
 - **Orario**: lo scopo della modalità di regolazione ad "Orario" deve essere quelle di facilitare la migliore corrispondenza tra l'andamento del veicolo e l'orario teorico. La condizione di anticipo / ritardo rispetto al servizio pianificato valutato dal SW SAE al PCC viene trasferita al sistema di bordo e visualizzata sul console del conducente, in modo che il conducente possa decidere di regolare la velocità del veicolo riducendo al minimo gli scostamenti dall'orario teorico.
 - **Ad intervallo o "Cadenzato" o "Headway"**: Scopo della modalità di regolazione "Cadenzata" o "Headway" deve essere quella di mantenere una frequenza di servizio costante lungo la linea, da impostare in base al numero di passeggeri richiesto in un determinato momento, in modo da evitare il sovraffollamento dei passeggeri nelle stazioni. Viene utilizzato principalmente nelle ore di punta per migliorare l'efficienza del trasporto. In questo modo di regolazione, un conto

alla rovescia per la partenza deve essere visualizzato sulla console del conducente al fine di gestire il tempo di sosta ad ogni fermata e al fine di mantenere la modalità di avanzamento all'interno della frequenza pianificata.

- **Servizio Provvisorio:** in questa modalità normalmente applicabile a situazione di degrado (parte della linea non disponibile), manutenzione preventiva e rilevante, oppure gestione di eventi speciali tipo concerti o manifestazione sportive) il sistema deve permettere all'operatore di selezionare lo scenario di esercizio associato all'evento da gestire e quindi in modalità automatica aggiornare i veicoli interessati. La funzione deve permettere anche la gestione della linea ad anelli separati, quando un evento particolare rende indisponibile un tratto di linea intermedio (tale gestione potrà essere possibile solo se la topografia della linea prevede la presenza fisica dei deviatori per gestire gli anelli stessi.).
- Offrire come strumento a supporto dell'operatore, la funzione di "replay". L'operatore abilitato, potrà selezionare un qualunque riferimento temporale, per visualizzare nuovamente informazioni presentate dal sistema all'operatore in servizio in quel momento.
- Gestione della fonia con postazione microfonicata per la comunicazione con:
 - Il personale di bordo con possibilità di selezione delle chiamate a gruppi o all'intera flotta con registrazione audio digitale. In particolare, il sistema deve permettere di selezionare il/i veicolo/i dal piano schematico della linea e quindi instaurare una comunicazione con i conducenti.
 - Viaggiatori a bordo, per le chiamate di emergenza.
 - Viaggiatori alle fermate.
- Gestione dell'invio di informazioni (dati) a bordo dei veicoli e predisposizione per invio alle fermate con relativo monitor.
- Predisposizione per la gestione delle immagini ricevute dagli impianti TVCC di bordo, fermate e deposito con relativo monitor e consolle con registrazione delle immagini.
- Gestione del telecomando e Telecontrollo delle Sottostazioni.
- Gestione dell'informazione ai passeggeri
- Esportazione dei dati registrati in formato leggibile per analisi, stampe, ecc

Il sistema dovrà prevedere la possibilità di visualizzare le informazioni sullo schermo esistente che dovrà visualizzare al minimo le seguenti informazioni:

- Fermate, scambi e attraversamenti

- Posizione effettiva e reale dei veicoli su cartografico
- Piano schematico della linea con la posizione degli scambi motorizzati

ART 17 REQUISITI DI CYBER SECURITY

L'esecuzione del progetto dovrà prevedere un'analisi dei rischi provenienti da eventuali attacchi cyber, e la relativa mitigazione; considerando che la soluzione dovrà raggiungere un livello minimo di SIL1, in accordo allo standard ISA/IEC 62443. Le principali normative di riferimento per le infrastrutture di trasporto su rotaia sono

- Direttiva NIS (Direttiva Europea).
- GDPR (Direttiva Europea).
- Decreto Legge n.105 del 21.09.2019 [...]“Al fine di assicurare un livello elevato di sicurezza delle reti, dei sistemi informativi e dei servizi informatici delle amministrazioni pubbliche, degli enti e degli operatori nazionali, pubblici e privati, da cui dipende l'esercizio di una funzione essenziale dello Stato, ovvero la prestazione di un servizio essenziale per il mantenimento di attività civili, sociali o economiche fondamentali per gli interessi dello Stato e dal cui malfunzionamento, interruzione, anche parziali, ovvero utilizzo improprio, possa derivare un pregiudizio per la sicurezza nazionale, e' istituito il perimetro di sicurezza nazionale cibernetica.”

La metodologia di implementazione secondo standard è basata sulla gestione del rischio : allocazione vulnerabilità , definizioni mitigazioni, implementazione mitigazioni , verifica (test).

Più strettamente si chiede aderenza ai “Foundational Requirements” della IEC 62443 :

- FR 1 – **Identification and authentication control (IAC)** [Identificazione e controllo di Autenticazione].
- FR 2 – **Use control (UC)** [Controllo d' Uso].
- FR 3 – **System integrity (SI)** [Integrità di Sistema].
- FR 4 – **Data confidentiality (DC)** [Confidenzialità dei Dati].
- FR 5 – **Restricted data flow (RDF)** [Flusso dei Dati con Restrizione].

- FR 6 – **Timely response to events (TRE)** [Tempestività di Risposta agli eventi].
- FR 7 – **Resource availability (RA)** [Disponibilità di Risorse].

Nel caso di sistemi di trasporto pubblico urbano i prodotti interessati sono:

- On Board Control Unit.

- Interlocking.
- Interfaccia con Centralina Semaforica.
- Comunicazione bordo-terra.
- Comunicazione bordo-centro.
- Centro di Controllo.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE SISTEMA COMANDO E CONTROLLO

INDICE

1.	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	53
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	53
2.	FUNZIONI DEL SISTEMA DI COMANDO E CONTROLLO TRANVIARIO	56
2.1	SOTTOSISTEMA UTC TRAMVIA.....	56
2.2	SOTTOSISTEMA SAI	58
2.2.1	<i>INFORMAZIONE SONORA E VISIVA AI VIAGGIATORI A TERRA.....</i>	<i>58</i>
2.2.2	<i>INFORMAZIONE SONORA AI VIAGGIATORI A BORDO</i>	<i>59</i>
2.2.3	<i>REGISTRAZIONE DELLE CONVERSAZIONI</i>	<i>60</i>
2.3	SOTTOSISTEMA GTC.....	61
2.4	SUPERVISIONE E DIAGNOSTICA DEGLI IMPIANTI	61
2.4.1	<i>SUPERVISIONE DIAGNOSTICA TRAM.....</i>	<i>63</i>
2.4.2	<i>SUPERVISIONE APPARECCHIATURE INTERNE DI POSTO CENTRALE</i>	<i>63</i>
2.5	DIAGNOSTICA E MANUTENZIONE	64
2.6	GESTIONE SICUREZZA E TELESORVEGLIANZA	66

ART 1 NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel seguito è riportato l'elenco delle norme d'interesse per progettazione e costruzione di un sistema tramviario:

[Normativa Generale]

- Norme UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; in particolare, UNI – UNIFER.
- Norme CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano.
- Norme ISO: International Standards Organization.
- Norme CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization.
- Norme ITU – T: International Telecommunication Union-Telecommunicationstandardization sector.
- Norme IEC: International Electrotechnical Commission.
- Norme IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Norme e circolari Ministero dei Trasporti - Codice della Strada vigente in Italia.
- Leggi regionali, normative comunali, regolamenti edilizi e della Azienda Sanitaria Locale.
- Prescrizioni dei Vigili del Fuoco del Comando di zona.

[Normative applicabili al sistema di Segnalamento]

- Circolare 081 MCTC del 31 maggio 1996 (ex legge 211/92) - Linee Guida per la progettazione delle Tramvie.
- UNI 8379/2000 - Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia metropolitana, metropolitana leggera, tramvia veloce e tramvia) – Termini e definizioni.
- BOStrab Regolamenti e Linee guida per la costruzione e gestione delle Light Rail – Repubblica Tedesca (Standard de facto in quanto ampiamente diffusi nel mondo).
- UNI 7836 - Metropolitane. Geometria del tracciato delle linee su rotaia. Andamento planimetrico ed altimetrico e tolleranze di costruzione.
- Norma UNI 5646-65 – Attraversamenti di ferrovie e tranvie extraurbane con strade pubbliche.
- UNI - UNIFER 7156 - Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario.
- IEC 61508: Sicurezza funzionale di sistemi di sicurezza elettrici/elettronici/elettronici programmabili.
- CEI EN 50126 - Railway Applications - The Specification And Demonstration Of Reliability, Availability, Maintainability And Safety (Rams) – Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS).
- CEI EN 50128 - Applications - Software for Railway Control and Protection Systems Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Software per sistemi ferroviari di comando e di protezione. · CEI EN 50129 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione – Sistemi elettronici di sicurezza per il segnalamento.
- ISO 14001 - Environmental Management Systems - Specification With Guidance For Use.
- ISO 9003 del 2004 – Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2008 to computer software.
- UNI EN 124:1995 - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità.
- UNI EN 12368 - Attrezzatura per il controllo del traffico - Lanterne semaforiche.
- UNI EN 12675 - Regolatori semaforici - Requisiti di sicurezza funzionale.

- CEI EN 50155 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Equipaggiamenti elettronici utilizzati sul materiale rotabile.

ART 2 FUNZIONI DEL SISTEMA DI COMANDO E CONTROLLO TRANVIARIO

Il sistema di controllo e comando tranviario si comporrà di opportuni dispositivi ed apparati posti a bordo dei convogli, a terra, lungo linea, in deposito e al posto centrale.

