

REGIONE PUGLIA

P.O. FESR 2007/2013

Asse VI - Competitività dei sistemi produttivi ed occupazione
Azione 6.2.2 - Iniziative per "Interventi volti a migliorare l'efficienza gestionale dei sistemi infrastrutturali delle aree di insediamento industriale di competenza dei consorzi per le aree di sviluppo industriale"



Area grandi medie industrie
Allargamento area produttiva
PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO:

R05 - CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

PROGETTISTA: Ing. Carroccia Giancarlo

RUP: geom. Vettore Mario

0	ESECUTIVO	Novembre 2012
0	DEFINITIVO	Settembre 2012
0	PRELIMINARE	Giugno 2012
Rev.	Descrizione	Data

SCHEMA DI CONTRATTO

CAPO I

- Art. 1 – Oggetto dell'appalto
- Art. 2 – Ammontare dell'appalto
- Art. 3 – Descrizione delle lavorazioni di cui si compone l'intervento. Forma e principali dimensioni delle opere
- Art. 4 – Normativa applicabile – abilitazioni
- Art. 5 – Conoscenza delle condizioni di appalto
- Art. 6 – Contratto – Documenti che ne fanno parte
- Art. 7 – Discordanze negli atti del contratto
- Art. 8 – Cessione del corrispettivo di appalto
- Art. 9 – Direzione Lavori. Ordini di Servizio
- Art. 10 – Domicilio della ditta appaltatrice
- Art. 11 – Obblighi dell'appaltatore prima della consegna dei lavori
- Art. 12 – Interventi per risolvere aspetti di dettaglio
- Art. 13 – Varianti
- Art. 14 – Sospensione dei lavori
- Art. 15 – Garanzie e coperture assicurative
- Art. 16 – Requisiti dei fideiussori
- Art. 17 – Concorrenti riuniti. Garanzie e benefici
- Art. 18 – Consegna dei lavori. Inizio dell'esecuzione dei lavori
- Art. 19 – Consegna frazionata dei lavori. Inizio dell'esecuzione dei lavori
- Art. 20 – Durata dell'appalto. Tempo utile per l'ultimazione dei lavori
- Art. 21 – Accertamento, misurazione e contabilizzazione dei lavori
- Art. 22 – Pagamenti in acconto
- Art. 23 – Ultimazione dei lavori
- Art. 24 – Penali per ritardo
- Art. 25 – Conto finale e collaudo provvisorio
- Art. 26 – Manutenzione e custodia delle opere fino al collaudo provvisorio
- Art. 27 – Presa in consegna
- Art. 28 – Garanzia per difformità e vizi fino al collaudo definitivo
- Art. 29 – Danni di forza maggiore
- Art. 30 – Trattamento a tutela dei lavoratori
- Art. 31 – Durata giornaliera dei lavori. Lavoro straordinario e notturno
- Art. 32 – Sicurezza del cantiere
- Art. 33 – Oneri ed obblighi diversi a carico dell'appaltatore.
- Art. 34 – Espropriazioni
- Art. 35 – Verifica dei calcoli statici esecutivi
- Art. 36 – Approvvigionamento dei materiali
- Art. 37 – Proprietà degli oggetti trovati
- Art. 38 – Esecuzione d'ufficio
- Art. 39 – Risoluzione del contratto
- Art. 40 – Recesso
- Art. 41 – Subappalti e cottimi
- Art. 42 – Revisione prezzi
- Art. 43 – Responsabilità dell'appaltatore
- Art. 44 – Rappresentante tecnico dell'appaltatore
- Art. 45 – Definizione delle controversie

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

Articolo 1 OGGETTO DELL'APPALTO

L'oggetto dell'appalto consiste nell'esecuzione di tutte le opere e le provviste occorrenti per l'attuazione dell'allargamento dell'area produttiva di competenza dell'ASI di Taranto previa realizzazione di opere stradali, fognanti, di barriere stradali di sicurezza, di opere a verde, nonché la realizzazione dell'impianto di pubblica illuminazione e di ogni altra prestazione edile necessaria per dare il lavoro perfettamente compiuto.

Tali opere e provviste verranno eseguite secondo le norme indicate nelle condizioni tecniche inserite nel presente capitolato speciale e quelle risultanti dall'offerta presentata in sede di gara.

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

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.

Articolo 2 AMMONTARE DELL'APPALTO

2.1 IMPORTO COMPLESSIVO DELL'APPALTO

L'importo complessivo dei lavori presenti nel presente appalto ammonta complessivamente ad € 4.818.625,27 oltre oneri della sicurezza pari ad € 141.160,97 per un importo complessivo di € 4.959.786,24

PROSPETTO DELLE CATEGORIE D'OPERE (DPR n° 34 del 25/01/2000)

CATEGORIA PREVALENTE	EURO 2.334.727,21
OG3 Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, linee tranviarie, metropolitane, funicolari e piste aeroportuali e relative opere complementari	
ULTERIORI CATEGORIE	
OG6 Acquedotti , gasdotti, oleodotti, opere di irrigazione, e di evacuazione	EURO 943.019,63
OS12/a Barriere stradali di sicurezza	EURO 546.873,84
OS24 Verde e arredo urbano	EURO 461.965,59
OG10 Impianti per la trasformazione alta/media tensione e per la distribuzione di energia elettrica in corrente alternata e continua	EURO 423.432,10
OG1 Edifici civili e industriali	EURO 249.767,87
Sommano per le opere a Corpo	EURO 4.959.786,24

Il contratto è stipulato **a corpo** ai sensi delle disposizioni di cui all'art. 53 D.Lgs. 163/06 Succ. Mod. ed Integ.

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

2.2 INDICAZIONE DEI LAVORI E DEGLI IMPORTI

La distribuzione relativa ai lavori da realizzare risulta riassunta nel seguente prospetto:

	DESCRIZIONE DEI LAVORI	EURO	%
A	<i>A) Riqualficazione strada di collegamento tra la S.P. 48 e S.S. 7</i>	3.204.707,33	66,51
B	<i>B) Sistemazione ambientale delle aree</i>	358.767,37	7,44
C	<i>C) Ristrutturazione conservativa rampe di accesso Zona Industriale</i>	843.769,81	17,51
D	<i>D) Torri Faro e illuminazione strada di collegamento SP 48 SS 7</i>	411.380,76	8,54
	Sommano	4.818.625,27	100,000%

Gli importi di cui sopra sono presi a base per la verifica dell'incidenza delle eventuali variazioni ai fini della disciplina delle varianti e degli interventi disposti da Direttore dei Lavori ai sensi dell'art. 132 (varianti in corpo d'opera) e 118 (subappalto) del D.Lgs. n° 163/2006 S.m.i.

Articolo 2

DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI DI CUI SI COMPONE L'INTERVENTO. FORMA E PRINCIPALI DIMENSIONI DELLE OPERE

L'effettiva consistenza delle opere, fornitura e lavorazioni da eseguire per l'appalto è desumibile dai grafici ed allegati progettuali cui si rimanda.

Articolo 4

NORMATIVA APPLICABILE-ABILITAZIONI

L'appalto, oltre che dalle norme del presente Capitolato Speciale di Appalto è regolato dal D. Legs. 12 aprile 2006 n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture" Succ. Mod. ed Integ. dal D.M. n. 145 del 19 aprile 2000 "Regolamento recante il capitolato generale di appalto dei lavori pubblici", dal D.P.R. 21 dicembre 1999 n. 554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici", nonché da tutte leggi, statali e regionali e relativi regolamenti, dalle istruzioni vigenti, inerenti e conseguenti l'oggetto del presente appalto, che l'Appaltatore, con la firma del contratto, dichiara di conoscere integralmente impegnandosi all'osservanza delle stesse.

Articolo 5

CONOSCENZA DELLE CONDIZIONI DI APPALTO

L'assunzione dell'appalto di cui al presente Capitolato implica da parte dell'Appaltatore la conoscenza perfetta non solo di tutte le norme generali e particolari che lo regolano, ma altresì di tutte le condizioni locali che si riferiscono all'opera, quali la natura del suolo e del sotto suolo, l'esistenza di opere nel sottosuolo quali scavi, condotte, ecc., la possibilità di poter utilizzare materiali locali in rapporto ai requisiti richiesti, la distanza da cave di adatto materiale, la presenza o meno di acqua (sia che essa occorra per l'esecuzione dei lavori e delle prove della condotta, sia che essa debba essere deviata), l'esistenza di adatti scarichi dei rifiuti ed in generale di tutte le circostanze generali e speciali che possano aver influito sul giudizio dell'Appaltatore circa la convenienza di assumere l'opera, anche in relazione al ribasso da lui offerto sui prezzi stabiliti dall'Appaltante.

Grava sull'appaltatore l'onere della individuazione di dettaglio di ogni sottoservizio anche mediante la esecuzione di saggi prima della esecuzione degli scavi. L'Appaltatore tramite il direttore di cantiere sotto la propria responsabilità, accerterà presso gli Enti interessati (ENEL, TELECOM, AZIENDA del GAS, ACQUEDOTTO, FOGNATURA, ecc.) la posizione dei sottoservizi e tramite saggi (in quantità necessaria) individuerà e tratterà la esatta posizione degli stessi anche al fine di ridurre i rischi durante l'esecuzione dei lavori.

Articolo 6
CONTRATTO-DOCUMENTI CHE NE FANNO PARTE

Fanno parte integrante del contratto d'appalto, anche se materialmente non allegati, il presente Capitolato speciale e:

- il capitolato generale d'appalto approvato con DM 145/2000;
- gli elaborati grafici progettuali;
- l'elenco prezzi unitari offerti;
- i piani di sicurezza e coordinamento previsti dall'art. 131 della legge 163/2006 Succ. Mod. ed Integ. dal D. Lgs 81/08 e successive modificazioni e integrazioni;

La stipulazione del contratto deve aver luogo entro sessanta giorni dall'aggiudicazione nel caso di pubblico incanto, licitazione privata ed appaltoconcorso ed entro trenta giorni dalla comunicazione di accettazione dell'offerta nel caso di trattativa privata e di cottimo fiduciario. La mancata disponibilità dell'appaltatore alla stipulazione del contratto d'appalto, dopo l'aggiudicazione definitiva e nei termini di cui al precedente comma comporterà, la revoca dell'aggiudicazione e l'incameramento della cauzione provvisoria. Nella licitazione privata, nell'asta pubblica, nella trattativa privata e nel cottimo fiduciario, l'aggiudicazione diventa definitiva con l'adozione della determinazione dirigenziale di presa d'atto del risultato della gara e dell'assunzione dell'impegno di spesa.

In nessun caso si procede alla stipulazione del contratto, se il responsabile del procedimento e l'impresa appaltatrice non abbiano concordemente dato atto, con verbale da entrambi sottoscritto, del permanere delle condizioni che consentono l'immediata esecuzione dei lavori.

Articolo 7
DISCORDANZE NEGLI ATTI DI CONTRATTO

Qualora uno stesso atto contrattuale dovesse riportare delle disposizioni di carattere discordante, l'Appaltatore ne farà oggetto d'immediata segnalazione scritta all'Amministratore Appaltante per i conseguenti provvedimenti di modifica.

Se le discordanze dovessero riferirsi a caratteristiche di dimensionamento grafico, saranno di norma ritenute valide le indicazioni riportate nel disegno con scala di riduzione minore. In ogni caso dovrà ritenersi nulla la disposizione che contrasta o che in minor misura collima con il contesto delle norme e disposizioni riportate nei rimanenti atti contrattuali.

Per quanto riguarda le dimensioni delle strutture fanno fede quelle del progetto strutturale rispetto a quelle riportate nel progetto architettonico.

Nel caso si riscontrassero disposizioni discordanti tra i diversi atti di contratto, fermo restando quanto stabilito nella seconda parte del precedente capoverso, l'Appaltatore rispetterà nell'ordine quelle indicate dagli atti seguenti: Contratto – Documenti di gara – Elenchi prezzi unitari allegati al contratto Capitolato Speciale d'appalto – Disegni.

Qualora gli atti contrattuali prevedessero delle soluzioni alternative, resta espressamente stabilito che la scelta spetterà, di norma e salvo diversa specifica, alla Direzione Lavori.

Articolo 8
CESSIONE DEL CORRISPETTIVO DI APPALTO

Secondo quanto disposto dall'art. 115 DPR 554/99, i crediti derivanti dall'esecuzione dell'appalto possono essere ceduti a banche ovvero intermediari finanziari disciplinati dalle leggi in materia bancaria e creditizia, il cui oggetto sociale preveda l'esercizio dell'attività di acquisto di crediti di impresa.

La cessione deve essere stipulata mediante atto pubblico o scrittura privata autenticata e deve essere notificata al **Responsabile Unico del Procedimento (RUP) Geom. Mario Vettore** presso la sede del Consorzio ASI sita in via Gobetti, 5 – 74121 Taranto, il quale provvede a comunicare quelle accettate al Direttore dei Lavori.

La cessione del credito è efficace ed opponibile se entro 15 gg. dalla notifica di cui al punto precedente non viene rifiutata con atto notificato a cedente e cessionario.

La notifica ad ufficio diverso da quello indicato è nulla.

Articolo 9
DIREZIONE LAVORI ED ORDINI DI SERVIZIO

Ai sensi dell'art. 123 del D.P.R. 21/12/1999 n. 554 le stazioni appaltanti, prima della gara istituiscono un ufficio di direzione dei lavori, costituito da un Direttore dei Lavori ed eventualmente in relazione alla dimensione ed alla tipologia e categoria dell'intervento, da uno o più assistenti con funzioni di direttore operativo o di ispettore di cantiere, i quali svolgeranno funzioni previste dagli artt. 124, 125, 126 del DPR. 21/12/1999 n. 554.

In particolare il Direttore dei Lavori svolgerà i compiti di coordinamento, direzione, supervisione e controllo tecnico-contrattuale attenendosi alla normativa di cui al D.P.R. 21/12/1999 n. 554.

Il Direttore dei Lavori agisce in piena autonomia operativa a tutela degli interessi della Amministrazione appaltante.

Egli ha la responsabilità dell'accettazione dei materiali e della esecuzione dei lavori in conformità ai patti contrattuali nonché la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di Direzione dei Lavori.

Il Direttore dei Lavori è l'unico interlocutore dell'Appaltatore per quanto riguarda gli aspetti tecnici ed economici del contratto.

I direttori operativi hanno il compito di verificare che lavorazioni di singole parti dei lavori appaltati da realizzare (opere geotecniche e di fondazione, strutture, opere di finitura, impianti tecnologici o altro) siano eseguite regolarmente nell'osservanza della clausole contrattuali. I direttori operativi rispondono della loro attività di verifica direttamente al Direttore dei Lavori.

Gli ispettori di cantiere sono addetti alla sorveglianza continua dei lavori in conformità delle prescrizioni stabilite nel presente Capitolato. La posizione di ogni ispettore è ricoperta da una sola persona che eserciti la sua attività in un unico turno di lavoro. Essi saranno presenti a tempo pieno durante il periodo di svolgimento di lavori che richiedono controllo quotidiano, nonché durante le fasi di collaudo e delle eventuali manutenzioni.

L'ordine di servizio è l'atto mediante il quale sono impartite tutte le disposizioni e istruzioni da parte del Direttore dei Lavori all'appaltatore.

Gli ordini di servizio sono redatti in due copie, sottoscritte dal Direttore dei Lavori, emanate e comunicate all'appaltatore che li restituisce firmati per avvenuta conoscenza.

Gli ordini di servizio non costituiscono sede per la iscrizione di eventuali riserve e debbono essere eseguiti con la massima cura e prontezza nel rispetto delle norme di contratto e di Capitolato.

L'Appaltatore non può mai rifiutarsi di dare loro immediata esecuzione anche quando si tratti di lavoro da farsi di notte e nei giorni festivi o in più luoghi contemporaneamente sotto pena di esecuzione di ufficio, con addebito della eventuale maggiore spesa.

Resta comunque fermo il suo diritto di avanzare per iscritto le osservazioni che ritenesse opportuno fare in merito all'ordine impartito.

L'Appaltatore dovrà assicurare in qualsiasi momento ai componenti designati delle predette strutture, l'accesso alla zona dei lavori e dovrà fornire tutta l'assistenza necessaria per agevolare l'espletamento del loro compito, nonché mettere loro a disposizione il personale sufficiente ed i materiali occorrenti per le prove, i controlli, le misure e le verifiche previste dal presente Capitolato.

Articolo 10
DOMICILIO DELLA DITTA APPALTATRICE

L'appaltatore deve avere domicilio nel territorio del Comune di Taranto. Ove non abbia in tale luogo uffici propri, deve eleggere domicilio presso lo studio di un professionista oppure presso gli uffici di una società legalmente riconosciuta ovvero presso gli uffici centrali dell'Amministrazione Appaltante. Qualora egli non disponga di uffici propri nel territorio di Taranto e non eserciti la facoltà di scegliere il proprio domicilio entro la data di stipula del contratto, lo stesso si intende stabilito presso gli uffici centrali

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

dell'Amministrazione Appaltante. Tutte le intimazioni, le assegnazioni di termini ed ogni altra notificazione o comunicazione dipendente dal contratto di appalto sono fatte dal Direttore dei Lavori o dal responsabile del procedimento, ciascuno relativamente agli atti di propria competenza, a mani proprie dell'appaltatore, o di colui che lo rappresenta nella condotta dei lavori oppure devono essere effettuate presso il domicilio eletto ai sensi del presente articolo.

Articolo 11 OBBLIGHI DELL'APPALTATORE PRIMA DELLA CONSEGNA DEI LAVORI

Prima della consegna dei lavori l'Appaltatore deve consegnare al Direttore dei Lavori la seguente documentazione:

- 1 la polizza di assicurazione per danni di esecuzione e responsabilità civile verso terzi di cui all'art. 15 del presente Capitolato;
- 2 il programma esecutivo nel quale sono riportate, per ogni lavorazione, le previsioni circa il periodo di esecuzione nonché l'ammontare presunto e progressivo, dell'avanzamento dei lavori alle date stabilite dal presente Capitolato per la liquidazione dei certificati di pagamento. Il programma esecutivo deve essere coerente con il piano di coordinamento e sicurezza. La coerenza sarà valutata dal Responsabile del procedimento;
- 3 dichiarazione autentica in ordine all'organico medio annuo, destinato al lavoro in oggetto nelle varie qualifiche, corredata dagli estremi delle denunce dei lavoratori presso l'I.N.P.S., l'I.N.A.I.L. e casse edili e dai modelli riepilogativi annuali attestanti la congruenza dei versamenti assicurativi e previdenziali effettuati in ordine alle retribuzioni corrisposte ai dipendenti;
- 4 dichiarazione relativa al contratto collettivo stipulato dalle organizzazioni sindacali comparativamente più rappresentative applicato ai lavoratori dipendenti.
- 5 eventuali proposte integrative del piano di sicurezza e di coordinamento, redatto ai sensi del D. Lgs 81/08 (quando questi ultimi siano previsti ai sensi del D. Lgs. 81/08, e che l'appaltatore trasmette prima dell'inizio dei lavori alle imprese esecutrici ed ai lavoratori autonomi), quando l'appaltatore ritenga di poter meglio garantire la sicurezza nel cantiere sulla base della propria esperienza. In nessun caso le eventuali integrazioni possono giustificare modifiche o adeguamento dei prezzi pattuiti;
- 6 un piano operativo di sicurezza per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori, da considerare come piano complementare di dettaglio del: piano di sicurezza e di coordinamento nelle ipotesi di cui al punto 5 del presente articolo (in tal caso ciascuna impresa esecutrice trasmette il proprio piano operativo di sicurezza al coordinatore per l'esecuzione).

Quando l'Amministrazione Appaltante non sia obbligata ai sensi del D. Lgs 81/08 alla redazione del piano di sicurezza e coordinamento, l'appaltatore dovrà redigere un piano di sicurezza sostitutivo, comprensivo delle scelte operative di dettaglio.

In caso di consegna anticipata per ragioni di urgenza sarà comunque obbligo dell'appaltatore sottoscrivere il verbale di cui all'art. 6, ultimo comma, del presente Capitolato

Articolo 12 INTERVENTI PER RISOLVERE ASPETTI DI DETTAGLIO

L'Amministrazione si riserva la facoltà di introdurre nelle opere, sia all'atto della consegna dei lavori, sia in sede di esecuzione, gli interventi disposti dal Direttore dei Lavori per risolvere aspetti di dettaglio entro il limite previsto dal comma 3 dell'art. 132 del D. Lgs. 163/2006 e da calcolare sugli importi netti dei gruppi di lavorazioni ritenuti omogenei indicati al precedente art. 2, sempre che non comportino un aumento dell'importo del contratto stipulato.

Articolo 13 VARIANTI

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

Nessuna variazione o addizione al progetto approvato può essere introdotta dall'appaltatore se non è disposta dal Direttore dei Lavori e preventivamente approvata dagli organi competenti dell'Amministrazione Provinciale.

Le varianti in corso d'opera possono essere ammesse esclusivamente, qualora ricorrano i presupposti previsti dall' art. 132 del D. lgs. 163/2006, nel rispetto delle modalità riportate negli art. 134, 135 e 136 del Regolamento n. 554/99 e negli art. 10 e 11 del Capitolato generale di cui al D.M. n. 145/2000.

Articolo 14 SOSPENSIONE DEI LAVORI

Il Direttore dei Lavori può ordinare la sospensione temporanea dei lavori nelle ipotesi previste dagli artt. 24, 25, e 26 del capitolato generale di appalto.

Le avverse condizioni climatiche, che giustificano la sospensione sono solo quelle che superino la media stagionale, essendo stati considerati nei tempi contrattuali i normali periodi climatici avversi.

Per la sospensione dei lavori l'appaltatore non ha diritto a compensi o indennizzi

Tuttavia se la sospensione dei lavori supera i sei mesi complessivi, l'appaltatore può richiedere lo scioglimento del contratto senza indennità. Se il Consorzio si oppone allo scioglimento l'appaltatore ha diritto alla rifusione dei maggiori oneri derivanti dal prolungamento della sospensione oltre i termini suddetti.

Articolo 15 GARANZIE E COPERTURE ASSICURATIVE

A) Cauzione provvisoria

Ai sensi dell'art. 75 del D. Lgs. 12 aprile 2006 n. 163 Succ. Mod. ed Integ., l'offerta da presentare per l'affidamento dell'esecuzione dei Lavori Pubblici è corredata da una cauzione pari al 2 % dell'importo dei lavori, ovvero è ridotta del 50 % quanto ricorrano le condizioni di cui al comma 7 del citato dell'art. 75 D. Lgs. 163/2006. La cauzione copre la mancata sottoscrizione del contratto per volontà dell'aggiudicatario ed è svincolata automaticamente al momento della sottoscrizione del contratto medesimo. Ai non aggiudicatari la cauzione è restituita non appena avvenuta la aggiudicazione.

Tale cauzione può essere:

- 1 reale (contanti, titoli pubblici o garantiti dallo Stato);
- 2 assicurativa con clausola di pagamento a prima richiesta (operativa entro 15 giorni a semplice richiesta scritta della stazione appaltante e rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale;
- 3 bancaria con clausola di pagamento a prima richiesta (operatività entro 15 giorni a semplice richiesta scritta della stazione appaltante e rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale.

Deve essere accompagnata dall'impegno di un fideiussore verso il concorrente a rilasciare la garanzia fideiussoria definitiva nel caso di aggiudicazione. La cauzione provvisoria, prestata mediante fideiussione bancaria o assicurativa, contenente clausole limitative della responsabilità dell'istituto fideiussore, comporterà l'esclusione della gara dell'impresa che l'abbia presentata.

B) Cauzione definitiva

Ai sensi dell'art. 113 del D.Lgs. 12 aprile 2006 n. 163, l'esecutore dei lavori è obbligato a costituire una garanzia fideiussoria del 10 per cento dell'importo degli stessi. In caso di aggiudicazione con ribasso d'asta superiore al 10 per cento, la garanzia fideiussoria è aumentata di tanti punti percentuali quanti sono quelli eccedenti il 10 per cento; ove il ribasso sia superiore al 20 per cento, l'aumento è di due punti percentuali per ogni punto di ribasso superiore al 20 per cento. La cauzione definitiva è progressivamente svincolata a decorrere dal raggiungimento di un importo dei lavori eseguiti, attestato mediante stati d'avanzamento lavori o analogo documento, pari al 50 per cento dell'importo contrattuale. Al raggiungimento dell'importo dei lavori eseguiti di cui al precedente periodo, la cauzione è svincolata in ragione del 50 per cento

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

dell'ammontare garantito; successivamente si procede allo svincolo progressivo in ragione di un 5 per cento dell'iniziale ammontare per ogni ulteriore 10 per cento di importo dei lavori eseguiti. Lo svincolo, nei termini e per le entità anzidetti, è automatico, senza necessità di benestare del committente, con la sola condizione della preventiva consegna all'istituto garante, da parte dell'appaltatore o del concessionario, degli stati d'avanzamento lavori o di analogo documento, in originale o copia autentica, attestanti il raggiungimento delle predette percentuali di lavoro eseguito. L'ammontare residuo, pari al 25 per cento dell'iniziale importo garantito, è svincolato secondo la normativa vigente. Le disposizioni di cui ai precedenti periodi si applicano anche ai contratti in corso. La mancata costituzione della garanzia di cui al primo periodo determina la revoca dell'affidamento e l'acquisizione della cauzione da parte del soggetto appaltante o concedente, che aggiudica l'appalto o la concessione al concorrente che segue nella graduatoria. La garanzia copre:

- 1 L'adempimento di tutte le obbligazioni del contratto e del risarcimento dei danni derivanti dall'eventuale inadempimento delle obbligazioni stesse;
- 2 il rimborso delle somme pagate in più dall'appaltatore rispetto alle risultanze della liquidazione finale, salva comunque la risarcibilità del maggior danno;
- 3 le maggiori spese sostenute per il completamento dei lavori nel caso di risoluzione disposta in danno dell'appaltatore;
- 4 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.

Tale cauzione può essere:

- 1 assicurativa con clausola di pagamento a prima richiesta (operatività entro 15 giorni a semplice richiesta scritta della stazione appaltante e rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale);
- 2 bancaria con clausola di pagamento a prima richiesta (operatività entro 15 giorni a semplice richiesta scritta della stazione appaltante e rinuncia al beneficio della preventiva escussione del debitore principale)

Deve permanere fino al certificato di collaudo provvisorio o di regolare esecuzione e comunque non oltre 12 mesi dalla ultimazione dei lavori.

C) polizza a garanzia della rata di saldo (Ex art. 102 DPR 554/99)

L'erogazione della rata di saldo è subordinata alla costituzione di garanzia fideiussoria bancaria o assicurativa maggiorata del tasso di interesse legale applicato al periodo intercorrente tra l'approvazione del collaudo provvisorio e l'approvazione del collaudo definitivo o del certificato di regolare esecuzione. Decorso tale termine la garanzia scade senza bisogno di formale provvedimento di svicolo.

D) Polizza di assicurazione per danni di esecuzione e responsabilità civile verso terzi (Art. 103 Reg.)

Almeno dieci giorni prima della consegna dei lavori l'appaltatore deve trasmettere alla stazione appaltante copia della polizza di assicurazione per :

- danni subiti dalla stazione appaltante a causa del danneggiamento o della distruzione totale o parziale di impianti ed opere anche preesistenti verificatesi nel corso dell'esecuzione dei lavori. La somma assicurata è pari a €. 2.000.000,00 (Duemilioni/00);
- danni a terzi causati nel corso dell'esecuzione dei lavori, il massimale deve essere di €. 5.000.000,00 (Cinquemilioni/00).

Articolo 16 REQUISITI DEI FIDEIUSSORI

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

Le cauzioni sono prestate da istituti di credito o da banche autorizzate all'esercizio dell'attività bancaria ai sensi del decreto legislativo 1 settembre 1993 n. 385 o da imprese di assicurazione autorizzate alla copertura dei rischi ai quali si riferisce l'obbligo di assicurazione (cfr. anche comma 4 art. 107 Regolamento 554/1999).

Articolo 17

CONCORRENTI RIUNITI. GARANZIE E BENEFICI

Le imprese riunite in associazione temporanea devono eseguire i lavori nella percentuale corrispondente alla quota di partecipazione al raggruppamento.

In caso di riunione di concorrenti ai sensi dell'articolo 37 del D. Lgs. 163/2006 Succ. Mod. ed Integ. , le garanzie fideiussorie e le garanzie assicurative sono presentate, su mandato irrevocabile, dall'impresa mandataria o capogruppo in nome e per conto di tutti i concorrenti.

I benefici di cui all' art. 40 del D. lgs. 163/2006, saranno applicati solo se tutte le imprese riunite sono in possesso della certificazione di sistema di qualità conforme alle norme europee della serie UNI EN ISO 9000.

Articolo 18

CONSEGNA DEI LAVORI – INIZIO DELL'ESECUZIONE DEI LAVORI

La consegna dei lavori avviene, di norma, entro 45 giorni dalla data di stipula del contratto. In tale occasione viene redatto il processo verbale di consegna in doppio originale.

Qualora vi siano ragioni di urgenza, il Responsabile del Procedimento autorizza il Direttore dei Lavori alla consegna dei lavori subito dopo l'aggiudicazione definitiva, in tal caso il processo verbale dovrà essere redatto secondo quanto disposto dall'art. 130 comma 3 del DPR 554/99.

Il Direttore dei Lavori comunica all'appaltatore il giorno ed il luogo in cui deve presentarsi per ricevere la consegna dei lavori secondo quanto previsto dall'art. 129 DPR 554/99.

Qualora l'appaltatore non si presenti nel giorno stabilito, il Direttore dei Lavori fissa una nuova data, ma la decorrenza del termine contrattuale resta comunque quella della data della prima convocazione. Trascorso inutilmente tale ultimo termine fissato dal Direttore dei Lavori l'Amministrazione Appaltante procederà alla risoluzione del contratto e all'incameramento della cauzione.

Articolo 19

CONSEGNA FRAZIONATA DEI LAVORI. INIZIO DELL'ESECUZIONE DEI LAVORI

L'Amministrazione si riserva la possibilità di disporre la consegna anche in più tempi successivi, con verbali parziali, senza che l'Appaltatore possa sollevare eccezioni o trarre motivi per richiedere maggiori compensi od indennizzi. La decisione di procedere alla consegna frazionata spetta al Responsabile del Procedimento su parere motivato del Direttore dei Lavori. Costituiscono validi motivi per la consegna frazionata, senza per altro essere esaustivi, la mancanza dell'intera disponibilità dell'area sulla quale dovrà svilupparsi il cantiere, la natura e l'estensione del cantiere.

Per ogni consegna parziale sarà redatto apposito verbale di consegna. Il tempo contrattuale decorre dall'ultimo verbale di consegna parziale.

In caso di urgenza, l'appaltatore comincia i lavori per le sole parti già consegnate.

In caso di consegna frazionata l'appaltatore è tenuto presentare un programma di esecuzione dei lavori che preveda la realizzazione prioritaria delle lavorazioni sulle aree e sugli immobili disponibili.

Realizzati i lavori previsti dal programma, qualora permangano le cause di indisponibilità, si applica la disciplina dell'art. 133 del DPR 554/1999.

Per effettuare la consegna l'appaltatore dovrà mettere a disposizione il personale idoneo munito di attrezzatura e materiali idonea e necessaria per eseguire, ove occorra, il tracciamento dei lavori, l'apposizione di picchetti, sagome, capisaldi e quant'altro occorre che dovranno essere mantenuti a cura e spese dell'appaltatore.

Articolo 20

DURATA DELL'APPALTO TEMPO UTILE PER L'ULTIMAZIONE DEI LAVORI

L'appaltatore deve ultimare i lavori entro **540 (cinquecentoquaranta)** giorni naturali e consecutivi a partire dal processo verbale di consegna dei lavori.

In caso di consegna frazionata il tempo utile per l'ultimazione dei lavori sarà correlato al tempo necessario per eseguire le lavorazioni sulle aree o immobili singolarmente consegnati, in modo tale che la loro somma non ecceda la durata complessiva dei lavori stabilita nel precedente capoverso.

Nel tempo utile per l'ultimazione dei lavori è compreso anche quello occorrente per l'impianto del cantiere e per ottenere dalle competenti Autorità le eventuali concessioni, licenze e permessi di qualsiasi natura e per ogni altro lavoro preparatorio da eseguire prima dell'effettivo inizio dei lavori, comprese le ordinanze di chiusura al traffico od altro.

L'appaltatore dovrà avere cura di richiedere le ordinanze di chiusura stradale, ove occorrano, ed ottenere i permessi necessari alla esecuzione dei lavori.

Articolo 21

ACCERTAMENTO, MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

La Direzione Lavori potrà procedere in qualunque momento all'accertamento ed alla misurazione delle opere compiute.

L'Appaltatore metterà a disposizione tutto il personale, i materiali e le attrezzature necessarie per le operazioni di tracciamento e misura dei lavori né potrà senza autorizzazione scritta della Direzione Lavori distruggere o rimuovere capisaldi o eliminare le tracce delle operazioni effettuate anche se terminate.

Ove l'appaltatore non si prestasse ad eseguire in contraddittorio tali operazioni, gli sarà assegnato un termine perentorio, scaduto il quale, i maggiori oneri che si dovranno per conseguenza sostenere gli verranno senz'altro addebitati.

In tal caso, inoltre, l'Appaltatore non potrà avanzare alcuna richiesta per eventuali ritardi nella contabilizzazione o nell'emissione dei certificati di pagamento.

La contabilità dei lavori sarà effettuata, sulla base dei prezzi unitari detraendo il ribasso offerto in sede di gara dall'appaltatore; agli importi degli stati di avanzamento (SAL) sarà aggiunto, in proporzione dell'importo dei lavori eseguiti, l'importo degli oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza; le rate di acconto saranno pagate con le modalità previste dall'art. 22 del presente capitolato speciale di appalto.

Ove non diversamente specificato, il compenso a corpo costituisce per l'Appaltatore un compenso per tutti gli oneri, sia diretti che indiretti espressamente previsti o no dal presente Capitolato o dal Capitolato Generale, nonché da leggi, regolamenti e disposizioni cui il contratto ed il presente capitolato fanno esplicito o tacito riferimento.

Non saranno invece tenuti in alcun conto i lavori eseguiti irregolarmente ed in contraddizione agli ordini di servizio della Direzione Lavori e non conformi al contratto.

Articolo 22

PAGAMENTI IN ACCONTO

All'Appaltatore saranno corrisposti, in corso d'opera, pagamenti in acconto, sulla base degli stati di avanzamento emessi al netto del ribasso contrattuale e della ritenuta dello 0,5% a garanzia dell'osservanza di tutte le norme e prescrizioni a tutela dei lavoratori, di cui all'art. 7, comma 2, del D.M. 145/2000.

Le ritenute potranno essere svincolate soltanto in sede di liquidazione del conto finale, dopo l'approvazione del collaudo provvisorio o del certificato di regolare esecuzione, ove l'I.N.P.S., l'I.N.A.I.L e la Cassa Edile del luogo dove si eseguono i lavori non abbiano comunicato al Consorzio eventuali inadempienze entro il termine di trenta giorni dal ricevimento della richiesta del responsabile del procedimento.

Il termine per l'emissione dei certificati di pagamento non può superare i 45 giorni a decorrere dalla maturazione di ogni stato di avanzamento dei lavori.

Il termine per disporre il pagamento degli importi dovuti non può superare i 30 giorni a decorrere dalla data

di emissione del certificato stesso.

Il certificato di pagamento dell'ultimo acconto, qualunque ne sia l'ammontare netto sarà emesso entro trenta giorni dall'ultimazione dei lavori, accertata e certificata dalla Direzione Lavori come prescritto.

Articolo 23
ULTIMAZIONE DEI LAVORI

Non appena avvenuta l'ultimazione dei lavori l'Appaltatore informerà per iscritto la Direzione che, previo congruo preavviso, procederà alle necessarie constatazioni in contraddittorio redigendo, ove le opere venissero riscontrate regolarmente eseguite, l'apposito verbale.

Qualora dall'accertamento risultasse la necessità di rifare o modificare qualche opera, per esecuzione non perfetta, l'Appaltatore dovrà effettuare i rifacimenti e le modifiche ordinate, nel tempo che gli verrà prescritto e che verrà considerato, agli effetti di eventuali ritardi come tempo impiegato per i lavori.

Articolo 24
PENALI PER RITARDO

La penale è fissata per ogni giorno di ritardo nella misura del 1 *per mille* dell'ammontare netto contrattuale. L'ammontare complessivo delle penali non può essere superiore al 10% dell'ammontare del netto contrattuale.

Se tale limite viene superato il responsabile del procedimento promuove l'avvio delle procedure per la risoluzione del contratto per grave ritardo, che viene deliberato dalla stazione appaltante (art. 119 DPR 554/99).

La penale relativa all'ultimazione lavori verrà detratta dal Conto Finale.

L'Appaltatore, per il tempo che impiegasse nell'esecuzione dei lavori oltre il termine contrattuale, salvo il caso di ritardo a lui non imputabile, deve rimborsare all'Amministrazione le relative spese di assistenza e sottostare all'addebitamento della penale nei modi e nella quantità sopra stabilita.

Articolo 25
CONTO FINALE E COLLAUDO PROVVISORIO

Il conto finale sarà compilato entro tre mesi dalla data di ultimazione dei lavori, quale risulta da apposito certificato del Direttore dei Lavori.

Il Collaudo dei lavori dovrà essere concluso entro 6 (sei) mesi dalla data di ultimazione dei lavori.

Sono a carico dell'appaltatore tutti gli oneri per fornire i mezzi, attrezzature e manodopera, necessari per le operazioni di collaudo, ivi comprese le prove tecniche sulle opere e gli esami di laboratorio sui materiali impiegati ove richiesti.

Il certificato di collaudo, redatto secondo le modalità indicate dal titolo XII del DPR 554/99, assume carattere definitivo decorsi due anni dall'emissione dello stesso.

Decorso tale termine, il collaudo si intende tacitamente approvato ancorché l'atto formale di approvazione non sia intervenuto entro due mesi dalla scadenza del medesimo termine.

Qualora durante il collaudo venissero accertati i difetti di cui all'art. 197 comma 2 del DPR 554/99, l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire tutti i lavori che il Collaudatore riterrà necessari, nel tempo dallo stesso assegnato.

Nell'ipotesi prevista dal comma 3 dell'art. 197 del DPR 554/99 l'organo di collaudo determinerà nell'emissione del certificato la somma che, in conseguenza dei riscontrati difetti, deve detrarsi dal credito dell'appaltatore, salvo il maggior onere che rimane comunque a carico dell'appaltatore.

Articolo 26
MANUTENZIONE E CUSTODIA DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO PROVVISORIO

L'appaltatore è obbligato alla custodia e manutenzione dell'opera durante il periodo di attesa e l'espletamento delle operazioni di collaudo fino all'emissione del relativo certificato, che deve essere emesso non oltre sei mesi dall'ultimazione dei lavori.

Analogo obbligo sussiste nei casi in cui il certificato di collaudo è sostituito dal certificato di regolare

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

esecuzione che deve essere emessa dal Direttore dei Lavori e confermata dal responsabile del procedimento non oltre tre mesi dalla data di ultimazione dei lavori.

Per tutto il periodo intercorrente fra l'esecuzione e l'emissione del certificato di collaudo provvisorio, salvo le maggiori responsabilità sancite dall'art. 1669 C.C., l'appaltatore è quindi garante delle opere e delle forniture eseguite, obbligandosi a sostituire i materiali che si mostrassero non rispondenti alle prescrizioni contrattuali ed a riparare tutti i guasti e le degradazioni che dovessero verificarsi anche in conseguenza dell'uso, purché corretto, delle opere.

In tale periodo la manutenzione dovrà essere eseguita nel modo più tempestivo ed in ogni caso, sotto pena d'intervento d'ufficio, nei termini prescritti dalla Direzione Lavori.

Per cause stagionali o per le altre cause potrà essere concesso all'Appaltatore di procedere ad interventi di carattere provvisorio, salvo a provvedere alle riparazioni definitive, a regola d'arte, appena possibile.

Fermo restando l'obbligo di manutenzione a carico dell'appaltatore, l'obbligo di custodia non sussiste se dopo l'ultimazione l'opera è presa in consegna dall'Amministrazione Provinciale, utilizzata e messa in esercizio. In tali casi, l'obbligo di custodia è a carico dell'Amministrazione Provinciale.

Articolo 27

PRESA IN CONSEGNA DELL'OPERA

Successivamente all'emissione del certificato di collaudo, l'opera sarà presa in consegna dall'Amministrazione.

Il pagamento della rata di saldo, disposto previa copertura assicurativa (come previsto dal precedente art. 15 punti C ed E) entro 90 gg. dall'emissione del certificato di collaudo (o del CRE), non costituisce presunzione di accettazione dell'opera, ai sensi dell'articolo 1666, comma 2 del Codice Civile.

Salvo quanto disposto dall'articolo 1669 del Codice Civile, l'appaltatore risponde per la difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati dal soggetto appaltante prima che il certificato di collaudo assuma carattere definitivo.

L'Amministrazione si riserva la facoltà di chiedere consegna anticipata per parti di lavoro ultimate.

Articolo 28

GARANZIA PER DIFFORMITA' E VIZI AL COLLAUDO DEFINITIVO-DIFETTI DI COSTRUZIONE – RESPONSABILITA' DECENNALE PER ROVINA E DIFETTI DI COSE IMMOBILI

Il certificato di collaudo assume carattere definitivo trascorsi due anni dalla data della relativa emissione. Nell'arco di tale periodo l'appaltatore è tenuto alla garanzia per le difformità ed i vizi dell'opera, indipendentemente dalla intervenuta liquidazione del saldo. L'appaltatore deve demolire e rifare a sue spese le lavorazioni che il Direttore dei Lavori accerta eseguite senza la necessaria diligenza o con materiali diversi da quelli prescritti contrattualmente o che, dopo la loro accettazione e messa in opera, abbinano rivelato difetti o inadeguatezze.

Nei casi in cui il certificato di collaudo è sostituito dal certificato di regolare esecuzione sono applicati gli artt. 1667 e 1668 C.C. e, pertanto, l'appaltatore è tenuto alla garanzia per difformità e vizi dell'opera nei due anni successivi alla consegna dell'opera all'Amministrazione.

È in ogni caso salvo il risarcimento del danno nel caso di colpa dell'appaltatore ai sensi dell'art. 1668, II comma C.C.

Quando si tratta di edifici o di altre cose immobili destinate per loro natura a lunga durata, se nel corso di dieci anni dal compimento, l'opera, per vizio del suolo o per difetto della costruzione, rovina in tutto o in parte, ovvero presenta evidente pericolo di rovina o gravi difetti, l'appaltatore è responsabile nei confronti dell'Amministrazione Provinciale, purché sia fatta la denuncia entro un anno dalla scoperta (art. 1669 C.C.).

Articolo 29

DANNI DI FORZA MAGGIORE

Qualora si verificano danni ai lavori causati da forza maggiore, questi devono essere denunciati alla Direzione Lavori, a pena di decadenza, entro il termine di tre giorni da quello del verificarsi del danno. Appena ricevuta la denuncia il Direttore dei Lavori provvede, redigendo apposito verbale, agli accertamenti del caso, secondo quanto disposto dall'art. 139 DPR 554/99.

L'appaltatore non può sospendere o rallentare l'esecuzione dei lavori, tranne nelle parti ove lo stato dei luoghi debba rimanere inalterato per provvedere all'accertamento dei fatti.

L'indennizzo per i danni è limitato all'importo dei lavori necessari per l'occorrente riparazione, valutati ai prezzi ed alle condizioni di contratto, con esclusione dei danni e delle perdite di materiali non ancora posti in opera, nonché delle opere provvisorie e dei mezzi dell'Appaltatore.

Nessun indennizzo è dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa dell'appaltatore o delle persone delle quali esso è tenuto a rispondere.

Articolo 30

TRATTAMENTO E TUTELA DEI LAVORATORI

L'appaltatore è obbligato ad eseguire l'opera o i lavori oggetto del presente Capitolato nel rispetto delle norme dettate a tutela dei lavoratori.

a) Tutela retributiva

L'Appaltatore è obbligato ad osservare integralmente il trattamento economico e normativo stabilito nei contratti collettivi nazionali e territoriali in vigore per il settore e per la zona nella quale si svolgono i lavori costituenti oggetto del presente contratto e, se Cooperativa, anche nei confronti dei soci, ed a continuare ad applicare i suddetti contratti collettivi anche dopo la loro scadenza e fino alla loro sostituzione. L'appaltatore è altresì responsabile in solido dell'osservanza delle norme anzidette da parte dei subappaltatori nei confronti dei loro dipendenti per le prestazioni rese nell'ambito del subappalto.

I suddetti obblighi vincolano l'Appaltatore fino alla data di collaudo anche se egli non fosse aderente alle associazioni stipulanti o dovesse recedere da esse ed indipendentemente dalla natura industriale ed artigiana, dalle dimensioni dell'Impresa da ogni qualificazione giuridica.

Inoltre, il mancato adempimento di tali obblighi da parte dell'appaltatore conferisce all'Amministrazione Provinciale il diritto di agire contro la compagnia assicuratrice o la banca che abbia rilasciato la polizza fideiussoria – di cui all'art. 113, del D. lgs. 163/2006 e successive modifiche – a garanzia dei debiti contrattuali dell'appaltatore medesimo, secondo quanto previsto dall'art. 101 del DPR 554/99.

b) Tutela previdenziale e assicurativa

L'Appaltatore dovrà altresì osservare le norme e le prescrizioni delle Leggi e dei Regolamenti vigenti sull'assunzione, tutela, protezione, contribuzione, assicurazione, infortuni ed assistenza dei lavoratori, comunicando, non oltre 15 giorni dalla consegna dei lavori, gli estremi della propria iscrizione agli Istituti previdenziali ed assicurativi.

L'appaltatore deve esibire al Direttore dei Lavori, prima della data del verbale di consegna dei lavori, ogni prescritta denuncia del lavoro iniziato agli enti previdenziali e assicurativi, e copia della polizza di assicurazione contro gli infortuni. L'appaltatore deve parimenti esibire le modifiche alle denunce e polizze in precedenza esibite entro 14 giorni successivi alla modifica.

Prima di emettere i certificati di pagamento degli stati di avanzamento lavori, compreso quello conseguente al conto finale, il Direttore dei Lavori chiede all'appaltatore le ricevute e le attestazioni dei versamenti contributivi previdenziali ed assicurativi, nonché di quelli dovuti agli organismi paritetici previsti dalla contrattazione collettiva, effettuati agli enti previdenziali ed assicurativi che devono essere prontamente esibiti dall'appaltatore.

A garanzia di tali obblighi, secondo quanto disposto dall'art. 7 del Capitolato generale, il Direttore dei Lavori, opererà una ritenuta dello 0,5% sull'importo netto progressivo dei lavori.

Inoltre, il mancato adempimento dell'appaltatore agli obblighi sociali, integrando nel contempo gli estremi di un adempimento verso l'ente, conferisce a quest'ultima il diritto di agire contro la compagnia assicuratrice o la banca che abbia rilasciato la polizza fideiussoria ex art. 30, comma 2, L. 109/94 e successive modifiche – a garanzia dei debiti contrattuali dell'appaltatore medesimo, secondo quanto previsto dall'art. 101 del DPR 554/99.

Le disposizioni suddette si applicano anche nel caso di subappalto. In ogni caso l'appaltatore è responsabile nei confronti dell'ente dell'osservanza delle predette disposizioni da parte dei subappaltatori.

Qualora l'amministrazione appaltante constati la violazione degli obblighi retributivi previdenziali e assicurativi, il responsabile del procedimento sentito l'appaltatore, applicherà la penale ritenuta adeguata e comunque non inferiore a €. 1.000,00 (€. Mille/00), (da trattarsi sul primo stato di avanzamento successivo alla violazione). Egli altresì ordinerà all'appaltatore l'immediato adeguamento alla normativa di tutela dei lavoratori.

La mancata ottemperanza dell'appaltatore è considerata grave inadempimento degli obblighi contrattuali e pertanto darà luogo alla risoluzione del contratto ai sensi dell'art. 35 del presente Capitolato.

Tutte le violazioni della tutela retributiva ovvero previdenziale e assicurativa saranno segnalate all'Ispettorato del Lavoro ed ai competenti Enti previdenziali ed assicurativi.

Articolo 31

DURATA GIORNALIERA DEI LAVORI LAVORO STRAORDINARIO NOTTURNO

L'orario giornaliero dei lavori sarà quello stabilito dal contratto collettivo valevole nel luogo dove i lavori

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

vengono compiuti, ed in mancanza, quello risultante dagli accordi locali e ciò anche se l'appaltatore non sia iscritto alle rispettive organizzazioni dei datori di lavoro.

L'orario di lavoro, giornaliero, settimanale e mensile, non potrà superare i limiti contrattualmente previsti, questo anche per garantire le necessarie condizioni di sicurezza.

L'Appaltatore dovrà eseguire i lavori nella fascia oraria compresa dalle ore 06:00 alle ore 22:00 di ogni giorno, anche festivo ove occorra, mediante l'utilizzo del doppio turno lavorativo, ma anche senza aver diritto a compensi od indennità di sorta, al di fuori del prezzo contrattuale convenuto, essendo essi già comprensivi di ogni maggiorazione dovuta per questa tipologia organizzativa del cantiere, salvo diverse disposizioni impartite dalla Direzione Lavori e dal coordinatore della sicurezza.

Al fine di rispettare i termini di esecuzione dei lavori, l'Appaltatore potrà organizzare il lavoro in due turni lavorativi nelle fasce orarie 06:00 22:00 e secondo le indicazioni che perverranno dall'Amministrazione, dalla Direzione Lavori e dal coordinatore per la sicurezza nella esecuzione.

Gravano sull'Appaltatore, tutti gli oneri connessi alla realizzazione in doppio turno, comprese le misure di sicurezza necessarie alla esecuzione dei lavori nei turni ed alla adeguata illuminazione da approntare, in conformità alle norme vigenti, per l'esecuzione dei lavori previsti in progetto ed adempiendo a tutte le prescrizioni che verranno impartite in merito da parte del coordinatore per la sicurezza dei lavori.

All'infuori dell'orario convenuto, come pure nei giorni festivi, l'Appaltatore non potrà a suo arbitrio fare eseguire lavori che richiedano la sorveglianza da parte degli agenti dell'Appaltante; se, a richiesta dell'Appaltatore, la Direzione Lavori autorizzasse il prolungamento dell'orario, l'Appaltatore non avrà diritto a compenso od indennità di sorta ma sarà invece tenuto a rimborsare all'Appaltante le maggiori spese di assistenza.

Articolo 32 SICUREZZA DEL CANTIERE

L'appaltatore e le eventuali ditte subappaltatrici sono tenuti all'osservanza rigorosa degli adempimenti previsti dal D. Lgs. 81/08 in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro.

L'appaltatore e le eventuali ditte subappaltatrici sono tenute all'osservanza del Piano di sicurezza e coordinamento redatto dal Coordinatore per la sicurezza ai sensi del D. Lgs. 81/08, nonché all'adempimento degli obblighi derivanti dall'applicazione del predetto decreto legislativo e dalle successive circolari esecutive.

Entro trenta giorni dall'aggiudicazione, e comunque prima della consegna dei lavori, l'Appaltatore redige e consegna alla Stazione appaltante un Piano Operativo di Sicurezza (POS) per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori, da considerare come un piano complementare di dettaglio del piano di sicurezza e di coordinamento. Il piano operativo di sicurezza deve essere redatto ai sensi dell'art. 96, comma 1 lettera g del D. L.vo 81/08. In particolare il piano operativo di sicurezza deve prevedere l'organizzazione del cantiere indicando:

- 1 l'impianto elettrico di cantiere, l'impianto di terra i posti di lavoro con relative attrezzature e macchinari;
- 2 la viabilità pedonale e carrabile;
- 3 le eventuali compartimentazioni delle aree di lavoro.

Per tutto quanto non specificato si fa riferimento al D. L.vo 81/08.

Le imprese esecutrici, prima dell'inizio dei lavori, ovvero in corso d'opera, possono presentare al coordinatore per l'esecuzione dei lavori proposte di modificazioni o integrazioni al piano di sicurezza e di coordinamento trasmesso dalla Stazione appaltante, sia per adeguare i contenuti alle tecnologie proprie dell'impresa, sia per garantire il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori eventualmente disattese dal piano stesso.

Il piano di sicurezza e di coordinamento ed il piano operativo di sicurezza formano parte integrante del contratto di appalto. Gli oneri per la sicurezza, sono evidenziati dall'art. 2 del presente Capitolato Speciale di Appalto, non sono soggetti a ribasso d'asta ai sensi dell'art. 131 del D. lgs. 163/2006.

In particolare a carico dell'impresa e compensati con la cifra indicata al precedente art. 2, si intendono tutti gli oneri necessari a garantire la sicurezza all'interno del cantiere.

L'impresa dovrà (tenendone conto nel programma esecutivo) adeguare i propri tempi di lavoro al programma ed all'ordine dei lavori stabilito nel Piano della Sicurezza suscettibile, a norma di legge, di adeguamenti e

modifiche anche sulla base di suggerimenti da parte dell'impresa appaltatrice.

Le gravi e ripetute violazioni dei piani stessi da parte dell'Appaltatore previa formale costituzione in mora dell'interessato, costituiscono causa di risoluzione del contratto da parte della Stazione appaltante.

Il direttore di cantiere ed il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, ciascuno nell'ambito delle proprie competenze, vigilano sull'osservanza dei piani di sicurezza.

Articolo 33

ONERI ED OBBLIGHI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTATORE

Oltre agli oneri previsti dal Capitolato Generale di Appalto e quelli specificati nel presente Capitolato Speciale, saranno a carico dell'Appaltatore gli oneri ed obblighi seguenti.

a) Obblighi ed oneri relativi all'organizzazione del cantiere:

- I lavori devono svolgersi garantendo sempre il transito veicolare sulla strada, anche a senso unico alternato, o con regolamentazione semaforica.
- La formazione del cantiere e l'esecuzione di tutte le opere a tal uopo occorrenti, comprese quelle di recinzione e di protezione e quelle necessarie per mantenere la continuità delle comunicazioni, nonché di scoli, acque e canalizzazioni esistenti.
- La fornitura di cartelli indicatori e contenenti, a colori indelebili, tutte le informazioni richieste dalla normativa vigente (per opere finanziate dalla CC.PP. con risparmi postali, dovranno contenere anche la dicitura relativa al finanziamento).
- Tanto i cartelli che le armature di sostegno dovranno essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza, di decoroso aspetto e dovranno essere mantenuti in ottimo stato fino al collaudo dei lavori.
- L'installazione delle attrezzature ed impianti necessari e atti, in rapporto all'entità dell'opera, ad assicurare la migliore esecuzione ed il normale ed ininterrotto svolgimento dei lavori.
- L'apprestamento delle opere provvisorie quali ponteggi, impalcature, assiti, steccati, armature, centinature, cassature, ecc. compresi spostamenti, sfridi, mantenimenti e smontaggi a fine lavori.
- Le incastellature, le impalcature e le costruzioni provvisorie in genere, se prospettanti all'esterno del cantiere o aggettanti su spazi pubblici o privati, dovranno essere idoneamente schermate
- L'adeguata illuminazione del cantiere.
- La vigilanza e guardiania del cantiere, sia diurna che notturna e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di pertinenza dell'Appaltatore, dell'amministrazione, o di altre Ditte), nonché delle opere eseguite od in corso di esecuzione
- La vigilanza estesa anche ai periodi di sospensione dei lavori ed al periodo intercorrente tra l'ultimazione ed il collaudo, salvo l'anticipata consegna delle opere all'Amministrazione appaltante e per le opere consegnate.
- La pulizia del cantiere e la manutenzione ordinaria e straordinaria di ogni apprestamento provvisorio. La pulizia e spazzatura delle strade da terre e materiali provenienti dai lavori eseguiti, prima della loro riapertura al traffico.
- La fornitura di locali di uso ufficio (in muratura o prefabbricati) idoneamente rifiniti e forniti dei servizi necessari alla permanenza ed al lavoro di ufficio della Direzione Lavori. I locali saranno realizzati nel cantiere od in luogo prossimo, stabilito od accettato dalla Direzione, la quale disporrà anche il numero degli stessi e le attrezzature di dotazione.
- La fornitura di mezzi di trasporto per gli spostamenti della Direzione Lavori e del personale di assistenza.
- La fornitura di locali e strutture di servizio per gli operai, quali tettoie, ricoveri, spogliatoi, prefabbricati o meno, la fornitura di servizi igienico-sanitari in numero adeguato e conformi alle prescrizioni degli Enti competenti, nonché il servizio di mensa per operai ed addetti ai lavori.
- Le spese per gli allacciamenti provvisori, e relativi contributi e diritti, dei servizi di acqua, elettricità, gas, telefono e fognature necessari per il funzionamento del cantiere e l'esecuzione dei lavori, nonché le spese di utenza e consumo relative ai predetti servizi.
- Le occupazioni temporanee per formazione di aree di cantiere, baracche ed in genere per tutti gli usi occorrenti all'Appaltatore per l'esecuzione dei lavori appaltati, nonché le pratiche presso

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

Amministrazioni ed Enti per permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni, per opere di presidio, interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, cautelamenti, trasporti speciali nonché le spese ad esse relative per tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni, ecc.

- L'espletamento delle procedure espropriative per l'esecuzione dei lavori oggetto del presente appalto, secondo quanto specificato nell'apposito articolo del presente capitolato (art. 34 – Espropriazioni)
- In difetto rimane ad esclusivo carico dell'Appaltatore ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.
- Lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, siepi e l'estirpazione delle ceppaie.
- E' onere dell'appaltatore l'eventuale richiesta preventiva alla Direzione Ambiente per l'abbattimento di alberature nelle zone interessate dai lavori e di dare seguito alle indicazioni e prescrizioni stabilite dalla Direzione suddetta.
- L'approntamento di un laboratorio di cantiere fisso o mobile e con le necessarie attrezzature, che l'Amministrazione ritenesse di istituire, nonché le spese per il personale addetto.
- L'installazione di tabelle e segnali luminosi nel numero sufficienti, sia di giorno che di notte, nonché l'esecuzione di tutti i provvedimenti che la Direzione Lavori riterrà indispensabili per garantire la sicurezza delle persone e dei veicoli e la continuità del traffico sia in prossimità del cantiere sia nelle zone lontane da questo.
- Tessere di riconoscimento. L'appaltatore ha l'obbligo di dotare i propri dipendenti, impegnati nella realizzazione dell'opera, di tessera di riconoscimento con fotografia. Tale obbligo è esteso a tutte le imprese subappaltatrici.
- La sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni ed interni; la collocazione, ove necessario di ponticelli, andatoie, scalette di adeguata portanza e sicurezza, con l'obbligo di mantenere l'accesso alle singole abitazioni frontiste.
- L'installazione di tabelle e segnali luminosi nel numero sufficienti, sia di giorno che di notte, nonché l'esecuzione di tutti i provvedimenti che la Direzione Lavori riterrà indispensabili per garantire la sicurezza delle persone e dei veicoli e la continuità del traffico sia in prossimità del cantiere sia nelle zone lontane da questo.
- La conservazione ed il ripristino delle vie, dei passaggi e dei servizi, pubblici o privati, che venissero interrotti per l'esecuzione dei lavori provvedendosi a proprie spese con opportune opere provvisorie, compreso il ripristino della segnaletica stradale orizzontale e verticale com'era prima dei lavori (ad esempio attraversamenti pedonali, spartitraffico ecc.).
- Lo sgombero e la pulizia del cantiere e la spazzatura stradale, entro un mese dall'ultimazione dei lavori, con la rimozione di tutti i materiali residui, i mezzi d'opera, le attrezzature e gli impianti esistenti nonché con la perfetta pulizia di ogni parte e di ogni particolare delle opere da fabbricarsi, calcinacci, sbavature, pitture, unto, ecc.
- L'onere dell'allontanamento dei materiali di risulta degli scavi non più ritenuti utilizzabili dalla D.L. e del loro eventuale smaltimento a norma di legge. In particolare l'Appaltatore dovrà fornire le autorizzazioni secondo le norme di legge, relative alla discarica o discariche, presso le quali verrà conferito il materiale di risulta secondo la sua tipologia, compreso il materiale derivante da demolizione di sovrastrutture stradali (binder e tappeti) ed effettuando i campionamenti necessari alla classificazione del rifiuto depositato. Tutte le autorizzazioni necessarie per effettuare lo smaltimento, sono a carico dell'Appaltatore così come le responsabilità conseguenti alla corretta raccolta e smaltimento dei rifiuti speciali.
- In presenza di normale attività didattica all'interno dell'edificio, a prescindere dalla previsione dell'esecuzione dei lavori così come prevista nel piano di sicurezza e coordinamento, l'Impresa dovrà rispettare la sicurezza adeguandosi ai tempi reali di esecuzione dei lavori stessi, senza avere per ciò diritto a compensi o indennità di sorta al di fuori del prezzo contrattuale convenuto.
- L'Impresa è obbligata ad eseguire i lavori in presenza di traffico veicolare. Per questo onere, già valutato nei singoli prezzi, l'Appaltatore dovrà prendere tutte le necessarie misure per non arrecare danno o pericolo alle persone e cose; occorrendo, dovrà impiantare a proprie spese, passi provvisori ed eseguire i lavori, senza pretendere compensi per questi oneri essendo già compresi nei prezzi unitari.

b) Obblighi ed oneri relativi a prove, sondaggi, disegni.

- La fornitura di tutti i necessari attrezzi, strumenti e personale esperto per tracciamenti, rilievi, misurazioni, saggi, picchettazioni, ecc. relativi alle operazioni di consegna, verifiche in corso d'opera, contabilità e collaudo dei lavori.
- La riproduzione di grafici, disegni ed allegati vari relativi alle opere in esecuzione. In particolare dovranno essere eseguiti:
 - Planimetrie generali (Scale 1:2000);
 - Planimetrie di dettaglio (Scala 1:1000 oppure 1:500)
 - Profili di dettaglio (Scale 1:1000; 1:100)
 - Sezioni e sistemazioni delle intersezioni (incroci) (Scala 1:200)
 - Disegni costruttivi delle opere d'arte in Scala 1:50.

Tutte le tavole dovranno essere eseguite e consegnate alla Direzione Lavori in lucido e in n. 3 copie eliografiche, due delle quali verranno consegnate all'Amministrazione.

- Il tracciato planoaltimetrico e tutti i tracciamenti di dettaglio riferentisi alle opere in genere, completo di monografia dei capisaldi e di livellazione riferita agli stessi.
- L'esecuzione di modelli e campionature di lavori, materiali e forniture che venissero richiesti dalla Direzione Lavori.
- L'esecuzione di esperienze ed analisi come anche verifiche, assaggi e relative spese che venissero in ogni tempo ordinati dalla Direzione Lavori, presso il laboratorio di cantiere o presso gli Istituti autorizzati, sui materiali e forniture da impiegare od impiegati o sulle opere, in relazione a quanto prescritto nella normativa di accettazione o di esecuzione.
- La conservazione dei campioni fino al collaudo, muniti di sigilli controfirmati dalla Direzione e dall'Appaltatore, in idonei locali o negli edifici direttivi.
- La fornitura di fotografie delle opere, nel formato, numero e frequenza prescritti dalla Direzione Lavori e comunque non inferiori a quattro per ogni stato di avanzamento, nel formato 18x24.
- La verifica dei calcoli delle strutture resistenti come previsto all'art. 33, con gli oneri ivi previsti.
- La verifica delle indagini geognostiche e dello studio della portanza dei terreni nonché la verifica delle soluzioni strutturali e del dimensionamento delle opere di fondazione o di sostegno.
- Le prove di carico e le verifiche delle varie strutture (pali di fondazione, travi, solai, mensole, rampe, ecc.) che venissero ordinate dalla Direzione o dal Collaudatore; l'apprestamento di quanto occorrente (materiali, mezzi d'opera, opere provvisionali, opere e strumenti) per l'esecuzione di tali prove e verifiche.
- Le spese di assistenza per i collaudi tecnici prescritti dall'Amministrazione per le strutture e gli impianti. In particolare di tutte le opere provvisionali, le baracche e luoghi di lavorazione impianti compresi, nonché le spese di collaudazione per tutte le indagini, prove e controlli che i Collaudatori riterranno opportuno disporre, a loro insindacabile giudizio, e per gli eventuali ripristini.
- L'Appaltatore è obbligato a fornire all'Amministrazione, alla ultimazione dei lavori e prima del collaudo, il rilievo delle opere realizzate (condotte, pozzetti, caditoie, sottoservizi). Il rilievo comprenderà la livellazione del piano strada (in prossimità dei tombini), la posizione planimetrica delle opere d'arte, delle tubazioni e delle caditoie, il profilo altimetrico delle condotte. L'Amministrazione fornirà all'Appaltatore la tabella da compilare contenente i dati necessari sopra citati, per l'aggiornamento del sistema informatico territoriale.
- L'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazione concorrenti nei cavi e l'esecuzione di opere provvisionali per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere, in generale.

c) Ulteriori oneri

- ❖ L'osservanza delle norme di polizia stradale, di quelle di polizia mineraria (Legge 30/03/1893, n. 184 e Regolamento 14/01/1894, n. 19), nonché di tutte le prescrizioni, leggi e regolamenti in vigore per l'uso di mine, ove tale uso fosse consentito;

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

- ❖ Le spese relative alla utilizzazione del Corpo dei Vigili Urbani in occasione di lavori particolarmente impegnativi dal punto di vista della viabilità;
- ❖ Saranno a carico dell'Impresa eventuali sanzioni ad infrazioni del Codice della Strada;
- ❖ Il carico, trasporto e scarico dei materiali delle forniture e dei mezzi d'opera ed il collocamento a deposito od in opera con le opportune cautele atte ad evitare danni od infortuni.
- ❖ Il ricevimento di materiali e forniture escluse dall'appalto nonché la loro sistemazione, conservazione e custodia, compresa altresì la custodia di opere escluse dall'appalto eseguite da Ditte diverse per conto dell'Amministrazione o dalla stessa direttamente.
- ❖ La riparazione dei danni che, per ogni causa o negligenza dell'Appaltatore, fossero apportati ai materiali forniti od ai lavori da altri compiuti.
- ❖ La fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori relative al numero degli operai impiegati, distinti nelle varie categorie, per periodi indicati dal Direttore dei Lavori.
- ❖ L'autorizzazione al libero accesso alla Direzione Lavori ed al personale di assistenza e sorveglianza, in qualsiasi momento, nei cantieri di lavoro o di produzione dei materiali per le prove, i controlli, le misure e le verifiche previste dal presente Capitolato, medesima autorizzazione deve essere concessa alle altre imprese ed al relativo personale dipendente, per tutto il tempo occorrente all'esecuzione dei lavori o delle forniture scorporate.
- ❖ Le spese di contratto ed accessorie e cioè tutte le spese e tasse, compresi eventuali diritti di segreteria, inerenti e conseguenti alla stipulazione del contratto e degli eventuali atti complementari, le spese per le copie esecutive, le tasse di registro e di bollo principali e complementari.

d) Oneri dipendenti dalla presenza del traffico.

- ❖ Per tutti i lavori che dovranno essere eseguiti in presenza del traffico che non potrà essere né deviato né sospeso l'Impresa dovrà escogitare ed attuare tutti gli accorgimenti e le cautele necessarie per assicurare contemporaneamente la buona esecuzione dei lavori, il passaggio agevole e regolare, nonché la sicurezza del transito sottostando a tutte le prescrizioni vigenti e che comunque all'atto esecutivo saranno dettate dalla Direzione dei lavori.
- ❖ Gli oneri derivanti dalle particolari condizioni suesposte e da quelle che si verificheranno durante il corso dei lavori, salvo che non si tratti di oneri dipendenti da causa di forza maggiore, ai sensi dell'art. 20 del Capitolato Generale, si intendono tutti a carico dell'Impresa che non potrà pretendere compensi di sorta oltre quelli previsti nell'elenco dei prezzi del presente Capitolato, essendosi di essi tenuto conto nello stabilire i prezzi.

Articolo 34 ESPROPRIAZIONI

L'Amministrazione conferisce all'Impresa il mandato di svolgere in sua rappresentanza, salvo i rimborsi con le modalità di cui si dice più avanti, tutte le procedure tecniche, amministrative o finanziarie, anche se in sede contenziosa, connesse con le occupazioni temporanee di urgenza, le espropriazioni ed asservimenti occorrenti per l'esecuzione delle opere appaltate.

Per le citate occupazioni temporanee, espropriazioni ed asservimenti, l'Impresa deve avvalersi di tutte le norme vigenti in materia di espropriazione per cause di pubblica utilità.

All'Impresa sono rimborsate le somme inerenti alle espropriazioni, regolarmente corrisposte a titolo di indennità di espropriazione, di asservimenti ed accessorie, debitamente rendicontate nei modi appresso indicati, nonché le somme anticipate a titolo di imposta, tributi e simili (imposte del registro, ipotecarie, pubblicazioni FAL, tributi erariali) comunque dovuti dall'Ente espropriante, secondo le vigenti disposizioni di legge, restando inteso che ogni altro onere, per il completo espletamento delle procedure espropriative e per gli asservimenti, si intende compensato con il corrispettivo dell'appalto.

Resta espressamente convenuto che L'Amministrazione ha la facoltà, ferma restando la piena ed esclusiva responsabilità dell'Impresa, di eseguire presso l'Impresa stessa accertamenti e verifiche in ordine alla regolarità formale e sostanziale delle procedure espropriative e di eventuali asservimenti ed ordinare, a suo insindacabile giudizio, la regolarizzazione, come pure ha la facoltà di vigilare entro i limiti di propria competenza, affinché non si manifestino ritardi ed impedimenti all'esecuzione delle opere connesse alle

espropriazioni e ad eventuali asservimenti.

L'impresa provvederà a sua cura e spese a tutte le occupazioni temporanee e definitive che si rendessero necessarie per deviazioni provvisorie, per strade di servizio, per accesso ai vari cantieri, per l'impianto dei cantieri stessi, per tutte le discariche e i depositi di materiale, per l'apertura di cave e per quant'altro necessario all'esecuzione dei lavori.

Resta in proposito precisato che l'Impresa risponderà sempre e direttamente nei confronti dei terzi per le sopramenzionate occupazioni, obbligandosi a sollevare da ogni corrispondente richiesta l'Amministrazione che, pertanto, ed in ogni caso, rimarrà del tutto estranea.

Restano a carico dell'appaltatore, intendendosi compensati con i prezzi di appalto tutti gli oneri relativi all'esecuzione di piste di accesso e di servizio che si dovessero rendere necessarie per l'esecuzione dell'opera.

Articolo 35

VERIFICA DEI CALCOLI STATICI ESECUTIVI

Poiché la Stazione Appaltante fornisce il progetto completo di calcoli statici, la verifica di detti calcoli dovrà essere eseguita dall'Appaltatore. L'Appaltatore perciò, nel concorrere all'appalto, avrà preso conoscenza del progetto, dovrà averne controllato i calcoli statici a mezzo di professionista di sua fiducia (qualora l'Appaltatore stesso non rivesta tale qualità) concordando nei risultati finali e riconoscendo, quindi, il progetto perfettamente attendibile; con ciò egli assume piena ed intera responsabilità tanto del progetto come dell'esecuzione dell'opera.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare la dichiarazione scritta, alla Stazione Appaltante, dell'accettazione dei predetti calcoli, impegnandosi al deposito degli stessi presso gli uffici del Genio Civile.

Tuttavia, laddove l'Appaltatore ne rilevasse la necessità e la convenienza, potrà modificare, a sua cura e spese, il progetto strutturale allegato, mediante rielaborazione dei calcoli e degli elaborati esecutivi a mezzo di professionista abilitato; in tal caso resta espressamente stabilito che l'eventuale introduzione di varianti nelle strutture anzidette (sia in fondazione che in elevazione) non potrà in alcun caso giustificare maggiorazioni del prezzo contrattuale (che anche sotto tale aspetto rimane fisso ed invariabile), né modifiche dimensionali che abbiano ripercussione sulle caratteristiche funzionali, distributive, architettoniche e di fruibilità; in ogni caso le eventuali modificazioni che l'Appaltatore intendesse introdurre nel progetto strutturale, nel relativo progetto esecutivo e nei calcoli dovranno essere preventivamente sottoposti all'insindacabile giudizio della Direzione Lavori. L'accettazione di detto progetto, da parte della D.L., non solleva in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità inerenti il progetto e la sua esecuzione.

Articolo 36

APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI

Qualora l'Appaltatore non provveda tempestivamente all'approvvigionamento dei materiali occorrenti per assicurare a giudizio insindacabile dell'Appaltante l'esecuzione dei lavori entro i termini stabiliti dal contratto, l'Appaltante stesso potrà con semplice ordine di servizio, diffidare l'Appaltatore a provvedere a tale approvvigionamento entro un termine perentorio.

Scaduto tale termine infruttuosamente, l'Appaltante potrà provvedere senz'altro all'approvvigionamento dei materiali predetti, nelle quantità e qualità che riterrà più opportune, dandone comunicazione all'Appaltatore, precisando la qualità, le quantità ed i prezzi dei materiali e l'epoca in cui questi potranno essere consegnati all'Appaltatore stesso.

In tal caso detti materiali saranno senz'altro contabilizzati a debito dell'Appaltatore, al loro prezzo di costo a piè d'opera, maggiorata dell'aliquota del 5% (cinque per cento) per spese generali dell'Appaltante, mentre d'altra parte continueranno ad essere contabilizzati all'Appaltatore ai prezzi di contratto.

Per effetto del provvedimento di cui sopra l'Appaltatore è senz'altro obbligato a ricevere in consegna tutti i materiali ordinati dall'Appaltante e ad accertarne il relativo addebito in contabilità restando esplicitamente stabilito che, ove i materiali così approvvigionati risultino eventualmente esuberanti al fabbisogno, nessuna pretesa od eccezione potrà essere sollevata dall'Appaltatore stesso che in tal caso rimarrà proprietario del

materiale residuo.

L'adozione di siffatto provvedimento non pregiudica in alcun modo la facoltà dell'Appaltante di applicare in danno dell'appaltatore, se del caso, gli altri provvedimenti previsti nel presente Capitolato o dalle vigenti leggi.

Articolo 37
PROPRIETA' DEGLI OGGETTI TROVATI

L'Amministrazione, salvo i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia che si rinvenivano nei fondi espropriati per l'esecuzione dei lavori o nella sede dei lavori stessi.

Dell'eventuale ritrovamento dovrà esserne dato immediato avviso alla Direzione Lavori per le opportune disposizioni.

L'Appaltatore non potrà in ogni caso senza ordine scritto rimuovere od alterare l'oggetto del ritrovamento, sospendendo i lavori stessi nel luogo interessato.

Ove necessario, tale sospensione potrà essere formalizzata dalla Direzione Lavori, rientrando tra le cause di forza maggiore previste dal primo comma dell'art. 24 del Capitolato Generale d'appalto approvato con DM 145/2000.

Articolo 38
ESECUZIONE D'UFFICIO

Nel caso in cui L'Appaltatore si rifiutasse all'immediato rifacimento delle opere male eseguite, all'esecuzione delle opere mancanti, alla demolizione e sostituzione di quelle non rispondenti alle condizioni contrattuali o non rispettasse o ritardasse il programma accettato o sospendesse i lavori, ed in generale, in tutti i casi previsti dagli art. 136 del D. Lgs. 163/2006 Succ. Mod. ed Integ. e dall'art. 18 del D.M. 145/2000, l'Amministrazione Provinciale avrà il diritto di procedere all'esecuzione d'ufficio dei lavori od alla rescissione del contratto in danno dell'Appaltatore stesso.

Articolo 39
RISOLUZIONE DEL CONTRATTO

Si dà luogo alla risoluzione del contratto, con provvedimento della stazione appaltante, nei seguenti casi:

- 1 art. 136 del D. Lgs. 163/2006 Succ. Mod. ed Integ.
- 2 per il manifestarsi di errori o di omissioni del progetto esecutivo che pregiudicano, in tutto o in parte la realizzazione dell'opera ovvero la sua utilizzazione, ove le varianti eccedano il quinto dell'importo originario del contratto;
- 3 gravi o ripetute violazioni dei piani di sicurezza (previa formale costituzione in mora dell'interessato);
- 4 violazione delle norme dettate a tutela dei lavoratori;
- 5 inutile decorso del secondo termine assegnato dal Direttore dei Lavori all'appaltatore per la consegna dei lavori di cui all'art. 16;
- 6 ritardo nell'adempimento che comporti l'applicazione di penali complessivamente superiori al 10% dell'ammontare netto contrattuale;
- 7 grave ritardo rispetto alle previsioni del programma esecutivo (da accertare con le modalità previste dall'art. 119, commi 4 e 5, del DPR 554/99);
- 8 grave inadempimento delle obbligazioni contrattuali tali da compromettere la buona riuscita dei lavori (da contestare con le modalità previste dall'art. 119, commi 1, 2 e 3, del DPR 554/99);
- 9 applicazione di misure di prevenzione o sentenze passate in giudicato ai sensi dell'art. 118 del DPR 554/99;
- 10 negli altri casi espressamente previsti dal presente Capitolato.