Tale sistema permetterà lo svolgimento delle funzioni fondamentali alla regolarità e alla sicurezza d'esercizio.

Nel Posto Centrale di Comando e Controllo avverrà il monitoraggio e la gestione centralizzata di tutta la rete tranviaria. I comandi necessari alla regolazione della circolazione, attraverso la rete di telecomunicazioni, vengono inoltrati ai posti periferici i quali, interagendo con i dispositivi installati sul campo e a bordo dei veicoli, agiscono sui sistemi atti alla regolazione del traffico.

SOTTOSISTEMA UTC tramvia

Al fine di realizzare la priorità semaforica per la tramvia senza diminuire la sicurezza dell'intersezione né l'efficienza del traffico privato questa unità avrà il compito di:

- prevedere con sufficiente anticipo (fino a 2 min.) e con buona precisione l'arrivo del mezzo pubblico all'incrocio. Il parziale conflitto fra le due esigenze è risolto rilevando come ultima posizione certa il passaggio del tram ad una distanza dall'incrocio tale da garantire da un lato lo spazio di frenata del mezzo e dall'altro il tempo minimo di inversione e sgombero nella fase semaforica opposta. Le prime previsioni, anticipate e poco precise, saranno sostituite con le successive, più accurate. Ciò consente così all'intersezione di adattare le fasi semaforiche gradualmente e con largo anticipo. Si noti che, normalmente, la previsione così anticipata richiede un coordinamento locale e centralizzato di più di un incrocio attrezzato;
- ottimizzare per quanto riguarda il traffico privato e coordinate tra le varie intersezioni le variazioni alle fasi semaforiche dei vari incroci, allo scopo di non danneggiare il traffico privato stesso.

Tenendo conto di tutte le esigenze sopra espresse, le varie intersezioni cooperano almeno per:

- trasferire le previsioni di arrivo alle intersezioni che il mezzo incontrerà in successione (fino ad un orizzonte di circa due minuti e tenendo conto della priorità effettivamente assegnata al mezzo);
- mantenere il coordinamento dinamico delle fasi semaforiche.

L'UTC tramvia sarà dotata di una struttura gerarchica ad intelligenza distribuita dove al livello centrale vengono stabilite le strategie di controllo del traffico per i vari settori di rete, ed al livello locale (incrocio) il controllo è attuato alla singola intersezione in base alle condizioni effettive del traffico privato e alle richieste di priorità per i mezzi pubblici.

Le intersezioni strumentate costituiscono reti magliate o assi di scorrimento. Per ciascuna situazione l'UTC tramvia determina, ai due livelli, la regolazione ottimale.

Il sistema centrale sarà dotato delle interfacce hardware/software per la connessione ad altri sistemi di gestione, quali ad esempio il sistema U.T.C. comunale di centralizzazione semaforica che, in base alle informazioni ricevute dall'UTC tramvia, provvede a coordinare le zone adiacenti alla direzione asservita alla priorità.

Al fine di ottenere il miglior modello di avanzamento del mezzo pubblico, il sistema, servendosi dei messaggi provenienti dal campo, dei messaggi di localizzazione (se disponibili dei messaggi ricevuti dalle centraline locali e dai parametri di servizio (es. orario di servizio) contenuti nella base dati, determina:

- la migliore stima del tempo di fermata;
- la migliore stima del tempo di percorso fino alla fermata (per un mezzo in arrivo alla fermata);
- la migliore previsione del tempo di arrivo alla linea di stop dell'incrocio (per tutti i veicoli tranviari).

La strategia di controllo da attuare è determinata sulla base dello stato previsto dell'area nel suo complesso e rielaborata ad ogni variazione significativa delle condizioni del traffico. Il criterio utilizzato per elaborare la strategia ottima consiste, ad esempio, nel minimizzare il tempo di viaggio complessivo speso dall'utenza.

La strategia è espressa numericamente in un piano semaforico di riferimento (durata suggerita delle fasi semaforiche, sincronismo tra i regolatori, pesi per i funzionali ottimizzati) per le singole intersezioni controllate.

Le strategie proposte saranno ricondotte a richieste di "maggiore scorrevolezza" o di "ostacolo" del traffico lungo determinate direttrici e saranno esprimibili in termini di velocità da mantenere sulle arterie di traffico e di portate e svolte da garantire ai nodi. Anche queste strategie saranno tradotte numericamente in un piano semaforico di riferimento per i controllori di campo.

I principali blocchi funzionali operanti a livello centrale saranno i seguenti:

- La funzione di "analisi ed archiviazione" raccoglie le informazioni provenienti dal campo (misure di traffico sulle singole sezioni, parametri osservati localmente, controllo attuato alle intersezioni, informazioni diagnostiche relative agli apparati), effettua una prima validazione dei dati e li archivia nella forma utile ai processi di controllo e di trasmissione verso altri sottosistemi.
- La funzione di "previsione", sulla base delle informazioni storiche di traffico (modello del traffico) e delle misure provenienti in linea dal campo, determina la previsione più attendibile di evoluzione del traffico nella rete e la corregge ad ogni variazione.

- La funzione “modello del traffico” utilizza tutte le informazioni disponibili sul traffico e le trasforma in informazioni storiche necessarie per l’elaborazione delle previsioni in linea.
- La funzione di “controllo” determina in modo autonomo la strategia da attuare nell’area.
- La funzione di “formazione del piano di riferimento” traduce la strategia in termini di piano semaforico (lunghezza minima, massima e media di ogni fase semaforica, sincronismo tra i regolatori, pesi per l’algoritmo di ottimo elaborato a livello di zona) e lo comunicare agli apparati a campo.
- La funzione di “interfaccia di comunicazione con il sistema UTC comunale” permette lo scambio di informazioni utili all’esercizio tra il Posto Centrale e il sistema UTC comunale.
- Il sottosistema UTC tramvia fornisce all’UTC comunale i dati sullo stato del traffico nelle zone gestite e tutte le informazioni relative i criteri di regolazione semaforica attuati. La funzione di “supervisione della circolazione stradale” acquisisce i dati relativi allo stato della circolazione, al volume dei flussi veicolari, al tasso di svolta agli incroci, e ai gradi di congestionamento della circolazione che provengono dai rilevatori di traffico. Le informazioni saranno rappresentate sull’interfaccia operatore delle postazioni interessate in quanto fondamentali per la regolazione del traffico, e rese disponibili alle altre unità funzionali e a enti esterni quali l’UTC comunale.

SOTTOSISTEMA SAI

Il Sottosistema di Aiuto Informazione (SAI) è costituito dalle seguenti unità funzionali principali:

- Informazione sonora e visiva ai viaggiatori a terra.
- Informazione sonora ai viaggiatori a bordo.
- Registrazione delle conversazioni.

Il SAI è utilizzato dall’Operatore Regolatore del traffico.

INFORMAZIONE SONORA E VISIVA AI VIAGGIATORI A TERRA

Questa funzione invia, in tempo reale, al Posto Periferico le informazioni sonore e visive, utili ai viaggiatori.

Le informazioni saranno generate tenendo conto dello stato reale della circolazione e delle informazioni inserite dal Regolatore.

Le tipologie delle informazioni, elencate in ordine di priorità crescente, sono le seguenti:

- allarme;
- circolazione;

- di servizio;
- cicliche.

L'invio di informazioni di bassa priorità può essere interrotta all'occorrenza di una comunicazione di priorità maggiore.

Le principali informazioni di circolazione inviate sono:

- tempo d'attesa;
- coincidenze;
- annuncio prossimo Tram in arrivo;
- destinazione prossimo Tram;
- passaggi senza sosta.

L'algoritmo di calcolo di tali informazioni deve tenere conto del superamento di punti «particolari» della linea (Tram in arrivo), della previsione di passaggio o di arrivo sulla fermata e delle informazioni contenute nell'orario di servizio.

Le principali informazioni di allarme inviate sono:

- perturbazioni impreviste;
- evacuazione.

Tali informazioni saranno inviate all'atto dell'acquisizione automatica (elaborazioni di altre unità funzionali del sistema) o manuale (comunicazioni del Regolatore) dell'evento di allarme.

Le principali informazioni cicliche inviate sono:

- giorno e ora;
- pubblicità;
- informazioni culturali, sportive, a carattere locale.

Tali informazioni saranno attivate in mancanza di altre tipologie di comunicazioni e vengono inviate al PP all'inizializzazione dello stesso o ad esempio durante le ore notturne.

Le informazioni saranno realizzate utilizzando pannelli informativi e altoparlanti siti sui marciapiedi delle stazioni e in particolari luoghi (corrispondenza bus, treni, locali di lavoro, ecc.)

INFORMAZIONE sonora ai viaggiatori a bordo

Questa funzione invia, in tempo reale, alle apparecchiature di bordo le comunicazioni agli utenti.

Le informazioni saranno generate tenendo conto dello stato reale della circolazione e delle informazioni inserite dal Regolatore.

Le tipologie delle informazioni, elencate in ordine di priorità crescente, sono le seguenti:

- allarme;
- circolazione;
- di servizio;
- cicliche.

L'invio di informazioni di bassa priorità può essere interrotta all'occorrenza di una comunicazione di priorità maggiore.

Le principali informazioni di circolazione inviate sono:

- coincidenza prossima stazione;
- annuncio prossima stazione.

L'algoritmo di calcolo di tali informazioni deve tenere conto del superamento di punti «particolari» della linea (Tram in arrivo), della previsione di passaggio o di arrivo sulla fermata e delle informazioni contenute nell'orario di servizio.

Le principali informazioni di allarme inviate sono:

- perturbazioni impreviste;
- evacuazione.

Tali informazioni saranno inviate all'atto dell'acquisizione automatica (elaborazioni di altre unità funzionali del sistema) o manuale (comunicazioni del Regolatore) dell'evento di allarme.

Le principali informazioni cicliche inviate sono:

- giorno e ora;
- pubblicità;
- informazioni culturali, sportive, a carattere locale.

Non è prevista la gestione di messaggi informativi diversi da quelli inerenti l'esercizio tranviario. Si può comunque prevedere la gestione anche di altre tipologie.

Tali informazioni saranno attivate in mancanza di altre tipologie di comunicazioni e vengono inviate al Bordo all'inizializzazione del colloquio con lo stesso.

Le informazioni saranno realizzate a mezzo altoparlante.

REGISTRAZIONE delle conversazioni

Questa funzione permette la registrazione delle conversazioni effettuate tra gli Operatori del PCC e il personale di bordo effettuate utilizzando i seguenti sistemi:

- telefonia;
- radiofonia.

SOTTOSISTEMA GTC

Il sottosistema GTC assolve alle seguenti funzioni:

- Sovrintende la gestione delle alimentazioni a tutti i livelli di dettaglio.
- Determina lo stato corrente del sistema nel suo complesso (apparecchiature al Posto Centrale, apparati di telecomunicazione, impianti e infrastrutture periferiche, ecc.) con funzioni di diagnostica.
- Supporta i tecnici addetti alla ricerca, localizzazione e riparazione dei guasti.
- Fornisce supporto nella pianificazione ed esecuzione delle attività di manutenzione, in coordinamento con il Responsabile della gestione.
- Elabora le statistiche di anomalie riferite alla consistenza per la propria area di competenza.
- Gestisce dell'interfaccia operatore del sistema di controllo televisivo TVCC.

Le funzioni del sottosistema possono classificarsi in due principali categorie:

- Gestione tecnica centralizzata degli impianti.
- Gestione tecnica centralizzata del sistema di elaborazione centrale.

Nella prima funzione rientrano tutte le attività, automatiche o eseguite dagli operatori tramite gli strumenti messi a disposizione dal sottosistema, che interessano l'insieme delle apparecchiature, degli enti, degli impianti tecnologici ausiliari ecc. presenti in linea e che in generale possono essere definiti impianti o infrastrutture.

La seconda funzione riguarda essenzialmente le apparecchiature e il software installati nel posto centrale. E' prevista un'accurata supervisione dello stato della rete e delle unità che su essa insistono per rilevare tempestivamente, e confinare efficacemente, eventuali anomalie di funzionamento dell'hardware o del software. Agli specifici strumenti di monitoraggio e configurazione della rete (Network Management) saranno poi affiancati strumenti per la gestione delle modifiche alla base dati e per la manutenzione del software applicativo in generale (tali funzionalità saranno previste tra i compiti dell'addetto alla manutenzione).

SUPERVISIONE E DIAGNOSTICA DEGLI IMPIANTI

La funzione di Supervisione degli Impianti realizzata a livello di Posto Centrale ha il compito di monitorare lo stato di:

- impianti di Segnalamento,
- impianti di TE,
- apparati e rete di TLC,
- impianti Tecnologici ausiliari nei Posti Periferici,
- infrastrutture e sede.

Le funzioni di Supervisione impianti consentono di:

- ottimizzare le attività connesse al monitoraggio degli impianti e delle infrastrutture fornendo gli strumenti opportuni per la rilevazione tempestiva dei guasti e delle anomalie (in atto o previsti), per la gestione, il supporto tecnico e il coordinamento degli interventi di manutenzione preventiva, on condition e di riparazione;
- disporre di informazioni costantemente aggiornate sullo stato delle infrastrutture interessate alla circolazione, delle apparecchiature e degli impianti tecnologici periferici, attraverso una capillare raccolta e preelaborazione dati effettuata da Posti Periferici;
- creare e aggiornare gli archivi storici utilizzati, tra l'altro, come supporto alle attività proprie di diagnostica e manutenzione (interventi di manutenzione preventiva o di riparazione, programmazione ecc.);
- visualizzare i dati acquisiti sull'interfaccia operatore, in particolare essa prevede:
- menù per la selezione delle opzioni da attivare
- maschere video per l'introduzione e visualizzazione dei dati
- grafici sinottici in cui saranno rappresentati i componenti controllati, lo stato corrente di funzionamento e gli eventuali stati di allarme.

Gli obiettivi principali del sottosistema saranno essenzialmente due:

- fornire gli strumenti opportuni per l'attivazione degli interventi di manutenzione e per il supporto operativo in fase di intervento, con particolare riguardo alle implicazioni che tali attività possono avere sulla circolazione;
- mettere a disposizione dei altri sistemi (es. SAE) informazioni in tempo reale sullo stato degli impianti e delle infrastrutture.

SUPERVISIONE DIAGNOSTICA TRAM

Scopo della supervisione e diagnostica del materiale rotabile è quello di:

- acquisire e monitorare lo stato delle apparecchiature presenti a bordo dei tram;
- acquisire gli allarmi generati dai sistemi di bordo che presentano criticità;
- visualizzare i dati acquisiti sull'interfaccia operatore, in particolare essa prevede:
 - menù per la selezione delle opzioni da attivare;
 - maschere video per l'introduzione e visualizzazione dei dati;
 - grafici sinottici del sistema di bordo in cui saranno rappresentati i componenti controllati, lo stato corrente di funzionamento e gli eventuali stati di allarme.

SUPERVISIONE APPARECCHIATURE INTERNE DI POSTO CENTRALE

Il sottosistema di supervisione delle apparecchiature ha il compito di:

- Effettuare un efficiente e efficace monitoraggio della rete, dei programmi installati e delle unità tecnologiche connesse presenti nel Posto Centrale, tramite opportuni strumenti diagnostici propri del software di base o realizzati ad hoc e facenti parte del sistema oggetto di fornitura, che saranno appositamente integrati con gli applicativi costituenti il sistema stesso.
- Monitorare dal Posto Centrale le apparecchiature e i programmi installati e funzionanti nei Posti Periferici con il compito di verificare lo stato di funzionamento di tutti i sottosistemi, tramite uno scambio dati su rete locale, e di evidenziare eventuali situazioni di anomalia o guasto riscontrate in questa attività di verifica.
- Monitorare e verificare il corretto funzionamento di tutti i sistemi di telecomunicazione fornendo gli opportuni allarmi in caso di guasto ai sistemi di telecomunicazione vitali.
- Visualizzare lo stato del sistema su alcune postazioni dedicate (sia al Posto Centrale che ai Posti periferici) nonché permettere l'attuazione delle procedure operative previste per la manutenzione del sistema (configurazione dei dati, gestione della rete, ecc.). In particolare la visualizzazione dei dati sull'interfaccia operatore prevede:
 - menu per la selezione delle opzioni;
 - maschere video per l'introduzione e visualizzazione dei dati;
 - grafici sinottici con la rappresentazione dei componenti controllati e, per ciascuno di essi, lo stato corrente di funzionamento e gli eventuali stati di allarme;
 - procedure guidate per la ricerca guasti;

- finestre video per la visualizzazione della documentazione tecnica (specifiche, procedure, schemi e disegni).

ART 3 DIAGNOSTICA E MANUTENZIONE

Obiettivo di questo sottosistema è quello di gestire i dati provenienti dai sottosistemi di supervisione per consentire le operazioni di diagnostica e favorire la pianificazione della manutenzione programmata e on condition al fine di:

- prevenire l'insorgenza di guasti;
- offrire un supporto tecnico di primo intervento in caso di guasto:

A tale scopo il sottosistema costruisce e aggiorna una base dati dinamica che analizza e descrive il sistema in modo funzionale e consente la pianificazione della manutenzione in funzione delle varie politiche previste quali:

- manutenzione preventiva "on condition", basata sul raggiungimento di una soglia limite;
- manutenzione preventiva programmata, a intervalli temporali fissati;
- manutenzione correttiva a seguito di un guasto.

La conoscenza dei dati reali di funzionamento degli enti e l'elaborazione dei dati acquisiti consente di segnalare alle procedure di pianificazione:

- gli stati di rilevato malfunzionamento, tali da richiedere un intervento non pianificato di manutenzione correttiva;
- le previsioni sulle effettive necessità di intervento manutentivo, con tecniche di diagnosi preventiva o predittiva, per l'aggiornamento dei programmi di intervento;

Ogni apparecchiature tecnologica è in grado di effettuare operazioni di diagnostica e localizzazione del guasto/anomalia per determinare con la massima precisione possibile le implicazioni sulla circolazione e la tipologia di intervento necessario.

La raccolta dei dati diagnostici contribuisce alla creazione e all'aggiornamento di archivi storici da utilizzarsi a supporto delle attività proprie di diagnostica e a quelle di manutenzione, con particolare enfasi a quelle di tipo preventivo.

Anche la rilevazione del transito di ogni vettura e lo scarico dei suoi dati diagnostici permette la pianificazione in tempo reale di tutti i processi manutentivi e l'applicazione di tutte le varie politiche di gestione atte a minimizzare i guasti e quindi i disservizi.

Le eventuali anomalie saranno segnalate tramite allarmi sulle postazioni operatore dove specifiche procedure guidate consentono agli operatori di localizzare con sufficiente precisione l'anomalia/guasto in atto, di reperire la documentazione tecnica e procedurale per una diagnosi dell'evento, di pianificare, di coordinare e di gestire l'intervento di manutenzione.

In caso di malfunzionamento in linea il ruolo del sottosistema è soprattutto quello di offrire un supporto tecnico specialistico di primo intervento al personale che ha segnalato il guasto via fonia, al fine di ripristinare, ove possibile, le condizioni minime che consentano funzionalità ridotte e/o il ricovero del materiale e minimizzare in tal modo le interferenze sul resto della circolazione.