**Articolo 40
RECESSO**

Esclusa l'ipotesi di risoluzione prevista dal n. 2) del precedente articolo, qualora la variante superi 1/5 dell'importo dell'appalto, l'Appaltatore ha la facoltà di recedere dal contratto entro il termine di dieci giorni dal ricevimento della comunicazione da parte del responsabile del procedimento, col solo diritto al pagamento dei lavori eseguiti.

Egli ha altresì la facoltà di presentare istanza di recesso qualora la consegna dei lavori avvenga in ritardo per fatto o colpa dell'amministrazione. In tale caso accolta l'istanza l'appaltatore avrà diritto al rimborso delle spese nei limiti previsti dall'art. 9 del capitolato generale d'appalto.

La stazione appaltante si riserva il diritto di recedere dal contratto in qualunque tempo, ai sensi dell'art. 122 del DPR 554/2000, previo pagamento dei lavori eseguiti e del valore dei materiali utili esistenti in cantiere, oltre al decimo dell'importo delle opere non eseguite.

**Articolo 41
SUBAPPALTI E COTTIMI**

I subappalti ed i cottimi sono regolati dall'art. 118 del D. Lgs. 163/2006 Succ. Mod. ed Integ.

L'Amministrazione Provinciale non provvederà a corrispondere direttamente al subappaltatore o al cottimista l'importo dei lavori dagli stessi eseguiti. Pertanto l'appaltatore è obbligato a trasmettere, entro venti giorni dalla data di ciascun pagamento effettuato nei loro confronti, copia delle fatture quietanzate relative ai pagamenti corrisposti dall'appaltatore ad subappaltatore o cottimista.

L'esecuzione delle opere o dei lavori affidati in subappalto non può formare oggetto di ulteriore subappalto salvo che per la fornitura con posa in opera di impianti e di strutture speciali. In tali casi il subappaltatore, per la posa in opera o il montaggio, può avvalersi di imprese di propria fiducia per le quali non sussista alcuno dei divieti dall'art. 10 legge 31 maggio 1965 n. 575 e successive modificazioni.

**Articolo 42
REVISIONE PREZZI**

Non sono ammesse revisioni dei prezzi. Il rischio delle difficoltà dell'opera è a totale carico dell'appaltatore. L'art. 1664 C.C., 1° comma, non si applica all'appalto di cui al presente Capitolato.

**Articolo 43
RESPONSABILITA' DELL'APPALTATORE**

L'Appaltatore è l'unico responsabile dell'esecuzione delle opere appaltate in conformità alle migliori regole dell'arte, della rispondenza di dette opere e parti di esse alle condizioni contrattuali, del rispetto di tutte le norme di Legge e di Regolamento.

Sarà obbligo dell'Appaltatore di adottare nell'esecuzione dei lavori tutti i provvedimenti e le cautele necessarie per garantire l'incolumità degli operai e rimane stabilito che egli assumerà ogni ampia responsabilità sia civile che penale nel caso di infortuni, della quale responsabilità si intende quindi sollevato il personale preposto alla direzione e sorveglianza, i cui compiti e responsabilità sono quelli indicati dal Regolamento.

Le disposizioni impartite dalla Direzione Lavori, la presenza nei cantieri del personale di assistenza e sorveglianza, l'approvazione dei tipi, procedimenti e dimensionamenti strutturali e qualunque altro intervento devono intendersi esclusivamente connessi con la miglior tutela dell'Amministrazione e non diminuiscono la responsabilità dell'appaltatore, che sussiste in modo assoluto ed esclusivo dalla consegna dei lavori al collaudo, fatto salvo il maggior termine di cui agli artt. 1667 e 1669 del C.C.

Articolo 44
RAPPRESENTANTE TECNICO DELL'APPALTATORE

A norma dell'art. 4 del Capitolato Generale approvato con DM 145/2000 l'Appaltatore che non conduce i lavori personalmente dovrà farsi rappresentare, per mandato con rappresentanza conferito per atto pubblico depositato presso l'Amministrazione Provinciale, da persona fornita dei requisiti tecnici e morali per l'esercizio delle attività necessarie per la esecuzione dei lavori a norma del contratto.

Ai sensi dell'art. 6 comma 3 del D.M. 145/2000 il Direttore di Tecnico dell'impresa può coincidere con il rappresentante delegato ai sensi dell'art. 4 del D.M. 145/2000. Tale circostanza deve risultare dal mandato con rappresentanza di cui al primo capoverso del presente articolo.

L'appaltatore rimane responsabile dell'operato del suo rappresentante.

Quando ricorrono gravi e giustificati motivi, l'Amministrazione Provinciale, previa comunicazione all'appaltatore, ha diritto di esigere il cambiamento immediato del suo rappresentante, senza che per ciò spetti alcuna indennità all'appaltatore o al suo rappresentante.

Articolo 45
ACCORDO BONARIO
DEFINIZIONE DELLE CONTROVERSIE

Per la definizione delle controversie si applicheranno art. 239 e 240 del D. Lgs. 163/2006 Succ. Mod. ed Integ. La competenza a conoscere le controversie che potrebbero derivare dal contratto di cui il presente capitolato è parte integrante, spetta, ai sensi dell'art. 20 del codice di procedura civile, al giudice del luogo dove il contratto è stato stipulato.

È escluso il ricorso all'arbitrato.

AREA GRANDI E MEDIE INDUSTRIE - ALLARGAMENTO AREA PRODUTTIVA -

CAPITOLATO SPECIALE D' APPALTO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

NORME TECNICHE

INDICE

SEZIONE 1	SONDAGGI E PROVE
SEZIONE 2	RILIEVI E CARTOGRAFIA
SEZIONE 3	MOVIMENTI DI TERRA
SEZIONE 4	DEMOLIZIONI
SEZIONE 5	ACCIAIO
SEZIONE 6	VERNICIATURE
SEZIONE 7	CALCESTRUZZI
SEZIONE 8	DIAFRAMMI E PALANCOLATI
SEZIONE 9	PALI
SEZIONE 10	POZZI
SEZIONE 11	PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA
SEZIONE 12	PAVIMENTAZIONI
SEZIONE 13	BARRIERE E PARAPETTI
SEZIONE 14	MANUFATTI IN LAMIERA
SEZIONE 15	OPERE DI COSOLIDAMENTO
SEZIONE 16	OPERE DI DIFESA
SEZIONE 17	OPERE IN VERDE
SEZIONE 18	BARRIERE ANTIFONICHE
SEZIONE 19	IMPIANTI ELETTRICI
SEZIONE 20	SERVIZIO MANUTENZIONE SEGNALETICA ORIZONTALE E VERTICALE
SEZIONE 21	SEGNALETICA DI CANTIERE

SEZIONE 1

- SONDAGGI E PROVE -

INDICE

Parte I SONDAGGI E PROVE IN SITO

- 1. CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONI
 - 2.1. INDAGINI GEOTECNICHE
 - 2.1.0. Scavi di sondaggio
 - 2.1.1. Sondaggio geotecnico
 - 2.1.2. Fori verticali a distruzione di nucleo
 - 2.1.3. Campionamento geotecnico nei sondaggi
 - 2.1.4. Perforazione con registrazione dei parametri di perforazione
 - 2.1.5. Prove di penetrazione dinamica SPT
 - 2.1.6. Prove penetrometriche dinamiche continue DPHS
 - 2.1.7. Prove penetrometriche statiche
 - 2.1.8. Prove penetrometriche statiche di tipo elettriche
 - 2.1.9. Prove penetrometriche statiche con piezocono
 - 2.1.10. Prove scissometriche in foro di sondaggio VT
 - 2.1.11. Prove con pressimetro tipo Menard
 - 2.1.12. Prove di permeabilita' in sondaggio tipo Lefranc
 - 2.1.13. Prove di permeabilita' in sondaggio tipo Lugeon
 - 2.1.14. Piezometro tipo Casagrande
 - 2.1.15. Piezometro a tubo aperto
 - 2.1.16. Piezometro di tipo elettrico ed elettropneumatico
 - 2.1.17. Installazione di tubi inclinometrici
 - 2.1.18. Prove di carico su piastra
 - 2.2. INDAGINI GEOMECCANICHE
 - 2.2.1. Sondaggio geomeccanico
 - 2.2.2. Sondaggio geognostico ad andamento direzionale
 - 2.2.3. Rilievo geostrutturale di dettaglio
 - 2.2.4. Point Load Test
 - 2.2.5. Prove di carico su piastra in roccia
 - 2.2.6. Prova con dilatometro da roccia in sondaggio
 - 2.2.7. Prova con martinetto piatto
 - 2.2.8. Prova con estensimetro doorstopper in sondaggio
 - 2.2.9. Prove di taglio in sito
 - 2.2.10. Rilievo televisivo in sondaggio
 - 2.3. INDAGINI GEOFISICHE
 - 2.3.1. Attrezzature di sondaggio per prove "DOWN - HOLE"
 - 2.3.2. Attrezzature di sondaggi per prove "CROSS - HOLE"
 - 2.3.3. Carotaggio sonico
 - 2.3.4. Prospezioni sismiche a rifrazione
 - 2.3.5. Prospezioni geoelettriche

- 2.3.6. Prospezioni sismiche a riflessione

- 3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- 3.1 Generalità
- 3.2 Soggezioni Ambientali
- 3.3 Documentazioni Indagini
- 3.4 Consegna campioni terreno
- 3.5 Conservazioni cassette catalogatrici
- 3.6 Ubicazione quote
- 3.7 Oneri diversi

Parte II
PROVE DI LABORATORIO

- 1.0 Classificazione e definizioni
- 1.1 Esami geotecnici di laboratorio su campione di terre
- 1.1.1 Identificazione dei campioni
- 1.1.2 Conservazione dei campioni
- 1.1.3 Condizioni di trattamento dei campioni e mantenimento delle caratteristiche naturali
- 1.1.4 Criteri di programmazione degli esami di laboratorio
- 1.1.5 Criteri di descrizione e di scelta critica delle prove da eseguire
- 1.1.6 Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche
- 1.1.7 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche
- 2.1 Esami geotecnici di laboratorio su campioni di rocce e di materiali granulari
- 2.1.1 Premessa e raccomandazioni generali
- 2.1.2 Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche
- 2.1.3 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce
- 2.1.4 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico meccaniche di campioni di materiali granulari

Parte I

- SONDAGGI E PROVE IN SITO -

1. CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI

L'oggetto delle presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività necessarie per l'effettuazione di indagine geotecniche, geomeccaniche e geofisiche quando queste per questioni connesse al tipo di appalto siano parte integrante del contratto stipulato.

Le attività di indagine e prove in sito sono, nel seguito, suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Indagini geotecniche
- Indagini geomeccaniche
- Indagini geofisiche

2.1. INDAGINI GEOTECNICHE

2.1.0 Scavi di sondaggio

Con tale denominazione si vengono ad identificare delle tecniche a basso costo come:

- trinca: eseguite con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, generalmente a profondità di 2 - 4 m (al massimo fino a 7 - 8 m);
- pozzi sonda: eseguiti con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, con le relative armature e/o opere di sostegno;

Gli scavi dovranno risultare ispezionabili ed in sicurezza per tutto il tempo necessario per le indagini.

Per la sola praticabilità si richiede una larghezza minima di 1.0 m, per le operazioni di campionamento una sezione orizzontale di almeno 1.0x1.5 m².

L'armatura di sostegno dovrà essere commisurata alle spinte prevedibili del terreno alle varie profondità, nelle condizioni più sfavorevoli.

Se lo scavo è spinto al di sotto della falda valgono le prescrizioni riportate nella Sezione "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

Il mantenimento degli scavi aperti, comporta l'obbligo di adeguati provvedimenti contro infortuni e danni a terzi, rispettando la Normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro. Completate le indagini, gli scavi devono essere completamente occlusi, a meno che sia previsto neutralizzarli entro tempo breve (non maggiore di 12 mesi) con scavi maggiori e con opere definitive.

L'occlusione definitiva degli scavi deve essere condotta in modo da non alterare il naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee e da non pregiudicare la stabilità dei versanti interessati o di manufatti in prossimità.

All'interno degli scavi si potranno recuperare:

- campioni rimaneggiati (cubici, cilindrici);
- campioni indisturbati (cubici, cilindrici).

Con modalità ed attrezzature idonee allo scopo.

Il contenitore recherà un'etichetta o una scritta che identifichi chiaramente il campione:

- Cantiere
- N. del pozzetto esplorativo
- N. del campione
- Quota di prelievo

- Parte alta del campione

Il prelievo deve essere realizzato su fronti di scavo freschi, dopo aver asportato lo strato superficiale disseccato, alterato o allentato.

2.1.1 Sondaggio geotecnico

L'esecuzione delle perforazioni di sondaggio a fini geotecnici, dovrà essere eseguita con le attrezzature aventi le caratteristiche e la potenza idonea allo scopo.

Il corredo della sonda deve inoltre essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro e norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità, nonché di argano a fune.

Gli utensili utilizzati per la perforazione, dovranno essere disponibili in sito in tutti i casi in cui siano di fatto impiegabili e comunque fare parte della dotazione dell'Impresa, in modo da poter essere rapidamente trasferiti in cantiere qualora necessari.

- Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice.
 - . Diametro nominale $\varnothing_{est} = 101 \div 146$ mm
 - . Lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm
- Carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore.
 - . Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm
- Carotiere triplo con portacampione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore e calice.
Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm
- Corone di perforazione in widia e diamantate.
- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica.
 - . Diametro esterno $\varnothing_{est} = 60 \div 76$ mm.

Nella eventualità di procedere alla pulizia del fondo foro, dovrà essere disponibile in cantiere:

- Carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm
- Attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione del fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale.

- Campionate a pareti grosse \varnothing 100 mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- Spessore tubo = 8 ÷ 10 mm
- Diametro interno $\varnothing_{\text{int}} = 107 \div 162$ mm
- Lunghezza spezzoni $l = 150 \div 200$ cm

L'Impresa potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Dovranno fare parte del corredo permanente della attrezzatura da perforazione tutti gli strumenti portatili necessari (Scandaglio a filo graduato, sondina piezometrica elettrica, penetrometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 5 Kg/cm², scissometro tascabile).

Il sondaggio geotecnico deve essere eseguito come di seguito indicato.

Carotaggio integrale

Carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, con percentuale di recupero $\geq 85\%$., da eseguire a secco, senza fluido di perforazione in circolo se con carotiere semplice, con circolazione di fluido se con carotieri tipo T2, T6, T6S.

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire line" purchè si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale.

Qualora richiesto, l'Impresa desisterà dall'uso di sistemi wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

La perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti.

Le manovre di rivestimento possono essere eseguite con l'uso di fluido in circolazione, curando che la pressione del fluido sia la minore possibile e controllandola mediante manometro.

Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto al minimo, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a circa 50 cm dal fondo foro (con l'esclusione del metodo wire-line) in modo da non investirlo in forma eccessivamente diretta con il getto di fluido in pressione.

La stabilità del fondo foro sarà assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di rivestimento provvisorio.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, che deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec) ed essere eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro.

Ciò riguarda l'estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Debbono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo foro sarà misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova geotecnica SPT.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

In tutti i casi nei quali non ci sia pericolo di repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT dovrà seguire la manovra di perforazione con carotiere e invece precedere la manovra di rivestimento fino a fondo foro.

Il rivestimento sarà se necessario eseguito a campionamento/prova SPT ultimati, in modo da evitare che il prelievo o la prova interessino uno strato di terreno disturbato dal getto di fluido.

La lunghezza esatta delle batterie di aste inserite nel foro sarà misurata e riportata, in una apposita tabella, onde prevenire imprecisioni nella definizione delle profondità raggiunte.

Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione nelle fasi di perforazione, qualora consentito, e di rivestimento, sarà costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

L'uso di sola acqua pulita è obbligatorio nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acqua o di fanghi polimerici biodegradabili entro 72 h.

L'Impresa potrà proporre l'uso di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento, sia in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione e che, comunque, sia biodegradabile.

Si dovrà compilare una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geotecnici del materiale carotato.

La scheda stratigrafica deve comprendere tutte le informazioni generali necessarie per la completa comprensione di quanto eseguito.

In particolare si specificheranno:

- date di perforazione
- metodo di perforazione
- attrezzature impiegate
- diametri di perforazione e di rivestimento
- tipo di fluidi di circolazione impiegati
- quota della testa foro rispetto a livello marino e coordinate planimetriche.

La descrizione stratigrafica sarà compilata in modo tale da specificare per ciascuno strato quanto relativo ai punti sotto elencati:

- tipo di terreno
- condizioni di umidità naturale
- consistenza
- colore
- struttura
- particolarità
- litologia ed origine.

La scheda stratigrafica comprenderà inoltre delle osservazioni in merito alla falda idrica, compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata, con l'annotazione delle letture del livello piezometrico nel foro di sondaggio rilevate ad inizio/fine di ogni giornata lavorativa.

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica o similari), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera. Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

2.1.2. Fori verticali a distruzione di nucleo

I fori verticali a distruzione di nucleo saranno realizzati per permettere, entro gli stessi, la esecuzione di prove e/o l'installazione di strumenti di vario genere e tipo.

La loro realizzazione dovrà quindi essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o gli strumenti per cui il foro è connesso.

Potranno essere richiesti anche per la perforazione di prefori in appoggio a preparazioni di altre prove in sito, quali prove penetrometriche statiche dilatometriche e similari.

Per la perforazione si potrà utilizzare:

- Sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione.
- Altre sonde proposte dall'Impresa, il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla Direzione Lavori.

Si potranno utilizzare come utensili di perforazione:

- Carotieri semplici o doppi.
- Triconi o utensili a distribuzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido.
- Altri utensili proposti dall'Impresa il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla Direzione Lavori.

Il diametro di perforazione sarà di 70 ÷ 150 mm, comunque da definire in funzione delle prove o degli strumenti da eseguire o installare nel foro.

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

Per ciascun foro si compilerà una scheda con le seguenti indicazioni:

- informazioni generali;
- quota assoluta del punto di indagine;
- nominativo del compilatore;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro dell'eventuale rivestimento;
- dati relativi alle prove o all'installazione;
- stratigrafia approssimativa in base ai detriti di perforazione.

2.1.3. Campionamento geotecnico nei sondaggi

Le modalità di campionamento distinguono i seguenti tipi di campione:

- "indisturbato", prelevato con adatto campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi, e che mantengono inalterati:
 - contenuto naturale di acqua;
 - assetto strutturale dei grani;
- "rimaneggiato", raccolto tra il carotaggio di qualsiasi composizione riposto in cassetta catalogatrice, e che non soddisfi le precedenti indicazioni;
- "spezzoni di carota lapidea" prelevati dal carotaggio in terreni rocciosi.

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- 1) cantiere;
- 2) numero del sondaggio;
- 3) numero del campione;
- 4) profondità di prelievo;
- 5) tipo di campionatore impiegato;
- 6) data di prelievo;
- 7) parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

Campioni indisturbati

I campionatori da utilizzarsi impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, o altro contenitore sigillato e cercando di mantenere seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_i \approx 8$

- rapporto delle aree:

$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13;$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0.0 \div 1.0$$

- diametro utile ≥ 85 mm

L = lunghezza utile della fustella

D_i = diametro interno della fustella

D_{est} = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella

La fustella dovrà essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni potrà essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

- campionatore a pistone infisso idraulicamente;
- campionatore a fune, con infissione meccanica del pistone;
- campionatore rotativo a pareti sottili;
- campionatore a rotazione a doppia parete a scarpa tagliente avanzata;
- altri campionatori (il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla Direzione Lavori).

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio non drenata $\leq 20 \text{ t/m}^2$;

Il campionatore rotativo a pareti sottili, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella.

Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, con fluido in circolazione.

I campionatori a rotazione a doppia parete con scarpa tagliente avanzata, dovranno essere impiegati in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l'infissione di campionatori a pressione;

Altri tipi di campionatore potranno essere utilizzati dall'Impresa informando preventivamente la Direzione Lavori.

L'infissione del campionatore dovrà sempre avvenire in un'unica tratta.

I campionatori a pistone dovranno essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0.5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati dovrà seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio $0,2 \div 0,5 \text{ m}$ più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro.

Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione dei rivestimenti.

A tal fine, la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar), da escludersi nelle fasi di campionamento con infissione idraulica della fustella, ove sono necessarie pressioni maggiori.

Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati verranno prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio e sigillati in sacchetti o barattoli di plastica; la quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 grammi per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani.

Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterate dall'azione del carotiere (corteccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.).

Spezzoni di carota lapidea

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza = 15 cm, purchè rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota dovranno essere paraffinati ed inseriti in un involucro rigido di protezione.

Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto dovrà essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni, sotto la diretta responsabilità dell'Impresa.

2.1.4. Perforazione con registrazione dei parametri di perforazione

E' un metodo che permette di registrare in forma continua i principali parametri della perforazione, eseguita di norma a distruzione di nucleo, con il fine di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche fondamentali del terreno, preferibilmente a partire da situazioni rese note dall'esecuzione di sondaggi di taratura.

Per l'esecuzione di tale tecnica di perforazione, si dovrà utilizzare:

- Sonda a rotazione e rotopercolazione;
- centralina elettronica per la misura, la amplificazione e la registrazione su nastro magnetico dei seguenti parametri di perforazione:
 - spinta applicata all'utensile di perforazione;
 - velocità di avanzamento;
 - coppia di rotazione assorbita;
 - velocità di rotazione;
 - pressione del fluido di circolazione.

La registrazione dei parametri avverrà con frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile o per 1 minuto primo, nel caso di velocità di avanzamento inferiori a 1 cm/minuto.

La centralina visualizzerà i parametri misurati su apposito visore, quelli registrati su grafico in carta; sarà misurata, registrata e visualizzata su visore, in ogni caso, la profondità raggiunta dalla prova.

La perforazione dovrà essere eseguita, avendo cura, dopo qualche tentativo, di operare con la massima omogeneità.

In particolare, la spinta applicata all'utensile dovrà, se possibile, essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

E' necessario che il detrito di perforazione fuoriuscente a bocca foro, nel caso di distruzione di nucleo, sia descritto con la migliore precisione possibile.

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale di prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- grafico elaborato con indicazione dell'energia assorbita per unità di volume perforato (Mj/mc) in funzione delle profondità;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopraccitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.

2.1.5. Prove di penetrazione dinamica SPT

La prova si eseguirà infiggendo nel terreno alla base del sondaggio un campionatore per tre tratti consecutivi, il primo di 150 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione. Si dovrà annotare l'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio delle aste

Il campionatore, ove non sia specificatamente descritto dal tipo di indagine prevista dal laboratorio dovrà essere in acciaio indurito, con superfici lisce apribili longitudinalmente, avente le seguenti caratteristiche generali:

Diametro esterno	$\varnothing_{est} = 51 \pm 1 \text{ mm}$
Diametro interno	$\varnothing_{int} = 35 \pm 1 \text{ mm}$
Lunghezza minima escluso tagliente principale	$L_{min} > 457 \text{ mm}$
Lunghezza scarpa tagliente terminale, con rastremazione negli ultimi 19 mm	$l = 76 \pm 1 \text{ mm}$

Il campionatore sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato.

Non è prevista la dotazione di punta conica per la sostituzione del tagliante terminale.

Salvo nel caso di terreni molto compatti o ricchi di ciottoli, l'Impresa potrà utilizzare la punta conica, dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Le aste di collegamento tra il campionatore e la sonda in superficie dovranno ove non specificatamente descritto dal tipo di indagine prevista dal laboratorio essere corrispondenti alle tipologie elencate nella seguente Tabella :

Aste prova S.P.T.

Diametro (mm)	Peso per metro lineare (kg)
40,5	≈ 4,23
50	≈ 7,23
60	≈ 10.03
70	≈ 10,0

Le aste dovranno essere diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova < 0.1%.

Il dispositivo di sollevamento automatico del maglio dovrà essere del peso totale < 115 kg., e tale da garantire la caduta della massa battente senza rilevanti attriti.

La massa battente e l'altezza di caduta ove non specificatamente descritto dal tipo di indagine prevista dal laboratorio dovranno essere pari a:

Peso massa battente

$$P = 63,5 \pm 0,5 \text{ kg}$$

Altezza caduta

$$h = 760 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$$

L'esecuzione della prova comporterà in genere l'infissione del campionatore per tre tratti da 150 mm, il primo detto di avviamento, è comprensivo dell'eventuale penetrazione per peso proprio della batteria di aste, il relativo numero di colpi è individuato con N1.

Se con N1 = 50 colpi l'avanzamento dell'infissione è inferiore ai 150 mm, l'infissione dovrà essere sospesa.

Se invece il tratto di avviamento è superato con $N1 \leq 50$ colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 300 mm, contando separatamente il numero di colpi necessari necessari all'avanzamento per la penetrazione dei primi e dei secondi 150 mm (N2 e N3), sino al limite di 100 colpi ($N2 + N3 \leq 100$ colpi).

Se con $N1 + N3 = 100$ colpi non si raggiunge l'avanzamento di 300 mm, l'infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa, arrestando la relativa penetrazione.

Per ciascuna prova eseguita, si dovrà riportare quanto segue:

- diametro e profondità della eventuale tubazione provvisoria di rivestimento del foro;

- profondità raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- profondità inizio prova;
- penetrazione, per peso proprio e delle aste, del campionatore;
- numero di colpi per l'infissione dei tratti preliminare e di prova (suddiviso in due parti da 150 mm);
- diametro e peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato.

2.1.6. Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

La prova consisterà nell'infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi (NPD) necessari.

Dopo 20 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (NRV).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando NPD o NRV superano il valore di 100.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 20 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza NPD misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova.

Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare due colonne; ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle 2 colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei 2 interventi sopra descritti.

Fra testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno 1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

L'attrezzatura da impiegare per l'esecuzione della prova dovrà essere composta da:

Una batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base.

Le aste impiegate dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

Lunghezza aste:	$l = 1 \div 2 \text{ m}$
Peso per metro lineare aste:	$M = 3,6 \div 8 \text{ kg}$
Diametro esterno aste:	$\varnothing_{\text{est}} = 28 \div 34 \text{ mm}$
Diametro esterno rivestimento:	$\varnothing_{\text{est}} = 48 \text{ mm}$
Diametro interno rivestimento:	$\varnothing_{\text{int}} = 30 \div 38 \text{ mm}$

L'intercapedine tra \varnothing_{int} della scarpa ed aste sarà di $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$; tra aste e rivestimento sopra la scarpa di 2 mm circa.

La punta conica collegata alla base delle aste interne, dovrà presentare le seguenti caratteristiche geometriche:

Angolo apertura:	$\varnothing = 60^\circ$ oppure 90°
Diametro base:	$\varnothing_{\text{b}} = 50,5 \pm 0,5 \text{ mm}$

Il dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

Massa battente:	$M = 63,5 \pm 0,5 \text{ kg}$ oppure 73 kg
Altezza di caduta:	$h = 750 \pm 2 \text{ mm}$

L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposite schede:

- la tabulazione dei dati rilevati per ciascuna prova (NPD ed NRV) per ciascuna verticale di prova;
- la descrizione dettagliata delle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- il grafico di NPD in funzione della profondità;
- il grafico di NRV in funzione della profondità;
- l'altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento.

2.1.7. Prove penetrometriche statiche

La prova consisterà nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta.

E' possibile distinguere a seconda delle attrezzature impiegate le seguenti tipologie di prove:

- prova penetrometrica statica di tipo meccanico;
- prova penetrometrica statica di tipo elettrico;
- prova penetrometrica statica di tipo elettrico con piezocono;

In tutti e tre i casi il dispositivo di spinta dovrà essere un martinetto idraulico in grado di esercitare una spinta sulla batteria di aste una spinta di 10 - 20 t, a seconda delle esigenze, ed avente una corsa pari ad un metro.

La velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere pari a 2 cm/s (± 0.5 cm/s), e dovrà essere costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico

La punta conica telescopica, dovrà essere, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, e dovrà presentare le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: 37.5 mm
- angolo di apertura del cono: 60°.

La resistenza per attrito laterale f_s sarà determinata con un manicotto avente superficie laterale di $150 \div 200$ cm².

Le aste di tipo cavo, dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Le astine interne a sezione piena, dovranno avere diametro inferiore di $0.5 \div 1$ mm rispetto a quello interno delle stesse cave.

Si dovrà verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza della estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

La misura verrà effettuata con un manometro con fondo scala massimo da 100 kg/cm² ed uno con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 10% del valore misurato
- 2% del valore di fondo scala.

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale, non anteriore a due mesi dall'inizio della prova.

La taratura deve essere ripetuta ogni 3 mesi, o ogni volta che sorgono dubbi sulla validità.

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta e della punta + manicotto, misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave, fino alla chiusura della batteria telescopica, misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di q_c ed f_s saranno discontinue, con annotazione ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini.

La prova deve essere sospesa una volta raggiunta la profondità di circa 30 m, in quanto senza controllo degli spostamenti dalla verticale, i risultati stessi possono perdere di significatività.

La prova verrà documentata attraverso una apposita scheda sulla quale verranno riportate:

- informazioni generali;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
- grafici di q_c e f_s in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura.

2.1.8. Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: $\varnothing_{bc} = 34.8 \div 36.0$ mm
- angolo di apertura del cono: 60° .

La resistenza per attrito laterale f_s sarà determinata con un manicotto di attrito liscio avente le seguenti dimensioni:

- diametro $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0.35$ mm
- superficie laterale $A_{ma} = 147 \div 153$ cm².

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di f_s e q_s , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_c
- 750 kg per f_s

Queste saranno collegate ad una centralina elettronica per la registrazione dei dati.

Qualora necessario, la Direzione Lavori si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa. La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

Le aste di tipo cavo, dovranno avere un diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

Si dovrà verificare che lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà inoltre verificare che:

- a) Le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.
- b) Le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura.
- c) La precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:

- 5 % del valore misurato;
- 1% del valore di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

I dati di taratura relativi ad ogni punta dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

La taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione avverrà dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta quando si verifichi uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondoscala per uno dei sensori relativi a resistenza q_c , f_s ;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

I risultati dell'esecuzione delle prove dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- fotocopia dei grafici di cantiere, con indicazione delle scale.
- grafici di q_c e f_s ; in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a due mesi.

2.1.9. Prove penetrometriche statiche con piezocono

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica, analoga a quella vista per il penetrometro a punta elettrica e strumentata per la registrazione del :

- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

La punta conica fissa (piezocono), interamente solidale con il movimento delle aste cave, presenta le stesse dimensioni di quella utilizzata per la punta elettrica.

A differenza di questa, come precedentemente richiamato, sarà dotata di filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, per la misura della pressione interstiziale $(u + \Delta u)$ (pressione neutra più sovrappressione interstiziale indotta).

Il trasduttore di pressione dovrà essere a piccola variazione di volume, con fondo scala proporzionale alla pressione idrostatica prevedibile alla quota di fine prova prevista in programma; la misurazione della pressione dovrà avvenire in forma continua.

La sostituzione del filtro deve essere eseguita ad ogni estrazione della punta dal terreno.

Le aste impiegate, le apparecchiature, etc., sono analoghe a quelle indicate per i penetrometri elettrici.

Filtro poroso e cono dovranno essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sottoelencate metodologie:

- cella di disaerazione sottovuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente lunghezza, in funzione del tipo di filtro;
- contenitore sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro; il cono verrà disaerato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall' Impresa dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà verificare che:

- Le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.
- Il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura.
- La precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5% del valore misurato;
 - 1% del valore di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

Alle quote indicate dal programma si eseguiranno le prove di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 60% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

I risultati dell'esecuzione della prova dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche del piezocono;
- fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale.
- grafici di q_c , f_s , $u+\Delta u$ in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive; i grafici relativi alle prove di dissipazione avranno i tempi in ascissa, in scala logaritmica;
- certificati di taratura dei piezoconi impiegati.

2.1.10. Prove scissometriche in foro di sondaggio VT

La prova scissometrica si esegue per determinare la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi saturi, da teneri a mediamente consistenti, con resistenza al taglio non-drenata ≤ 100 kPa; si

esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca, o altra ammessa dalle norme AGI misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

Possiamo distinguere due tipi di apparecchiature:

- apparecchio da calare sul fondo di un foro di sondaggio;
- apparecchio autoperforante (“vane borer”): l'apparecchio contenuto in una protezione metallica collegata mediante tubi alla superficie, che viene infissa nel terreno, attraverso un dispositivo di spinta, sino alla quota desiderata.

L'apparecchiatura è costituita da 4 rettangoli di lamiera d'acciaio sottile, uniti lungo uno dei lati maggiori, con sezione trasversale a croce greca.

Le palette hanno diametro (inteso come diametro del cilindro ottenuto dalla rotazione della paletta) variabile da 45 a 100 mm. L'altezza è pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare viene fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare.

Per non disturbare il terreno in cui penetra, la paletta avrà sezione del ferro minore di 1/10 di quella del cilindro ottenuto dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Una batteria di aste d'acciaio collega la paletta con lo strumento di torsione in superficie.

Le aste debbono presentare elevate caratteristiche di rigidità e torsione e flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

La batteria di tubi metallici di rivestimento deve assolvere le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste; appositi anelli distanziatori saranno interposti fra le aste di rivestimento, ogni 3 m circa;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per infiggere tutto il dispositivo alla profondità voluta.

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta-scissometro ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare il terreno in corrispondenza della paletta alla rottura.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;

- sensibilità < di 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

Modalità esecutive di prove effettuate all'interno di fori di sondaggio

- Prima di calare la batteria di aste con scissometro, si misurerà la quota di fondo foro con scandaglio a filo; se necessario, il fondo foro sarà ripulito con apposita manovra di perforazione con carotiere semplice (senza circolazione di fluido) o con attrezzo di lavaggio a fori radiali, lo strumento può essere calato nel foro di sondaggio subito dopo l'eventuale estrazione del campione indisturbato;
- si calerà quindi la batteria di prova, infiggendo la paletta-scissometro nel terreno senza applicare tensioni torsionali, sino a 0,5 m di profondità al di sotto del fondo foro;
- si applicherà e si misurerà il momento torcente necessario per portare a rottura il terreno (resistenza al taglio di picco); dopo la rottura, si ruoterà per 10 giri completi la paletta-scissometro, si attenderà 5 minuti e poi si ripeterà la prova con le medesime modalità già definite per il valore di picco, misurando il momento torcente applicato (resistenza al taglio residua). In tutti i casi la velocità di prova dovrà essere pari a 0,1 gradi/sec;
- si estrarrà la batteria di prova per riprendere la perforazione.

Modalità esecutive di prove effettuate con attrezzatura autop perforante ("vane borer")

- Le prove con attrezzatura autop perforante ridurranno il numero delle estrazioni della paletta-scissometro a 1 per 4 ÷ 5 m di avanzamento; dopo un massimo di 5 m consecutivi essa dovrà venire estratta, verificando quanto di seguito:
 - assenza di distorsioni nel tratto inferiore della batteria di prova;
 - assenza di attriti tra astine e tubi di protezione;
 - ingrassatura dei cuscinetti reggispinta e dell'alloggio protettivo della paletta-scissometro.
- Si richiede che una sonda di perforazione sia sempre disponibile, in appoggio alla batteria autop perforante, per manovre di perforazione ausiliari.
- L'esecuzione delle prove scissometriche sarà eseguita come descritto al paragrafo precedente, con misura della resistenza al taglio di picco e residua.

Si dovrà riportare su apposita scheda :

- informazioni generali sulla denominazione, quota e ubicazione della verticale di prova;
- tipo di attrezzatura impiegata e sue caratteristiche;
- certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 3 mesi la data di esecuzione delle prove;

- profondità relativa di ciascun intervallo di prova;
- schema geometrico del foro, completo di dimensioni, quote di rivestimento, metodi di pulizia, descrizione di eventuali tratti carotati;
- dimensioni della paletta-scissometro, per ciascuna prova;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione (nel caso di registrazione con centralina elettronica);
- note ed osservazioni degli operatori.

2.1.11. Prove con pressiometro tipo Menard

La prova con pressiometro tipo Menard si esegue misurando in un foro di sondaggio la deformazione del terreno quando questi viene sollecitato mediante l'espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

Perché i risultati della prova siano attendibili, é indispensabile, in particolare, che il disturbo del terreno circostante il foro di sondaggio sia ridotto al minimo e sia comunque trascurabile.

L'attrezzatura per prove pressiometriche comprenderà quanto di seguito elencato; l'Impresa potrà impiegare attrezzature con caratteristiche parzialmente differente da quelle descritte, informando comunque preventivamente la Direzione Lavori.

Sonda pressiometrica

Sonda cilindrica ad espansione idraulica, costituita da una cella centrale di misura espandibile radialmente e da due celle di confinamento poste alle estremità della cella di misura; le celle di confinamento devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali. La sonda potrà avere diametro compreso tra 44 mm e 74 mm, con una lunghezza complessiva come somma delle celle di guardia e di misura pari ad almeno 6 volte il diametro.

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana interna di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte, qualora reso necessario della natura del terreno.

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura. La cella di misura sarà espansa mediante pressione idraulica (tipo Menard GB); le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas (tipo Menard GC).

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e misura saranno di tipo plastico rigido, preferibilmente coassiali, con gas a pressione regolabile nell'intercapedine in modo da prevenire e contenere le variazioni di volume in corso di prova.

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia. Le pressioni dei fluidi saranno tutte leggibili a mezzo di manometri adeguatamente tarati. La sensibilità dei manometri deve essere tale da consentire la precisione di lettura specificata nelle modalità di prova.

Sarà presente un dispositivo per l'amplificazione di almeno 50 volte la sensibilità di lettura delle variazioni di volume, da impiegarsi quando tali variazioni diventino inferiori a 0.5 cmc per incrementi di pressione di 1 bar.

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova dovrà essere eseguita con tutti i possibili accorgimenti necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante, precauzioni che divengono tanto più necessarie quanto più i terreni non sono lapidei o anche semplicemente litoidi.

La perforazione del foro dovrà, nel caso di terreni sciolti, precedere direttamente la prova, che dovrà essere eseguita appena terminata la manovra di perforazione; nel caso di terreni da litoidi a litici, l'intervallo di tempo tra perforazione ed esecuzione della prova dovrà essere comunque il più ridotto possibile e preferibilmente contenuto in non più di poche ore.

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione, in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente corone diamantate o comunque molto affilate, con pressione applicata all'utensile in fase di avanzamento inferiore a 200 kPa, numero di giri inferiore a 60 r.p.m., pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alla Direzione Lavori.

Il diametro di perforazione sarà definito sulla base del diametro della sonda da utilizzare per la prova, e nel rispetto della seguente espressione:

$$1.03 D < D_h < 1.2 D$$

dove: D = diametro sonda pressiometrica

D_h = diametro foro

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

Le perdite di pressione sono legate alla inerzia della cella di misura, che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo.

Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V , da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima della lettura di pressione.

Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova o a giudizio della Direzione Lavori; sempre e necessariamente ad ogni cambio della membrana della cella di misura.

Le perdite di volume dovute alla espansione dei tubi di collegamento saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

Modalità esecutive della prova

Prima di posizionare la sonda pressiometrica nel foro, si procederà alla accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica).

Tutti i circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna.

Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni.

La profondità di prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

Preparato il foro, che deve essere perfettamente pulito, la sonda pressiometrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiometrica potrà essere eseguita in conformità ai due metodi descritti di seguito.

Si noti che la pressione che deve essere mantenuta nelle celle di confinamento laterale durante la prova deve essere sempre inferiore a quella agente all'interno della cella di misura e sarà definita in base alla espressione $P_g = P_r + P_w - P_d$, dove:

P_g = pressione celle di guardia

P_r = pressione letta al manometro

P_w = pressione idrostatica agente tra unità di misura e sonda pressiometrica a quota prova

P_d = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

La prova può essere condotta attraverso le due seguenti procedure:

Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa 1/4 dell'originale volume della cella di misura.

I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della prova stessa, e comunicarli alla Direzione Lavori; in ogni caso si raccomanda l'impiego di 7 - 10 incrementi.

Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a 0.05 - 0.1 volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

In entrambe le procedure di prova, le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0.2% il volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite. Il programma potrà comprendere anche cicli intermedi di scarico - ricarica.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

Su apposita scheda verrà riportato:

- data
- informazioni generali per la completa ubicazione del sondaggio e della prova; nominativi degli esecutori
- dettagliata descrizione delle caratteristiche e dimensioni della attrezzatura, della sonda di prova e della membrana in particolare
- curve di calibrazione con diagramma pressione/volume a seguito della taratura
- livello piezometrico nel foro
- profondità del punto di prova
- tipo di prova a 30 e 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o letture di pressione a 30 e 60 sec dall'incremento di volume
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova
- diagramma volume (cm³/pressione (kPa))
- modulo pressiometrico in accordo alla espressione:

$$E_p = 2 (1 + \text{Prt}) (V_o + V_m) \text{ DP/D}$$

dove:

E_p = modulo pressiometrico

Prt = rapporto di Poisson

V_0 = volume della cella di prova alla pressione atmosferica

V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento $V = V_r - V_c$, per V_r = volume da lettura a manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione

- pressione limite
- descrizione di modalità e diametro di perforazione
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura

2.1.12. Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc

Prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

La prova, eseguita con le modalità di seguito specificate, è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno; si esegue misurando gli assorbimenti di acqua nel terreno, facendo filtrare l'acqua attraverso un tratto di foro predeterminato.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di elevata conducibilità.

Le modalità esecutive di ciascuna prova saranno le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi;
- esecuzione della prova, secondo i criteri precedentemente esposti.

Carico idraulico variabile

- Riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento.

- Misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 14", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Carico idraulico costante

- Immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata.
- Il controllo della portata immessa a regime idraulico costante sarà determinata con contalitri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del contalitri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri.
- Le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10-20 min.
- A partire dal momento della interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.

2.1.13. Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lugeon

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura della potenza e delle caratteristiche necessarie allo scopo.

Il contalitri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/l$ dove:

P_c = perdita di carico per metro lineare (atm/m)

P = pressione al manometro (atm)

l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q .

Prova di avanzamento

Se non diversamente richiesto dalla Direzione Lavori, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sonda piezometrica. Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza $L \geq 5 D$, dove:

L = lunghezza del tratto di foro isolato

D = diametro del foro

Non si supereranno lunghezze L di 5 m, da assumersi come limite massimo.

Si procederà ad iniettare nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi 2 m in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite a stabilizzazione dell'assorbimento raggiunta.

Ciascun gradino di portata (a regime) sarà mantenuto per 10 ÷ 20 minuti primi, in salita e discesa.

La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Non si supereranno comunque valori massimi di 1 MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica della matrice rocciosa.

In condizioni diverse, è preferibile non superare pressioni di 0,3 Mpa in rocce poco resistenti e di 0,5 Mpa in rocce mediamente resistenti.

In condizioni di prova a scarsa profondità in rocce poco resistenti, solo litoidi o semilitoidi, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0,3 Mpa.

La tabella seguente propone alcuni esempi di riferimento.

Programmi per prove Lugeon

Condizioni di prova	Gradini di pressione Mpa
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità inferiori a 5 m p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce con scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce con media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce con altra resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Durante la prova si provvederà a mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio, per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idriche.

Prova di risalita

Se richiesto dalla Direzione Lavori, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo.

Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta del pistoncino ad espansione inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema della geometria del foro e delle modalità di prova;
- livello statico della falda;
- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico pressione effettiva in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa).

2.1.14. Piezometri tipo Casagrande

Il piezometro è costituito da un cilindro in pietra porosa, avente le seguenti dimensioni:

Lunghezza $L = 20 \div 30$ cm
Diametro esterno $\varnothing_{est} = 5$ cm

L'estremità della cella cilindrica viene connessa a 2 batterie di tubi in PVC o metallici, del diametro di $1 \div 2$ cm, i quali giungono in superficie.

Le modalità di installazione sono le seguenti:

- Se richiesto, riempimento del foro con malta di cemento-bentonite-acqua (50-10- 100 parti in peso), fino alla quota 1.5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro, con ritiro progressivo del rivestimento.
- Posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite (\varnothing 1-2 cm) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento.
- Abbondante lavaggio del foro con acqua pulita.
- Posa di uno strato (spessore 0.5 m) di materiale granulare pulito (\varnothing 1-4 mm).
- Discesa a quota del piezometro (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti.
- Posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0.5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre della sabbia.
- Posa di un secondo tappo impermeabile di palline bentonitiche, costipate con pestello ad aste, con progressivo ritiro del rivestimento.
- Cementazione del tratto di foro rimanente, come nel caso del primo riempimento, fino alla sommità (se non prevista l'installazione della seconda cella piezometrica).
- Le estremità dei tubi saranno inseriti in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi dovranno essere identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso.

Terminata la installazione del piezometro, l'Impresa dovrà misurare e annotare il livello della falda, ripetendo la stessa operazione ogni giorno per tutta la rimanente durata della campagna d'indagine.

Per ciascuna cella (o coppia) installata, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei termini piezometrici;

- tabelle con letture piezometriche.

2.1.15. Piezometro a tubo aperto

Il piezometro è costituito da una batteria di tubi del diametro interno \varnothing_{int} di 40 ÷ 100 mm, in metallo o PVC, giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta e parzialmente finestrati.

Se destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico-fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{\text{int}} \geq 100$ mm, costituiti da acciaio inossidabile o PVC con rivestimento in granulare siliceo; l'uso di tubi in PVC, non rivestito deve in questo caso essere concordato con la Direzione Lavori e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

Il piezometro fessurato della lunghezza di 4 ÷ 6 m e sarà posizionato alla distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di 0,4 ÷ 1,0 mm.

Nel caso di installazione di tubi per scopi diversi, la distribuzione dei tratti finestrati e ciechi dovrà essere chiaramente indicata nei programmi lavori.

Le modalità di installazione saranno le seguenti:

- prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
- si introdurrà il tubo piezometrico immorsandolo nel terreno di base, gettando poi nell'intercapedine tubo-rivestimento materiale granulare pulito (\varnothing 2 ÷ 4 mm) fino a risalire di 1 m dalla estremità superiore del tratto finestrato, estraendo progressivamente il rivestimento senza l'ausilio della rotazione;
- si colmerà il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso;
- l'estremità dei tubi sarà protetta con tappo avvitato;
- il terminale piezometrico sarà inserito in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno;

Terminata l'installazione del piezometro, l'Impresa dovrà misurare ed annotare il livello della falda, ripetendo la stessa operazione ogni giorno per tutta la rimanente durata della campagna d'indagine.

Per ciascun piezometro installato, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- caratteristiche dei tubi installati;

- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta del terminale piezometrico;
- tabelle con letture piezometriche.

2.1.16. Piezometro di tipo elettrico ed elettropneumatico

I piezometri saranno di tipo elettrico con possibilità di controllo della deriva di zero del tipo elettrico o pneumatico.

Le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche da impiegarsi sono le sottoelencate:

- | | |
|---------------------------------|------------------|
| - campo di misura | 0 ÷ 10 bar |
| - risoluzione | 0.1% fondo scala |
| - precisione | 0.3% fondo scala |
| - pressione massima ammissibile | 20 bar |

L'Impresa dovrà informare la Direzione Lavori riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

La centralina elettronica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dati fornirà in via continuativa dati espressi in forma numerica e, preferibilmente, anche grafica analogica.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla Direzione Lavori.

L'Impresa provvederà per intero alla installazione e messa in funzione (azionabile a richiesta) del sistema celle piezometriche-unità di misura e registrazione, quest'ultima debitamente alloggiata o protetta dagli agenti atmosferici, eseguendo frequenti letture per l'intera durata della campagna d'indagine.

Per ciascuna cella installata, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazione dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

2.1.17. Installazione di tubi inclinometrici

I tubi inclinometrici sono caratterizzati da una sezione circolare, provvista di quattro scanalature con funzioni di guida per la sonda inclinometrica, con diametro esterno di $80 \div 90$ mm.

Per l'accettazione della fornitura si richiede che:

- la spirality dei tubi sia inferiore a $0,5^\circ$ /metro lineare;
- la perpendicolarità delle sezioni terminali dei tubi sia garantita con la tolleranza di 1° .

I tubi, realizzati in spezzoni di $\approx 3,0$ m, sono assemblati mediante manicotti di giunzione che devono presentare le seguenti dimensioni:

\varnothing int. guide manicotto $\approx \varnothing$ est. guide tubo + 1,0 mm;

Il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti, non dovrà comunque essere superiore a 1° /giunto.

I tubi inclinometrici possono essere realizzati nei seguenti materiali:

- alluminio (UNI 3569/66);
- PVC.

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazione o verniciatura con resine epossidiche); la cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere effettuata mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

Modalità di posa in opera dei tubi inclinometrici

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm al quale va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione;
- deviazione globale dalla verticale $\leq 1.5\%$.

I rivestimenti della perforazione dovranno poter essere estratti con sola trazione (senza rotazione).

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e manicotti non devono avere lesioni o schiacciate dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;

- l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna inclinometrica;
- la composizione della miscela di cementazione che sarà costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- il diametro delle punte del trapano, il diametro e la lunghezza dei rivetti il tipo e la scadenza del collante, l'efficienza della morsa di sostegno.

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- Lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita.
- Preassemblare i tubi in spezzoni di 6.0 m, terminanti ad un estremo con un manicotto. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
- praticare i fori per i rivetti (> 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
- mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare; rimuovere il manicotto;
- applicare un sottile strato di mastice sul tubo e all'interno del manicotto, attendere almeno 5 minuti;
- infilare il primo tubo sul manicotto e chiodare con rivetti;
- evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni, fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante.
- Montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione.
- Inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento).
- Bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione.
- Inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura e la sigillatura del giunto.
- Allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione; bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente il manicotto.

- Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti.
- Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2$ atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi. I rivestimenti di perforazione devono essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anzichè attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.
- Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione attorno al tratto superiore del tubo inclinometrico di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $D = 0.12$ m lunghezza $L > 1.0$ m). Il tubo sporgerà di 15 cm dalla sommità del tubo inclinometrico e sarà provvisto di un coperchio in acciaio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto.
- Terminata la cementazione il tubo inclinometrico sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide.
- Dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà far scorrere nei tubi una sonda testimone uguale per dimensioni a quella di misura, per verificare la continuità e l'integrità del tubo. L'operazione sarà ripetuta sulle quattro guide.

Si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico delle tubazioni installate;
- quota assoluta della testa tubo;
- caratteristiche del tubo installato e del cemento usato nella miscela, insieme a composizione e quantità della stessa per quanto assorbita.

2.1.18. Prove di carico su piastra

L'attrezzatura da impiegarsi dovrà essere costituita da:

- Piastra circolare in acciaio, rigida che ove non meglio specificato dal tipo di prova prevista dal laboratorio

spessore $S_p > 20$ mm
diametro $\varnothing = 298.5 \div 600$ mm.

Potranno essere utilizzate piastre con $500 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 750 \text{ mm}$ nel caso il terreno contenga ciottoli di diametro > 100 mm, previo accordo con la Direzione Lavori.

- Micrometro per la lettura dei cedimenti con precisione e sensibilità di 0.01 mm, con escursione dell'astina ≥ 100 mm.
- Martinetto di carico in grado di erogare pressioni massime ≥ 0.5 MPa sulla piastra del diametro prescelto.
- Raccordo tra martinetto e struttura di contrasto costituito da giunto a rotula con due piastre di acciaio con cave sferiche affacciate e sfera in acciaio $\varnothing 40 \div 60$ mm interposta, con ghiera di serraggio.
- Trave di riferimento porta comparatore, di buona rigidità.
- Eventuali prolunghie in acciaio per il collegamento alla struttura di contrasto.
-
- Struttura di contrasto la cui massa sia > 1.5 la pressione massima totale sulla piastra prevista dal programma di prova.
- Pompa di alimentazione del martinetto, con manometro tarato.

L'assemblaggio della attrezzatura di prova sarà eseguito in modo da rispettare quanto segue:

- il martinetto dovrà essere centrato sulla piastra e perpendicolare ad essa; il micrometro dovrà essere poggiato in posizione centrale sulla piastra.

La piastra sarà poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

La orizzontalità della piastra, una volta posta sul piano di prova, sarà verificata con livella a bolla.

Assemblata l'attrezzatura, si eseguirà la prova secondo il programma di carico-scarico preventivamente comunicato alla Direzione Lavori..

Dopo l'applicazione di ciascun gradino di carico, le letture al micrometro saranno ripetute ogni 2 min, in qualsiasi tipo di terreno.

La stabilizzazione nel cedimento sarà data per avvenuta quando due letture consecutive differiranno di un massimo di 0.04 mm.

Durante la prova, non si dovrà modificare in alcuna maniera il dispositivo per la prova stessa, evitando anche vibrazioni e scosse di qualsiasi parte della attrezzatura.

Dopo la prova, se richiesto, si preleverà un campione rimaneggiato di terreno per il laboratorio.

Per ciascuna prova, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del micrometro, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di compressibilità M_e (kN/m²) calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula

$$M_e = \frac{p}{s} \cdot D$$

p = incremento di carico specifico (kN/m²)

s = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm)

D = diametro della piastra (mm).

- Certificato di taratura del manometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.
- Le prove su piastra potranno essere condotte con strumenti dinamici e non pseudostatici quando questi risultino ottemperanti ai seguenti requisiti;
- Conducano a valori assimilabili a quelli ottenuti mediante strumentazione pseudostatica (differenza < al 5% su valore assoluto);
- Non eliminino completamente le prove pseudostatiche che verranno però impiegate per i confronti al punto precedente.

2.2. INDAGINI GEOMECCANICHE

2.2.1. Sondaggio Geomeccanico

Il sondaggio geomeccanico si distingue dal sondaggio geotecnico per il fatto che la descrizione delle parti di carotaggio in terreni lapidei o litoidi vengono descritte in modo particolarmente approfondito e con criteri finalizzati alla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Le modalità di descrizione del sondaggio geomeccanico saranno applicate per i sondaggi, o per le parti in roccia di sondaggi, per i quali ciò sia espressamente richiesto dal programma lavori.

Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire la migliore qualità possibile di carotaggio, sono analoghe a quelle descritte per i sondaggi geotecnici.

Si dovrà descrivere la stratigrafia come richiesto per i sondaggi geotecnici, precisando i dati generali e tecnici, la definizione del tipo litologico, il colore. Inoltre, suddividendo il carotaggio in intervalli di profondità sufficientemente omogenei, descriverà i caratteri strutturali del sondaggio, illustrando con la massima cura quanto segue:

- Lo stato di aggregazione sarà descritto a complemento della identificazione litologica precisando se la struttura è compatta (non si distinguono i costituenti la roccia ad occhio nudo), granulare (si distinguono macroscopicamente i diversi costituenti), orientata (i costituenti hanno orientazioni preferenziali per laminazione, scistosità o altro).

- Il grado di alterazione, con riferimento alla seguente terminologia:

Assente: nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti.

Debole: I piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità.

Media: La decolorazione penetra nella roccia per spessori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari.

Elevata: La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati fra loro.

Intensa: La roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconoscibile, ma la separazione fra i cristalli è completa.

- Il recupero percentuale di carotaggio sarà annotato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato.

- L'indice R.Q.D., calcolato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni maggiori o uguali a 10 cm recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato, sarà annotato considerando le sole discontinuità naturali presenti nella roccia, raggruppando tratti perforati piuttosto omogenei da questo punto di vista.

La percentuale di recupero modificata (RQD) dove il grado di alterazione non è intenso o elevato, verrà determinata in accordo alla seguente espressione:

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f} \cdot 100$$

per:

- l_i = singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori di 10 cm
- l_f = lunghezza totale del tratto perforato

Per la valutazione del grado di alterazione si farà riferimento alle indicazioni riportate nel punto precedente riguardante l'argomento specifico.

- Le dimensioni di ciascun spezzone di roccia saranno stimate ed annotate individuando classi di lunghezze differenti fra loro di 5 cm una dall'altra.
- Il tipo di ciascun giunto o discontinuità costituente un piano di separazione o debolezza (frattura, faglia, piano di strato, piano di scistosità) sarà distinto ed annotato.

Si definiranno gli elementi significativi della struttura di terreni rocciosi, facendo riferimento a quanto di seguito.

Stratificazione

Si indicheranno i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi.

Si indicheranno anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es.: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Fratturazione

Si indicherà la spaziatura dei giunti utilizzando definizioni in accordo alla terminologia di seguito specificata:

< 6 cm	Fratture molto ravvicinate
6 ÷ 20 cm	Fratture ravvicinate
20 ÷ 60 cm	Fratture moderatamente ravvicinate
60 ÷ 200 cm	Fratture distanziate
> 200 cm	Fratture molto distanziate

Si specificherà, se possibile, apertura e persistenza dei giunti.

Scistosità, piani di taglio

Si indicherà la presenza, la spaziatura e le caratteristiche della scistosità (orientazione visiva della roccia dovuta a minerali lamellari o prismatici) e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

Strutture particolari

Si indicherà la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legati a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

- L'inclinazione di ogni giunto sarà espressa come angolo, misurato in senso orario, tra la perpendicolare all'asse di perforazione e il piano di discontinuità.
- La durezza delle pareti sarà stimata in base ai criteri di scalfibilità con unghia, di scalfibilità con punta d'acciaio, di scarsa scalfibilità con punta di acciaio. Sarà inoltre misurato l'indice JCS (Joint Compressive Strength) tramite l'uso dello sclerometro (Schmidt Hammer), eseguendo la prova su spezzone di carota immobilizzato con apposito strumento di supporto.
- La rugosità di ogni giunto alla scala della carota sarà definita con riferimento al valore d'indice JRC (Joint Roughness Coefficient), con l'uso di un profilatore a pettine (Shape Tracer di Barton).
- Il tipo e lo spessore del riempimento dei giunti saranno definiti precisando composizione granulometrica e/o mineralogica e la compattezza dello stesso. In particolare, si deve precisare se all'interno del giunto si nota materiale trasportato e deposto o materiale derivato dal disfacimento o dalla frizione della roccia.

Per quanto non ulteriormente precisato valgono le indicazioni della ISRM (Suggested Methods). Tutti gli elementi sopraelencati dovranno figurare in moduli stratigrafici appositi.

2.2.2. Sondaggio geognostico ad andamento direzionato

I sondaggi geognostici ad andamento direzionato si realizzano in terreni lapidei e litoidi per definire la litostratigrafia dell'ammasso secondo traiettorie suborizzontali o comunque orientate e parzialmente modificabili nel corso della stessa perforazione, in modo tale da raggiungere, partendo da un punto determinato, un altro punto a distanze che possono giungere a 500-1000 metri.

I sondaggi devono essere eseguiti a carotaggio integrale del terreno attraversato e permettere, a fine sondaggio, l'esecuzione di ispezioni con sonda televisiva e la caratterizzazione dell'ammasso attraverso metodi di prova geofisica e geomeccanica per la intera lunghezza del sondaggio.

Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire il recupero di carote in percentuale non inferiore all'80%, sono analoghe a quelle previste per gli altri tipi di sondaggi.

La documentazione del sondaggio geognostico ad andamento direzionato sarà eseguita secondo i criteri già riportati per gli altri tipi di sondaggio.

2.2.3. Rilievo geostrutturale di dettaglio

I rilievi geostrutturali di dettaglio permetteranno di acquisire mediante misure in sito su affioramenti rocciosi naturali o artificiali gli elementi relativi alle caratteristiche geostrutturali e

geomeccaniche dell'ammasso roccioso, inteso come complesso costituito dalla matrice roccia e dai piani di discontinuità', principalmente per uso di classificazione mediante indici di qualità.

Il programma lavori indicherà la zona nella quale eseguire ogni singolo rilievo, definito nel seguito come stazione di misura.

Le modalità esecutive saranno conformi alle prescrizioni "Suggested Methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses - International Society for Rock Mechanics", alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo di ogni stazione di misura si eseguirà avendo cura di selezionare affioramenti rappresentativi ed omogenei da rilevare e documentare separatamente.

Il rilievo si eseguirà materializzando sul fronte da rilevare una linea, della maggior lunghezza possibile, effettuando le misure in corrispondenza dei punti di intersezione dei piani con la traccia dello stendimento, annotandone la progressiva dall'origine dello stendimento, ma considerando anche tutti gli elementi non direttamente intersecanti la linea ma vicini ed idealmente prolungabili fino all'intersezione.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Per ciascuna stazione di misura, il numero di stendimenti da eseguire sarà quello necessario per la perfetta caratterizzazione dell'ammasso.

Il rilievo lungo ciascuna linea deve definire quanto segue:

Caratteristiche geostrutturali

Inclinazione dei piani di discontinuità' sull'orizzontale, immersione o azimuth della linea di massima pendenza giacente sul piano di discontinuità'.

Caratteristiche geomeccaniche

Classificazione dei diversi tipi di piano di discontinuità', suddividendoli in piani di strato, di scistosità, di faglia, di frattura.

Si definiranno inoltre le caratteristiche geometriche dei piani, precisando frequenza, spaziatura, lunghezza, persistenza percentuale rispetto all'affioramento, apertura, continuità di apertura in percentuale rispetto alla lunghezza, tipo di terminazione, distanza della terminazione dalla traccia, scabrezza (Joint Roughness Coefficient JRC), ondulazione, resistenza della parete del giunto (Joint Compressive Wall Strength JCS), tipo, granulometria, origine, grado di saturazione e di consistenza del materiale di riempimento, che può anche essere campionato per prove di laboratorio.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto, con il corredo di fotografie (dove saranno visibili le tracce degli stendimenti) e schizzi, precisando dettagliate informazioni sulla litologia, sulle facies, sugli elementi strutturali visibili alla scala dell'affioramento, sulla presenza di acqua e su quanti altri elementi possano concorrere alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche d'insieme dell'ammasso roccioso entro il quale sono state realizzate le misure.

La documentazione comprenderà:

- ubicazione plano-altimetrica della zona di rilievo, con perimetrazione dell'affioramento ed indicazione degli stendimenti di misura;
- tabelle con i dati di campagna;
- relazione geologica descrittiva del sito di rilievo, inclusiva di tutti gli elementi necessari ad inquadrare e comprendere i risultati del rilievo stesso, delle note esplicative e descrittive del rilevatore, degli stereogrammi polari con la raffigurazione dei singoli poli dei piani rilevati e delle aree a diversa densità di concentrazione polare, degli schizzi illustrativi, della documentazione fotografica dell'ammasso roccioso e degli stendimenti di misura.

2.2.4. Point Load Test

La prova misura un indice di resistenza I_s portando a rottura dei campioni di roccia con l'applicazione di un carico concentrato a mezzo di due punte coniche, usando una attrezzatura portatile.

I campioni potranno essere costituiti da spezzoni di carota (prove assiali o diametrali) o da blocchi irregolari.

L'apparecchiatura portatile di prova comprende:

- Sistema di carico: dotato di capacità di carico ≥ 50 kN ed in grado di adattarsi a campioni di $25 \div 100$ mm.
- Punta coniche troncate sfericamente: il cono avrà apertura di 60° e la troncatura sferica un raggio di 5 mm. Le punte saranno rigorosamente coassiali e dovranno rimanere tali nel corso della applicazione.
- Sistema di misurazione carico: deve permettere una precisione di lettura di $\pm 2\%$.
- Sistema di misurazione distanza: la distanza tra le punte deve essere determinata con l'approssimazione di ± 0.5 mm.

Modalità di prova

Si distinguono diversi tipi di prova:

- Diametrale: su spezzone di carota avente rapporto lunghezza/diametro > 1.4 .

Le punte verranno posizionate lungo il diametro ad una distanza $\geq 0.7 D$ (diametro carota) dalle estremità della carota.

- Assiale: su spezzone di carota avente rapporto $L/D = 1.1 \pm 0.05$.

Le punte verranno applicate in corrispondenza dell'asse del provino.

- Con posizionamento variabile: su campioni aventi rapporto L/D diverso da quanto indicato e su campioni di forma irregolare. Le punte verranno applicate lungo il diametro maggiore del provino. Provini di roccia laminata, scistosa o finemente straterellata verranno provati sia parallelamente che perpendicolarmente ai piani di divisibilità.

In tutti i casi, la prova verrà eseguita posizionando il provino tra le punte, avvicinando le medesime fino alla rottura del campione annotando la pressione corrispondente e la distanza fra le punte.

I risultati delle prove diametrali, assiali o con posizionamento variabile verranno annotati separatamente.

Per ogni campione si registreranno i seguenti dati:

- numero di identificazione;
- profondità di prelievo;
- descrizione litologica;
- natura ed orientazione di eventuali piani di divisibilità;
- carico di rottura P;
- distanza tra punte a rottura DP;
- valore $I_s = P/D^2$;
- valore $I_s(50)$ per classificazione, con l'uso di apposito diagramma correttivo e/o eventuale correlazione.

2.2.5. Prove di carico su piastra in roccia

Le prove di carico su piastra in terreni lapidei e litoidi si eseguono per la determinazione del modulo di deformabilità e di elasticità sul contorno di scavo e in profondità, mediante l'applicazione di un carico tramite piastra circolare del diametro di 50, 80, 100 cm e la misura degli spostamenti indotti in superficie ed in profondità mediante estensimetro multibase.

La prova può essere eseguita in cunicolo, in genere di diametro non superiore a 4 m, con il martinetto agente su 2 piastre poggianti su parti dell'ammasso fra loro diametralmente opposte, costituenti reciproco contrasto.

L'attrezzatura sarà conforme alle raccomandazioni ISRM (Suggested Methods). La documentazione tecnica relativa sarà inviata per informazione alla Direzione Lavori.

L'attrezzatura comprenderà:

- martinetto idraulico in grado di assicurare il carico richiesto dal programma lavori;

- tubazioni in acciaio di varia lunghezza, per il collegamento del martinetto con la piastra e per la trasmissione del carico di prova, di adeguata resistenza;
- piastre per la ripartizione del carico di prova, costituite da dischi anulari in acciaio di diametro compreso tra 50 e 100 cm, di adeguato spessore e rigidità;
- 6 comparatori centesimali, montati su struttura indipendente dall'apparato di spinta e adeguatamente rigida, da distribuirsi al contorno della piastra ad angoli di 60 gradi e alla distanza di 30 cm e 50 cm dal bordo della stessa;
- 1 estensimetro multibase con 6 ancoraggi ad espansione meccanica, da installarsi entro un foro appositamente perforato al centro dell'area di carico con un diametro di 60-80 mm ed una profondità di circa 6 volte il diametro della piastra di prova; l'estensimetro sarà dotato di un trasduttore di spostamento connesso agli ancoraggi ad espansione mediante astine metalliche rigide.

La prova sarà eseguita in accordo al programma lavori e comprenderà:

- rilievo fotografico dell'ammasso roccioso per le parti interessate dalla prova;
- accurata descrizione litologica e geomeccanica dell'ammasso roccioso nel sito di prova, con rilievo e misura della giacitura nello spazio dei piani di discontinuità;
- preparazione della superficie di prova (singola o coppia, a seconda del metodo) mediante scalpellatura manuale ed impiego di dischi rotanti diamantati, al fine di ottenere piani lisci e regolari.
- montaggio della attrezzatura di prova ed esecuzione della prova con cicli di carico-scarico come da programma lavori, con misura degli spostamenti di superficie e profondi tramite i comparatori centesimali e l'estensimetro multibase.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione ed orientazione dei punti di prova con relativa rappresentazione grafica in scala;
- relazione descrittiva dei caratteri geomeccanici rilevati in sito, con il corredo della documentazione fotografica dell'ammasso roccioso nel sito di prova;
- elenco e descrizione dell'attrezzatura impiegata, con documentazione fotografica della attrezzatura di prova completamente montata;
- procedura di prova e formulazione matematica per il calcolo del modulo di deformabilità;
- tabella con riportate le misure di spostamento in funzione del carico applicato;
- diagrammi spostamento-pressione per ogni punto di misura;

- diagramma spostamenti globali-profondità della base di misura
- diagramma spostamenti reversibili- profondità della base di misura;
- tabella riassuntiva dei moduli di deformabilità e di elasticità calcolati (MPa).

2.2.6. Prova con dilatometro da roccia in sondaggio

Per l'esecuzione della prova si richiede la disponibilità di una sonda dilatometrica da roccia, inseribile in un foro di sondaggio adeguatamente perforato del diametro di circa 100 mm, dotata di almeno 3 trasduttori elettrici per la misura degli spostamenti indotti dalla pressurizzazione radiale di circa 1 mm di diametro di foro.

La sonda sarà connessa in superficie ad una unità di misurazione, registrazione ed elaborazione dati.

La prova sarà eseguita secondo modalità precisate nel dettaglio dal programma lavori.

Per quanto non ulteriormente specificato in merito alla preparazione del foro, valgono le raccomandazioni incluse nella parte relativa alle prove con pressimetro tipo Menard, per quanto applicabili, previa comunicazione alla Direzione Lavori.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione, direzione ed immersione del sondaggio;
- profondità della sezione di misura;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata;
- diagrammi variazioni diametrali-pressione per ogni trasduttore;
- schema di calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- relazione matematica per il calcolo dei moduli;
- tabelle riassuntive dei moduli di deformabilità e di elasticità:

2.2.7. Prova con martinetto piatto

La prova si esegue in parete inserendo in una fessura praticata nel fronte dell'ammasso roccioso un martinetto piatto, da espandere fino a riportare la roccia circostante nelle medesime condizioni tensionali precedenti lo scavo della fessura, e misurando lo sforzo necessario. Dalla misura si ricavano le caratteristiche di deformabilità e lo stato di sollecitazione esistente alla superficie dell'ammasso roccioso. La normativa di riferimento è:

- ASTM D4729-87

- ISRM Suggested methods of rock stress determination.

L'attrezzatura che si intende utilizzare sarà preventivamente comunicata alla Direzione Lavori e comprenderà:

- Attrezzi portatili di perforazione e taglio (trapano, fresa a mano con disco diamantato, arnesi da scavo).
- Martinetto piatto, lunghezza 60÷100 cm, larghezza 30 cm (dimensioni indicative), con capacità di carico ≥ 100 t.
- Estensimetro meccanico rimovibile o trasduttori elettrici di spostamento, con sensibilità di 0.01 mm.

Le modalità di prova saranno le seguenti:

- Si collocheranno sulla parete almeno 12 basi di misura, simmetricamente disposte rispetto alla linea sulla quale si eseguirà il taglio, secondo un minimo di 3 sezioni.

Si misureranno, con precisione di 0.01 mm, le distanze reciproche tra le basi sulla stessa direzione orizzontale.

- Si scaverà un taglio piano, normale alla parete, equidistante dalle basi di misura, di dimensioni tali da alloggiare il martinetto piatto.
- Si cementerà nel taglio il martinetto, attendendo quindi il tempo necessario alla presa ed ad un certo indurimento della malta cementizia (o della resina di elevate caratteristiche meccaniche).
- Si misurerà nuovamente la distanza tra le basi, con la stessa precisione, annotando lo spostamento delle stesse dopo l'esecuzione del taglio.
- Si dilaterà il martinetto fino ad annullare per intero lo spostamento delle basi dovuto al taglio, misurando le variazioni della distanza delle basi in forma continua, annotando i diversi gradini di carico applicati ed i relativi spostamenti fino al carico cui corrisponde il ripristino della distanza tra le basi di misura che esisteva originariamente. I gradini di carico saranno definiti nel corso della prova, variando tra 0.5 e 5.0 t ciascuno (orientativamente) o secondo il programma lavori.

La documentazione della prova comprenderà, oltre alle informazioni generali e sulla ubicazione della prova:

- descrizione geomeccanica dell'ammasso con documentazione fotografica;
- descrizione delle apparecchiature di prova (di carico e di misura), loro specifiche tecniche, certificati di calibrazione, documentazione fotografica;
- tabelle delle letture originali;

- grafico deformazioni/carichi;
- valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
- documentazione fotografica della prova in corso di esecuzione.

2.2.8. Prove con estensimetro doorstopper in sondaggio

La prova ha lo scopo di determinare lo stato tensionale in sito entro ammassi rocciosi in condizioni quasi indisturbate, tramite la misurazione con cella estensimetrica degli spostamenti che si producono nella parte centrale di un foro di sondaggio a seguito della liberazione di tensioni ottenute mediante sovracarotaggio.

L'attrezzatura sarà conforme alle caratteristiche definite da C.S.I.R. (South Africa Council of Scientific and Industrial Research).

- Cella di misura delle deformazioni costituita da almeno 4 estensimetri elettrici applicati su un supporto circolare a disco dello spessore di 0.625 mm, con disposizione a 45 gradi l'uno dall'altro (tipo C.S.I.R.) o cella dotata di 3 rosette estensimetriche in grado di misurare spostamenti con diversa orientazione nello spazio simultaneamente (tipo C.S.I.R.O.).
- Idoneo strumento di posa della cella in foro.
- Centralina di misura degli spostamenti collegabile alla cella estensimetrica.
- Pressa radiale per la misura delle costanti elastiche di campioni di roccia costituiti da spezzoni di carota da sondaggio.

La prova si eseguirà entro fori di sondaggio di lunghezza non superiore a 20 m, in assenza d'acqua.

La parete del foro nel tratto nel quale si intende eseguire la misura dovrà essere priva di giunti o discontinuità; se richiesto dalla Direzione Lavori, il fondo foro dovrà essere esaminato con sonda ottica televisiva.

La prova sarà eseguita seconda la metodologia ISRM (Suggested methods for rock stress determination), di seguito indicata:

- esecuzione del foro di prova con diametro di 60-80 mm , con carotaggio integrale;
- regolarizzazione del fondo foro con apposita fresa a disco diamantata;
- montaggio della cella di misura in testa allo strumento di inserzione, con spalmatura del collante sulla superficie della cella che andrà a contatto con il fondo foro;
- inserzione in foro della cella, da tenere contro il fondo foro con l'applicazione di una certa pressione fino all'incollaggio avvenuto;
- esecuzione della lettura di zero degli estensimetri;

- approfondimento del foro mediante sovracarotaggio con carotiere a parete sottile, di diametro sufficiente ad inglobare completamente la cella estensimetrica permettendone il recupero a giorno con la parte di roccia sulla quale è incollata;
- collegamento della centralina di misura alla cella, da reinserire in foro per il corretto riequilibrio termico e misura degli spostamenti indotti dal rilascio tensionale conseguente al sovracarotaggio;
- determinazione delle costanti elastiche del materiale con pressa radiale, da eseguire direttamente sul campione di roccia recuperato dal foro, leggendo gli spostamenti direttamente grazie alla cella estensimetrica incollata.

La completa esecuzione della prova richiede che le misure siano ripetute in 3 fori a diversa orientazione nello spazio; si potrà utilizzare in alternativa la cella estensimetrica tipo C.S.I.R.O. con 3 rose di misura per il rilievo degli spostamenti secondo diverse componenti, realizzando il foro pilota con un diametro adeguato.

Le modalità della prova dovranno comunque essere tutte chiaramente definite nel programma lavori.

La documentazione della prova comprenderà:

- informazioni di carattere generale per la identificazione, l'ubicazione e la conoscenza della orientazione nello spazio del sondaggio;
- descrizione litologica, classificazione geologica e descrizione geomeccanica schematica dell'ammasso roccioso nel sito di prova e nel tratto di carotaggio;
- descrizione della formulazione matematica interpretativa;
- grafici deformazione - avanzamento sovracarotaggio;
- grafici delle prove di compressione radiale;
- tabella delle deformazioni degli estensimetri;
- tabella dei valori delle componenti del tensore di sforzo calcolato;
- stereogramma di Schmidt con orientazione e valore delle tensioni principali e relativi limiti di fiducia;
- documentazione fotografica del sito di prova, dell'interno del foro, dell'attrezzatura di prova e delle fasi salienti della prova; relazione descrittiva delle attrezzature e delle modalità di prova.

2.2.9. Prove di taglio in sito

Le prove di taglio in sito permetteranno di determinare le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso, in genere lungo piani di discontinuità o giunti di particolare interesse oppure in corrispondenza di piani di taglio imposti, sollecitando con tensioni normali di confinamento e tangenziali blocchi di roccia opportunamente predisposti. La prova può essere realizzata in superficie o in cunicolo, con riferimento alle norme ISRM, Suggested Methods.

L'attrezzatura di prova dovrà essere preventivamente comunicata alla Direzione Lavori e comprenderà:

- cassa di incapsulamento superiore del blocco di roccia da isolare con telaio di contrasto inferiore; il blocco di roccia dovrà avere dimensioni minime di 50 cm di lato alla base, per forme di tipo cubico;
- dispositivi per l'applicazione del carico normale, rappresentati da un martinetto (o più martinetti) idraulico in grado di esercitare le pressioni richieste, agente su una trave di reazione poggiante sulla cassa di contenimento; nel caso di prova a cielo aperto o condizioni equivalenti, il contrasto sarà fornito da tiranti o altra struttura approvata ancorati al terreno a fianco del blocco, nel caso di prova in cunicolo apposito esso sarà fornito direttamente dalla volta o dalle pareti dello stesso;
- dispositivi per l'applicazione del carico tangenziale, rappresentati da un martinetto (o più martinetti) agente sulla cassa di contenimento, con una direzione d'azione inclinata di circa 15 gradi rispetto al piano di taglio, grazie ad un contrasto ottenuto a mezzo di tiranti suborizzontali ancorati al telaio inferiore o secondo altri mezzi o configurazioni approvati;
- dispositivi di misura delle forze applicate, costituiti da manometri di alta precisione e di taratura recente;
- dispositivi di misura degli spostamenti con precisione di 0.01 mm;
- attrezzi di scavo e demolizione roccia, adeguati alle necessità di preparazione del sito e di isolamento del blocco.