Tutti i dati sul tipo di malfunzionamento e sulle conseguenze che esso ha sulla circolazione saranno comunicati anche al sistema SAI per consentire l'informazione al pubblico.

In fase di intervento di manutenzione, poi, il sottosistema fornisce l'adeguato supporto informativo e di guida all'operatore consentendo l'accesso ad una banca dati di documentazione tecnica e normativa che deve essere consultabile a partire da un qualunque terminale connesso al sottosistema.

Saranno previste infine apposite procedure per la raccolta e formalizzazione dei dati relativi agli interventi effettuati e per la produzione della modulistica prevista, oltre a procedure di gestione dei magazzini scorte per l'aggiornamento/consultazione del database relativo (ubicazione materiali, quantitativi, caratteristiche tecniche ecc.).

ART 4 GESTIONE SICUREZZA E TELESORVEGLIANZA

Fanno capo a questo sottosistema gli impianti di antintrusione, di rilevamento incendi e di TVCC del Posto Centrale e dei Posti Periferici.

Dalle postazioni installate nel Posto Centrale gli operatori possono controllare le aree di fermata accessibili al pubblico.

La visualizzazione delle immagini TVCC prodotte dalle telecamere presenti nei Posti Periferici è ottenuta, di norma, su richiesta dell'operatore e può riguardare immagini riprese in diretta (riprodotte con tecnica di video lento) o immagini registrate presso il Posto Periferico.

In caso di allarmi generati dai sistemi di antintrusione e/o antincendio del Posto Periferico, su uno dei monitor a disposizione dell'operatore è visualizzato in automatico l'immagine TVCC prodotta dalle telecamere presenti nel posto da cui proviene l'allarme

Una registrazione delle immagini consente un esame a posteriori di situazioni critiche segnalate, allo scopo di fornire agli organismi competenti informazioni utili a individuarne le cause e/o i responsabili (ad es. responsabili di vandalismi, borseggi ecc..).

L'interazione con gli impianti di Informazione al Pubblico (visualizzazioni tramite pannelli informativi e annunci sonori), unitamente alla disponibilità di idonee risorse di comunicazione telefonica e radio, consente l'invio di messaggi di emergenza ed il coordinamento delle attività di gestione dell'emergenza in corso.

Idonei collegamenti attraverso linee telefoniche della rete pubblica consentono inoltre tempestivi contatti (scambi di informazioni, richieste di intervento, ecc..) con strutture esterne, come ad esempio Vigili del Fuoco, Polizia, Centri di Coordinamento Assistenza.

REALIZZAZIONE NUOVA LINEA TRAMVIARIA PADOVA SIR 3

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

SEZIONE SISTEMI INFORMATIVI E TRASMISSIVI

INDICE

1	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	69
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	69
2	DESCRIZIONE DEI SISTEMI TECNOLOGICI DI TELECOMUNICAZIONI.....	72
3	RETE TRASMISSIONE DATI.....	73
3.1	ELEMENTI ESSENZIALI DELLA RETE.....	74
3.2	SCHEMA LOGICO DI RETE.....	74
3.3	QUALITÀ DEL SERVIZIO.....	75
3.4	MULTICAST IP.....	76
3.5	DORSALE IN FIBRA OTTICA.....	78
3.6	RETE IN DI FERMATA.....	78
3.7	RETE DI PCC.....	79
4	RETE DI COMUNICAZIONE LONG RANGE.....	80
5	IMPIANTO DI TELEFONIA VOIP.....	81
6	IMPIANTO DI DIFFUSIONE SONORA.....	81
6.1	DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA DEGLI IMPIANTI.....	82
6.2	MACROFUNZIONI DEL SISTEMA.....	83
6.3	ANALISI FUNZIONALE DEL SISTEMA.....	83
7	IMPIANTO PANNELLI INFORMATIVI.....	85
7.1	MACROFUNZIONI DEL SISTEMA.....	85
7.2	FUNZIONI DEL SISTEMA.....	87
8	SINCRONIZZAZIONE ORARIA.....	89
9	IMPIANTO TVCC.....	90
9.1	FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA.....	91
10	SCADA IMPIANTI FISSI.....	92

ART 1 NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Riferimenti Normativi

Nel seguito è riportato l'elenco delle norme d'interesse per progettazione e costruzione di un sistema tramviario:

[Normativa Generale]

- Norme UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; in particolare, UNI – UNIFER.
- Norme CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano.
- Norme ISO: International Standards Organization.
- Norme CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization.
- Norme ITU – T: International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector.
- Norme IEC: International Electrotechnical Commission.
- Norme IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Norme e circolari Ministero dei Trasporti - Codice della Strada vigente in Italia.
- Leggi regionali, normative comunali, regolamenti edilizi e della Azienda Sanitaria Locale.
- Prescrizioni dei Vigili del Fuoco del Comando di zona.

[Normative applicabili al sistema di Segnalamento]

- Circolare 081 MCTC del 31 maggio 1996 (ex legge 211/92) - Linee Guida per la progettazione delle Tramvie.
- UNI 8379/2000 - Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia metropolitana, metropolitana leggera, tramvia veloce e tramvia) – Termini e definizioni.
- BOStrab Regolamenti e Linee guida per la costruzione e gestione delle Light Rail – Repubblica Tedesca (Standard de facto in quanto ampiamente diffusi nel mondo).
- UNI 7836 - Metropolitane. Geometria del tracciato delle linee su rotaia. Andamento planimetrico ed altimetrico e tolleranze di costruzione.
- Norma UNI 5646-65 – Attraversamenti di ferrovie e tranvie extraurbane con strade pubbliche.
- UNI - UNIFER 7156 - Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e interbinario.
- IEC 61508: Sicurezza funzionale di sistemi di sicurezza elettrici/elettronici/elettronici programmabili.
- CEI EN 50126 - Railway Applications - The Specification And Demonstration Of Reliability, Availability, Maintainability And Safety (Rams) – Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS).
- CEI EN 50128 - Applications - Software for Railway Control and Protection Systems Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Software per sistemi ferroviari di comando e di protezione. - CEI EN 50129 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione – Sistemi elettronici di sicurezza per il segnalamento.
- ISO 14001 - Environmental Management Systems - Specification With Guidance For Use.
- ISO 90003 del 2004 – Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2008 to computer software.
- UNI EN 124:1995 - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità.
- UNI EN 12368 - Attrezzatura per il controllo del traffico - Lanterne semaforiche.

- UNI EN 12675 - Regolatori semaforici - Requisiti di sicurezza funzionale.
- CEI EN 50155 - Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Equipaggiamenti elettronici utilizzati sul materiale rotabile.

ART 2 DESCRIZIONE DEI SISTEMI TECNOLOGICI DI TELECOMUNICAZIONI

I sistemi di telecomunicazione della Tramvia SIR3 di Padova, sono costituiti dai seguenti :

- Rete di trasmissione.
- Rete di comunicazione Long Range.
- Impianto telefonia.
- Impianto di informazione al pubblico.
- Impianto Videosorveglianza.
- Impianto di Sincronizzazione oraria.
- Scada Impianti fissi.

ART 3 RETE TRASMISSIONE DATI

Il sistema di Trasmissione consentirà il collegamento degli apparati periferici di fermata e di linea a quelli centrali di PCC per i seguenti impianti del sistema di Telecontrollo:

- Impianto Telefonico.
- Impianto Diffusione Sonora.
- Impianto TVCC.
- Impianto di Sincronizzazione Oraria.
- Impianto Pannelli Informativi.
- SCADA impianti fissi (RTUs).
- Centraline Semaforiche.
- Unità Controllo Scambi.

In particolare, esso garantirà lo scambio di informazioni tra i sottosistemi suddetti ed il sottosistema di comando e controllo.

Inoltre, il sistema di trasmissione gestirà il servizio di remotizzazione di linee seriali in fermata e rende disponibili interfacce Ethernet per gli impianti tramviari di seguito elencati:

- Sistema di Tariffazione automatica (emettitrici e obliteratrici di titoli di viaggio).
- Telecomando SSE.
- Sistema di Segnalamento, localizzazione e priorità semaforica.
- Sistema di controllo semaforico.

Il sistema dovrà essere predisposto per una futura espansione; infatti, il nodo di trasmissione di PCC dovrà essere provvisto di slot per la realizzazione di ulteriori anelli ottici per la realizzazione di eventuali future espansioni della linea Tranviaria.

Gli impianti per i quali il sistema dovrà garantire politiche di Qualità del Servizio, in quanto le informazioni di propria competenza e i dati trasferiti sulla rete presentano una elevata sensibilità ai ritardi di trasmissione introdotti dalla rete stessa, saranno l'impianto TVCC, Telefonico e Diffusione Sonora.

Gli impianti, invece, per i quali potrà non essere applicata la politica della Qualità del Servizio sono lo SCADA impianti fissi, l'impianto di Sincronizzazione Oraria, i Pannelli Informativi, Tariffazione automatica e gli impianti allacciati al Line server.

Il sistema sarà costituito da una Rete Multiservizio, basata su Switch di Livello 3 con interfacce ethernet su portante ottica in configurazione ad anello con standard 802.3z Gigabit Ethernet, per il trasporto delle diverse informazioni dalle stazioni periferiche al Posto Centrale di comando e Controllo (PCC), mediante interfacce ethernet 10/100 Mbit.

Elementi essenziali della rete

- nodo multiservizio di PCC;
- nodo multiservizio di fermata;
- ethernet switch;
- dorsale in fibra ottica.

La funzionalità del nodo di fermata sarà quello di raccolta dei servizi fonia e dati delle apparecchiature in campo (telefoni automatici, apparati di codifica audio/video, centrali orarie, etc.) per l'inserimento nella rete Multiservizio Gigabit Ethernet.

Il nodo di PCC, quindi, riceve le informazioni provenienti dagli apparati periferici consentendone la connessione verso i corrispondenti apparati centrali.

L'impiego di switch L3 nei nodi, garantisce caratteristiche adeguate in termini di switching/routing priorità dei diversi flussi di traffico dati trasportati dalla rete in oggetto.

Schema logico di rete

Il sistema trasmissivo permetterà di collegare i siti periferici di fermata con il posto centrale. Basato su di una Rete in Fibra Ottica che utilizzerà Switch Ethernet Layer 3 per ogni nodo, ovvero su ogni fermata, trasporterà i dati per i sistemi di segnalamento e di gestione della priorità semaforica e collegherà il sistema di controllo SCADA di posto centrale con le sottostazioni elettriche della linea.

Lo schema di rete del sistema trasmissivo, descritto in figura 2, è costituito da un anello in fibra ottica che collega tutte le fermate della linea.

Su ogni fermata sarà previsto lo spillamento del cavo in fibra che costituisce l'anello, alternativamente o sul percorso di andata o su quello di ritorno, ad eccezione del Capolinea Fermata FS, in carico a Linea SIR1, presso il quale sarà previsto lo spillamento su entrambe i percorsi al fine di raccordarsi con le portanti ottiche della stessa Linea SIR 1 per garantire il collegamento al PCC.

Nei casi in cui ci sarà lo spillamento i cavi in fibra ottica saranno terminati sui telai, installati in appositi armadi, nelle fermate e nelle sottostazioni della tramvia.

All'anello in fibra saranno collegate anche le sottostazioni elettriche (SSE) provviste ognuna di SWL3.

I collegamenti tra gli apparati dovranno essere effettuati rispondendo all'esigenza di limitare il numero massimo di salti necessari ad ogni switch per raggiungere il PCC al fine di ottimizzare i processi del protocollo STP.

Questa architettura di rete consentirà ad ogni switch di reindirizzare il traffico da e verso il PCC in un percorso alternativo in caso di malfunzionamenti o interruzione dell'anello ottico in un punto qualsiasi.

Qualità del Servizio

I nodi della rete dovranno garantire la corretta assegnazione delle priorità di trasmissione ai pacchetti appartenenti ad ogni flusso in maniera tale che, a ciascuna applicazione, sia garantita la Qualità del servizio richiesta anche in caso di congestione del traffico.

Il traffico potrà essere suddiviso in due tipologie differenti, come indicato di seguito:

A burst: il flusso informativo non richiede un riferimento temporale preciso. Generalmente, tale flusso è intermittente, ovvero brevi periodi di attività (trasmissione) sono intervallati da lunghi periodi di inattività. Tale flusso è il tipico traffico dati classico.

/isocrono: il flusso informativo richiede un riferimento temporale preciso ovvero la trasmissione delle informazioni è continua. E' il caso della trasmissione numerica del segnale vocale e video. L'impiego del collegamento è prossimo al 100% del tempo di collegamento.

Per un traffico a burst una comune rete a commutazione di pacchetto è la piattaforma trasmissiva più idonea.

Per un traffico isocrono sono necessari collegamenti con una banda appropriata che, generalmente, una rete a commutazione di circuito è in grado di garantire.

Il sistema di trasmissione, impiegando una moderna commutazione di pacchetto ad elevate prestazioni (switch layer 3) ed una implementazione di tecniche di Qualità del Servizio supporta traffico di tipo isocrono.

Gli apparati del sistema trasmissivo forniranno la gestione della Qualità del Servizio (QoS) in termini di priorità, banda passante, ritardo massimo, varianza del ritardo dei pacchetti. Ovvero, tale servizio

consente di garantire alle utenze selezionate il rispetto di valori assegnati di parametri come banda passante, ritardo massimo e varianza del ritardo dei pacchetti; ciò avverrà indipendentemente dal livello globale di traffico presente in rete realizzando così canali virtualmente dedicati per flussi dati isocroni (audio e video).

Multicast IP

Il sistema trasmissivo fornirà il supporto al Multicast IP. Impiegando la capacità di inoltro multicast dei nodi switch, un'applicazione è in grado di trasmettere l'informazione a più utenti contemporaneamente inviando in rete una sola copia dei dati; saranno poi, i nodi della rete che eventualmente (se necessario), duplicheranno l'informazione per raggiungere tutti i destinatari; in ogni caso, la duplicazione dell'informazione avverrà esclusivamente presso la destinazione riducendo così al minimo il traffico effettivo in rete. Tale tecnologia può essere applicata nei seguenti casi:

- messaggi vocali al pubblico verso un gruppo o tutte le fermate contemporaneamente;
- visualizzazione su più di un monitor dell'immagine proveniente da una stessa telecamera.

Nella figura sottostante è mostrato il caso di una rete che non supporta la trasmissione Multicast IP: il mittente è costretto a trasmettere tanti flussi informativi quanti sono gli utenti che vuole raggiungere; in tal caso lo sforzo di elaborazione del mittente è proporzionale ai destinatari come lo è il traffico che la rete deve supportare.

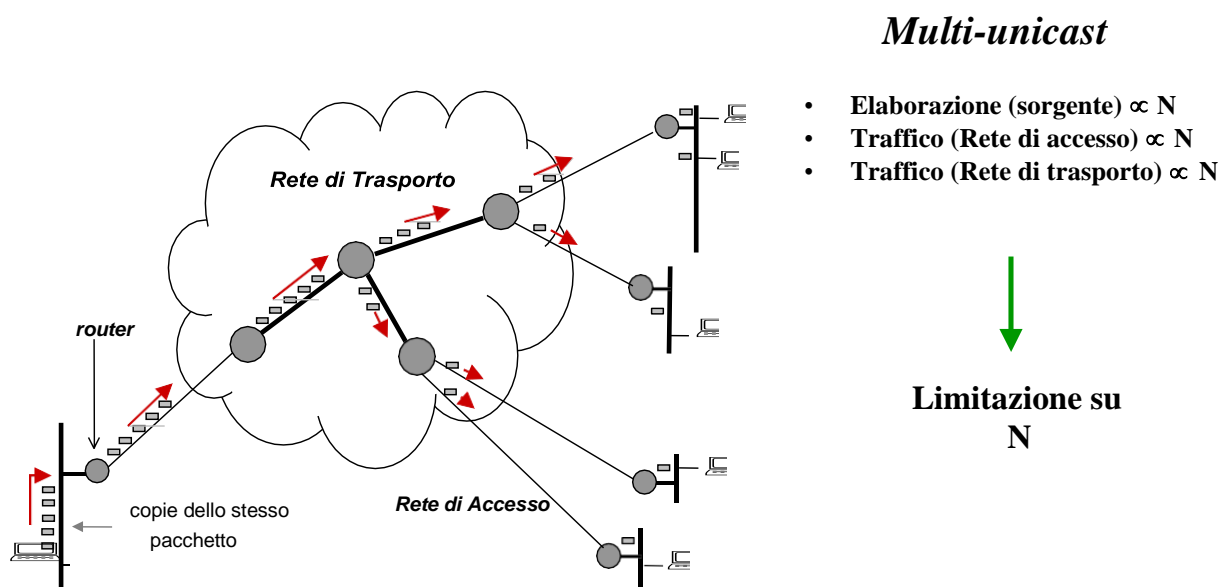


Figura 2 - Trasmissione "uno a molti" su una rete che non supporta il Multicast IP

Nella Figura sottostante è mostrato il caso di una rete che supporta la trasmissione Multicast IP: il mittente trasmette un solo flusso informativo indipendentemente dal numero di utenti che vuole raggiungere; in tal caso lo sforzo di elaborazione del mittente è completamente indipendente dal numero dei destinatari e il traffico che la rete deve supportare è fortemente ottimizzato.

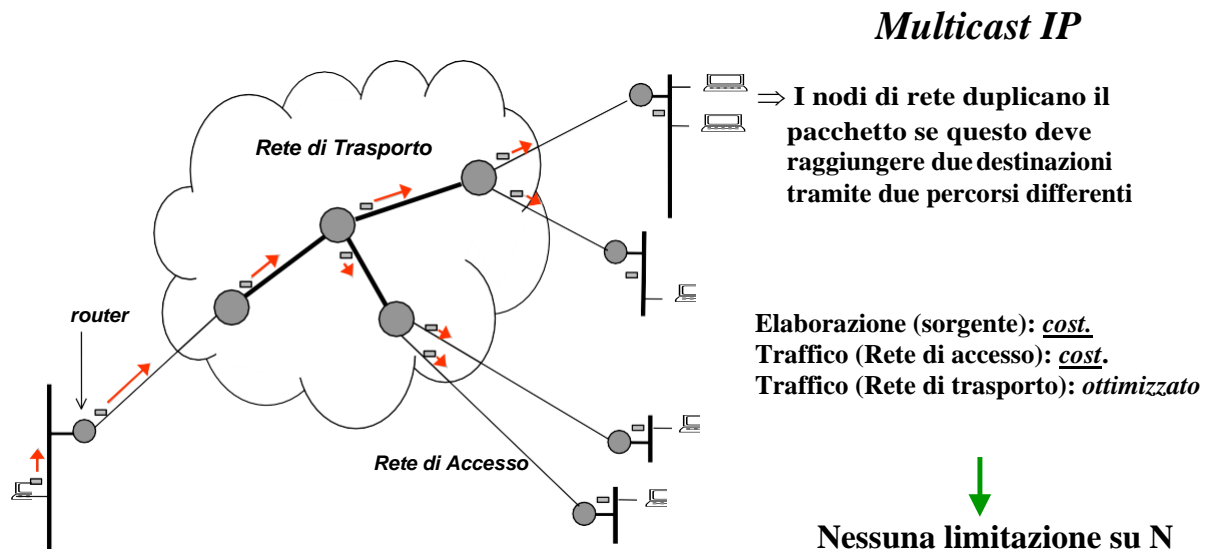


Figura 3 - Trasmissione "uno a molti" su una rete che supporta il Multicast IP

Dorsale in fibra ottica

Il supporto fisico che consentirà la connessione dei diversi nodi, è costituito da un cavo ottico; l'adeguata attestazione delle fibre ottiche del suddetto cavo consentirà la realizzazione della topologia ad anello ottico del sistema.