Le modalità ed i risultati della preparazione dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

La preparazione sarà schematicamente realizzata nella forma di seguito descritta:

- dopo lo sbancamento preliminare del sito di prova e le necessarie pulizie, si ricaverà un blocco di forma approssimativamente cubica di lato non inferiore a 50 cm ponendo la massima cura nel non procurare alcun disturbo all'elemento isolato e alle discontinuità naturali presenti; se necessario, sarà ammessa la stabilizzazione delle superfici a giorno del blocco con malte cementizie a presa rapida;
- eseguito l'isolamento del blocco, si procederà alla accurata descrizione litologica e geomeccanica dello stesso e dell'ammasso roccioso che lo comprende, con schizzi e fotografie di dettaglio.

La prova sarà realizzata mediante l'applicazione delle tensioni normali e tangenziali nelle entità e nelle fasi definite dal programma lavori, che potrà richiedere prove monostadio su blocchi diversi (ciascuna considerata come prova a se) o prove multistadio sullo stesso blocco, con l'imposizione per ogni stadio di un diverso valore di tensione normale di confinamento.

Durante ogni ciclo della prova, comunque sia eseguita, si registreranno i valori della tensione di confinamento normale al piano, quello della tensione di taglio applicata, le tensioni corrispondenti ai valori di resistenza di picco e residui, le deformazioni normali e tangenziali alla superficie di taglio.

Dopo la prova, il blocco sarà sollevato e la superficie di taglio osservata e descritta con la massima accuratezza, rilevando tutti gli elementi di interesse geomeccanico, quali morfologia ed altezza delle asperità, caratteristiche del materiale di riempimento ed ogni altro utile dettaglio.

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare, ubicare, orientare il sito ed il blocco di prova;
- descrizione litologica e geomeccanica di dettaglio del blocco e dell'ammasso roccioso comprensivo dello stesso, con il corredo di schizzi in scala opportuna e di documentazione fotografica;
- tabelle tempo, pressioni normali e tangenziali, spostamenti nello spazio, sia nella fase di consolidazione che nella fase di prova;
- diagrammi forza normale e tangenziale - spostamenti per ciascun trasduttore;
- diagrammi forza normale - forza tangenziale in condizioni di picco e residua per ciascun livello di carico;
- descrizione di dettaglio della superficie di rottura con determinazione del profilo, con documentazione fotografica della stessa;
- descrizione dettagliata delle attrezzature, della configurazione e delle modalità di prova, con il corredo della documentazione fotografica delle attrezzature e delle varie fasi della prova;
- certificati di taratura dei manometri non antecedenti 30 giorni la data della prova.

2.2.10. Rilievo televisivo in sondaggio

Il rilievo televisivo del foro di sondaggio è destinato all'esame stratigrafico e strutturale del tratto perforato ed alla osservazione di eventuali cavità.

L'attrezzatura da impiegarsi è una sonda televisiva costituita da quanto segue:

- Telecamera alloggiata in sonda protettiva, diametro esterno $\Phi_{est} \leq 70$ mm, con obiettivi intercambiabili per la visione assiale e laterale, con sorgente luminosa incorporata.

- Unità di controllo con monitor con regolazione di intensità luminosa, contrasto, messa a fuoco dell'obiettivo; possibilità di video-scrittura.
- Videoregistratore VHS connesso alla unità di controllo.

- Cavi di collegamento, con avvolgi-cavo dotato di dispositivo per il controllo della profondità della telecamera.

L'attrezzatura deve in ogni caso garantire immagini di chiara leggibilità, tali da permettere il riconoscimento dei piani di discontinuità intersecanti il sondaggio ed il rilievo della giacitura (immersione ed inclinazione) dei medesimi.

Il foro di sondaggio sarà del tutto privo di rivestimento, di diametro ≥ 100 mm, asciutto o contenente acqua limpida, decantata per almeno 3÷4 ore prima dell'ispezione.

La telecamera sarà calata lentamente nel foro, fermandosi in corrispondenza dei particolari litologici o strutturali d'interesse, regolando opportunamente il monitor onde ottenere la migliore qualità possibile delle immagini.

Le annotazioni relative ai dati generali dell'ispezione ed agli aspetti particolari di quanto osservabile saranno eseguite mediante sovrapposizione su video, con l'uso della tastiera per la videoscrittura.

Tutte le immagini su monitor, incluse le annotazioni aggiunte, dovranno essere registrate su nastro magnetico.

La documentazione sarà costituita da una relazione descrittiva e dalla cassetta (o più cassette) formato VHS.

La cassetta conterrà anche le informazioni generali (luogo, data, denominazione sondaggio, altre note) relative all'ispezione eseguita.

La relazione di accompagnamento della registrazione specificherà le caratteristiche della sonda televisiva:

- dimensioni;
- tipo e caratteristiche obiettivi.

La stessa relazione conterrà anche una schematizzazione grafica del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione con l'indicazione di tutte le misure e le informazioni necessarie per la completa comprensione del rilievo televisivo e per le successive elaborazioni.

2.3. INDAGINI GEOFISICHE

2.3.1. Attrezzature di sondaggio per prove "DOWN - HOLE"

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione V_p delle onde sismiche longitudinali e V_s delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

Le misure si eseguiranno mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore, quest'ultimo posto all'interno di un foro di sondaggio adeguatamente rivestito con tubazione apposita.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di un foro di sondaggio attrezzato con tubazioni in accordo a quanto descritto in seguito.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo al programma di lavoro;
- generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di prova.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscilla di norma tra 1 misura ogni 0,5 m ed 1 ogni 3,0 m).

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubicini esterni di iniezione. Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

I rivestimenti dovranno poter essere estratti con sola trazione senza rotazione.

In cantiere, prima dell'installazione, si dovrà provvedere a:

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi non presentino sbavature che possono compromettere il buon accoppiamento;
- verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che, ove non più chiaramente specificato sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;

- controllare gli utensili per l'installazione, ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

Per la esecuzione delle misure geofisiche si utilizzeranno le sottoelencate attrezzature:

La sorgente di energia sarà rappresentata da una massa battente manovrata a mano, agente a percussione in diverse direzioni su una base in legno o calcestruzzo; si potrà utilizzare anche un percussore oleodinamico agente all'interno di una piccola cassaforma interrata, oppure altri dispositivi concordati con la Direzione Lavori.

E' onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente la sorgente, in funzione della natura e caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

Il ricevitore dovrà essere del tipo da sondaggio o pozzo, sensibile alle 3 componenti fra loro ortogonali nelle quali gli impulsi sono scomponibili.

Diametro minore o uguale a 70 mm.
Frequenza prossima a 4,5 Hz.

Il ricevitore deve poter essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio pneumatico.

L'unità di registrazione sarà un sismografo registratore ad almeno 12 canali, con amplificatore per ciascun canale, filtri regolabili, addizionatore di impulsi, stampante.

I tubi per prove "down-hole" avranno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

-spessore	> 3 mm
-diametro interno	Ø int = 75 ÷ 100 mm

I tubi saranno realizzati in PVC, in spezzoni da circa 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite o altro sistema con equivalenti garanzie di tenuta.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

Lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita

Preassemblare i tubi in spezzoni di circa 6.0 m. realizzando le giunzioni mediante accorgimenti opportuni a garantire l'impermeabilità del sistema.

Inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento).

Bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore.

Inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio e la sigillatura del giunto.

Allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione. Bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente l'estremità superiore.

Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo inseriti.

Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi.

I rivestimenti di perforazione dovranno essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anzichè attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.

Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo \varnothing int = 0,12 m, lunghezza $L > 1.0$ m).

Il tubo sposterà di , 15 cm dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto.

Terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita.

Se richiesto, alla distanza di 2 m da bocca foro si realizza un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm, inserito nel terreno per 20 cm e reso ben solidale con il medesimo.

Il cubo deve, a presa ed indurimento avvenuti, essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 Kg e privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro. In alternativa al cubo, sempre se richiesto, sarà realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico.

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atte ad ubicare ed identificare le prove
- schema geometrico del tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;

- ubicazione e caratteristiche descrittive del dispositivo di energizzazione con date di esecuzione del getto.
- diagrammi di Vp e Vs rispetto alla profondità
- interpretazione delle misure con calcolo del modulo di elasticità in condizioni dinamiche, del modulo di taglio, di compressibilità volumetrica e del coefficiente di Poisson, per ogni punto di misura.

2.3.2. Attrezzature di sondaggi per prove "CROSS - HOLE"

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione Vp delle onde sismiche longitudinali e Vs delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

Le misure si eseguono mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore posti all'interno di due fori di sondaggio paralleli e ravvicinati, a distanza reciproca di $5 \div 20$ m.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di due fori di sondaggio attrezzati con tubazioni in accordo a quanto descritto in seguito.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio di sorgente e ricevitore in corrispondenza della prima coppia di posizioni coniugate, in accordo al programma di lavoro;
- sparo e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia di punti coniugati lungo le verticali dei sondaggi.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscillerà di norma tra 1 misura ogni 0,5 m ed 1 ogni 3,0 m).

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubicini esterni di iniezione. Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

I rivestimenti dovranno poter essere estratti con sola trazione senza rotazione.

In cantiere, prima dell'installazione, si dovrà provvedere a:

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento;

- verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che ove non meglio specificato, sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllare gli utensili per l'installazione, ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

Per la esecuzione delle misure geofisiche si utilizzeranno le sottoelencate attrezzature:

La sorgente di energia sarà rappresentata da microcariche di esplosivo o da capsule detonanti, in grado di fornire energia in quantità sufficiente alla generazione di impulsi che risultino leggibili;

E' onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente la sorgente, in funzione della natura e caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

I ricevitori saranno del tipo da sondaggio o pozzo, sensibili alle 3 componenti fra loro ortogonali nelle quali gli impulsi sono scomponibili;

Diametro minore o uguale a 70 mm.

Frequenza prossima a 4,5 Hz.

Il ricevitore deve poter essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio pneumatico.

L'unità di registrazione dovrà essere un sismografo registratore ad almeno 12 canali, con amplificatore per ciascun canale, filtri regolabili, addizionatore di impulsi, stampante.

I tubi per prove "cross - hole" hanno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

-spessore $> 3 \text{ mm}$

-diametro interno $\varnothing \text{ int} = 90 \div 100 \text{ mm}$

I tubi sono realizzati in PVC in spezzoni da circa 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura o altro sistema a garanzia della corretta tenuta.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo alle seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

Lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita

Preassemblare i tubi in spezzoni di circa 6.0 m, fasciando le giunzioni con nastro autovulcanizzante o con equivalente sistema per la realizzazione stagna delle giunzioni.

Montare sul primo spezzone il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;

Inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento).

Bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore.

Inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio e la sigillatura del giunto.

Allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione. Bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente l'estremità superiore.

Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo inseriti.

Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo. I rivestimenti di perforazione dovranno essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anzichè attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a.p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.

Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $\varnothing_{int} = 0,12$ m lunghezza $L \geq 1.0$ m).

Il tubo sporgerà di circa 15 cm dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto.

Terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita.

Dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà verificare la continuità e l'integrità del tubo che dovrà essere internamente liscio e privo di sporgenze.

La verticalità della tubazione installata deve essere verificata con sonda inclinometrica con 2 sensori ortogonali.

Saranno misurabili deviazioni dalla verticale $\leq 20^\circ$; la sensibilità richiesta è $\geq 0.07^\circ$.

La sonda sarà del tipo a controllo azimutale o sarà calata con aste con connessione a baionetta, senza modificare l'orientazione azimutale della sonda per l'intera durata della prova.

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atti a ubicare ed identificare le prove

- schema geometrico di ogni tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- rilievo inclinometrico della verticalità;
- diagrammi di V_p e V_s rispetto alla profondità;
- interpretazione delle misure con calcolo del modulo di elasticità in condizioni dinamiche, del modulo di taglio, di compressibilità volumetrica e del coefficiente di Poisson, per ogni coppia di punti di misura.

Le misure effettuate e la loro restituzione in un grafico che evidenzi la distanza in ogni punto della coppia dei fori per misure "cross-hole" farà parte integrante della documentazione.

2.3.3. Carotaggio sonico

Misure in foro di sondaggio della velocità di propagazione di impulsi sonici, mediante una sonda cilindrica dotata di un emettitore di impulsi in testa e di uno o più ricevitori all'altra estremità.

La sonda di prova dovrà essere costituita da un corpo cilindrico con emettitore sonico all'estremità superiore e 1 oppure 2 ricevitori all'estremità opposta, separati da una distanza di $80 \div 100$ cm, se non altrimenti approvato e da un corpo intermedio costituito da materiale in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico da emettitore a ricevitore.

Nel caso di sonda con 2 ricevitori, anche questi saranno separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti.

Cavi elettrici di connessione della sonda con una centralina di ricezione del segnale, quest'ultima in grado di registrare il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore in millisecondi.

La sonda verrà inserita nel foro di sondaggio, non rivestito, ed arrestata in corrispondenza di punti distanti fra loro di $25 \div 50$ cm, con misura in corrispondenza di ogni punto di prova del tempo di tragitto dell'impulso sonico.

Le misure saranno eseguite sull'intera lunghezza del foro di sondaggio, se non diversamente richiesto dal programma di lavoro.

La documentazione di ciascuna verticale di prova comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare ed ubicare completamente la verticale di prova
- diagramma rappresentante la velocità sonica (km/s) rispetto alla profondità (m)

- nota descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti.

2.3.4. Prospezioni sismiche a rifrazione

Metodo geofisico per la misura della velocità di propagazione delle onde sismiche mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a rifrazione è la seguente:

- sorgente di energia, in grado di generare onde sismiche in quantità apprezzabili ai fini dell'indagine mediante lo scoppio di cariche esplosive, lo sparo di cartucce di fucile sismico o l'impiego di apparati meccanici, elettromeccanici, ad aria compressa o similari approvati; in ogni caso, la sorgente dovrà fornire energia sufficiente alla investigazione della profondità indicata dal programma di lavoro (con minimi di 20 m di profondità).
- 12 - 24 geofoni
- sismografo registratore multicanale (minimo 12) con amplificatori ed algoritmo di sommatoria per ciascuno canale, dispositivi di filtraggio, display analogico e digitale, memoria di massa per la raccolta e la conservazione dei dati, stampante.

L'esecuzione di ogni linea sismica dovrà essere accompagnata o preceduta da un rilievo plani-altimetrico di tutti i punti di stazione (geofoni + punti di energizzazione) con precisione di 0.5 cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

L'interdistanza tra geofoni dovrà essere compresa tra i 5 m ed i 20 m, in funzione delle finalità di indagine.

La generazione di impulsi per ogni stendimento di misura dovrà essere in numero minimo di 5, con un punto centrale, un punto per ciascuna estremità dello stendimento, due punti esterni allo stendimento, posizionati in funzione della profondità da indagare.

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- cartografia scala 1:2000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti
- diagrammi distanze/tempi rifratti (dromocrone) e sezioni sismiche interpretative con evidenziazione delle velocità di propagazione proprie dei terreni indagati e degli spessori delle unità sismiche individuate
- copia delle registrazioni sismiche di campo (films) ottenuti a seguito della definizione dei primi arrivi

- relazione di commento finale, con elenco dettagliato delle attrezzature utilizzate, descrizione del metodo interpretativo impiegato, illustrazione dei risultati ottenuti compresa la correlazione tra unità sismiche e unità litologiche presenti grazie a sezioni (in scala approvata) con tutte le indicazioni parametriche dei singoli rifrattori individuati e la posizione in proiezioni di eventuali sondaggi, prove e misure geofisiche in foro eseguiti o resi comunque disponibili.

2.3.5. Prospezioni geoelettriche

La prospezione geoelettrica impiega diversi metodi di esplorazione finalizzati alla ricostruzione indiretta del profilo litostratigrafico ed alla individuazione di strutture sepolte in base alle diverse caratteristiche di resistività elettrica del terreno.

I metodi di esplorazione, a seconda della disposizione elettrodica, saranno i seguenti:

- Sondaggi Elettrici Verticali SEV
- Stendimenti dipolo-polari continui
- Profili di resistività

Le diverse tecniche di esplorazione sono descritte al successivo punto c.

L'attrezzatura comprenderà:

- georesistivimetro digitale con possibilità di blocco lettura, con millivoltmetro digitale (sensibilità massima 0.01 mV) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e con milliamperometro digitale (sensibilità massima 0.01 mA)
- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 1 mV f.s.) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei, milliamperometro con scala 1 mA-3 A (precisione 0.1% f.s.), milliamperometro indipendente con scala 1 mA - 2 A; lo strumento deve poter lavorare con corrente continua e alternata di bassa frequenza.

Per l'esecuzione dei Sondaggi Elettrici Verticali si utilizzeranno 4 elettrodi allineati (MN di tensione, AB di corrente), simmetricamente disposti rispetto ad un centro. Nella configurazione di Schlumberger si fissano gli elettrodi MN e partendo da un AB pari a 4 MN si distanziano successivamente gli elettrodotti AB, fino a raggiungere una lunghezza pari a 20÷40 MN. Le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute con MN allargato per la serie successiva, e così via per ogni serie, mantenendo sempre fisso il centro dei dispositivi di misura. Si manterranno invece distanze fisse tra AM, MN e NB nel caso di utilizzo della configurazione di prova Wenner. Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno comunicate all'Direzione Lavori.

In caso di acqua di falda affiorante o subaffiorante, se ne preleveranno alcuni campioni per la definizione in sito della conducibilità. Prima di ogni misura dovrà inoltre essere verificato il valore

della resistenza di contatto con il terreno per gli elettrodi AB; si verificherà anche l'eventuale dispersione dei cavi, misurata applicando tensione agli stessi a circuito aperto.

Il valore della differenza di potenziale tra gli elettrodi MN prima della prova dovrà essere verificato ed essere pari a zero.

Per gli stendimenti dipolo - polari continui, si dovranno utilizzare 4 elettrodi, denominati MN ed AB; gli elettrodi di tensione MN saranno mantenuti fissi, quelli di corente AB verranno allontanati con uguale direzione e verso ma mantenuti alla stessa distanza reciproca. Le esatte procedure di prova saranno comunicate alla Direzione Lavori.

Per i profili di resistività, si dovranno utilizzare 4 elettrodi disposti secondo lo schema di un quadripolo AMNB costante, progressivamente spostato lungo un allineamento predefinito per la determinazione delle variazioni laterali delle caratteristiche elettriche dei terreni.

La esatta configurazione del quadripolo (secondo il dispositivo Wenner o Schlumberger) sarà funzione della profondità che dovrà essere esplorata e sarà comunicata alla Direzione Lavori, insieme alla frequenza con cui eseguire le misure.

La documentazione comprenderà:

- cartografia di base scala 1:2000 (o come concordato) con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimuth e della quota dei centri di misura.
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati
- curve di resistività apparente in grafici bilogaritmici
- copia di tutti i dati raccolti in campagna, dai libretti originali di documentazione
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della definizione della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

2.3.6. Prospezioni sismiche a riflessione

Metodo geofisico per il rilievo delle caratteristiche sismiche degli ammassi mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a riflessione è la seguente:

- sorgente di energia, in grado di generare onde sismiche in quantità apprezzabili ai fini dell'indagine mediante lo scoppio di cariche esplosive, l'impiego di apparati meccanici, elettromeccanici, ad aria compressa o similari approvati; in ogni caso, la sorgente dovrà fornire energia sufficiente alla investigazione della profondità indicata dal programma di lavoro.
- 24 geofoni

- sismografo registratore multicanale (minimo 24) con amplificatori ed algoritmo di sommatoria per ciascuno canale, dispositivi di filtraggio, display analogico e digitale, memoria di massa per la raccolta e la conservazione dei dati, stampante.

L'esecuzione di ogni linea sismica dovrà essere accompagnata o preceduta da un rilievo planialtimetrico di tutti i punti di stazione (geofoni + punti di energizzazione) con precisione di 0.5 cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

L'interdistanza tra geofoni dovrà essere compresa tra i 5 m ed i 20 m, in funzione delle finalità di indagine.

La prospezione sismica dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 400% ad un max del 1200% secondo gli indirizzi e le finalità di indagine.

I sistemi digitali di acquisizione dati, ad alto potere risolutivo, dovranno essere atti a realizzare campionature di segnali tra 0,025 e 2 msec ed essere dotati di filtri taglia basso e taglia alto, di "automatic gain control" e di convertitori A/D del segnale campionato, almeno ad 8 bit.

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- cartografia scala 1:2000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti
- copia delle registrazioni sismiche di campo (films) ottenuti a seguito della definizione dei primi arrivi
- SISMOSEZIONI in ordinate di tempi atte a configurare qualitativamente le situazioni geotettoniche primarie;
- SISMOSEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE in ordinate di profondità integrate con le indicazioni dei valori relativi ai parametri elastici dei terreni indagati;
- RELAZIONE CONCLUSIVA illustrativa delle attrezzature impiegate, delle operazioni eseguite e dei criteri di calcolo e di elaborazione adottati, integrata da note di commento delle principali informazioni ottenute sui terreni indagati.

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

3.1. GENERALITA'

Nella effettuazione delle attività concernenti i sondaggi e le prospezioni, senza che l'elencazione debba considerarsi completa, si devono considerare esclusi gli oneri e i costi per l'ottenimento dei permessi di lavoro e stazionamento, oneri per l'accesso alle zone o ai punti di lavoro e stazionamento, oneri per l'accesso alle zone o ai punti di lavoro con il personale e le attrezzature

necessarie, opere di ripristino delle condizioni precedenti l'esecuzione dei lavori, il risarcimento dei danni a terzi, i rilievi topografici, le fotografie, la cartografia, i carburanti e ogni altro materiale di consumo, i costi logistici e del personale, le attrezzature accessorie, il trasporto e la spedizione dei campioni ai laboratori, l'interpretazione, la restituzione e la documentazione dei lavori eseguiti e quanto altro non elencato direttamente o indirettamente necessario per l'esecuzione finita e a perfetta regola d'arte di tutti i lavori in oggetto.

3.2. SOGGEZIONI AMBIENTALI

Oltre al rispetto delle normali procedure anti-infortunistiche previste dalla vigente legislazione, nel caso che l'Impresa sia chiamata ad operare entro aree nelle quali esistano o siano temuti fenomeni di inquinamento ad opera di sostanze tossiche o nocive, esso è tenuto a prendere le misure di sicurezza per prevenire la contaminazione da diretto contatto o inalazione del personale addetto ai lavori.

3.3. DOCUMENTAZIONE DELLE INDAGINI

Durante lo svolgimento delle attività di cantiere l'Impresa avrà cura di compilare un Giornale dei Lavori, a comprensione di tutte le attività connesse alle indagini, da sottoporre, a richiesta, all'esame della DL.

La documentazione preliminare del lavoro svolto verrà progressivamente aggiornata nel corso dei lavori, sarà resa disponibile presso l'Impresa quando richiesta e sarà altrimenti trasmessa alla DL a fine campagna.

La documentazione in forma definitiva sarà presentata non oltre 20 gg. solari dal completamento dei lavori (completamento dei sondaggi).

3.4. CONSEGNA DEI CAMPIONI DI TERRENO

I campioni destinati al laboratorio verranno imballati con cura in casse il cui peso lordo non superi 60 kg, avendo cura di evitare danni nel corso del trasporto con un adeguato imballaggio dei contenitori, in modo particolare dei campioni indisturbati.

I campioni di terreno o di fluido destinati ad analisi chimico-fisiche saranno recapitati al laboratorio geotecnico prescelto. I campioni di terreno o di fluido destinati ad analisi chimico-fisiche saranno recapitati al relativo laboratorio.

3.5. CONSERVAZIONE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI

Le cassette catalogatrici con il carotaggio saranno sistemate, in luogo da concordare con la DL, al riparo dagli agenti atmosferici, dovranno essere conservate in modo che siano facilmente ispezionabili. Le cassette dovranno essere conservate fino ad esito positivo del collaudo di ciascun lotto funzionale.

3.6. UBICAZIONE E QUOTE

La posizione planimetrica di ciascun punto d'indagine sarà definita rispetto a caposaldi individuati dall'Impresa, e concordati con la DL, con un'approssimazione di ± 1 m. La quota di ciascun

punto di indagine sarà determinata con l'approssimazione di più o meno 10 cm, rispetto al livello medio o al riferimento locale fornito.

3.7. ONERI DIVERSI

Nella effettuazione dei lavori oggetto della presente Sezione l'Impresa dovrà altresì tener conto dei seguenti oneri ed adempimenti:

- i maggiori oneri derivanti dalle soggezioni e difficoltà connesse con la effettuazione di lavori in galleria e/o comunque in sotterraneo;
- la effettuazione della campagna di indagine relativa ad una stessa zona in fasi successive, sia che questo derivi da esigenze di sviluppo della progettazione o di avanzamento dei lavori di costruzione, sia che questo derivi da supplementi d'indagine che, a suo insindacabile giudizio, la DL ritenesse necessario effettuare, sia ancora che ciò derivi da impedimenti e soggezioni connesse con la disponibilità delle aree e delle autorizzazioni;
- la guardiania e custodia delle attrezzature di rilevazione installate e dei campioni prelevati al fine di garantirne la validità ed attendibilità per tutto il periodo di rilevazione previsto;
- il trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta comunque connessi con le attività di sondaggio;
- la realizzazione delle opere di drenaggio necessarie a garantire il regolare deflusso delle acque superficiali al fine di evitare inconvenienti ai sondaggi in corso e di prevenire possibili danni alle aree limitrofe a quelle di lavoro;
- l'installazione e l'esercizio delle attrezzature necessarie, ove ciò sia richiesto, per il controllo ed il contenimento delle acque di falda.

PARTE II
- PROVE DI LABORATORIO -

1.0 CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI

La presente sezione del Capitolato è costituita dall'insieme delle attività di laboratorio, necessari per la caratterizzazione fisico-meccanica delle terre e delle rocce.

Tale sezione è stata suddivisa in:

- esami geotecnici di laboratorio su campioni di terre;
- esami geotecnici di laboratorio su campioni di rocce e materiali granulari.

1.1 ESAMI GEOTECNICI DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI TERRE

1.1.1 Identificazione dei campioni

L'identificazione dei campioni e/o delle parti di campione dovrà avvenire con le seguenti modalità:

- a) Ricevimento ed immagazzinamento campioni: sarà da verificare o da istituire una chiara identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento e segnalando immediatamente ogni eventuale carenza o discordanza.
- b) Apertura e descrizione campioni: l'identificazione iniziale dovrà essere conservata e potrà essere in questa fase integrata dalla indicazione delle diverse parti di campione eventualmente distinte.
- c) Esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale e pertanto potrà essere applicata sul materiale stesso, o potrà essere apposta al contenitore del materiale, o potrà essere desumibile dalla corrispondenza fra l'identità del contenitore utilizzato ed il materiale collocatovi, la stessa identificazione dovrà comparire nei moduli operativi nei quali saranno riportati i dati rilevati nel corso delle determinazioni effettuate.
- d) Elaborazione e documentazione: l'identificazione dovrà essere riportata nel corso degli eventuali procedimenti di elaborazione e dovrà comparire chiaramente nei moduli di documentazione finale dei risultati dell'attività svolta.

In generale un campione potrà essere identificato dai seguenti dati:

- denominazione della località;
- denominazione del prelievo;
- denominazione del campione;
- profondità di prelievo.

E' necessario che si possa garantire una corrispondenza biunivoca fra questi iniziali dati di identificazione ed i valori finali ottenuti dall'attività di laboratorio svolta sui campioni considerati.

E' raccomandato che, qualunque sia il criterio secondo il quale vengono raccolti e presentati i risultati dell'attività di laboratorio, dalla documentazione si possano desumere, eventualmente anche da moduli riassuntivi, sia le prove effettuate per ogni punto di prelievo (sondaggio), ordinate in base alla profondità di prelievo, che le prove effettuate su ciascun campione esaminato.

1.1.2. Conservazione dei campioni

I campioni, e specificamente quelli indisturbati o a limitato disturbo, verranno conservati in modo da preservarne le caratteristiche originarie.

All'atto della consegna, sempre in particolare per quanto concerne i campioni indisturbati o a limitato disturbo, si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni stessi e, se necessario, si prenderanno eventualmente gli opportuni provvedimenti per ripristinarle (nel caso si prenderà nota delle operazioni effettuate).

In generale i campioni verranno alloggiati in ambienti a temperatura moderata e ad umidità elevata, con l'eventuale eccezione per quelli rimaneggiati.

E' raccomandato che i campioni siano depositati in un locale con temperatura media dell'ordine di 17÷23°C e con umidità possibilmente non inferiore all'80% o, meglio ancora, in un locale attrezzato a "camera umida".

1.1.3. Condizioni di trattamento dei campioni e mantenimento delle caratteristiche naturali

Fatta eccezione solo per il caso in cui venga espressamente richiesto, o contemplato dalle procedure, di operare su materiali in condizioni particolari, è implicito che l'attività di laboratorio preveda di trattare i terreni campionati in modo da alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In generale, gli inconvenienti che si dovranno prevenire sono principalmente quelli qui di seguito sintetizzati:

- significative variazioni del contenuto d'acqua (umidità) che macroscopicamente possono essere denunciate da essiccamento o rammollimento del terreno;
- modificazioni della struttura del terreno;
- alterazione della composizione granulometrica del terreno o delle parti di terreno distinguibili.

Di conseguenza è opportuno che l'ambiente in cui vengono effettuate le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e confezione dei provini sia a temperatura moderata, protetto da una forte insolazione e non eccessivamente secco.

Fra l'estrazione del campione e l'inizio delle determinazioni o delle prove programmate, l'intervallo di tempo dovrà essere ridotto al minimo; nel caso in cui il materiale debba necessariamente attendere per essere sottoposto a prova, dovrà essere protetto, o sigillato, ed eventualmente riposto ancora in camera umida.

La selezione delle porzioni di campione e la confezione dei provini dovranno essere eseguite con la massima cautela, in modo da minimizzare il disturbo del terreno.

Infine, anche e specialmente nelle fasi di montaggio delle prove e di avviamento delle prove stesse, si raccomanda di mantenere il terreno nel suo stato originario, segnalando o evidenziando le eventuali variazioni di condizioni dovute alle procedure o alle metodologie adottate, ed evitando ogni tipo di modificazioni incontrollate.

1.1.4. Criteri di programmazione degli esami di laboratorio

In linea di principio l'attività del laboratorio geotecnico dovrà avere lo scopo di fornire dati utili per precisare la caratterizzazione, sempre dal punto di vista geotecnico, dei terreni investigati e campionati, in funzione della natura dei terreni stessi e delle esigenze progettuali e compatibilmente appunto con la natura, il tipo e le condizioni dei campioni disponibili.

A meno di problematiche particolari, sarà opportuno che l'attenzione venga rivolta particolarmente ai materiali coesivi che in generale possono essere sorgente di maggiori difficoltà nell'ambito della progettazione geotecnica e che però hanno la proprietà di conservare una migliore "memoria" della storia dello stato tensionale, oltretutto, per i noti problemi di campionamento, si ha una maggiore possibilità di disporre di campioni indisturbati di terreni più o meno coesivi piuttosto che di terreni granulari.

Al laboratorio dovrà essere fornita, oltre al programma di massima delle prove previste, anche una indicazione della disposizione stratigrafica dei terreni in esame ed una segnalazione delle finalità (tipi di opere, di interventi o di dissesti considerati) in modo che sia possibile ottimizzare l'attività da intraprendere in funzione della situazione in sito e dello scopo degli esami programmati.

Il laboratorio dovrà svolgere le proprie attività in stretta collaborazione ed interazione col progettista geotecnico.

Tale rapporto consentirà al progettista di disporre di una analisi critica immediata dei campioni disponibili ed al laboratorio di venire a conoscenza di notizie integrative sulle problematiche da affrontare; da questo rapporto inoltre può scaturire la possibilità di precisare ed eventualmente di adeguare il programma di prove e, nel caso, anche di adottare modalità e procedure specifiche e più opportune per l'esecuzione delle prove previste.

Per questi motivi, a meno di gravi inconvenienti, il laboratorio dovrà fornire alla Direzione Lavori il programma temporale per l'attività, in modo che sia possibile presenziare all'apertura dei campioni ed all'avvio dell'esecuzione del programma di prove.

Nel caso in cui non sia possibile instaurare una interazione fra il progettista ed il laboratorio e nel caso di controversie o di perplessità relative alle valutazioni e/o alle modalità operative del laboratorio, la Direzione Lavori si riserva di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

Tornando più specificamente al merito della programmazione dell'attività di laboratorio, è opportuno ribadire che è responsabilità del laboratorio operare in modo da garantire il miglior risultato possibile degli esami, delle determinazioni e delle prove, definendo dati valutabili come validi in base ai criteri dell'attendibilità, della significatività e della rappresentatività, dal punto di vista geotecnico.

A titolo non esaustivo, di seguito vengono presentate alcune indicazioni concernenti i principi generali che si raccomanda di seguire ai fini della caratterizzazione geotecnica di terreni mediante l'esecuzione di prove di laboratorio.

a) Caratterizzazione di massima (stratigrafica)

Nel caso in cui si disponga solamente di campioni non indisturbati (rimaneggiati), è opportuno che si preveda l'apertura non di campioni singoli, o scelti in modo disperso, ma di campioni in serie continue e complete (ad esempio uno o più sondaggi completi).

A meno di inderogabili prescrizioni di programma, o eventualmente ad integrazione delle indicazioni ricevute, una volta effettuata la descrizione dei materiali si provvederà alla scelta delle prove che consisteranno principalmente in determinazioni delle composizioni granulometriche, accompagnate o sostituite da determinazioni delle caratteristiche di plasticità (limiti di Atterberg); tali determinazioni verranno eseguite con criteri di significatività e rappresentatività, tenendo conto dei rapporti di contiguità (verticale ed orizzontale) dei campioni in esame.

Qualora siano disponibili anche dei campioni indisturbati o a limitato disturbo, per essi sarà da prevedersi, oltre a quanto contemplato per i campioni rimaneggiati, la determinazione sistematica delle caratteristiche di umidità e peso di volume naturale e l'esecuzione, ove attendibile, di prove per la misura della resistenza al taglio iniziale (in termini di sforzi totali). Sarà inoltre opportuno programmare anche alcune prove edometriche da eseguire su materiali scelti come rappresentativi in senso stratigrafico, ed eventualmente qualche prova per la definizione delle proprietà di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, in particolare per i terreni più plastici.

b) Caratterizzazione puntuale

Questo tipo di caratterizzazione è di solito programmato nell'ambito di indagini mirate e localizzate, non estensive, quando le problematiche geotecniche sono state già sostanzialmente individuate o le zone di intervento sono abbastanza circoscritte.

Compatibilmente con i tempi a disposizione, di norma sarebbe da prevedersi la definizione sistematica dei dati utili per precisare la classificazione geotecnica dei terreni investigati; le prove da eseguire sono corrispondentemente le determinazioni delle caratteristiche di: umidità e peso di volume naturale, plasticità (limiti di Atterberg), composizione granulometrica.

Le determinazioni del peso specifico dei grani solidi sono da raccomandarsi a corredo delle prove meccaniche relativamente più sofisticate.

Il programma dell'attività di laboratorio è condizionato dal tipo dei campioni disponibili; pertanto la massima attenzione sarà rivolta ai campioni indisturbati nelle migliori condizioni (ed in particolare ai campioni cubici) che siano significativi per la valutazione del comportamento dei terreni nelle condizioni di sollecitazione previste.

Per la caratterizzazione puntuale, la definizione della resistenza iniziale (in termini di sforzi totali) è da intendersi pressoché alla stregua di un dato di classificazione, è quindi raccomandato che le corrispondenti prove, ove attendibili, siano programmate sistematicamente.

Qualora le condizioni di sollecitazione dei terreni siano appunto già chiaramente individuate, le prove meccaniche verranno previste in modo che siano funzionali alla determinazione dei parametri geotecnici che si ritiene governino principalmente il comportamento dei terreni stessi (ad esempio: nel caso di problemi di deformabilità e consolidazione saranno da prevedersi prove edometriche,

eventualmente anche con specifiche procedure per valutare potenzialità di rigonfiamento o di collassabilità, nel caso di problemi di resistenza a breve termine saranno da prevedersi prove di resistenza al taglio rapide, anche più sofisticate; nel caso di problemi di resistenza a medio e lungo termine saranno da prevedersi prove di resistenza al taglio con definizione in termini di sforzi efficaci; nel caso di problemi di terreni già smossi o in movimento saranno da prevedersi prove per la valutazione della resistenza residua).

E' però importante che, nella programmazione delle prove, l'indagine circa le proprietà considerate prevalenti non escluda la valutazione, almeno rappresentativa, anche delle altre fondamentali proprietà dei terreni che possono fornire un corredo o un termine di confronto per la stima complessiva delle caratteristiche dei materiali esaminati.

Quando invece il problema geotecnico è definito solo in termini di localizzazione, sarà opportuno individuare almeno gli intervalli di profondità di maggior interesse.

In questo caso la programmazione delle prove meccaniche sarà piuttosto condizionata dalla natura dei terreni considerati; le prove saranno finalizzate ad una valutazione generale delle proprietà dei terreni e pertanto contempleranno sia le caratteristiche di deformabilità in condizioni di rigido confinamento laterale che le caratteristiche di resistenza al taglio (in termini di sforzi totali e in termini di sforzi efficaci).

A meno di locali problematiche particolari si opererà prevalentemente sui materiali relativamente più coesivi; nella eventualità di non disporre di campioni in buone condizioni è opportuno che venga programmata almeno qualche prova rappresentativa per la misura della resistenza al taglio residua su provini ricostituiti, in modo da poter ottenere quanto meno qualche indicazione circa le proprietà di resistenza intrinseca dei materiali.

In generale è raccomandato che il programma di apertura dei campioni sia stabilito tenendo conto delle informazioni stratigrafiche disponibili; è infatti opportuno che l'attività intrapresa sia funzionale alla caratteristica (o alle caratteristiche) dei terreni che si prevede di determinare, a tal fine, a fronte del programma ricevuto e delle stratigrafie dei prelievi, si predisporranno per le operazioni due o più campioni, in modo da poter scegliere ed intraprendere le prove col criterio della massima significatività e rappresentatività in rapporto allo strato di terreno considerato.

1.1.5. Criteri di descrizione e di scelta critica delle prove da eseguire

a)Descrizione dei campioni

All'atto dell'apertura dei campioni si provvederà alla descrizione preliminare dei terreni rappresentati; tale descrizione verrà effettuata con criteri geotecnici sulla base di esami visivi e manuali.