I cavi in fibra ottica sarà a 24 fibre monomodali, corazzato in conformità alle vigenti normative di riferimento. I cavi verranno posati ai lati del sedime tranviario costituendo un anello fisico con partenza dal PCC e richiusura lungo il tracciato

In ogni fermata ed al centro verranno attestate le fibre necessarie sugli switch L3 necessari alla realizzazione della rete.

Rete in di fermata

Presso ognuna delle fermate della Linea troveremo uno switch SWL3 sul quale saranno attestate le utenze di fermate e nelle SSE quelle di riferimento.

Le utenze di fermata collegate alla rete multiservizio sono riportate di seguito:

- Codec audio video, per la codifica del segnale video standard PAL delle telecamere di banchina e decodifica del segnale fonia proveniente dal PCC per la diffusione sonora verso gli altoparlanti.
- Monitor TFT/LCD , per la visualizzazione dei messaggi di testo che provengono dal PCC
- Il gateway VOIP, per il collegamento verso i telefoni; in particolare, il gateway VOIP converte la fonia e le segnalazioni tipiche dei sistemi telefonici analogici in trame IP per il trasporto verso il PCC mediante la rete.
- Le RTU (Remote Terminal Unit), sia SCADA impianti fissi che SCADA SSE per la raccolta delle segnalazioni di allarme e l'invio dei comandi provenienti dal PCC.
- Le emettitrici e le obliteratrici titoli di viaggio (sistema di tariffazione automatica), per la raccolta delle segnalazioni di allarme e l'invio dei comandi provenienti dal PCC.
- Il line server, per la conversione delle interfacce seriali standard RS232 e RS485 in trame IP per il trasporto verso il PCC mediante la rete (sistema di segnalamento, localizzazione e priorità semaforica, sistema di controllo semaforico)

Rete di PCC

Il presente paragrafo riporta le utenze con interfaccia nativa Ethernet direttamente collegate al nodo multiservizio al PCC:

- Il PABX per la connessione con il proprio sistema di gestione.
- Il Gateway FXS di Telefonia VOIP per la connessione (scambio di pacchetti IP contenenti fonia e segnalazioni) con i corrispettivi gateway di fermata.
- I Codec Video/Audio per la connessione IP con i corrispettivi codec di fermata.
- L'apparato Master Time Center, che rende disponibile il riferimento orario tramite protocollo NTP (Network Time Protocol) a tutti i sistemi che necessitano di sincronizzazione nella rete.
- Le workstation del sistema di controllo e comando della Tranvia per il collegamento con il Server dell'applicativo di gestione integrata.
- Il Server dell'applicativo di gestione integrata .
- Il Server dell'applicativo di gestione del sistema di tariffazione.
- Il Server dell'applicativo di gestione del sistema di segnalamento.
- Il Server dell'applicativo di gestione del sistema di manutenzione.
- Il Server dell'applicativo di gestione del sistema di SCADA SSE.
- Il Telephony Server.
- Il Server del sistema di gestione del PABX.
- Il Server del sistema di gestione della rete multiservizio.
- I Terminali di modalità degradata (DMT) che forniscono funzioni minimali limitatamente ai seguenti impianti (TVCC, Diffusione Sonora, SCADA impianti fissi).

La connessione al nodo multiservizio del PCC collega gli apparati suddetti fra loro e verso le apparecchiature di fermata e di SSE allacciate alla rete multiservizio.

ART 4 RETE DI COMUNICAZIONE LONG RANGE

La rete di comunicazione terra – bordo sarà realizzata attraverso:

- Una rete Wi-Fi a larga banda che lungo il tracciato avrà distribuiti una serie di Access Point.
- Un rete GPRS /LTE per comunicazione dati e voce

Le due soluzioni devono essere complementari.

Inoltre la rete Wi-Fi servirà per la connessione internet dei passeggeri.

La rete di distribuzione in FO descritta nel capitolo 5 garantirà la connettività radio tra terra e tram, questo sarà possibile anche per i 39 Access Point distribuiti lungo la linea.

E' previsto un access point per ogni fermata e lungo la linea dove necessario in funzione dello sviluppo planimetrico del territorio, il criterio adottato al momento è quello di un access point ogni circa 150 m.

La copertura della rete Wi-Fi dovrà essere totale e senza soluzione di continuità.

Il numero esatto degli access point dovrà essere frutto uno studio di copertura, questo nelle fase successive del progettazione.

Tutti gli access point saranno equipaggiati con due radio configurabili indipendentemente nella banda 2,4GHz (Wi-Fi per collegamento internet per i passeggeri) o nella banda 5GHz (per collegamento terra – tram segnalamento). Il collegamento terra – tram sarà realizzato in banda 5GHz grazie ad un access point installato a bordo di ogni tram.

ART 5 IMPIANTO DI TELEFONIA VOIP

Il sistema di telefonia in tecnologia VOIP consentirà di veicolare i servizi voce delle fermate e delle postazioni al PCC.

Il sistema utilizzato sarà del tipo SVTS che consente di gestire in maniera remota le singole postazioni di telefonia mantenendo la possibilità di una supervisione d'impianto, che potrà essere indicata anche con altri sistemi quali quelli per il controllo degli impianti elettrici.

Il sistema si compone di apparati VOIP, che agiranno da Gateway dislocati presso ogni fermata e che collegano i telefoni o citofoni alla rete di trasporto dati attraverso una interfaccia ethernet.

Ogni qual volta una persona dovesse pigiare il pulsante di chiamata del citofono (o comporre il numero dal telefono) il sistema sarà in grado di mettere in comunicazione vocale il citofono remoto con l'operatore del posto centrale e contemporaneamente rappresentare una planimetria a video l'area o la fermata da cui arriva la chiamata.

In caso di necessità l'operatore di posto centrale può selezionare una o più postazioni ed attivare una chiamata verso il telefono periferico.

Su ogni fermata quindi saranno impiegati apparati Gateway VOIP che potranno utilizzati con due collegamenti verso le postazioni telefoniche previste sulle fermate.

Presso il posto centrale, invece, è previsto l'utilizzo di telefoni VOIP per le postazioni operatore e di un apparato che permette l'interfacciamento del sistema telefonico al centralino in modo da avere una interconnessione verso la rete telefonica Telecom.

ART 6 IMPIANTO DI DIFFUSIONE SONORA

L'Impianto di Diffusione Sonora di Linea sarà inserito nella struttura di telecontrollo della tranvia, ovvero il sistema che consentirà al personale operativo di:

- supportare la supervisione del traffico,
- effettuare la diagnostica degli impianti di telecomunicazione,
- inviare informazioni ai passeggeri nelle fermate,
- eseguire comunicazioni di servizio con le fermate e le SSE.

Il controllo del servizio di diffusione sonora sarà mediato tramite il sistema di telecontrollo.

L'impianto di diffusione sonora di linea avrà lo scopo di consentire l'invio di annunci sonori registrati o dal vivo, da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale, in punti di diffusione quali:

- banchine di fermata, per fornire all'utenza informazioni sia sul traffico dei treni che di sicurezza,
- SSE, per fornire informazioni di servizio o di sicurezza al personale operativo.

La diffusione nelle fermate dei messaggi audio sarà possibile in tre modalità:

- **Automatica**

In modalità automatica verranno diffusi nelle fermate messaggi in accordo con gli eventi generati dal sistema di localizzazione veicoli.

- **Manuale**

In questa modalità ogni operatore avrà la possibilità di selezionare dalla sua postazione un messaggio audio da diffondere nelle stazioni. Le priorità sono gestite dal sistema di telecontrollo di PCC.

- **Dal vivo**

In modalità live ogni operatore può diffondere messaggi dal vivo verso le fermate selezionate.

Per la diffusione sonora nelle fermate sarà inoltre previsto un dispositivo per la riproduzione dei messaggi preregistrati.

Le postazioni operatore tramite l'interfaccia del sistema di telecontrollo consentono agli operatori del PCC di effettuare le operazioni di controllo e selezione dei messaggi audio preregistrati da inviare.

Distribuzione geografica degli impianti

Il sistema di diffusione sonora si baserà su una architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme postazioni operatore, localizzate nel Posto di Controllo Centrale (PCC), da cui sono eseguiti gli annunci dal vivo o registrati,
- la periferia dall'insieme delle apparecchiature di diffusione sonora dislocate nelle fermate ed sotto stazioni di energia (SSE) lungo il percorso tranviario.

La comunicazione fra il centro e la periferia sarà in TCP-IP garantita dalla presenza di una rete Multiservizio Gigabit Ethernet.

Nelle fermate sarà installata una coppia di diffusori sonori per ciascuna banchina, per consentire l'ascolto dei messaggi in tutta l'area della fermata stessa.

Macrofunzioni del sistema

I parametri fondamentali che caratterizzeranno l'architettura periferia-centro dell'impianto di Diffusione sonora saranno:

- La digitalizzazione dei segnali audio e il loro trasporto su rete IP.
- La digitalizzazione dei segnali audio consentirà il trattamento con opportuni algoritmi di compressione, al fine di ridurre la banda trasmissiva necessaria al loro.