I termini adottati saranno quelli convenzionali, di: argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli, e la corrispondente terminologia intermedia.

Verrà identificata la componente del terreno che si valuta come più significativa dal punto di vista del comportamento geotecnico del terreno.

Nel caso di materiali granulari o con prevalente componente granulare si formulerà una descrizione basata sulla valutazione delle proporzioni stimabili delle varie classi granulometriche presenti (con riferimento al termine del 50% per valutare la predominanza di una componente).

Verranno quindi indicate le componenti subordinate del terreno.

Si fornirà una definizione della colorazione prevalente del campione (ove specificamente richiesto si farà riferimento alla definizione colorimetrica secondo le Munsell Colour Charts).

Nel caso in cui il campione sia costituito da parti significativamente differenziabili, si provvederà alla descrizione di ogni singola parte distinta con gli stessi criteri sopra indicati.

Si provvederà infine a segnalare ogni ulteriore particolarità rilevabile ed utile per la caratterizzazione del terreno, sia dal punto di vista delle proprietà geotecniche che dal punto di vista della correlabilità stratigrafica.

A titolo di esempio, le particolarità che sono da segnalare possono essere collegate a:

- natura del materiale (materiale organico, materiale calcareo rilevato dalla reazione di effervescenza all'acido cloridrico diluito, ecc.);
- colorazione (zone di diverso colore, venature ossidate, ecc.);
- elementi anomali (resti animali o vegetali, quali conchiglie o radici, evidenti elementi minerali, quali mica-gesso-pomice, grossi inclusi litici, ecc.);
- sintomi di struttura del terreno (scagliosità, laminazione, fitte alternanze, ecc.);
- aspetto della componente più grossolana (forma prevalente, eventuale valutazione della natura geologica, ecc);
- condizioni attribuibili (rimescolamento, fratturazione fresca, presenza di fanghi di al prelievo perforazione, ecc.);
- odore;
- eccetera.

b) Scelta critica delle prove da eseguire

L'attività di laboratorio verrà eseguita basandosi fondamentalmente sul programma di prove indicato.

Nell'intraprendere le prove è però raccomandato che i responsabili del laboratorio attuino una valutazione critica della eseguibilità delle analisi, delle determinazioni e delle prove previste; tale valutazione è da effettuarsi tenendo conto del fatto che la finalità da perseguire è quella di fornire dati significativi e rappresentativi (dal punto di vista geotecnico), in funzione della natura dei terreni investigati e delle necessità progettuali, e compatibilmente con il tipo e le condizioni dei campioni disponibili.

Escludendo il caso in cui sia programmato di operare su materiali ricostituiti, in generale è da adottare il criterio di definire le caratteristiche quanto più possibile attendibili dei terreni nelle condizioni naturali.

In generale quindi sui campioni non indisturbati (rimaneggiati) potranno essere eseguite solo alcune determinazioni delle caratteristiche fisiche che non vengano alterate da modalità di prelievo non molto accurate come, ad esempio:

- analisi granulometrica;
- determinazione delle caratteristiche di plasticità (limiti di Atterberg);
- determinazione del peso specifico dei grani;
- eventualmente misura della umidità.

In linea di massima l'esecuzione delle prove meccaniche, cioè delle prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, sarà riservata ai campioni indisturbati o, in qualche caso, ai campioni a limitato disturbo.

Conseguentemente, all'atto dell'apertura e della descrizione preliminare del campione sarà cura dei responsabili di laboratorio di formulare anche una valutazione delle condizioni del materiale nella prospettiva, appunto, di poter intraprendere delle prove meccaniche che descrivano attendibilmente le proprietà naturali del terreno, tale valutazione verrà effettuata sulla base delle modalità di prelievo (ove note), di una stima della consistenza del materiale (effettuata, nel caso di materiali coesivi o con sensibile componente coesiva, con l'ausilio anche di strumenti quali il pocket penetrometer o il torvane), di una definizione dell'omogeneità del materiale (espressa, ove opportuno, asportando le parti più superficiali del campione, notoriamente più danneggiate dalle procedure di prelievo), e di ogni ulteriore considerazione utile per confrontare lo stato del campione con lo stato del terreno nelle sue condizioni in sito.

Queste osservazioni dovranno essere sinteticamente presentate a corredo della descrizione del campione, eventualmente integrandole con le altre possibili rilevazioni deducibili al momento della selezione dei materiali delle prove e della preparazione dei provini; da esse inoltre dovrà discendere l'attribuzione dello stato del campione ad una categoria di qualità che giustifichi la valutazione sulla attendibilità dei risultati delle prove scelte e realizzate.

Anche questa valutazione della qualità delle condizioni del campione ai fini della attendibilità delle determinazioni (sempre con criteri geotecnici), oltre alla segnalazione della parte di campione interessata (nel caso di campioni non omogenei e differenziabili), dovrà essere indicata a corredo della documentazione del campione e/o delle prove.

Lo stato del campione in vista della esecuzione delle prove potrà essere definito nel modo ritenuto più esauriente dai responsabili del laboratorio; a titolo di esempio esso potrà essere riferito a tre categorie basilari:

- condizioni buone (A);
- condizioni mediocri (B);
- condizioni cattive (C).

In linea di massima, e a meno di vincolanti prescrizioni di programma, le prove eseguibili in funzione delle condizioni dei campioni potranno essere:

- A) prove meccaniche sensibilmente sofisticate o da eseguire su provini in serie; e tutte le prove in generale;
- B) prove meccaniche più convenzionali o eseguibili su provini singoli; e tutte le prove di determinazione delle caratteristiche fisiche;
- C) prove per la determinazione delle caratteristiche fisiche, con gli stessi criteri dei campioni NON indisturbati.

Infine, nella scelta critica delle prove da eseguire si dovrà tenere conto anche delle dimensioni previste per i provini da confezionare, in particolare nel caso delle prove su serie di provini che necessitano di una elevata uniformità del campione.

1.1.6. Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisiche di campioni di terre.

Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco degli esami e delle analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche di campioni di terre

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CTF1	Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche;
CTF2	Apertura e descrizione di campioni indisturbati cubici;
CTF3	Apertura e descrizione di campioni non indisturbati (rimaneggiati);
CTF4	Fotografia di campione;
CTF5	Determinazione del contenuto in acqua (umidità);

CTF6	Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) mediante fustella tarata;
CTF7	Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) su provino regolarizzato e/o paraffinato, per pesata idrostatica o spostamento d'acqua;
CTF8	Determinazione dei limiti di Atterberg (limite di liquidità e limite di plasticità);
CTF9	Determinazione del limite di ritiro;
CTF10	Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità ≤ 3 kg;
CTF11	Determinazione del quantitativo passante/trattenuto ad un singolo vaglio, con trattamento per via umida, su quantità ≤ 3 kg;
CTF12	Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità > 3 kg;
CTF13	Analisi granulometrica per vagliatura, solo con trattamento a secco, su quantità > 3 kg;
CTF14	Analisi granulometrica della frazione fine per sedimentazione (aerometria-densimetria);
CTF15	Determinazione del peso specifico dei grani;

b) Schede esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche di campioni di terre (CTF).

POSIZIONE CTF1

DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche.

CONTENUTO TECNICO

Estrazione con minimizzazione del disturbo (è raccomandato l'impiego di un estrusore idraulico, se necessaria una notevole spinta) di un campione di terreno alloggiato in fustella cilindrica; scotatura e ripulitura delle estremità del campione (se opportuna); descrizione geotecnica visiva-manuale del campione; eventuale valutazione della consistenza del materiale mediante pocket penetrometer e/o torvane; stima delle condizioni del campione; indicazione delle prove previste per il singolo campione (o per le parti di campione eventualmente distinte).

RIFERIMENTI

· Punto 1.1.5

DOCUMENTAZIONE

· Modulo compilato in cui siano riportati i risultati delle operazioni eseguite, le osservazioni effettuate, l'indicazione delle prove previste.

POSIZIONE CTF2

DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di campioni indisturbati cubici.

CONTENUTO TECNICO

Estrazione con minimizzazione del disturbo (mediante smantellamento della cassetta di alloggiamento) di un campione di terreno indisturbato cubico prelevato manualmente; ripulitura, descrizione geotecnica, indicazione delle prove, e ogni altra operazione utile per evidenziare le caratteristiche del campione

RIFERIMENTI

- Punto 1.1.5.
 - Posizione CTF1
-

DOCUMENTAZIONE

- Modulo compilato in cui siano riportati i risultati delle operazioni eseguite, le osservazioni effettuate, l'indicazione delle prove previste.
-

POSIZIONE CTF3

DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di campioni non indisturbati (rimaneggiati).

CONTENUTO TECNICO

Estrazione dal contenitore di un campione di terreno non indisturbato (alloggiato ad esempio in sacchetto, barattolo, vasetto, ecc.); descrizione geotecnica, visiva-manuale del campione; indicazione delle prove previste.

RIFERIMENTI

· Punto 1.1.5

DOCUMENTAZIONE

· Modulo, anche riassuntivo, in cui sia riportata la descrizione geotecnica e l'indicazione delle prove previste.

POSIZIONE CTF4

DENOMINAZIONE

Fotografia di campione.

CONTENUTO TECNICO

Ripresa fotografica a colori di un campione di terreno estratto dal suo contenitore; si raccomanda che nella fotografia l'immagine del campione risulti nitida e ben leggibile, che in essa compaia una scala colorimetrica di agevole reperibilità (ad esempio: scala colorimetrica Kodak, Munsell Colour Chart, ecc.) e che, ove opportuno, siano identificate la parte alta e bassa del campione.

RIFERIMENTI

--

DOCUMENTAZIONE

· Modulo contenente l'immagine fotografica a colori del campione.

POSIZIONE CTF5

DENOMINAZIONE

Determinazione del contenuto in acqua (umidità).

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto d'acqua di un terreno, ricavato per differenza fra peso umido e peso secco e riferito al peso secco, ottenuto per essiccamento in forno termostato a 105°C.

RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10008
 - ASCTM D 2216
 - BS 1377 : 1975, TEST 1 (A)
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la prima cifra decimale; per materiali omogenei il valore può esprimere la media di più valori ottenuti sul campione; per materiali significativamente disomogenei il valore deve essere riferito alla parte di campione distinta.
 - Documentazione delle pesate.
-

POSIZIONE CTF6

DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) mediante fustella tarata.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della densità di un terreno, ricavata come rapporto fra pesata del materiale ed il suo volume, predeterminato, ottenuto su provini cilindrici confezionati mediante trimming, fustellatura e regolarizzazione, impiegando una fustella di volume noto.

RIFERIMENTI

- CNR-BU N.62
 - ASCTM D 1188
 - BS 1377: 1975, TEST 15 (E)
 - BS 1377: 1975, TEST 15 (F)
-

DOCUMENTAZIONE

· Valore espresso in g/cm^3 , con la definizione della seconda cifra decimale, o in kg/m^3 , come numero intero; per materiali omogenei il valore può esprimere la media di più valori ottenuti sul campione; per materiali significativamente disomogenei il valore deve essere riferito alla parte di campione distinta.

Documentazione delle dimensioni dei provini e delle relative pesate.

POSIZIONE CTF7

DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) su provino regolarizzato e/o paraffinato, per pesata idrostatica o spostamento d'acqua.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della densità di un terreno, ricavata come rapporto fra la pesata del materiale ed il suo volume, determinato col metodo della pesata in acqua o col metodo dello spostamento d'acqua.

RIFERIMENTI

- Posizione CTF6
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore espresso in g/cm^3 , con la definizione della seconda cifra decimale, o in kg/m^3 , come numero intero; per materiali omogenei il valore può esprimere la media di più valori ottenuti sul campione; per materiali significativamente disomogenei il valore deve essere riferito alla parte di campione distinta.
 - Documentazione delle diverse pesate.
-

POSIZIONE CTF8

DENOMINAZIONE

Determinazione dei limiti di Atterberg (Limite di liquidità e limite di plasticità).

CONTENUTO TECNICO

Determinazioni delle condizioni limite di liquidità e di plasticità (congiuntamente) di un terreno, eseguite con le attrezzature ed in accordo con le metodologie previste dagli standards, espresse in termini di contenuto in acqua (umidità).

Per la determinazione del limite di liquidità è raccomandata l'esecuzione di almeno tre punti. Nel caso di adozione del metodo del punto singolo ciò deve essere chiaramente evidenziato.

RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10014/1964
 - ASCTM D 4318
 - BS 1377 : 1975, TEST 2 (B)
 - BS 1377 : 1975, TEST 2 (C)
 - Posizione CTF5
-

DOCUMENTAZIONE

- Coppia di valori percentuali espressi con la prima cifra decimale; nel caso di esito negativo di una o di entrambe le determinazioni si indicherà il singolo valore ottenuto o nessun valore, con la notazione "materiale non plastico".
 - Documentazione delle determinazioni.
-

POSIZIONE CTF9

DENOMINAZIONE

Determinazione del limite di ritiro.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto d'acqua (umidità) al quale un terreno in via di essiccamento smette di ritirarsi, rimane cioè a volume costante.

Il limite di ritiro è assunto come il quantitativo d'acqua necessario per riempire tutti i vuoti di un terreno nelle sue condizioni di minimo indice dei vuoti, ottenuto per essiccamento in forno, con corrispondente misura del volume raggiunto.

RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10014/1964
 - ASCTM D 427
 - ASCTM D 4943
 - Posizione CTF5
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la prima cifra decimale, media di due determinazioni.
 - Documentazione delle determinazioni.
-

POSIZIONE CTF10

DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità ≤ 3 kg.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della composizione granulometrica della frazione di terreno trattenuta al vaglio n.200 o n.230 ASCTM, eseguita per vagliatura, con trattamento per via umida in fase preliminare o in fase operativa; l'attività comprende anche la preparazione del materiale. E' prescritto che il numero di vagli utilizzati sia almeno equivalente a quelli previsti, in funzione delle dimensioni massime dei grani, per la definizione dell'assortimento secondo la serie UNI-AGI o secondo la serie ASCTM uniformemente spaziata.

RIFERIMENTI

- CNR-BU N.23
 - UNI 8520/5
 - ASCTM D 422
 - BS 1377 : 1975 TEST 7 (A)
 - BS 1377 : 1975 TEST 7 (B)
 - BS 1377 : 1975 TEST 7 (D)
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento dei valori ottenuti, come percentuali ponderali espresse con numero intero, nel convenzionale diagramma semilogaritmico (% in peso rispetto log ϕ nominale) e tabella corrispondente.
 - Documentazione dei procedimenti e delle determinazioni eseguite.
-

POSIZIONE CTF11

DENOMINAZIONE

Determinazione del quantitativo passante/trattenuto ad un singolo vaglio, con trattamento per via umida, su quantità ≤ 3 kg.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della percentuale ponderale della porzione di terreno passante/trattenuta ad un singolo vaglio predeterminato, mediante lavaggio manuale del materiale al vaglio prescelto.

RIFERIMENTI

- Posizione CTF10
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale, espresso con la prima cifra decimale, riferito al peso complessivo del materiale essiccato.
 - Documentazione della determinazione.
-

POSIZIONE CTF12

DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità > 3 kg.

CONTENUTO TECNICO

- v. Posizione CTF10
 - La metodologia in argomento è raccomandata per terreni con contenuto in materiale fine (passante al vaglio n.200 o n.220 ASCTM) $\geq 10\%$.
-

RIFERIMENTI

- Posizione CTF10
-

DOCUMENTAZIONE

- v. Posizione CTF10
-

POSIZIONE CTF13

DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica per vagliatura, solo con trattamento a secco, su quantità > 3 kg.

CONTENUTO TECNICO

- v. Posizione CTF 10
 - E' raccomandato che la metodologia in argomento, che contempla il trattamento del materiale solo in condizioni secche, sia applicabile limitatamente al caso in cui il terreno presenti un contenuto di materiale fine (passante al vaglio n.200 o n.230 ASCTM) < 10%.
-

RIFERIMENTI

- Posizione CTF10
-

DOCUMENTAZIONE

- v. Posizione CTF10
-

POSIZIONE CTF14

DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica della frazione fine per sedimentazione (aerometria-densimetria).

CONTENUTO TECNICO

Analisi granulometrica della porzione di terreno fine, passante al vaglio n.200 o n.230 ASCTM, ottenuta mediante misure effettuate nel corso di un processo di sedimentazione in acqua, realizzate con aerometro-densimetro. L'elaborazione della prova viene espressa in termini di percentuali ponderali rispetto al materiale secco complessivo definite in corrispondenza dei diametri nominali delle particelle. La determinazione deve essere effettuata con almeno 5 misure e deve consentire la definizione (anche per interpolazione) della percentuale corrispondente al diametro nominale di 0.002 mm.

Il procedimento non comprende la determinazione del peso specifico dei grani, da determinare con le modalità previste.

Si raccomanda che, ove possibile, l'analisi granulometrica per sedimentazione in argomento sia realizzata, ad integrazione dell'analisi granulometrica per vagliatura, almeno nei casi in cui la presenza della frazione fine nel terreno sia $\geq 25\%$.

RIFERIMENTI

· Posizione CTF10

DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTF10

POSIZIONE CTF15

DENOMINAZIONE

Determinazione del peso specifico dei grani.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del peso specifico dei grani solidi costituenti un terreno non grossolano ottenuta, col metodo del picnometro calibrato, come valore medio risultante dall'esecuzione di almeno due prove o tre, quando lo scarto delle due misure è superiore a 0,01 sullo stesso materiale. Come peso specifico è da intendersi il rapporto, ad una certa temperatura, fra la massa di un volume unitario di materiale e la massa dello stesso volume di acqua distillata disaerata; ottenuto per spostamento d'acqua, con pesate di precisione e con misura della temperatura nelle condizioni operative. Sono considerati grani solidi di un terreno le minute particelle (in linea di massima minerali) in cui può essere ridotto il materiale, che possono essere ritenute poco o non solubili in acqua e prive di vuoti non strutturali.

RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10013/1964
 - ASCTM D 854
 - BS 1377 : 1975, TEST 6 (B)
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore espresso con tre cifre decimali ottenuto come media di almeno due determinazioni
 - Documentazione delle determinazioni effettuate
-

1.1.7 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisico--meccaniche di campioni di terre.

Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco delle prove, per la determinazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di terre

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CTM1	Prova edometrica a gradini di carico (IL), completa;
CTM2	Determinazione dei coefficienti Cv e K nel corso di prove edometriche IL;
CTM3	Prova edometrica a velocità di deformazione imposta (CRS), completa;
CTM4	Realizzazione di un singolo gradino di pressione o raggiungimento di un particolare livello di pressione in apparecchiatura edometrica;
CTM5	Permanenza protratta di un singolo livello di pressione in apparecchiatura edometrica;
CTM6	Prova "Vane Test", con misura della resistenza residua;
CTM7	Prova di compressione monoassiale (ad espansione laterale libera);
CTM8	Prova triassiale, non consolidata-non drenata;
CTM9	Prova triassiale, consolidata isotropicamente-non drenata, con back-pressure;
CTM10	Prova triassiale, consolidata isotropicamente-drenata, con back-pressure;
CTM11	Prova di taglio diretto, consolidata-drenata;
CTM12	Prova di taglio diretto, consolidata-drenata, residua;
CTM13	Prova di taglio anulare su materiale ricostituito (residua)
Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)

CTM14	Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, nell'ambito di prove già predisposte;
CTM15	Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, appositamente predisposta;
CTM16	Prova di compattazione Proctor Standard;
CTM17	Prova di compattazione Proctor Modificato;
CTM18	Preparazione materiale o preparazione provini in condizioni particolari.

b) Schede prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di terre (CTM).

POSIZIONE CTM1

DENOMINAZIONE

Prova edometrica a gradini di carico (IL), completa.

CONTENUTO TECNICO

Prova di compressione edometrica condotta a gradini di carico finiti e predeterminati, su provino di diametro non inferiore a 50 mm controllato nelle condizioni iniziali; comprensiva della preparazione del provino e di un percorso di carico e di un percorso di scarico; con durata di permanenza di ciascun carico fino a 24 ore; con pressione massima tale da determinare il tratto vergine della curva; con progressione dei gradini di carico finalizzata alla ottimizzazione della definizione della massima curvatura dell'andamento cedimenti-carico, possibilmente con tre punti allineati dopo la massima curvatura; con possibilità di determinazione del parametro C_v su almeno due intervalli di carico prima della massima curvatura e comunque in corrispondenza dell'intervallo di carico a cui il terreno sarà soggetto in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto. Il numero totale dei gradini di carico applicati deve essere almeno corrispondente a quello della progressione al raddoppio; il numero dei gradini di scarico deve essere almeno pari a 3.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2435
 - BS 1377 : 1975, TEST 17
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno del grafico δH -log p' e calcolo di almeno 5 valori del modulo edometrico a 24 ore.
 - Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche fisiche iniziali e finali del provino e la segnalazione della durata complessiva della prova.
 - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale considerato.
 - Tabelle riepilogative di dati di carico, deformazione e tempi rilevati.
-

POSIZIONE CTM2

DENOMINAZIONE

Determinazione dei coefficienti C_v e K nel corso di prove edometriche IL.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione dei coefficienti C_v e K nel corso di prove edometriche a gradini di carico, ovvero, più in generale, rilevazione e restituzione grafica dell'andamento deformazioni/tempo ad un livello di carico costante e permanente per un periodo di tempo dell'ordine delle 24 ore.

La determinazione dei coefficienti C_v e K è da effettuarsi per livelli di carico e cedimenti significativi; gli incrementi carico in corrispondenza dei quali è realizzabile la determinazione sono quelli nei quali si raggiunge un valore di pressione pari ad almeno il doppio del valore imposto nel livello di carico precedente.

E' raccomandato che la rilevazione delle deformazioni sia eseguita indicativamente secondo una progressione temporale geometrica.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2435
 - BS 1377 : 1975, TEST 17
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento, con evidenza dei punti rilevati, della curva $\delta H - \log t$ e/o della curva $\delta H - \sqrt{t}$ (con calcolo dei valori di C_v e K) e tabella corrispondente.
 - Moduli riepilogativi del procedimento di rilevazione seguito.
-

POSIZIONE CTM3

DENOMINAZIONE

Prova edometrica a velocità di deformazione imposta (CRS), completa.

CONTENUTO TECNICO

Prova di compressione edometrica, condotta a carico continuo a velocità di deformazione imposta, su provino di diametro non inferiore a 50 mm; comprensiva della preparazione del provino e di un percorso di carico e di un percorso di scarico (eventualmente, se richiesto, con almeno 3 decrementi di carico finiti); con applicazione di back-pressure; con controllo delle pressioni interstiziali; con progressione del carico finalizzata alla ottimizzazione della definizione della massima curvatura dell'andamento cedimento-carico e quindi possibilmente con individuazione dell'andamento lineare dopo la massima curvatura; con pressione efficace massima complessiva fino a 80 kg/cm² (o misura equivalente) dopo la massima curvatura; con determinazione di almeno 10 valori del coefficiente C_v e del modulo edometrico.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 4186
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno del grafico δH -log p' , e tracciamento dei valori di C_v e del modulo edometrico in funzione del carico.
 - Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche fisiche iniziali e finali del provino, della velocità adottata in carico, della back-pressure applicata, della durata complessiva della prova.
 - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale considerato.
 - Tabelle riepilogative dei dati di carico, deformazioni, pressione interstiziale e tempi rilevati.
-

POSIZIONE CTM4

DENOMINAZIONE

Realizzazione di un singolo gradino di pressione o raggiungimento di un particolare livello di pressione in apparecchiatura edometrica.

CONTENUTO TECNICO

Applicazione ad un provino in apparecchiatura edometrica di un gradino o di un livello di carico o di scarico significativo e non contemplato da procedure già stabilite ed imposto per le finalità indicate in "Nota" comprensivo della preparazione del provino e con durata di permanenza di ciascun carico fino a 24 ore.

RIFERIMENTI

- Posizione M1 (ove applicabile)
 - Posizione M2 (")
 - Posizione M3 (")
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della deformazione in funzione del carico applicato.
 - Segnalazione delle condizioni di prova (se particolari) e indicazione delle caratteristiche fisiche iniziali e finali del provino (ove non già previsto).
 - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale considerato (ove non già prevista).
 - Tabelle riepilogative di dati di carico, deformazione e tempi rilevati.
-

NOTA

Nel caso di specifiche problematiche progettuali o di particolarità della natura dei terreni o delle condizioni dei campioni, può essere richiesto di sottoporre un provino a specifiche misure realizzate in condizioni di rigido confinamento laterale (cioè in apparecchiature edometriche) con imposizione di progressioni di carico o scarico in particolari condizioni o con permanenza dei carichi applicati per periodi di tempo non convenzionali.

A titolo di esempio si possono segnalare: il raggiungimento di livelli di carico molto elevati e non già previsti dalle procedure di prova edometrica, la realizzazione di percorsi di scarico e/o carico aggiuntivi e parimenti non già previsti, l'esecuzione di prove per valutare le proprietà di rigonfiamento, l'adozione di metodologie per definire l'eventuale collassabilità del terreno.

Le corrispondenti procedure non hanno sempre una definizione unanimemente precisata e conseguentemente standardizzata; il laboratorio agirà pertanto o concordando le metodologie operative col progettista geotecnico od operando in modo da fornire i dati più significativi e più controllati possibile, in modo da raggiungere con la massima affidabilità gli obiettivi indicati.

POSIZIONE CTM5

DENOMINAZIONE

Permanenza protratta di un singolo livello di pressione in apparecchiatura edometrica.

CONTENUTO TECNICO

Mantenimento dell'applicazione, ad un provino già predisposto in apparecchiatura edometrica, di un gradino o di un livello di carico o di scarico significativo per un intervallo di tempo superiore al già previsto periodo di permanenza fino a 24 ore.

RIFERIMENTI

- Posizione CTM4
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della deformazione in funzione del tempo a carico costante.
 - Tabelle riepilogative di dati di carico, deformazione e tempi rilevati.
-

NOTA

- Posizione CTM4

POSIZIONE CTM6

DENOMINAZIONE

Prova "Vane Test", con misura della resistenza residua.

CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali, su terreni coesivi, con carico di rottura entro 2.5 kg/cm² (o misura equivalente), con misura anche della resistenza residua dopo deformazione angolare superiore a 360°; compresa la predisposizione del provino.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 1558
 - BS 1377 : 1975, TEST 18
-

DOCUMENTAZIONE

- Coppia di valori misurati: resistenza massima e resistenza residua, espresse in kg/cm² con l'indicazione di due cifre decimali (o misura equivalente).
 - Documentazione delle determinazioni effettuate con indicazioni delle dimensioni delle palette dello strumento, deformazione angolare e sforzo misurato.
-

POSIZIONE CTM7

DENOMINAZIONE

Prova di compressione monoassiale (ad espansione laterale libera).

CONTENUTO TECNICO

Prova di compressione semplice non confinata, per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali, eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm, con lubrificazione delle superfici di appoggio, con il solo rilievo del carico di rottura e della deformazione corrispondente, fino a carichi di rottura entro 8 kg/cm^2 (o misura equivalente); compresa la preparazione del provino.

E' raccomandato un rapporto altezza/diametro pari a 2; è ammesso un rapporto minimo altezza/diametro pari ad 1, che sia giustificato dalla natura o dalle condizioni del campione.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2166
 - BS 1377 : 1975, TEST 20
-

DOCUMENTAZIONE

- Coppia di valori determinati: carico di rottura o carico massimo, espresso in kg/cm^2 con l'indicazione di due decimali (o misura equivalente), e corrispondente deformazione assiale percentuale.
 - Documentazione delle dimensioni del provino e delle rilevazioni effettuate.
-

POSIZIONE CTM8

DENOMINAZIONE

Prova triassiale, non consolidata - non drenata.

CONTENUTO TECNICO

Prova triassiale per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali, realizzata quindi prevenendo la consolidazione dei provini ed imponendo la fase di rottura velocemente e in condizioni non drenate, con lubrificazione delle superfici di appoggio, eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm; senza saturazione preliminare; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' raccomandato un rapporto altezza/diametro pari a 2; è ammesso un rapporto minimo altezza/diametro pari ad 1, che sia giustificato dalla natura o dalle condizioni del campione.

E' inoltre raccomandato che, se possibile, per ogni campione considerato siano effettuate almeno due prove su due provini a diverse pressioni di confinamento, in funzione dello stato tensionale naturale del terreno.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2850
 - BS 1377 : 1975, TEST 21
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della curva sforzi/deformazioni; è richiesta altresì l'indicazione della velocità adottata e delle dimensioni del provino.
 - Determinazione delle caratteristiche fisiche del provino.
 - Tabella riepilogativa della successione delle misure di carico e di deformazione.
-

POSIZIONE CTM9

DENOMINAZIONE

Prova triassiale, consolidata isotropamente-non drenata, con back-pressure.

CONTENUTO TECNICO

Prova triassiale per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, realizzata con applicazione di back-pressure, con prima fase di consolidazione del provino e con fase di rottura in condizioni non drenate, realizzata lentamente per l'equalizzazione delle pressioni nei pori, con misura delle pressioni interstiziali; eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm e con rapporto altezza/diametro pari a 2; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' richiesto che la prova sia eseguita su almeno tre provini omogenei, a diverse pressioni efficaci di consolidazione in funzione dello stato tensionale naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 4767
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento di: curva sforzi/deformazioni, andamento pressioni interstiziali/deformazioni, cerchio di Mohr a rottura.
 - Indicazione di: dimensioni del provino, umidità finale, condizioni della fase di consolidazione (segnalazione delle pressioni applicate, dei termini per la valutazione della saturazione, delle variazioni volumetriche), velocità imposta nella fase di rottura.
 - Caratteristiche fisiche dei provini e di classificazione geotecnica del materiale utilizzato.
 - Tabelle riepilogative dei dati rilevati e presentati, con l'indicazione della successione cronologica dei procedimenti e delle rilevazioni.
-

POSIZIONE CTM10

DENOMINAZIONE

Prova triassiale, consolidata isotropamente-drenata, con back-pressure.

CONTENUTO TECNICO

Prova triassiale per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, realizzata con applicazione di back-pressure, con prima fase di consolidazione del provino e con fase di rottura in condizioni drenate, realizzata lentamente per evitare l'instaurarsi di sovrappressioni interstiziali, con misura delle variazioni volumetriche; eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm e con rapporto altezza/diametro pari a 2; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' richiesto che la prova sia eseguita su almeno tre provini omogenei, a diverse pressioni efficaci di consolidazione in funzione dello stato tensionale naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 4767 ove applicabile
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno di: curva sforzi/deformazioni, andamento variazioni volumetriche/deformazioni, cerchio di Mohr a rottura.
 - Indicazione di: dimensioni del provino, umidità finale, condizioni della fase di consolidazione (segnalazione delle pressioni applicate, dei termini per la valutazione della saturazione, delle variazioni volumetriche), velocità imposta nella fase di rottura.
 - Caratteristiche fisiche dei provini e classificazione geotecnica del materiale utilizzato.
 - Tabelle riepilogative dei dati rilevati e presentati, con l'indicazione della successione cronologica dei procedimenti e delle rilevazioni.
-

POSIZIONE CTM11

DENOMINAZIONE

Prova di taglio diretto, consolidata-drenata.

CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio diretto per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, realizzata con apparecchio del tipo "scatola di Casagrande", con prima fase di consolidazione del provino e con fase di rottura in condizioni drenate, realizzata lentamente per evitare l'instaurarsi di sovrappressioni interstiziali; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' raccomandata l'esecuzione su provini cilindrici con diametro minimo pari a 60 mm, o quadrati con lati minimo di 60 mm.

E' richiesto che la prova sia eseguita su almeno tre provini omogenei, a diverse pressioni di consolidazione in funzione dello stato naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 3080
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno della curva sforzi/deformazioni; sono richieste altresì almeno le seguenti indicazioni: dimensione del provino, pressione di confinamento applicata, durata del periodo di consolidazione e misura del corrispondente cedimento, velocità imposta per la corsa di taglio.
 - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale (ove non già prevista).
 - Determinazioni delle caratteristiche fisiche iniziali del provino e tabelle corrispondenti ai dati rilevati e presentati.
-

POSIZIONE CTM12

DENOMINAZIONE

Prova di taglio diretto, consolidata-drenata, residua.

CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio diretto per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci e in condizioni residue, eseguita con apparecchio del tipo "scatola di Casagrande", ed effettuata in successione alla prova indicata alla posizione CTM11, con gli stessi criteri.

E' raccomandato che la determinazione sia realizzata portando le due parti del provino a completa disgiunzione, ricomponendo il provino, riassoggettandolo alla stessa pressione di confinamento precedentemente imposta e ripetendo la corsa di taglio rispettando la direzione e il verso di deformazione.

In alternativa la determinazione può essere effettuata realizzando almeno tre cicli di andata e ritorno della corsa di taglio (reversal shear).

Compresa la predisposizione del provino.

RIFERIMENTI

· Posizione CTM11

DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM11

POSIZIONE CTM13

DENOMINAZIONE

Prova di taglio anulare su materiale ricostituito (residua).

CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio anulare per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci e in condizioni residue (resistenza "intrinseca"), eseguita con apparecchio del tipo indicato come "taglio anulare-torsionale" ("ring shear"; in alcuni casi indicato come "apparecchio tipo Bromhead") e realizzata su materiale ricostituito; compresa la predisposizione del materiale.

Il materiale è selezionato come inferiore al diametro nominale di 0.42 mm (passante al vaglio n.40 ASCTM o equivalente); il materiale viene inumidito, rimaneggiato ed omogeneizzato (sempre operando con trattamenti al vaglio n.40) ed è quindi assemblato nella cella anulare dell'apparecchio. L'apparecchio consente di applicare una pressione di confinamento e di imporre una sollecitazione torsionale.

La prova viene condotta con procedura consolidata-drenata, con imposizione di deformazioni angolari relative molto elevate e fino a poter verificare la stabilizzazione della misura della resistenza.

La determinazione della resistenza residua viene ottenuta realizzando più punti di prova, eseguiti in serie con modalità "multi-stage", a diverse pressioni di confinamento.

E' raccomandata l'esecuzione di almeno quattro punti di prova, a diverse pressioni di confinamento.

RIFERIMENTI

DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM11 (ove applicabile)

POSIZIONE CTM14

DENOMINAZIONE

Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, nell'ambito di prove già predisposte.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del coefficiente di permeabilità, eseguita su di un provino già altrimenti predisposto per l'esecuzione di una prova, realizzata mediante misura diretta del passaggio di acqua in condizioni di flusso stabilizzato; le misure possono essere eseguite in condizioni di carico idraulico costante o variabile, con il criterio dell'ottimizzazione della determinazione in funzione della natura e dello stato del terreno considerato e del tipo di prova in corso.

E' richiesta una particolare cura nel prevenire il verificarsi di "vie d'acqua" preferenziali (da segnalare ove dovute alla struttura naturale del terreno) e nel garantirsi contro l'indebita perdita o immissione d'acqua nel circuito nel corso della determinazione.

E' raccomandato che venga eseguita più di una determinazione in modo da consentire una valutazione della variabilità del coefficiente di permeabilità al variare delle condizioni imposte al provino.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2434 (ove applicabile)
-

DOCUMENTAZIONE

- Oltre a quanto corrispondentemente previsto per le prove già predisposte, è richiesta la presentazione di un modulo o di una tabella che documenti: le condizioni di prova del provino (ad esempio: pressioni applicate, eventuale back-pressure, ecc.); i necessari dati rilevati nel corso della determinazione (ad esempio: sezione corrente del provino, altezza corrente del provino, intervallo di tempo di misura, carico idraulico costante o carichi idraulici variabili, altezze e sezioni piezometriche, volumetria del passaggio d'acqua, ecc.); valore del coefficiente di permeabilità calcolato in corrispondenza (espresso in cm/s o unità equivalente).
-

POSIZIONE CTM15

DENOMINAZIONE

Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, appositamente predisposta.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del coefficiente di permeabilità, realizzata mediante misura diretta del passaggio d'acqua in condizioni di flusso stabilizzato, in condizioni di carico idraulico costante o variabile; eseguita su provino appositamente predisposto ed assemblato in cella considerabile come "rigid wall permeameter" o "flexible wall permeameter"; comprensiva della preparazione del provino e dell'impiego dell'apparecchiatura.

E' richiesto che vengano eseguite due determinazioni per ogni condizione di prova imposta al provino.

E' raccomandato che vengano eseguite più determinazioni in diverse condizioni di prova del provino, imposte in funzione dello stato naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

RIFERIMENTI

- Posizione CTM14
-

DOCUMENTAZIONE

- Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche fisiche del provino.
 - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale.
 - Oltre a quanto sopra v. Posizione CTM14
-

POSIZIONE CTM16

DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Standard.

CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Standard, eseguita con energia nominale dell'ordine di $60 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ (o misura equivalente) in contenitore (mould) del volume di un litro; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

La prova ha lo scopo di descrivere la relazione fra umidità e densità (intesa come peso di volume secco) ottenibile per un materiale mediante l'energia di compattazione prevista, ed in particolare di definire l'addensamento massimo (densità "ottima") realizzabile.

E' richiesto che la prova comprenda la determinazione di almeno 4 punti significativi di densità/umidità.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 698
 - BS 1377 : 1975, TEST 12
 - Posizione CTF 5
 - Posizione CTF 6
-

DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della curva densità secca/umidità ovvero peso di volume secco/contenuto d'acqua.
 - Tabella con l'indicazione dei dati dei punti di prova eseguiti (peso di volume e umidità) e con l'indicazione dei valori "ottimi" definiti; è richiesta anche l'indicazione delle dimensioni del contenitore e dei dati di costipamento corrispondenti alla attrezzatura ed alla metodologia adottata.
 - Tabelle riepilogative del modulo o dei moduli operativi che documentino le umidità nominali imposte e le pesate complessive effettuate.
-

POSIZIONE CTM17

DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Modificato.

CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Modificato, eseguito con energia nominale dell'ordine di $270 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ (o misura equivalente) in contenitore (mould) del volume di un litro; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

Per i criteri di prova v. Posizione CTM16

RIFERIMENTI

- ASCTM D 1557
 - BS 1377 : 1975, TEST 13
 - Posizione CTM16 (per quanto applicabile)
-

DOCUMENTAZIONE

- Analoga a quella prevista alla Posizione CTM16
-

POSIZIONE CTM18

DENOMINAZIONE

Preparazione materiale o preparazione provini in condizioni particolari.

CONTENUTO TECNICO

Predisposizione del materiale per l'esecuzione di un punto di prova o confezione di un provino da sottoporre ad una prova; la preparazione particolare può essere effettuata (ove non sia già previsto) partendo dal materiale di uno o più campioni di terreno con correzione o imposizione del contenuto d'acqua e/o della granulometria e/o della densità, per raggiungere specifiche condizioni o caratteristiche richieste, previste o predeterminate. Le operazioni non comprendono eventuali determinazioni (prove di classificazione geotecnica) di verifica, che sono però raccomandate.

RIFERIMENTI

--

DOCUMENTAZIONE

· Indicazione dei procedimenti effettuati e, ove possibile, corrispondente documentazione.

2.1. ESAMI GEOTECNICI DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI ROCCE E DI MATERIALI GRANULARI

2.1.1. Premessa e raccomandazioni generali

Per quanto riguarda i criteri di identificazione e di gestione dei campioni e dei materiali si può fare riferimento, nel complesso, a quanto già indicato per i campioni di terre.

E' d'altra parte opportuno segnalare, per quello che concerne le rocce ed i materiali granulari, in particolare quanto segue:

- è raccomandato che la descrizione contenga delle indicazioni circa la natura geologica dei materiali o delle valutazioni sulle caratteristiche geologiche dei materiali;
- le prove meccaniche sono sostanzialmente finalizzate alla determinazione delle proprietà di resistenza;
- nel caso dei materiali granulari le prove meccaniche, da eseguirsi in specifici casi particolari, sono realizzabili solo su provini ricostituiti.

Più in generale è inoltre opportuno segnalare anche che le determinazioni e le prove sono da programmare e da eseguire in funzione del tipo di approccio e di caratterizzazione adottato dal punto di vista progettuale ed appunto di caratterizzazione geotecnica.

Con questo si intende che non è escluso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate rispettivamente anche per gli altri tipi di materiali, a seconda del tipo di caratterizzazione ritenuto necessario ai fini della valutazione del comportamento o delle proprietà considerati per i materiali stessi; per fare qualche esempio: sulla "matrice" di materiali rocciosi o granulari possono essere eseguite prove contemplate per le terre; in qualche caso i campioni di rocce "tenere" possono essere trattati come campioni di terreno "duri", e viceversa; per degli elementi grossolani compresi in campioni di terre possono essere programmate prove contemplate per campioni di roccia, ecc.

2.1.2. Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di campioni di rocce e di materiali granulari.

Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico

- riferimenti

- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco degli esami e delle analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di campioni di rocce e materiali granulari

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CRF1	Apertura e descrizione di un campione
CRF2	Determinazione del contenuto d'acqua;
CRF3	Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma regolare;
CRF4	Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma irregolare;
CRF5	Determinazione della massa volumica reale (media di due determinazioni);
CRF6	Determinazione della porosità totale;
CRF7	Determinazione delle caratteristiche fisiche su n.5 classi granulometriche;
CRF8	Determinazione della perdita in massa a 950°C;
CRF9	Determinazione del contenuto di sostanze organiche per calcinazione;
CRF10	Determinazione delle specie ioniche su materiali silicatici e carbonatici silici: carbonati.

b) Schede esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di campioni di rocce e materiali granulari (CRF).

POSIZIONE CRF1

DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di un campione.

CONTENUTO TECNICO

Apertura del campione; eventuale ripulitura; descrizione del campione con definizione o valutazione della natura geologica del materiale; stima (ove significativa) delle condizioni del campione; indicazione delle prove previste per il singolo campione (o per le parti di campione eventualmente distinte).

RIFERIMENTI

- Punto 1.1.5 (ove applicabile)
-

DOCUMENTAZIONE

- Modulo compilato in cui siano riportati i risultati delle operazioni eseguite, le osservazioni effettuate, l'indicazione delle prove previste.
-

POSIZIONE CRF2

DENOMINAZIONE

Determinazione del contenuto d'acqua.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto d'acqua (umidità) ottenuto come differenza tra il peso del campione prima e dopo essiccamento in forno a 110°C espressa in percentuale e riferita al peso del campione secco. La pesata viene ripetuta con periodicità giornaliera fino ad ottenere peso costante.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Methods for Determination of the water content of a rock Sample
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in percentuale con la prima cifra decimale.
 - Documentazione delle pesate.
-

POSIZIONE CRF3

DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma regolare.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma regolare, ottenuta come rapporto tra massa e volume misurati tramite bilancia di precisione (± 0.01 g) e calibro digitale centesimale.

Previe operazioni di rettificazione meccanica delle basi del provino, comprese.

RIFERIMENTI

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in g/cm^3 con la seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE FR4

DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma irregolare.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma irregolare, ricavata dal rapporto fra la massa del provino secco, ottenuta per essiccamento in forno termostato alla temperatura di 110°C, ed il suo volume totale.

RIFERIMENTI

- Raccomandazione Rilem I/2
 - ISRM
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in g/cm³ con la seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRF5

DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica reale (media di due determinazioni).

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della massa volumica reale su provini di roccia, ricavata dal rapporto fra la massa del provino secco, ottenuta per essiccamento in forno termostato alla temperatura di 110°C, ed il suo volume impermeabile all'acqua.

RIFERIMENTI

- Raccomandazione Rilem I/2
 - UNI-CNR 10010
 - ISRM
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in g/cm^3 con la seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRF6

DENOMINAZIONE

Determinazione della porosità totale.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della porosità totale su provini di roccia, precedentemente essiccati in forno termostato alla temperatura di 110°C, ricavata per differenza fra massa volumica reale e massa volumica apparente e riferita alla massa volumica reale.

RIFERIMENTI

- ISRM
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle pesate e successiva elaborazione.
-

POSIZIONE CRF7

DENOMINAZIONE

Determinazione delle caratteristiche fisiche su n.5 classi granulometriche.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del peso di volume dei granuli su circa 20 granuli di cinque differenti frazioni granulometriche (2-5, 5-10, 10-20, 20-50, 50-70 mm) mediante volumometro a mercurio.

Determinazione del coefficiente di forma, definito dal rapporto tra il volume di n. granuli ed il volume delle sfere che singolarmente li circoscrivono, su circa 20 granuli di cinque differenti frazioni granulometriche.

RIFERIMENTI

--

DOCUMENTAZIONE

· Tabelle documentanti singole determinazioni su ciascun granulo con peso di volume espresso con la seconda cifra decimale e valore medio del coefficiente di forma espresso con la quinta cifra decimale.

· Documentazione delle determinazioni effettuate.

POSIZIONE CRF8

DENOMINAZIONE

Determinazione della perdita in massa a 950°C.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della perdita in massa a 950°C di una roccia, ricavata per differenza fra peso umido e peso secco e riferita al peso secco, ottenuto per calcinazione in forno a muffola alla temperatura sopra citata.

RIFERIMENTI

- D.M. 03.06.68
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRF9

DENOMINAZIONE

Determinazione del contenuto di sostanze organiche per calcinazione.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto di sostanze organiche di un campione, ricavato per differenza fra peso umido e peso secco, ottenuto per essiccamento in forno termostato alla temperatura di 600°C, a sua volta detratto dal valore in peso della perdita in massa a 110°C, il tutto riferito al peso secco.

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2974-71
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRF10

DENOMINAZIONE

Determinazione delle specie ioniche su materiali silicatici e carbonatici silici: carbonati.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione, col calcimetro di Dietrich-Fruhling, dei carbonati su materiali silicatici e carbonatici silici precedentemente essiccati in forno a 110°C.

RIFERIMENTI

--

DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la prima cifra decimale.
 - Documentazione delle letture effettuate.
-

2.1.3. Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce. Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco delle prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce:

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CRM1	Prova di compressione monoassiale con rilievo del solo carico di rottura;
CRM2	Prova di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni verticali ed orizzontali sino al carico di rottura;
CRM3	Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata, con rilevazioni delle deformazioni verticali ed orizzontali anche nella fase post-rottura;
CRM4	Prova di compressione triassiale mediante cella di Hoek con rilevazione del solo carico di rottura;
RM5	Prova di trazione indiretta "Brasiliana";
CRM6	Prova di taglio diretto su giunto, con scorrimento fino a 10.0 mm;
CRM7	Prova sclerometrica con determinazione del parametro JCS;
CRM8	Prova di microdurezza con adattatore Knoop;
CRM9	Prova di resistenza con determinazione dell'indice di "Point Load";
CRM10	Misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali;
CRM11	Prova di alterabilità con determinazione dell'indice di "Slake Durability";
CRM12	Prova di permeabilità con determinazione del coefficiente di permeabilità longitudinale K.

b) Schede prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce (CRM)

POSIZIONE CRM1

DENOMINAZIONE

Prova di compressione monoassiale con rilievo del solo carico di rottura.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione monoassiale su provini cilindrici rettificati aventi rapporto di snellezza L/D pari a 2. Si utilizza una pressa rigida di fondo scala adeguato e si esegue un controllo di carico applicato secondo un gradiente di 0.1 MPa/s (o misura equivalente).

RIFERIMENTI

· ISRM Suggested Methods for Determination of the uniaxial compressive Strength of rock materials

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
 - Valore numerico della resistenza ultima espresso alla seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM2

DENOMINAZIONE

Prova di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni verticali ed orizzontali sino al carico di rottura.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione monoassiale, del modulo di deformabilità e del coefficiente di Poisson, su provini con rapporto L/D pari a 2. Si utilizza una pressa rigida di fondo scala adeguato e si esegue un controllo di carico, applicato secondo un gradiente di 0.1 MPa/s (o misura equivalente).

Le deformazioni assiali e circonferenziali sono rilevate mediante almeno n.4 estensimetri elettrici di lunghezza adeguata incollati sul campione, due in direzione longitudinale e due circonferenziale.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Methods for Determining Deformability of Rock Materials in uniaxial compression
-

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
 - Valori numerici della sollecitazione ultima alla compressione, modulo di deformabilità e coefficiente di Poisson, espressi alla seconda cifra decimale.
 - Grafico sollecitazione - deformazione orizzontale.
 - Grafico sollecitazione - deformazione verticale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM3

DENOMINAZIONE

Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata con rilevazione delle deformazioni verticali ed orizzontali anche nella fase post-rottura.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima e residua alla sollecitazione di compressione triassiale, del modulo di deformabilità e del coefficiente di Poisson, su provini cilindrici rettificati aventi rapporto di snellezza L/D pari circa a 2 e diametro minimo di 60 mm.

Il sistema per l'applicazione del carico è composto da:

- telaio di contrasto di elevata rigidezza;
- martinetto a doppio effetto per l'applicazione del carico assiale alimentato da una centralina oleodinamica e governato da un sistema automatico per il controllo della deformazione;
- centralina oleodinamica provvista di sistema di regolazione automatico per l'applicazione del carico idrostatico.

Il sistema per il controllo della deformazione è composto da:

- n.2 trasduttori induttivi;
- un generatore di funzioni digitale che regola l'applicazione del carico in funzione della deformabilità del campione regolando il funzionamento di una servovalvola.

Le deformazioni imposte al provino a fine prova possono variare tra l'1% e il 3%.

RIFERIMENTI

- ISRM
-

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
 - Valori numerici della resistenza ultima alla compressione, resistenza residua.
 - Modulo di deformabilità e coefficiente di Poisson espressi alla seconda cifra decimale.
 - Grafico sollecitazione deviatorica - deformazione verticale.
 - Grafico sollecitazione deviatorica - deformazione orizzontale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM4

DENOMINAZIONE

Prova di compressione triassiale mediante cella di Hoek con rilevazione del solo carico di rottura.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione triassiale su provini cilindrici rettificati, aventi rapporto di snellezza L/D pari circa a 2 e diametro minimo di 40 mm.

Il provino, inserito in un'apposita cella triassiale munita di doppio snodo sferico, viene posizionato fra i piatti di una pressa di fondo scala adeguato, per l'applicazione del carico assiale secondo un gradiente di 0.1 MPa/s (o misura equivalente); il carico di contenimento viene applicato tramite una pompa oleodinamica manuale.

RIFERIMENTI

· ISRM Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in triaxial Compression

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
 - Valore numerico di carico di rottura espresso alla seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM5

DENOMINAZIONE

Prova di trazione indiretta "Brasiliana".

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza alla trazione su provini cilindrici aventi rapporto di snellezza L/D pari a 0.75. La prova viene eseguita per compressione diametrale, interponendo tra il provino disposto longitudinalmente e i piatti della pressa due liste di cartone di larghezza pari a 1/10 del diametro del provino e spessore di circa 1 mm.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for Determining indirect Tensile Strength by the Brazil Test
-

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
 - Relazione matematica per il calcolo della resistenza a trazione.
 - Valore numerico di resistenza espresso alla seconda cifra decimale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM6

DENOMINAZIONE

Prova di taglio diretto su giunto, con scorrimento fino a 10 mm.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza al taglio, lungo un piano di discontinuità (giunto), sia di picco che residua. La prova viene eseguita su provini aventi dimensioni diametrali massime di 10 cm, inglobati in una matrice di resina epossidica e sabbia ed inseriti in una scatola di taglio in acciaio, lasciando un tratto libero nell'intorno della superficie di scorrimento per uno spessore di circa 1 cm. Viene poi applicata una sollecitazione normale alla superficie del giunto, mantenuta costante per tutta la durata della prova, ed una sollecitazione di taglio incrementata fino a provocare lo scorrimento del giunto. I carichi vengono applicati da pompe oleodinamiche manuali. Le deformazioni sono rilevate.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for Laboratory Determination of Direct Shear Strength
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico della resistenza allo scorrimento sia di picco che residua espresso alla seconda cifra decimale.
 - Grafico sforzo di taglio - spostamento orizzontale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM7

DENOMINAZIONE

Prova sclerometrica con determinazione del parametro JCS.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione, attraverso i valori medi di rimbalzo ottenuti con sclerometro, del valore della resistenza a compressione monoassiale delle supeCRFici di discontinuità (JCS) e determinazione speditiva della resistenza a compressione monoassiale della roccia.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for determination of Schmidt rebound hardness
-

DOCUMENTAZIONE

- Tabella con i valori di rimbalzo.
 - Parametro JCS.
 - Resistenza a compressione monoassiale della roccia.
-

POSIZIONE CRM8

DENOMINAZIONE

Prova di microdurezza con adattatore Knoop.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della microdurezza superficiale della roccia.

RIFERIMENTI

- Norma UNI 9724, 6a, Ott. 1990
-

DOCUMENTAZIONE

- Diagrammi di microdurezza.
 - Valore di microdurezza medio aritmetico delle determinazioni eseguite
 - Valori di microdurezza corrispondenti alla frequenza cumulativa del 25%, 50%, 75% delle determinazioni eseguite.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM9

DENOMINAZIONE

Prova di resistenza con determinazione dell'indice di "Point Load".

CONTENUTO TECNICO

Determinazione della resistenza meccanica a carico puntuale su provini di varia forma: cilindri (Diametral Test, Axial Test), parallelepipedi o cubi ben rifiniti (Block Test), parallelepipedi o cubi irregolari (Lump Test).

Determinazione speditiva, attraverso i risultati ottenuti, della resistenza a compressione monoassiale della roccia.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for determining Point Load Strength
-

DOCUMENTAZIONE

- Determinazione dell'indice di Point Load della roccia (kg/cm², MPa, o misura equivalente).
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM10

DENOMINAZIONE

Misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del rapporto tra la dimensione assiale di un campione ed il tempo di primo arrivo delle onde elastiche.

Apparecchiatura necessaria costituita da:

- generatore di impulsi ultrasonici;
 - due trasduttori di ceramica piezoelettrica;
 - amplificatore collegato a un oscilloscopio;
 - misuratore di intervallo di tempo ad alta risoluzione;
 - calibro digitale centesimale.
-

RIFERIMENTI

- ASCTM D 2845
 - ISRM Suggested Methods for Determining Sound Velocity
-

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del campione.
 - Valore numerico di velocità arrotondato alla decina.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM11

DENOMINAZIONE

Prova di alterabilità con determinazione dell'indice di "Slake Durability".

CONTENUTO TECNICO

Valutazione di un indice convenzionale della propensione all'alterabilità della roccia per effetto di azioni meccaniche e cicli umido-secchi.

Una quantità rappresentativa del materiale (500 gr), ridotto in frammenti, viene introdotta in un tamburo a maglie fisse che compie 20 rivoluzioni al minuto per dieci minuti. Il tamburo è collocato all'interno di un contenitore riempito d'acqua sino a 20mm

al di sotto dell'asse di rotazione. Il ciclo viene ripetuto 2 volte. Il tamburo ha lunghezza di 140 mm e diametro di 100 mm con maglie di 2 mm di lato. Determinazione dei limiti di Atterberg nella frazione fine.

RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for Determination of the Slake-Durability Index
-

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico percentuale espresso alla prima cifra decimale.
 - Natura e temperatura del fluido.
 - Descrizione del materiale prima e dopo i cicli.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

POSIZIONE CRM12

DENOMINAZIONE

Prova di permeabilità con determinazione del coefficiente di permeabilità longitudinale K.

CONTENUTO TECNICO

La prova di permeabilità determina il coefficiente di permeabilità longitudinale, il quale è funzione dell'espressione $K = portata \times altezza / carico \text{ idraulico} \times sezione$. Dopo aver alloggiato il provino in un permeametro in acciaio vi si applica, tramite un accumulatore idropneumatico acqua-azoto, un carico idraulico di tipo triassiale, con pressione laterale superiore alla pressione assiale. A saturazione avvenuta si misura la portata dell'acqua, verificandone la sostanziale stabilità nel tempo. E' raccomandabile l'esecuzione di più determinazioni su ciascun provino.

RIFERIMENTI

--

DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
 - Valore numerico del coefficiente di permeabilità longitudinale.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

2.1.4. Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di materiali granulari

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di materiali granulari. Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco delle prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche do campioni di materiale granulare

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
GM1	Prova di compattazione Proctor Standard su materiale grossolano;
GM2	Prova di compattazione Proctor Modificato, su materiale grossolano;
GM3	Prova di permeabilità in presenza di materiale saturo.

b) Schede prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di materiali granulari (GM)

POSIZIONE GM1

DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Standard su materiale grossolano.

CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Standard, eseguita con energia nominale dell'ordine di $60 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ (o misura equivalente) in contenitore (mould) avente volume significativamente superiore a un litro in funzione delle dimensioni degli elementi massimi considerati; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

v. Posizione CTM16

RIFERIMENTI

· Posizione CTM16

DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM16

POSIZIONE GM2

DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Modificato su materiale grossolano.

CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Modificato, eseguita con energia nominale dell'ordine di $270 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ (o misura equivalente) in contenitore (mould) avente volume significativamente superiore a un litro in funzione delle dimensioni degli elementi massimi considerati; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

v. Posizione CTM17

RIFERIMENTI

· Posizione CTM17

DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM17

POSIZIONE GM3

DENOMINAZIONE

Prova di permeabilità in presenza di materiale saturo.

CONTENUTO TECNICO

Determinazione del coefficiente di permeabilità K mediante l'applicazione di una pressione differenziale tra due accumulatori idraulici collegati alle due estremità del provino e conseguente misurazione delle variazioni di livello d'acqua ad intervalli di tempo prefissati in presenza di una sollecitazione verticale costante.

Compresa la preparazione, l'assemblaggio e la saturazione del provino.
E' raccomandata l'esecuzione di più determinazioni su ciascun provino.

RIFERIMENTI

--

DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico del coefficiente K espresso in funzione della sollecitazione applicata al campione e del carico idraulico.
 - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

SEZIONE 2

RILIEVI E CARTOGRAFIA

INDICE

- 1.0 Definizioni e Classificazioni
- 2.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Aerofotogrammetrico
 - 2.1 Esecuzione dei Rilievi Aerofotogrammetrici
 - 2.1.1 Prescrizioni sulle Procedure di Controllo
 - 2.2 Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico
 - 2.2.1 Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico
 - 2.3 Rete Geodetica di Inquadramento
 - 2.3.1 Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento
 - 2.4 Rete di Raffittimento (solo per le scale 1:10000 e 1:5000)
 - 2.5 Punti Fotografici d'Appoggio
 - 2.5.1 Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.
 - 2.5.2 Procedure di Controllo relative all' Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.
 - 2.6 Punti Fotografici d'Appoggio da Triangolazione Aerea
 - 2.7 Poligonale
 - 2.7.1 Procedure di Controllo relative alla Poligonale
 - 2.8 Livellazione Geometrica di Precisione
 - 2.8.1 Procedure di Controllo relative alla Livellazione di Geometrica Precisione
 - 2.9 Livellazione Tecnica
 - 2.9.1 Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica
 - 2.10 Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione

- 2.11 Ricognizione ed Integrazione della Minuta di Restituzione con Operazioni a Terra
- 2.12 Procedure di Controllo relative ai Fogli Cartografici
 - 2.12.1 Controllo Planimetrico
 - 2.12.2 Controllo Altimetrico
- 3.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Celerimetrico
 - 3.1 Rilievo per Sezioni Trasversali
 - 3.2 Procedure di Controllo relative al Rilievo Celerimetrico
- 4.0 Prescrizioni Tecniche per la “Rasterizzazione” e “Digitalizzazione” delle Mappe
 - 4.1 Acquisizione e Georeferenziazione delle Immagini “Raster” di Mappe
 - 4.2 Ordinamento delle Immagini “Raster”
 - 4.3 Inserimento delle Quote ed Organizzazione delle Entità Cartografiche
- 5.0 Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati
 - 5.1 File Dati
 - 5.1.1 File “DWG”
 - 5.1.2 File “TXT”
 - 5.1.2.1 Rilievo “Tradizionale”
 - 5.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali
 - 5.1.3 File “DAT”
 - 5.2 Prescrizioni Tecniche per la Codifica della Cartografia Numerica
 - 5.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000
 - 5.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000
 - 5.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000
 - 5.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

- 5.3 Prescrizioni Tecniche per la Rappresentazione Grafica della Cartografia Numerica

- 6.0 Prescrizioni Tecniche per la Consegna degli Elaborati
 - 6.1 Programmazione dei lavori
 - 6.2 Volo e Presa Aerofotogrammetrica
 - 6.3 Rete di Inquadramento
 - 6.4 Rete di Raffittimento
 - 6.5 Punti Fotografici di Appoggio
 - 6.5.1 Punti da Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.
 - 6.6 Punti Fotografici da Triangolazione Aerea
 - 6.7 Poligonale
 - 6.8 Livellazione di Precisione
 - 6.9 Livellazione Tecnica
 - 6.10 Restituzione
 - 6.11 Fogli Cartografici
 - 6.12 Rilievo Celerimetrico e per Sezioni Trasversali
 - 6.13 File "Raster"

1.0 Definizioni e Classificazioni

La cartografia, definita come rappresentazione su una superficie piana della superficie curva terrestre, costituisce la base sulla quale sviluppare le varie fasi progettuali individuate dalla normativa vigente, ed in particolare da:

- Legge n.109 del 11/2/1994 e Legge n.216 del 2/6/1995
- Norma C.N.R. n. 77 del 5/5/1980 “Istruzioni per la redazione dei progetti di strade”

La produzione degli elaborati cartografici, su supporto cartaceo e magnetico, comprende generalmente le seguenti attività.

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di effettuare le verifiche in corso d'opera sulla base delle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

2.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Aerofotogrammetrico

2.1 Esecuzione dei Rilievi Aerofotogrammetrici

Premesso che l'Appaltatore dovrà provvedere all'espletamento di tutti gli adempimenti amministrativi, quali autorizzazioni delle Autorità Militari per l'esecuzione dei voli di ripresa, per l'utilizzazione dei fotogrammi, per l'eventuale diffusione della cartografia, decreti prefettizi di accesso alle proprietà private, ecc., le fasi di esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici sono di norma le seguenti.

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori il diagramma di Gant relativo alle fasi descritte in precedenza per garantire una adeguata programmazione delle attività (rif. cap.6).

L'Appaltatore è comunque tenuto a notificare tempestivamente alla Direzione Lavori ogni variazione della programmazione ed a fornire la versione aggiornata del diagramma.

Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano il Direttore dei Lavori ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

L'Appaltatore è anche tenuto a comunicare, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle operazioni di campagna, l'esatto recapito della Squadra operativa, nonché la data di inizio e quella, presumibile, di fine delle operazioni stesse.

I rilievi angolari dovranno essere eseguiti con teodolite di precisione tale da consentire una lettura diretta di almeno due secondi centesimali; quelli lineari con distanziometro elettronico o tellurometro aventi una precisione non inferiore ad un errore quadratico medio di $\pm (5 + 10^{-5} \times D)$ mm, ove D è la distanza misurata in km.

I rilievi potranno essere eseguiti, previa autorizzazione della Direzione Lavori, anche con stazioni di rilevamento totale ("Total Station") la cui precisione sia non inferiore a quella precedentemente definita.

Sono comunque da preferire gli strumenti forniti di sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale e di indice (o compensatore) verticale automatico.

Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione, dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

L'approssimazione prevista per i risultati parziali o finali di tutti i calcoli topografici, qualunque sia la metodologia adottata, dovrà sempre garantire l'uguaglianza della terza cifra decimale per le misure lineari (espresse in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (espresse in gradi centesimali).

2.1.1 Prescrizioni sulle Procedure di Controllo

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle seguenti prescrizioni per le singole fasi di lavoro, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di eseguire, a suo insindacabile giudizio, i controlli che riterrà più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi, scegliendo le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione.

L'Appaltatore si impegna ed accetta che membri della Direzione Lavori possano accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno ritenuti opportuni.

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla compilazione dei libretti di campagna, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

2.2 Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico

Prima di procedere alla ripresa aerea l'Appaltatore provvederà a redigere il progetto di volo tenendo conto che.

- la macchina da presa dovrà avere un formato utile della immagine non inferiore a cm 23x23.
- dal certificato di taratura della macchina da presa, rilasciato da laboratorio ritenuto idoneo da entrambi le parti e di data non anteriore a quattro anni, dovranno risultare i valori della distanza principale, le coordinate del punto principale rispetto al riferimento definito dalle marche e le curve di distorsione.
Detto certificato dovrà specificare che:
 - la distanza principale è stata determinata con uno s.q.m non superiore a $\pm 10\mu$,
 - le coordinate del punto principale non distino dal punto d'incontro delle rette definite dalle marche di più di 0,03 mm,
 - la curva di distorsione risulti dalla media delle curve determinate sulle due diagonali,

- le differenze per le curve di distorsione secondo le due diagonali non superino 5μ ,
- il valore massimo della distorsione non superi i 10μ ,
- il potere separatore dell'obiettivo non sia inferiore a 40 righe/mm entro il 50% della zona fotografata.

Dovranno anche essere riportati i valori delle distanze fra le marche di riferimento allo scopo di poter valutare la deformazione della pellicola in due direzioni perpendicolari;

- le quote relative di volo e la scala media dei fotogrammi dovranno essere compresi nei valori, della seguente tabella:

SCALA CARTOGRAFICA	SCALA MEDIA FOTOGRAMMI	QUOTA RELATIVA DI VOLO
1:1000	1:3500 ÷ 1:5000	530 ÷ 750
1:2000	1:7000 ÷ 1:9000	1050 ÷ 1350
1:5000	1:12000 ÷ 1:16000	1800 ÷ 2400
1:10000	1:18000 ÷ 1:25000	2700 ÷ 3750

La Direzione Lavori ha facoltà di modificare, su richiesta documentata dell'Appaltatore, la quota di ripresa aerofotogrammetrica rispettando in ogni caso i limiti fissati dalla tabella precedente.

La ripresa aerofotogrammetrica dovrà essere effettuata in base alle seguenti prescrizioni:

- i voli dovranno essere eseguiti per strisciate parallele per quanto possibile, rettilinee ed a quota costante.
Le variazioni accidentali di sbandamento e di deriva tra un fotogramma e il successivo dovranno essere inferiori rispettivamente a 5 gradi e a $1,5/10$ del formato della lastra; comunque tre valori angolari di orientamento di un fotogramma non devono superare i 5 gradi;
- i fotogrammi lungo le strisciate dovranno avere un ricoprimento longitudinale del 60% con oscillazioni comprese entro il $\pm 5\%$; le strisciate parallele dovranno ricoprirsi trasversalmente fra loro per un'estesa compresa tra il 20% ed il 30%.
Quando il terreno è molto accidentato il ricoprimento longitudinale potrà essere anche maggiore ma comunque in nessun caso dovrà superare il 70%.
Non dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio.
- i voli saranno eseguiti di norma nelle ore a cavallo del mezzogiorno e con altezza dei raggi solari non inferiore a 35 gradi. I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di nubi. Le riprese dovranno essere fatte in modo da assicurare la massima visibilità del suolo.

- il materiale fotografico da usarsi dovrà essere delle migliori qualità in commercio. In particolare il supporto dovrà avere le migliori caratteristiche di indeformabilità (ad es. estar, policarbonato, tereftalato di polietilene); le qualità di finezza della grana e sensibilità della pellicola (15÷22 DIN) dovranno essere ottimali per i voli fotogrammetrici. Il contrasto dovrà avere un valore compreso fra 1 e 1,5.
- per le riprese aerofotogrammetriche eseguite con pellicole a colori, lo sviluppo deve essere realizzato con l'impiego di macchina automatica continua.

Il progetto di volo, da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori, sarà redatto su carta elioriproducibile in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata (rif. cap.6).

Esso sarà corredato da due copie eliografiche del suddetto piano, da una relazione nella quale verranno descritte le caratteristiche di tutte le apparecchiature da impiegare, e dal certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a quattro anni (rif. cap.6).

Prima dell'esecuzione del volo l'Appaltatore dovrà posizionare a terra i segnali ed i capisaldi di riferimento in numero sufficiente ad ottenere l'esatto ripristino dell'orientamento esterno. Tali segnali dovranno essere posizionati all'interno della spezzata congiungente i punti di riferimento perimetrali del rilievo in modo da rendere possibile il tracciamento delle planimetrie utilizzando esclusivamente la porzione dei fotogrammi interna alla medesima spezzata.

Dopo l'esecuzione del volo, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori la planimetria delle strisciate effettivamente eseguite, sui medesimi supporti e le stesse modalità prescritte per la consegna del progetto di volo, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma (rif. cap.6).

È fatto obbligo all'Appaltatore di adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da richiedersi alle Autorità Militare e Civile. Inoltre egli dovrà sottoporre all'Autorità Militare le riprese eseguite secondo le norme da questa fissate per l'esame di riservatezza. È prescritto che tutta la corrispondenza tra l'Appaltatore e le suddette Autorità verrà inviata per conoscenza alla Direzione Lavori.

Al termine dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a consegnare: la copia su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi con i dati di ripresa e l'indicazione sul retro degli estremi di autorizzazione alla diffusione delle Autorità competenti; la copia diapositiva di tutti i fotogrammi su materiale indeformabile trasparente (poliestere) adatto alla restituzione; i documenti che specifichino la qualità del materiale fotografico usato (sensibilità, contrasto, grana, indice di risoluzione, ecc.) e la data di scadenza (rif. cap.6).

2.2.1 Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione Lavori effettuerà i controlli seguenti:

a) si visioneranno tutti i fotogrammi e le relative diapositive

- Criterio di verifica n.1:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive necessarie per la restituzione devono essere uniformemente impressionati e sviluppati e risultare quindi utilizzabili ai fini della restituzione aerofotogrammetrica, cioè rispondano ai requisiti di nitidezza e di trasparenza dell'immagine, necessari per la buona visibilità dei particolari

- Criterio di verifica n.2:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive non presentino rotture, abrasioni, graffiature e altre imperfezioni dipendenti da ombre occultatrici, nuvole, vibrazioni, difetti del vetro o del supporto della lastra, da bolle d'aria non eliminate in sede del trattamento di sviluppo;

- Criterio di verifica n.3:

la quota media di ciascuna strisciata sia prossima alla quota di volo preventivata o comunque non superiore di oltre il 15%

- Criterio di verifica n.4:

fra una strisciata e l'altra non esistano vuoti e siano stati ottenuti i ricoprimenti longitudinali e trasversali prescritti

- Criterio di verifica n.5:

lo sbandamento e la deriva non superino i massimi prescritti;

- Criterio di verifica n.6:

le copie positive su carta siano regolarmente eseguite ed adeguatamente nitide per poter essere usate nelle successive operazioni;

- Criterio di verifica n.7:

gli ingrandimenti siano nella scala prescritta, chiari, nitidi e senza sfocature o deformazioni delle immagini.

I fotogrammi che non soddisfino uno o più dei criteri suddetti, o che risultino affetti da altre evidenti imperfezioni (immagini multiple per trascinamento ed oscillazioni dell'aereo durante lo scatto) saranno scartati.

È facoltà della Direzione Lavori, nel caso che non ritenesse i fotogrammi idonei ad una buona restituzione, ordinare che la ripresa aerea venga ripetuta. Resta convenuto che tutti gli oneri relativi al nuovo volo sono a carico dell'Appaltatore.

2.3 Rete Geodetica di Inquadramento

Per l'inquadramento geodetico della cartografia, per i punti di raffittimento o per gli allacci della poligonale, l'Appaltatore dovrà redigere un grafico in scala 1:25000 della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M.I. esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici.

A tal fine l'Appaltatore richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadramento, con eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M.I. del I, II e III ordine.

Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine, previa comunicazione scritta dell'Appaltatore, potrà essere eccezionalmente consentita dalla Direzione Lavori, per l'appoggio delle cartografie, l'utilizzazione di punti trigonometrici I.G.M.I. di IV ordine, purché determinati posteriormente all'anno 1942, oppure vertici della rete catastale o della rete costiera dell'Istituto Idrografico Militare, purché rispondano ai requisiti, prescritti più avanti, per i vertici trigonometrici.

Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadramento devono essere eseguite con la stessa modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.

Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M.I. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadramento, saranno osservate le seguenti prescrizioni.

I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro.

Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M.I. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi dei quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze.

La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali.

Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M.I. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a cinque o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a quattro. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che la Direzione Lavori riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna stazione, almeno sei strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero

successivamente osservazioni a strati riferite a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati.

I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i quindici secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica, le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M.I. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a quattro strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori ai 15 secondi centesimali.

Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boschive. Le quote finali calcolate dai vari punti trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno fra loro uno scarto inferiore a \pm cm 10.

Le osservazioni azimutali e zenitali eseguite dalla stessa stazione saranno registrate insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici), i libretti di campagna originali, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite (rif. Cap.6).

2.3.1 Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento

La Direzione Lavori potrà partecipare al controllo della rete di inquadramento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su tutti i vertici presi in esame.

La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza D' tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza D tra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione:

$$|D' - D| \leq D/10000$$

Le distanze D e D' verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati.

2.4 Rete di Raffittimento (solo per le scale 1:10000 e 1:5000)

Dalla rete di inquadramento fondamentale si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico il cui scopo sarà di permettere la determinazione dei punti fotografici di appoggio.

Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, insieme ai vertici di I, II e III ordine I.G.M.I. ed a quelli del IV ordine eventualmente utilizzati, di individuare un punto ogni:

- 2,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:5000,

- 5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:10000.

Pertanto l'Appaltatore redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione della Direzione Lavori unitamente agli schemi operativi (rif. Cap.6). Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalla Direzione Lavori; in tal caso la Direzione Lavori medesima consegnerà all'Appaltatore le relative monografie e questi è tenuto, a sua cura e spese, alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di raffittimento per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno contabilizzate con il relativo prezzo.

I vertici della rete di raffittimento verranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno 4 punti di ordine superiore, in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune. Almeno due dei triangoli predetti non dovranno essere sovrapposti, bensì giacere da bande opposte rispetto al lato comune.

Non sarà considerato come terzo triangolo quello le cui visuali al punto siano state ambedue adoperate nei due triangoli precedenti. Un tale triangolo potrà servire solo come controllo per il calcolo. Eccezionalmente, la collimazione di alcuni punti della rete di raffittimento potrà essere effettuata soltanto da 3 punti di ordine superiore, riducendosi così a due i relativi triangoli, purché non sovrapposti; in tal caso dovrà calcolarsi il terzo triangolo di controllo, se sufficientemente ben conformato.

I lati dei triangoli non dovranno eccedere i quattro-cinque chilometri e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali.

Quando non è possibile procedere all'intersezione multipla in avanti, alcuni punti dovranno essere determinati nei seguenti modi:

- con triangolo chiuso appoggiato a due punti di ordine superiore; dal punto da determinarsi dovranno collimarsi però uno o più punti, anche di raffittimento, tali da poter dar luogo ad almeno un secondo triangolo di controllo
- col metodo del vertice di piramide con elemento di controllo

Le osservazioni azimutali verranno eseguite col metodo a strati effettuando 4 strati di osservazioni.

Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

L'errore di chiusura angolare di ciascun triangolo della rete di raffittimento non dovrà eccedere i 10 secondi centesimali. La compensazione angolare di un triangolo in tolleranza sarà effettuata, ritenendo uguali i pesi dei tre angoli, assegnando a ciascuno di essi una correzione pari ad un terzo dell'errore di chiusura, cambiato di segno.

Qualora venisse usata, per il rilievo dei vertici della rete di raffittimento, la trilaterazione, la compensazione sarà eseguita con i metodi della teoria degli errori.

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate.

Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3 capisaldi della livellazione di precisione I.G.M.I. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'Appaltatore), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura.

Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'Appaltatore è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate.

La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in \pm cm 5; quella altimetrica in $\frac{1}{4}$ della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete di Raffittimento (grafo di tutti i vertici), i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite (rif. Cap.6).

2.5 Punti Fotografici d'Appoggio

Per l'orientamento assoluto del modello ottico del terreno si dovranno rilevare le coordinate planoaltimetriche di almeno quattro punti fotografici in ciascun modello e la quota di un punto al centro. I quattro punti d'appoggio determinati planoaltimetricamente dovranno essere ubicati in modo tale che la spezzata congiungente detti punti risulti esterna alla porzione di fotogramma da restituire.

Nel caso in cui, per la copertura della zona, occorresse effettuare il rilievo per strisciate parallele, i quattro punti d'appoggio dovranno essere ubicati al bordo dei modelli, possibilmente nelle zone di sovrapposizione laterale e longitudinale con i modelli adiacenti.

La natura dei punti fotografici di appoggio deve essere tale da permettere una sicura collimazione stereoscopica planoaltimetrica nella osservazione delle fotografie aeree e la loro posizione deve essere individuata su una serie di foto positive su carta utilizzata nelle operazioni di campagna.

I punti d'appoggio anzidetti potranno coincidere, previo consenso della Direzione Lavori, con i vertici della rete di inquadramento, di raffittimento o con i vertici della poligonale, purché questi coincidano con particolari in possesso delle predette qualità di individuazione stereoscopica sulle fotografie.

Il rilievo planimetrico di detti punti sarà effettuato appoggiandosi alla rete di inquadramento, di raffittimento o alla poligonale di rilievo con il metodo dell'intersezione in avanti, doppia o tripla, ovvero mediante intersezione laterale o triangolazione, secondo la conformazione del triangolo.

Nel caso dell'intersezione in avanti gli angoli nel punto da determinare non dovranno essere minori di 40 gradi centesimali; nel caso di intersezione laterale l'angolo sul punto non dovrà risultare inferiore a 25 gradi centesimali.