L'utilizzo della rete IP permetterà la diffusione dei messaggi sonori dal PCC alle fermate/SSE, eliminando la necessità di matrici di commutazione fisiche.

Analisi funzionale del Sistema

Le funzionalità del sistema di Diffusione sonora in oggetto saranno:

- codifica/decodifica dei segnali audio per il loro trasporto in rete con protocollo TCP/IP,
- inoltro dell'annuncio registrato su evento specifico inviato da AVLS,
- invio di messaggi dal vivo e registrati su comando operatore,
- selezione della zona di diffusione,
- invio del tono di attenzione,
- gestione della priorità dei messaggi,
- diagnostica,
- configurazione degli apparati da postazione remota (tramite postazione PC con software dedicato),
- possibilità di gestione del sistema in modalità degradata (tramite postazione DMT).

Nella sala controllo del PCC vi saranno le postazioni operatore corredate di microfono a disposizione del personale adibito all'utilizzo del servizio di diffusione sonora per l'inoltro di messaggi dal vivo.

In sincrono col Sistema Automatico di Localizzazione del Veicolo (AVLS), il sottosistema di Diffusione sonora invierà nelle singole banchine i messaggi preregistrati che annunciano:

- l'arrivo del veicolo e il relativo tempo di attesa,
- la destinazione prossimo veicolo,
- il passaggio senza sosta,
- messaggi specifici su eventuali eventi anomali di esercizio rilevati.

L'operatore di PCC può, tramite l'interfaccia del sistema di telecontrollo, effettuare un annuncio al microfono o scegliere quale annuncio di servizio registrato trasmettere ai passeggeri e selezionare in quale delle banchine di fermata e/o SSE trasmetterlo. La diffusione audio può riguardare:

- Singolo punto di diffusione (su banchina o SSE selezionata),
- Gruppo di punti di diffusione (su banchine e SSE selezionate),
- In tutti i punti di diffusione (tutte le banchine e tutte le SSE).

La direzione dello stream audio proveniente dal centro verso la fermata sarà gestita dal sistema di telecontrollo mediante tecniche di multicasting IP.

I messaggi dal vivo avranno priorità sui messaggi registrati. Nel caso in cui vi sia un annuncio registrato in diffusione e l'operatore decida di effettuare in contemporanea, nello stesso punto di diffusione, un annuncio dal vivo, il messaggio registrato verrà bloccato non appena si attiverà la connessione del microfono. Gli annunci interrotti non saranno ripetuti.

Il sistema per la diagnosi dell'impianto di diffusione sonora fornisce informazioni relative agli apparati dell'impianto, in particolare permetterà di visualizzare i seguenti parametri:

- temperatura di esercizio del codec audio/video,
- funzionamento delle ventole di raffreddamento (velocità di rotazione),
- alimentazione interna al codec audio/video,
- stato delle interfacce,
- errori in trasmissione e ricezione sulla linea TCP-IP.

Sarà inoltre controllato il funzionamento degli amplificatori di fermata e di SSE tramite la verifica del segnale di uscita durante l'esecuzione dell'annuncio.

In ogni fermata sarà presente un codec audio/video con due uscite audio, un amplificatore, con una coppia di diffusori sonori associati, per banchina.

Anche nelle SSE saranno installati dei codec audio/video con una uscita audio collegati ad un amplificatore audio ed una coppia di diffusori a tromba.

L'acquisizione degli allarmi degli amplificatori di fermata sarà fatta tramite gli apparati di fermata dello scada impianti fissi.

I codec audio/video collegati agli amplificatori provvederanno alla funzione di decodificare i flussi in ingresso in segnali audio per la diffusione sonora dei messaggi nelle fermate e SSE.

ART 7 IMPIANTO PANNELLI INFORMATIVI

Il sistema di informazioni al pubblico di tipo visivo sarà realizzato tramite Pannelli informativi a Monitor TFT/LCD 19" con protezione antivandalo i quali, collegati con la rete Gigabit Ethernet di fermata, ricevono dal PCC le informazioni necessarie ad una corretta informazione ai passeggeri in attesa nelle fermate.

Nei locali a servizio del personale in linea, ubicati ai capolinea, sarà previsto un video con l'indicazione delle prossime partenze.

Le funzioni svolte dal sottosistema sono:

- Visualizzazione dell'arrivo del tram.
- Segnalazioni di eventuali ritardi.
- Destinazione prossimo tram.
- Visualizzazione di messaggi inviati dagli operatori del PCC.

Il sottosistema sarà costituito da una parte periferica che colloquia tramite la dorsale di comunicazione (GigaEthernet) con un posto centrale che ne permette la gestione.

Il sottosistema sarà gestito normalmente dal server del Sistema di Telecontrollo del PCC ed in condizioni degradate dal Degradated Mode Terminal (DMT) relativo.

La parte periferica sarà rappresentata da tutte le fermate della tranvia dove sono installati 2 monitor TFT/LCD 19" per ciascuna banchina presente (tipicamente 2 monitor per fermata).

Ai capolinea della tramvia saranno installati dei pannelli informativi: un monitor per capolinea.

Ogni locale di servizio ubicato ai capolinea, ad ausilio degli operatori in linea, verrà dotato di un monitor con indicazioni circa le partenze dei tram.

Macrofunzioni del sistema

Tutte le informazioni sopra descritte devono essere generate dal SW del Posto Centrale di Comando, che le invierà opportunamente ai monitor di fermata. Il SW al posto centrale dovrà essere in grado anche di controllare lo stato diagnostico del servizio in oggetto e poter inviare comandi di riavvio delle periferiche quando occorre un evento rilevante.

Ogni pannello sarà disposto in ciascuna delle due piattaforme di imbarco sotto la pensilina, il pannello di capolinea sarà disposto presso la piattaforma del capolinea stesso sotto la pensilina;

L'interconnessione tra gli apparati centrali e periferici avverrà per mezzo della rete multiservizio Gigabit Ethernet: il collegamento con l'apparato di comunicazione sarà tramite interfaccia Ethernet;

I due monitor saranno collegati a due porte Ethernet dello switch L3 di fermata;

Ogni monitor informativo possiede una propria CPU ed è in grado di memorizzare messaggi alfanumerici standard richiamabili da operatore tramite comando;

La CPU provvederà a raccogliere le informazioni diagnostiche del pannello per poi trasmetterle al centro di gestione integrato;

I monitor potranno visualizzare sia messaggi memorizzati che messaggi inviati dall'operatore;

I messaggi potranno avere una priorità di visualizzazione diversa;

I monitor , oltre che riportare le informazioni di partenza, devono visualizzare anche i seguenti contenuti multimediali disposti su 3 finestre:

- Finestra Principale dedicata ai Palinsesti multimediali.
- Finestra Immagini: dedicata a Sequenze di immagini.
- Finestra Notizie dedicata alla visualizzazione di notizie in formato testo.

I contenuti multimediali visualizzati sulle 3 finestre, possono essere costituiti da informazioni sui servizi erogati dal gestore della mobilità, dal comune, dalla provincia come ad esempio:

- Informazioni di tipo pubblicitario.
- Notizie di pubblica utilità, quali traffico, borsa, meteo.

Per quanto riguarda le informazioni a bordo, la logica rimane la stessa come sopra descritto.

In particolare a bordo, il sistema prevederà due monitor TFT da 17" installati dietro le due cabine del conducente, il collegamento tra i monitor TFT e il centro di controllo avverrà attraverso la rete WiFi..

Funzioni del Sistema

Il display sarà in grado di visualizzare dei messaggi presenti in un database che sarà allocato nella memoria del pannello informativo (Passenger Information Display PID) stesso.

Tali messaggi verranno chiamati pre-registrati ed hanno i seguenti vantaggi rispetto ai messaggi live:

- Minore occupazione di banda in trasmissione. Questi messaggi verranno referenziati tramite un indice univoco. Il messaggio di attivazione del messaggio conterrà, quindi, solo questo indice a prescindere dalla lunghezza del messaggio da visualizzare.
- Velocità nell'attivazione. Grazie alla possibilità di vedere i messaggi pre-registrati a livello centrale suddivisi per gruppi funzionali, anche la selezione dei messaggi da parte dell'operatore sarà decisamente più rapida.
- Sicurezza. Utilizzando i messaggi pre-registrati si sarà sicuri che quanto inviato sia esente da errori ortografici involontari, ecc
- Qualità del messaggio. All'interno del messaggio si potranno inserire dei caratteri speciali che generano diversi effetti di visualizzazione. Utilizzando i messaggi pre-registrati si sarà sicuri che l'effetto di visualizzazione voluto sia quello corretto in quanto sono messaggi creati off-line e testati in fase di creazione.

Le informazioni che dovranno essere inviate al display per attivare la visualizzazione di un messaggio pre-registrato sono le seguenti:

- Identificativo del messaggio da attivare.
- Priorità.
- Effetto grafico di visualizzazione (scorrimento, lampeggiamento, fisso, ecc.).
- Tempo di vita del messaggio (allo scadere di questo tempo, il messaggio sarà automaticamente cancellato).

Il display saranno in grado di visualizzare dei messaggi provenienti dal livello superiore di controllo.

Tali messaggi verranno chiamati live ed hanno come unico vantaggio rispetto ai messaggi pre-registrati la flessibilità. Infatti, il messaggio live permetterà di visualizzare qualsiasi cosa l'operatore vuole e con qualsiasi effetto.

Le informazioni che dovranno essere inviate al display per attivare la visualizzazione di un messaggio live sono le seguenti:

- La stringa del messaggio.
- Priorità.

- Effetto grafico di visualizzazione (scorrimento, lampeggiamento, fisso, ecc.).
- Tempo di vita del messaggio (allo scadere di questo tempo, il messaggio sarà automaticamente cancellato).

Il Pannello Informativo ha la necessità di essere sincronizzato con il centro per I seguenti motivi:

- Visualizzazione della data ed ora.
- Gestione del count-down.

La sincronizzazione può avvenire in due modalità:

- Tramite il protocollo di comunicazione tra display e livello superiore. Sarà previsto un messaggio specifico del protocollo che permette la sincronizzazione oraria dei display. Il display interpreta il messaggio ricevuto e attiva l'azione correttiva verso il proprio orologio.
- Tramite Network Time Protocol (NTP). In questo caso verrà configurato all'interno del display l'indirizzo IP del server NTP che si occuperà della sincronizzazione oraria.

Tramite il terminale di configurazione del display, è possibile aggiornare da remoto il firmware del display stesso.

ART 8 SINCRONIZZAZIONE ORARIA

L'impianto Sincronizzazione Oraria, utilizzato sia ad uso pubblico che per esigenze di servizio, sarà in grado di effettuare la sincronizzazione di tutti gli elementi ad esso collegati.

Gli apparati che necessitano di sincronizzazione saranno:

- orologi nelle fermate,
- orologi posti nei locali a servizio del personale in linea, ubicati ai capolinea,
- server, postazioni DMT e postazioni operatore del PCC,
- codec audio/video.

La sincronizzazione degli apparati avverrà utilizzando un NTP server.

Le principali caratteristiche dell'NTP saranno le seguenti:

- È completamente automatico e mantiene la sincronizzazione in modo continuativo;
- È adatto alla sincronizzazione sia di un solo calcolatore, sia di intere reti di calcolatori;
- Si può utilizzare con quasi tutti i tipi di calcolatori;
- Sarà resistente ai guasti e dinamicamente autoconfigurante;
- Diffonde il tempo UTC, quindi sarà indipendente dai fusi orari e dalle ore legali;
- La precisione di sincronizzazione arriva fino ad 1 millisecondo.

Un server primario NTP è un calcolatore collegato ad un orologio di alta precisione di riferimento e dotato di un software NTP.

Altri calcolatori dotati di un software similare, chiedono la sincronizzazione del proprio tempo di sistema al server primario che risponde con dei messaggi di sincronizzazione, il tutto in modo automatico.

Il sottosistema sarà costituito da una parte periferica che colloquia tramite la dorsale di comunicazione (GigaEthernet) con un posto centrale che ne permette la gestione.

La parte periferica sarà rappresentata da tutte le fermate della tranvia dove sono installati un Orologio Digitale per ciascuna banchina presente (tipicamente 2 orologi per fermata).

Presso i locali a servizio del personale in linea, ubicati ai capolinea, è previsto un orologio digitale di tipo analogo a quelli di fermata.

Il NTP Server presente al Posto Centrale distribuirà il segnale di sincronizzazione in formato Ethernet con protocollo NTP (RFC 1305), per i calcolatori del posto centrale, i codec Audio/Video sia del posto centrale che delle fermate,

I collegamenti tra il NTP Server nel PCC e gli apparati saranno tramite rete Gigabit Ethernet.

ART 9 IMPIANTO TVCC

L'impianto di TVCC avrà lo scopo di consentire la videosorveglianza delle fermate dislocate lungo la linea tranviaria da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale (PCC). Ciò ha il fine di:

- verificare il corretto svolgimento del servizio di trasporto passeggeri,
- agevolare il personale operativo ad effettuare le opportune richieste di intervento, presso le stesse fermate in caso di necessità,
- permettere di effettuare, da parte degli enti competenti, analisi di particolari eventi avvenuti nelle fermate, utilizzando la registrazione che il sistema TVCC fa delle immagini selezionate dagli operatori del PCC.

Il sistema si basa su una architettura periferia-centro, dove:

- il centro sarà costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso collocate nel Posto di Controllo Centrale (PCC),
- la periferia dall'insieme delle apparecchiature TVCC dislocate nelle fermate del percorso tranviario.

La comunicazione fra centro e periferia è in TCP-IP sarà garantita dalla rete Multiservizio Gigabit Ethernet.

Il sottosistema sarà gestito normalmente dal server del Sistema di Telecontrollo del PCC ed in condizioni degradate dal Degraded Mode Terminal (DMT) relativo.

Nelle fermate sarà installata una telecamera per ciascuna banchina, in grado di tenere sotto controllo visivo tutta l'area della fermata medesima.

I parametri fondamentali che caratterizzano l'architettura periferia-centro dell'impianto TVCC in oggetto, sono:

- la digitalizzazione delle informazioni video e il loro trasporto su rete IP.
- La digitalizzazione delle informazioni video, ha il vantaggio di consentire che le stesse possano essere trattate con opportuni algoritmi di compressione, al fine di ridurre sia la banda trasmissiva necessaria al loro trasporto che lo spazio per la loro archiviazione.

- L'utilizzo della rete IP, permette la distribuzione delle immagini digitali provenienti dalle fermate, verso i decodificatori digitali-analogici presenti in PCC, eliminando la necessità di matrici di commutazione fisiche.

Funzionalità del Sistema

Le funzionalità del sistema TVCC in oggetto saranno:

- selezione fino a 4 banchine per la visualizzazione contemporanea delle immagini al PCC mediante l'associazione monitor di osservazione,
- archiviazione delle immagini visualizzate al PCC (videoregistrazione video)
- titolazione immagini,
- visualizzazione dell'orario,
- selezione automatica e visualizzazione immagine in caso di allarme in fermata,
- diagnostica,
- configurazione degli apparati da postazione remota (tramite postazione PC con software dedicato),
- possibilità di gestione del sistema in modalità degradata (tramite postazione DMT).

Al posto centrale saranno utilizzati quattro monitor per la visualizzazione delle immagini provenienti dalle

Al PCC saranno previsti dei codec audio/video collegati a rispettivi monitor, che provvederanno alla funzione di decodificare i flussi video selezionati dall'operatore per essere visualizzati sui monitor.

L'operatore di PCC potrà, tramite il sistema di telecontrollo, scegliere le telecamere di banchina della tranvia di cui visualizzare contemporaneamente le immagini, associando loro il monitor su cui effettuare la visualizzazione. È permessa la visualizzazione fino a un massimo di quattro banchine, senza nessun vincolo di combinazione.

Le immagini messe a disposizione sui monitor in PCC sono a colori di tipo full motion.

Le immagini che verranno visualizzate sui monitor sono anche registrate dai recorder digitali integrati nei singoli codec audio/video del PCC.

Nella registrazione è inserita l'informazione relativa alla titolazione ed anche quella oraria.

Il sistema consentirà di effettuare la visualizzazione della condizione di funzionamento dei codec audio/video tramite le postazioni operatore, al fine di individuare con maggiore rapidità le cause di eventuali malfunzionamenti sugli stessi.

I dati monitorati saranno:

- temperatura di esercizio del codec audio/video,
- funzionamento delle ventole di raffreddamento (velocità di rotazione),
- alimentazione interna al codec audio/video,
- stato delle interfacce video,
- mancanza di segnale dalla telecamera.

Nel caso in cui sistema di telecontrollo riceva un allarme di intrusione nei totem di fermata, visualizza automaticamente su uno dei monitor dell'impianto di TVCC al PCC l'immagine ripresa dalla telecamera presente sul posto da cui proviene l'allarme stesso.

ART 10 SCADA IMPIANTI FISSI

Il sottosistema sarà costituito da una rete di PLC nelle fermate e da una parte di supervisione al Centro di Controllo (PCC), dedicata in particolare alla supervisione degli allarmi degli impianti non-TE (Trazione Elettrica) presenti presso le fermate.

La raccolta degli allarmi e della diagnostica delle apparecchiature sarà realizzata mediante PIC distribuiti nelle fermate e nelle SSE.

Per i PLC nelle fermate una parte degli I/O saranno dedicati alla raccolta allarmi degli apparati di fermata e del quadro elettrico.

Il quadro elettrico di alimentazione delle utenze di fermata sarà installato presso le pensiline di fermata e viene alimentato o direttamente dalla rete BT dell'ente distributore (Enel).

Le utenze di fermata saranno costituite dall'impianto di illuminazione e di forza motrice, dalle telecomunicazioni, emettitrici ed obliteratrici dei biglietti, paline informative e casse di manovra degli scambi prossimi alla fermata.

Il sistema di telecontrollo segnala la presenza di tensione al quadro (in arrivo dalla SSE) e lo stato degli interruttori di distribuzione dell'energia.

Sarà prevista una morsettiera di appoggio per la parte relativa agli allarmi apparati di comunicazione nelle fermate, nelle SSE e nel posto centrale.

I siti di impianto a cui è riferita la presente descrizione sono:

- le fermate della tramvia, le Sotto Stazioni Elettriche (SSE) ed il Posto di Comando e Controllo (PCC).
- la rete di collegamento utilizzata per l'interconnessione dei PLC è la dorsale di rete in standard Gigabit Ethernet.

La funzione del sottosistema di telecontrollo degli impianti fissi sarà la gestione degli allarmi provenienti dalle apparecchiature dei sistemi che costituiscono l'insieme degli impianti tecnologici della tranvia.

L'acquisizione degli allarmi avviene tramite una interfaccia elettrica, i contatti di allarme saranno rilevati tramite gli ingressi digitali dei PLC dislocati nelle fermate, nelle SSE e nella sala apparati del PCC e relativi ai sistemi di seguito elencati:

- Impianti di alimentazione non appartenenti alla Trazione Elettrica.
- Sistemi di illuminazione e forza motrice.
- Sistemi di biglietteria (emettitrici, obliteratedrici).
- Radio base station.
- Codec audio/video.
- Amplificatori audio.
- Pannelli indicatori.
- Impianto antincendio.
- Impianto antintrusione.