L'uso della intersezione all'indietro è ammesso solo quando vengono assunti quattro punti d'appoggio opportunamente disposti per una buona determinazione.

È consentita la determinazione planimetrica con il metodo dell'intersezione semplice o per azimut e distanza purché per le letture angolari siano eseguiti tre strati.

Il rilievo dei punti d'appoggio fotografici potrà essere eseguito sia con livellazione tecnica che con livellazione trigonometrica.

Nel secondo caso le osservazioni zenitali saranno effettuate con il metodo delle osservazioni coniugate, con almeno tre strati di lettura e collimando a punti di quota nota (vertici della poligonale o della livellazione e di precisione già esistente nella zona o di quella eseguita dall'Appaltatore, purché non distanti più di 0,5 km).

La quota del punto al centro andrà invece ricavata con le norme stabilite per la livellazione di precisione se la restituzione è in scala 1:2000 o 1:1000 e con le norme stabilite per la livellazione tecnica se la restituzione è in scala 1:5000 o 1:10000.

La tolleranza planimetrica e altimetrica dei punti fotografici è fissata pari a $\frac{1}{2}$ di quella stabilita rispettivamente per le misure dirette e per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore consegnerà tutti i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti, la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota, le monografie di tutti i punti e la relazione di calcolo delle coordinate (rif. Cap.6).

2.5.1 Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.

Per la fase di determinazione della rete di raffittimento e di appoggio è consentito l'impiego di apparati di radiolocalizzazione G.P.S. a doppia frequenza, esclusivamente per il calcolo della rete planimetrica, con le seguenti prescrizioni generali:

- a) Il numero minimo di strumenti (a doppia frequenza) sia pari a due
- b) Utilizzo del metodo "statico", "pseudo-statico" o "statico-rapido, da concordare con la Direzione Lavori
- c) Le misure devono costituire poligoni chiusi aventi un numero massimo di lati pari a 8
- d) All'interno di tali poligoni è previsto lo stazionamento su tutti i punti della rete IGM95, nonché il "riattacco" altimetrico ai capisaldi di livellazione concordati con la Direzione Lavori, per una corretta definizione dei parametri di rototraslazione dal sistema WGS84 al sistema nazionale
- e) Il numero minimo di satelliti il cui segnale è contemporaneamente ricevuto dalle stazioni durante le misure è pari a quattro
- f) L'elevazione minima di tali satelliti sull'orizzontale deve essere non inferiore a 15 gradi sessagesimali
- g) Durante le operazioni di misura il valore medio del rapporto segnale/rumore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione Lavori l'entità del prolungamento del tempo di misura)
- h) L'intervallo di acquisizione dei dati satellitari è pari a 20 secondi nel caso di utilizzo del metodo "statico" o "pseudo-statico" , e di 10 secondo nel caso di metodo statico-rapido.

In particolare, l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni, in funzione del metodo di misura adottato:

Metodo "statico":

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
 - a) 30 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
 - b) 60 minuti per lati superiori a 15 km

Metodo “pseudo-statico”:

- Le “baselines” devono avere una lunghezza inferiore a 10 km
- L’intervallo di riposizionamento deve essere compreso fra 50 e 110 minuti
- Lo stazionamento di tipo “itinerante” deve avere una durata compresa fra 5 e 10 minuti
- I satelliti osservati nella prima occupazione del vertice devono continuare ad essere osservati nelle sessioni di riposizionamento

Metodo “statico-rapido”

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
 - a) 15 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
 - b) 30 minuti per lati superiori a 15 km

Il progetto della rete dovrà essere preventivamente sottoposto alla Direzione Lavori.

I file creati da ogni sessione di lavoro devono essere consegnati alla Direzione Lavori sia nel formato di uscita dello strumento di misura impiegato che nel formato RIFNFX 1.4 o versioni successive; dovranno inoltre essere consegnati i file in formato ASCII relativi alle singole “baselines”, in un formato record documentato, contenenti necessariamente le seguenti informazioni (rif. Cap.6):

- 1) risultanze derivanti dalle “doppie” e “triple” differenze
- 2) la misura della “baseline” congiungente le due stazioni di osservazione, il relativo s.q.m. e la “ratio”
- 3) le differenze di latitudine, longitudine e quota sull’ellissoide WGS84 fra gli estremi della base
- 4) le coordinate latitudine, longitudine e quota di ciascun estremo della “baseline” ottenuti con le misure di “pseudorange”
- 5) l’azimut e l’elenco dei “bias” risolti

Il calcolo della compensazione dovrà mantenere fisse le coordinate WGS84 fornite dall’I.G.M.I. di uno dei punti IGM95 utilizzati, posizionato preferibilmente in prossimità del baricentro dell’area di intervento.

Prima di procedere alle successive fasi operative sono previsti i controlli “a”, “b” e “c” descritti al par. 2.5.2

Le successive fasi prevedono:

- 1) Calcolo dei sette parametri di rototraslazione dal sistema satellitare pseudoWGS84 al sistema nazionale Gauss-Boaga, mediante il metodo dei minimi quadrati (formule di Helmert o di Molodenski)
- 2) Applicazione dei parametri di rototraslazione alle coordinate WGS84 compensate di tutti i punti di raffittimento calcolati in modo da riferirsi al sistema nazionale
- 3) Materializzazione, su manufatti stabili, di tutti i punti di raffittimento calcolati, possibilmente in posizione tale da consentirne l'utilizzo in fase di triangolazione aerea.

I software richiesti per l'esecuzione dei calcoli sono essenzialmente dei seguenti tre tipi:

- per la riduzione dei dati grezzi (calcolo delle "baselines") [normalmente fornito dalla casa costruttrice del ricevitore]
- per la compensazione delle "baselines" (basata sul principio dei minimi quadrati)
- per l'inquadramento della rete WGS 84 nel Sistema Nazionale

2.5.2 Procedure di Controllo relative all' Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione Lavori effettuerà i controlli seguenti:

a) si analizza il valore medio del rapporto segnale/rumore registrato

- Criterio di verifica:

tale valore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione Lavori l'entità del prolungamento del tempo di misura)

b) si misurano gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline"

- Criterio di verifica:

Gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline" dovranno essere inferiori a 10 ppm. Tutte le misure che non rispettino tali condizioni dovranno essere ripetute.

c) Si dovrà verificare la congruenza della rete G.P.S. dell'I.G.M.I. con le coordinate WGS84 compensate di tutti i punti IGM95 utilizzati.

- Criterio di verifica:

Qualora gli scarti riscontrati risultino non accettabili la Direzione Lavori deciderà la rimozione dei vincoli di "fissità" dei punti IGM95 utilizzati.

2.6 Punti Fotografici d'Appoggio da Triangolazione Aerea

Per la determinazione delle coordinate dei punti fotografici è consentito il ricorso alla triangolazione aerea soltanto per le restituzioni in scala 1:10000 purché vengano rispettate le predette tolleranze.

Il metodo e le norme di esecuzione saranno concordati con la Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori, tenendo presente che in questo caso valgono le seguenti norme particolari:

- devono essere rilevati almeno 15 punti planimetrici e 25 altimetrici ogni 50 modelli
- tra una strisciata e l'altra deve essere predisposto almeno un punto di connessione per ogni modello
- in ogni modello deve essere determinata, con la triangolazione aerea, la posizione di un punto ben individuabile sul terreno, da utilizzare per le operazioni di collaudo
- gli scarti quadratici medi delle posizioni planimetriche e altimetriche dei punti fotografici, risultanti dai calcoli di compensazione, devono essere inferiori ad un quarto della tolleranza stabilita rispettivamente per le distanze dirette e per le quote dei punti isolati della carta

Di norma dovrà essere eseguita una triangolazione analitica, tenendo presente che:

- il calcolo di compensazione delle strisciate e dei blocchi deve essere effettuato con un calcolatore elettronico, utilizzando programmi scelti in accordo con la Direzione Lavori
- le discrepanze fra le coordinate dei punti di appoggio della strisciata o del blocco e le coordinate calcolate per gli stessi punti in base agli elementi della compensazione e le discrepanze calcolate per lo stesso punto di connessione di due strisciate adiacenti non debbono superare la metà del valore della tolleranza stabilita per i punti quotati.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare una planimetria in scala 1:25000 (contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione), la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco, le monografie dei punti e la relazione di calcolo (rif.cap.6).

2.7 Poligonale

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi che potrà essere disposta dalla Direzione Lavori in alternativa alla rete di raffittimento di cui al precedente punto 2.4, si prescrive che i lati siano il più possibile di lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile.

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni della Direzione

Lavori. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase; le relative letture, per essere mediabili, devono avere uno scarto non superiore a 20 secondi centesimali.

L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando, ove possibile, almeno a quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione trigonometrica nei seguenti modi:

- nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M.I. od una livellazione eseguita in precedenza dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno
- nel caso che nella zona interessata dal rilievo esistano le livellazioni citate al punto precedente e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati

Per entrambi i casi da ogni stazione verranno eseguiti almeno tre strati di letture per ogni punto collimato e gli angoli zenitali ottenuti, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

Per la poligonale planimetrica a lati corti, di norma da prevedere per le scale 1:1000 e 1:2000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) siano di norma ubicati sulla banchina della Statale (o Provinciale) esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo cippo da quelli contigui e di individuare tutti i rettili dell'infrastruttura esistente.

In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione, restando però stabilito che, per le eventuali triangolazioni sarà compensata la spezzata di percorso più breve che stabilisce la continuità della poligonale stessa tra i due imbocchi della galleria.

Inoltre in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, se in rettilo, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

Nei tratti di poligonale eseguiti su terreno libero i cippi dovranno essere ubicati fuori dai terreni coltivati, possibilmente lungo i margini di strade o fossi, su manufatti, ecc., in modo che non possano essere facilmente rimossi; comunque la distanza fra due cippi successivi dovrà essere sempre inferiore ad 1 km.

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con metodo delle osservazioni a strati, con le prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica della classe di appartenenza.

Il rilievo lineare sarà eseguito avanti e indietro e i risultati, se compatibili, saranno mediati.

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari.

La poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare Italiano, in modo da non modificare le coordinate dei vertici.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici della poligonale e dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento, la relativa planimetria in scala 1:25000, il profilo degli elementi della poligonale e la relativa relazione di calcolo.

2.7.1 Procedure di Controllo relative alla Poligonale

I controlli previsti per le Poligonali sono i seguenti:

- a) Per la poligonale planoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente compresa fra 0,3 km ed 1 km

Posto: $\Delta\alpha$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
Δl	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
n	=	numero dei vertici della poligonale
l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
Σl	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\Delta\alpha| \leq 0^{\circ},0030 \sqrt{n}$$

$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

- b) Per la poligonale planoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente superiore a 1 km ed inferiore a 7 km

Posto:

$\Delta\alpha$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
rl	=	rapporto di accuratezza lineare
n	=	numero dei vertici della poligonale

Σl = somma dei lati della poligonale espressa in metri

ΔE e ΔN = differenze espresse in metri fra le coordinate Nord ed Est calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia

A = 10000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 0,3 km ad 1 km

A = 30000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 1 km ad 3 km

A = 60000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 3 km ad 5 km

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\Delta\alpha| \leq 0^{\circ},0020 \sqrt{n}$$

$$rl = \frac{\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}}{\Sigma l} \leq \frac{1}{A}$$

- c) Ogni 10 chilometri circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M.I.

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

$$|\Delta\alpha| \leq 0^{\circ},0030 \sqrt{n}$$

$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

$$|\Delta z| \leq 40 \sqrt{D}$$

dove:

n = numero dei vertici

$\Delta\alpha$ = errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali

Δl = errore di chiusura lineare espresso in metri

Δz = errore di chiusura altimetrico espresso in mm

l = lunghezza dei lati espressa in metri

D = distanza in km.

Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti secondo i metodi della teoria degli errori.

2.8 Livellazione Geometrica di Precisione

La livellazione geometrica di precisione da effettuarsi per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale sarà condotta con il metodo della livellazione con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 50 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M.I., la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite specificato al par.2.8.1.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell' I.G.M.I. è fatto obbligo all'Appaltatore di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere: micrometro per la misura diretta delle frazioni di parte della graduazione, ingrandimento dell'obiettivo non inferiore a 30X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o congegno autolivellante di precisione equivalente, stato di rettifica verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che la Direzione Lavori lo richiederà espressamente.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione "centimetrata" o "mezzocentimetrata" su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un sol pezzo, bolla che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio su capisaldi sferici, piastra trasportabile per battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificati e documentati.

Con la livellazione si dovranno determinare due capisaldi per ogni chilometro di linea livellata, che potranno anche coincidere con i vertici della poligonale. Qualora non coincidano bisognerà fornire sia le coordinate rettilinee che quelle Gauss-Boaga di detti capisaldi.

Lungo i tratti delle esistenti infrastrutture stradali, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1000 e 1:2000, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano stradale in corrispondenza dei vertici della poligonale, delle opere d'arte, dei passaggi a livello, dei fabbricati, delle case cantoniere e dei cambi di livelletta, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico dell'infrastruttura.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione (rif. cap.6).

2.8.1 Procedure di Controllo relative alla Livellazione Geometrica di Precisione

La livellazione geometrica di precisione sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

- Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare $\pm 6\sqrt{D}$ mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare $\pm 3,5\sqrt{D}$ mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km

Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

2.9 Livellazione Tecnica

La livellazione tecnica per la realizzazione di nuove linee di livellazione, anche lungo la poligonale della relativa classe, sarà eseguita di norma solo per le restituzioni in scala 1:5000 e 1:10000. Con tale livellazione saranno determinate anche le quote assolute dei punti d'incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la statale esistente e del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25X, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori. Le coppie di stadia dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Le distanze tra strumento e stadia non dovranno superare gli 80 metri le battute saranno eseguite dal mezzo con ripetizione della misura in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

Prima di collegare i vertici della rete e della poligonale con un caposaldo di livellazione I.G.M.I. sarà necessario che l'Appaltatore si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione (rif. cap.6).

2.9.1 Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica

La livellazione tecnica sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

• Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare $\pm 18\sqrt{D}$ mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare $\pm 13\sqrt{D}$ mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km

Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

2.10 Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione

La cartografia sarà inquadrata nella proiezione Gauss-Boaga nel sistema geodetico nazionale (ellissoide internazionale orientato a Roma Monte Mario) e verrà disegnata di norma per le scale 1:5000 e 1:10000 con coordinate Gauss-Boaga e per le scale 1:1000 e 1:2000 con coordinate "rettilinee".

L'Appaltatore, prima di iniziare il lavoro di restituzione, su richiesta della Direzione Lavori, dovrà comunicare i nominativi del personale addetto alla restituzione e con quali strumenti restitutori intende eseguire tale lavoro.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di accertare l'idoneità del personale e del restitutore. Comunque criterio fondamentale per la valutazione di idoneità del restitutore è quello della precisione altimetrica strumentale: gli errori in quota di origine strumentale non debbono superare in nessun punto del modello l'uno per diecimila della quota di volo.

L'accertamento dello stato di rettifica strumentale, eseguito mediante restituzione di reticoli, deve essere compiuto prima dell'inizio della restituzione con la partecipazione eventuale di un incaricato della Direzione Lavori ed i documenti originali debbono essere trasmessi alla Direzione Lavori.

Dalla restituzione di detti reticoli, compiuta secondo le modalità adeguate al tipo di restitutore, dovrà risultare che:

- gli s.q.m planimetrici m_x e m_y (calcolati dividendo lo s.q.m planimetrico sul modello per il numero degli ingrandimenti del modello stesso) siano contenuti:
 - per la restituzione in scala 1:1000 e 1:2000 entro 4μ ,
 - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro 7μ ;
- lo s.q.m altimetrico m_z (ottenuto come s.q.m in Z sul modello e diviso per la distanza di proiezione), espresso percentualmente alla quota di volo, sia contenuto:
 - per la restituzione in scala 1:1000 e 1:2000 entro 0,05%,
 - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro 0,1%.

Nel restitutore deve potersi correggere la distorsione se questa superi 0,01 mm

Le operazioni di orientamento relativo ed assoluto di ogni modello debbono essere compiute da un operatore esperto e secondo la prassi normale. Per ogni modello orientato dovrà essere compilata una scheda dalla quale risultino: le indicazioni relative ai fotogrammi utilizzati, gli elementi di orientamento strumentali delle due camere, la scala del modello, gli scarti in planimetria e quota su tutti i punti di appoggio interni al modello, la data di inizio e di fine della restituzione.

Gli scarti planimetrici sui punti di appoggio non dovranno in nessun caso superare 0,3 mm grafici, gli scarti altimetrici devono essere contenuti nella metà delle tolleranze cartografiche precedentemente stabilite per i punti quotati isolati.

Qualora, malgrado ripetuti tentativi, non risulti possibile portare gli errori su di un punto d'appoggio entro i limiti predetti, si dovrà innanzi tutto ricercare la causa di tale fatto (errori di calcolo, di identificazione o altro), dopo di che, se le discrepanze sussistono, detto punto non dovrà essere utilizzato per l'orientamento assoluto del modello. Ove possibile dovrà essere reintegrato con un altro punto di appoggio.

L'operatore allo strumento restitutore dovrà possedere esperienza e abilità sufficiente per eseguire le operazioni di restituzione e di foto-interpretazione delle fotografie aeree.

Nel corso della restituzione l'operatore dovrà saltuariamente assicurarsi che siano rimasti inalterati l'orientamento esterno della coppia dei fotogrammi e "l'ingrandimento" iniziale tra il modello ottico e il foglio di disegno. Qualora risultino variati, dovrà provvedere alle necessarie rettifiche con le modalità richieste dai singoli tipi di restitutore.

Corretto l'orientamento esterno o l'ingrandimento, si dovrà tornare sul tracciamento planoaltimetrico eseguito procedendo a ritroso e sostituendo ad esso, fin dove occorra, un nuovo tracciamento.

Detti controlli andranno comunque eseguiti all'atto di ciascuna sospensione o ripresa del lavoro di restituzione e i singoli risultati ottenuti saranno trascritti in un apposito "Giornale di restituzione" che l'Appaltatore dovrà tenere nel locale ove si svolge il lavoro. Tale giornale dovrà essere consegnato alla Direzione Lavori al termine della presente fase di lavoro.

La restituzione cartografica dovrà essere eseguita su un supporto indeformabile come prescritto nei punti successivi.

L'Appaltatore è tenuto a permettere l'accesso di un incarico della Direzione Lavori in qualsiasi momento ai locali ove si svolge la restituzione e a mettere a sua disposizione tutti i documenti relativi alle operazioni in corso che la Direzione Lavori stessa riterrà utile consultare.

Nella rappresentazione planimetrica saranno riportati tutti gli elementi di base del rilievo, tutte le particolarità topografiche e la nomenclatura, con speciale riguardo alle statali e alle relative opere d'arte, ai passaggi a livello, alle strade in genere, ai fabbricati, ai corsi d'acqua, ai canali e ai fossi, con rappresentazione convenzionale delle scarpate, degli argini e dei manufatti, così da avere l'esatta ed aggiornata raffigurazione planimetrica del terreno a mezzo del disegno e dei simboli di uso corrente che saranno sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici
- ordinarie
- ausiliarie

Le curve ausiliarie saranno usate quando, con l'equidistanza stabilita, non sia possibile esprimere tutte le irregolarità del terreno (cocuzzoli, selle, fossi, bruschi cambiamenti di pendio tra curva e curva).

Nelle zone in cui la determinazione dell'orografia risulti incerta per la presenza di fitta vegetazione le curve di livello saranno disegnate a tratti.

Esse comunque dovranno essere appoggiate ai saltuari vuoti presenti nell'arboratura, restituendo per un conveniente numero di punti le quote a terra.

Qualora la copertura sia eccezionalmente intensa e continua, tanto che la prassi indicata non risulti applicabile, verrà omesso il tracciamento delle curve di livello. In tale caso si avrà però cura di determinare al restitutore, e indicare in cartografia, le quote del maggior numero di punti a terra che possano essere osservati al restitutore secondo la prassi già indicata.

Le curve di livello non saranno tracciate in terreni uniformemente pianeggianti, con pendenza inferiore al 2%.

In questo caso si fornirà un numero di punti quotati atti a rappresentare il terreno stesso.

Di seguito sono elencate alcune prescrizioni generali riguardanti il contenuto delle planimetrie, il cui dettaglio è definito al punto 5.0 "Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati".

Le planimetrie in scala 1:10000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 50, quelle ordinarie con equidistanza di m 10 e le ausiliarie con equidistanza di m 5
- le quote di punti caratteristici del terreno
- almeno un punto quotato in media ogni 2 ettari, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 500 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote.

Le planimetrie in scala 1:5000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 25, quelle ordinarie con equidistanza di m 5, le ausiliarie con equidistanza di m 2,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- almeno due punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 100 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:2000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 10, quelle ordinarie con equidistanza di m 2, le ausiliarie con equidistanza di m 1
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- almeno cinque punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 100 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.

- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere dalla cartografia le altezze dei fabbricati stessi
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:1000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 5, quelle ordinarie con equidistanza di m 1, le ausiliarie con equidistanza di m 0,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- almeno dieci punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Nelle cartografie, in tutte le suddette scale, dovrà tenersi particolare riguardo alla rappresentazione del corpo stradale indicando anche le opere d'arte ecc., con le relative nomenclature.

In particolare, per le scale 1:1000 e 1:2000, si prescrive che per le opere d'arte (esclusi i tombini di luce inferiore ai due metri) dovranno essere effettuate ricognizioni e misurazioni dirette sul posto in modo da rilevare (quando non sia possibile desumerlo dai fotogrammi) la luce delle opere e le altre eventuali particolarità da riportare sulle planimetrie.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare la planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli, i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione, il "Giornale di restituzione", le minute di restituzione, il protocollo di restituzione (rif. cap.6).

2.11 Ricognizione ed Integrazione della Minuta di Restituzione con Operazioni a Terra

L'integrazione metrica del rilievo riguarderà soprattutto i seguenti elementi:

- rilievo diretto sul terreno, a mezzo di operazioni topografiche ordinarie di precisione adeguata, in quelle zone rimaste defilate dalle ombre presenti sulle fotografie o mascherate da vegetazioni molto fitte
- inserimento, in posizione corretta, di elementi nuovi costruiti nel frattempo e, se necessario, delle costruzioni sotterranee interessate dalla fascia restituita
- misura dell'ampiezza delle grondaie dei tetti degli edifici allo scopo di correggere gli errori di restituzione relativamente alle dimensioni degli edifici (sgondature)

Dal punto di vista qualitativo con la ricognizione si dovrà:

- inserire la toponomastica, ricavandola sia da documenti scritti, sia da informazioni dirette;
- riportare i limiti amministrativi (statali, regionali, provinciali, comunali ecc.) tramite documenti forniti dalle Amministrazioni
- indicare le colture e le specie arboree principali
- contrassegnare gli edifici pubblici, quelli di importanza essenziale per la comunità e quelli di interesse storico-artistico
- prendere nota degli elementi morfologici necessari per una corretta compilazione della carta
- classificazione delle strade e delle linee ferroviarie

Completata questa attività, prima di passare all'approntamento dell'originale di restituzione, l'Appaltatore procederà ad un controllo completo verificando, con i fotogrammi, le minute di restituzione, i brogliacci della ricognizione sul terreno, i calcoli della poligonale, quelli della livellazione, e l'originale della carta, che vi sia congruenza tra i punti quotati e le curve di livello e che non vi siano errori grossolani nelle quote.

Dalla minuta di restituzione, così verificata, otterrà, tramite stampa ad inchiostro nero su foglio di plastica indeformabile trasparente "l'originale di restituzione", che dovrà essere nitido e preciso.

"L'indeformabile" non dovrà presentare variazioni maggiori di mezzo decimo di millimetro per metro per variazioni di temperatura di 20 gradi centigradi e due centesimi di millimetro per metro in corrispondenza di forti variazioni di umidità relativa.

L'Appaltatore controllerà quindi che il disegno sia fedele rispetto alla minuta di restituzione verificherà l'esattezza dei valori delle coordinate della parametratura, i toponimi, ecc.

2.12 Procedure di Controllo relative ai Fogli Cartografici

La Direzione Lavori sottoporrà a controllo, in campagna, i rilievi eseguiti, scegliendo a suo insindacabile giudizio le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione. Per l'esecuzione di detti controlli, l'Appaltatore fornirà la mano d'opera ausiliaria necessaria e una autovettura con autista, attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

2.12.1 Controllo Planimetrico

Il controllo planimetrico della cartografia tracciata prevederà le seguenti fasi:

a) Si determina lo scostamento $|d' - D.S. |$ tra la distanza d' fra due punti misurata sulla cartografia e quella D fra i due punti stessi misurata direttamente sul terreno e ridotta nella scala S della carta

- Criterio di verifica:

$|d' - D.S. | \leq 0,3$ mm (e cioè non superiore all'approssimazione grafica) per misure effettuate tra asse dell'infrastruttura e punti notevoli dell'infrastruttura stessa (per es: marciapiedi, fabbricati, picchetti della poligonale, ecc.);

$|d' - D.S. | \leq (0,3 + d'/1000)$ mm per distanze tra due punti caratteristici inferiori a 300 mm sulla carta;

$|d' - D.S. | \leq 0,6$ mm per distanze tra due punti caratteristici superiori a 300 mm sulla carta.

b) Si leggono le coordinate di un punto caratteristico della carta e si confrontano con quelle calcolate a partire dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

- Criterio di verifica:

$$\sqrt{[S(N'p - Np)]^2 + S(E'p - Ep)^2} \leq 0,4\text{mm}$$

dove:

$N'p, E'p$ = coordinate grafiche

Np, Ep = coordinate calcolate dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

S = scala della carta

- c) Si procede al nuovo tracciamento di particolari ben definiti, già tracciati con la coppia di fotogrammi montati nel restitutore.
- Criterio di verifica: gli scarti fra i due tracciamenti non devono superare il normale errore di graficismo (0,3 mm)
- d) Si esegue un nuovo tracciamento di particolari ben definiti compresi nella zona marginale delle coppie in corso di lavoro e ricadenti anche nelle coppie contigue già tracciate
- Criterio di verifica: tra i due tracciamenti possono ammettersi scarti di entità di superiore al mezzo millimetro grafico, purché fuori dalla sede stradale

Nei quattro casi considerati, ove gli scarti superino i limiti sopraindicati, si stabiliranno le cause dell'errore e, se necessario, si dovranno apportare alla planimetria le rettifiche occorrenti.

2.12.2 Controllo Altimetrico

Il controllo altimetrico al restitutore dei punti quotati isolati e dei punti caratteristici (spalle di ponti, manufatti, piani stradali, eccetera) si effettuerà nella maniera seguente:

- a) Si pone su alcuni punti quotati la marca e mediante la relativa lettura della quota strumentale, dopo aver accertato la perfetta collimazione in quota della marca sul modello ottico
- Criterio di verifica: fra la quota strumentale e quella indicata in cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:
- ± m 0,08 per la scala 1:1000
- ± m 0,16 per la scala 1:2000
- ± m 0,40 per la scala 1:5000
- ± m 0,80 per la scala 1:10000
- b) Si determina la differenza massima fra le quote risultanti in un profilo rilevato direttamente sul terreno e quelle corrispondenti dedotte graficamente dalla cartografia lungo lo stesso profilo in corrispondenza delle curve di livello

- Criterio di verifica: fra le quote rilevate e quelle dedotte dalla cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:

± cm 30 per la scala 1:1000
± cm 50 per la scala 1:2000
± cm 120 per la scala 1:5000
± cm 200 per la scala 1:10000

Per controllare il tracciamento dell'altimetria rappresentata mediante curve di livello (solo per pendenze medie superiori al 2%), si effettueranno le seguenti operazioni:

- a) si porrà la matita tracciante sopra un punto di una determinata curva di livello e si collimerà in quota con la marca del restitutore, il modello ottico del terreno nel punto corrispondente

- Criterio di verifica: la quota fornita al restitutore dovrebbe differire dalla quota della curva per uno scarto non superiore a:

± m 0,15 per la scala 1:1000
± m 0,30 per la scala 1:2000
± m 0,75 per la scala 1:5000
± m 1,50 per la scala 1:10000

- a) nelle zone dove la pendenza media del terreno è maggiore del 15% le curve di livello saranno controllate mediante un secondo tracciamento su carta lucida.

- Criterio di verifica n.1: la differenza fra i due tracciamenti deve essere compresa nei 2/3 della striscia limitata da due curve contigue del tracciato originale.
- Criterio di verifica n.2: le tolleranze suddette non devono essere superate per oltre il 5% dello sviluppo totale approssimativo delle curve ritracciate, ferme restando le tolleranze cartografiche stabilite

L'esito dei controlli sarà ritenuto favorevole soltanto se in nessun tipo di verifica effettuata si superino i seguenti limiti.

Non sarà dichiarato accettabile il foglio in cui si trovino più di due punti fuori tolleranza o nel quale vi sia più di un errore grossolano in un'area di $10 (N / 1000)^2$ ettari, ove N è il denominatore della scala cartografica.

Si intende per errore grossolano planimetrico quello che in planimetria supera il doppio della tolleranza ammessa.

L'errore grossolano altimetrico è invece quello che in quota supera una volta e mezza la tolleranza ammessa.

Errore grossolano è considerato anche la mancanza di uno solo dei particolari planimetrici, quali ad esempio fabbricati, ponti, viadotti, muri di sostegno strade, ecc., la sua errata rappresentazione planimetrica o cifre anagrammate di quote.

I fogli dichiarati non accettabili saranno restituiti all'Appaltatore, il quale provvederà a proprie cura e spese alla loro totale verifica e rettifica; detti fogli saranno poi sottoposti dalla Direzione Lavori ad un secondo controllo, fatte salve le risultanze dell'accertamento della regolare esecuzione o del collaudo.

L'Appaltatore è tenuto ad effettuare tutte le necessarie rettifiche che emergessero dal suddetto controllo.

L'Appaltatore dovrà quindi presentare i fogli cartografici alle Autorità competenti per il rilascio dell'autorizzazione alla diffusione. Le eventuali modifiche richieste dovranno essere riportate dall'Appaltatore sugli originali cartografici.

3.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Celerimetrico

Si prescrive un rilievo celerimetrico nei seguenti casi:

- in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali previste nel progetto
- in corrispondenza di opere d'arte esistenti da modificare e/o inserire nella cartografia
- in corrispondenza di aree da modificare e/o inserire in cartografia

Il rilievo effettuato con il metodo celerimetrico dovrà essere idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200.

La posizione dei punti di stazione dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la reciproca distanza non sia superiore a 500 m (se in numero >1)
- siano reciprocamente visibili (se in numero >1)
- ne siano note le coordinate Est, Nord
- il terreno da rilevare sia chiaramente visibile, cioè privo di "zone d'ombra"
- le apparecchiature topografiche di misura non subiscano alterazioni significative durante la fase di restituzione

Nel caso in cui le coordinate Est, Nord dei punti di stazione non siano note, occorre materializzarne la posizione con i seguenti metodi:

- sul terreno: mediante un tondino di ferro infisso in modo che ne sporgano 5 cm e verniciato in colore intenso
- sui manufatti esistenti o su roccia: mediante centrini metallici murati, ovvero tramite chiodi sparati nel caso di manufatti in calcestruzzo

Per ogni punto di stazione va redatta una monografia (rif. cap.6).

Gli strumenti previsti sono:

Strumento	Precisione minima	Note
Teodolite	1 secondo centesimale (misure angolari)	Dotati preferibilmente di indice o compensatore verticale automatico e sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale e di asta telescopica millimetrata solidale allo strumento mediante vite di bloccaggio per determinazione altezza strumentale
Distanziometro elettronico	$5 \pm 5 \times 10^{-6} \times D$	D è la distanza espressa in km

Le stazioni totali sono ammesse, a condizione che abbiano prestazioni in accordo alle prescrizioni sopracitate.

Prima dell'inizio delle operazioni di campagna è previsto un controllo della strumentazione, con modalità da concordare da entrambi le parti.

La Direzione Lavori si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di rettifica della strumentazione, rilasciati da laboratori ritenuti idonei dalle due parti.

La determinazione delle coordinate planoaltimetriche prevede il collegamento a un insieme di punti a coordinate note tramite una delle seguenti procedure:

Caso 1: determinazione delle coordinate planimetriche

I metodi previsti sono i seguenti:

- a) intersezione multipla in avanti a partire da 3 punti di coordinate note
- b) metodo del vertice di piramide, collimando a 4 punti di coordinate note
- c) realizzando una poligonale a lati corti tra punti di coordinate note in cui i punti di stazione coincidano completamente o in parte con i vertici della poligonale

Per il caso (c) si prescrive che i punti di riferimento siano scelti fra le seguenti classi:

- vertici trigonometrici I.G.M.I.
- vertici della rete di inquadramento e di raffittimento ottenuti da precedenti rilievi aerofotogrammetrici effettuati per la Direzione Lavori

Per i metodi (a), (b), (c) si prescrive che i dati ricavati per le coordinate planimetriche dei punti di stazione vengano ricalcolati mediante una procedura analitica di compensazione ed, eventualmente, utilizzando i metodi previsti dalla teoria degli errori.

Caso 2: determinazione delle coordinate altimetriche

I metodi previsti sono i seguenti:

- a) livellazione trigonometrica da uno estremo utilizzando gli stessi punti individuati per la determinazione delle coordinate planimetriche
- b) livellazione trigonometrica da un estremo utilizzando 3 capisaldi di precisione (della rete I.G.M.I.)

In entrambi i casi si prescrive che la distanza non superi 500 m. Qualora questa condizione non sia verificata dovrà essere inserito un punto di stazione in una livellazione di precisione dal mezzo, che abbia inizio e termine su di un caposaldo (tra due capisaldi oppure chiusa su di uno solo).

Gli angoli azimutali vanno determinati col metodo degli strati eseguendo da ogni punto di stazione almeno 4 strati di lettura; i risultati ottenuti saranno mediabili se le differenze tra i loro valori non superano i 20 secondi centesimali.

I valori delle distanze orizzontali e dei dislivelli saranno mediabili qualora gli angoli zenitali non differiscano tra loro più di 20 secondi centesimali.

Le condizioni atmosferiche al momento dei rilievi devono essere tali da presentare adeguati valori di temperatura, pressione ed umidità relativa, che vanno registrati nella relazione di accompagnamento (rif. cap.6). Il distanziometro elettronico dovrà essere tarato in funzione dei valori assunti da tali grandezze.

La scelta dei punti da rilevare è soggetta alle seguenti prescrizioni:

- devono essere in numero sufficiente da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che sia superiore a $N/10$ cm, dove N è il denominatore della scala di restituzione
- deve essere individuata la posizione di ogni manufatto o rete infrastrutturale esistente
- devono essere individuate le linee di confine tra proprietà differenti, essenze arboree isolate o in gruppo
- in corrispondenza di strade esistenti andranno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento planoaltimetrico degli assi e delle piattaforme

Il rilievo deve essere effettuato in coordinate polari (distanza, angolo di direzione, angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 500 m, collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze. La restituzione cartografica avverrà dopo la trasformazione in coordinate cartesiane.

Da ogni punto di stazione, al fine di trasformare le letture degli angoli orizzontali di direzione in angoli azimutali da utilizzare per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti rilevati, si dovrà collimare ad un punto di coordinate note e ricavare l'angolo di correzione per l'orientamento del cerchio orizzontale come differenza fra il valore azimutale calcolato a partire dalle coordinate del punto collimato e del punto di stazione ed il valore corrispondente dell'angolo di direzione letto.

Per ciascun punto rilevato vanno registrati su opportuno supporto cartaceo (quaderno di campagna) o magnetico (nastro magnetico, floppy disk, ...) i valori delle grandezze necessarie e sufficienti a determinare la posizione planoaltimetrica relativa al punto di stazione.

Il piano quotato ottenuto va rappresentato planimetricamente su supporto indeformabile (rif. cap.6) insieme alle curve di livello calcolate, con la condizione di mantenere l'indicazione grafica di tutti i punti rilevati.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici [equidistanza = $1/100 \times Denscala$ m], disegnate con linea continua marcata
- ordinarie [equidistanza = $1/500 \times Denscala$ m], disegnate con linea continua normale
- ausiliarie [equidistanza = $1/1000 \times Denscala$ m], disegnate con linea sottile a tratti

Dove *Denscala* è il denominatore della scala di rappresentazione.

Le curve ausiliarie saranno usate quando, con l'equidistanza stabilita, non sia possibile esprimere tutte le irregolarità del terreno (cocuzzoli, selle, fossi, bruschi cambiamenti di pendio tra curva e curva).

Per ciò che concerne le prescrizioni riguardanti il tracciamento delle curve di livello e la densità dei punti quotati valgono le disposizioni previste al par.2.10 ("Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione"), in particolare facendo riferimento alle planimetrie in scala 1:1000. Riguardo agli standard grafici, valgono le considerazioni di cui al par.5.4 ("Prescrizioni Tecniche per la Rappresentazione Grafica della Cartografia Numerica") per il caso di scala 1:1000.

L'Appaltatore dovrà rilevare la toponomastica dei luoghi da documentazione esistente ovvero da informazioni dirette, nonché le informazioni relative ai confini amministrativi, e riportare tali informazioni sulla cartografia approntata. E' inoltre prevista la restituzione dei percorsi sotterranei di linee di adduzione o smaltimento e di eventuali manufatti di servizio.

3.1 Rilievo per Sezioni Trasversali

Le informazioni per il disegno delle sezioni trasversali vanno usualmente desunte dalla planimetria di progetto in scala 1:1000 e restituite in scala 1:200; tuttavia, in corrispondenza dei punti più caratteristici del progetto e in particolari situazioni ambientali esse vanno rilevate direttamente sul terreno.

In tutti questi casi e negli altri in cui si richiede una particolare precisione, costituisce oggetto del rilievo celerimetrico l'andamento del terreno trasversalmente alla linea d'asse di progetto, così come riportata nella planimetria in scala 1:1000.

La loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse. Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

Le sezioni si estenderanno per oltre 20 m circa dal ciglio esterno della piattaforma stradale.

Le stazioni di rilievo saranno possibilmente poste sulla linea d'asse della sezione stessa o ad un suo estremo, in caso contrario esse saranno materializzate come i punti terminali delle sezioni.

In ogni caso, le stazioni di rilievo potranno essere più di una e non necessariamente visibili tra di loro.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati plano-altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000.

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale, ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 500 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta.

Per ogni punto di stazione deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione, corredata di uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul terreno.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a $N/10$ dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le sezioni trasversali, numerate progressivamente, vanno disegnate in scala 1:200, secondo le convenzioni correnti, riferendole ad un sistema cartesiano la cui origine si trovi sulla verticale per l'asse e sulla traccia di un piano orizzontale posto a quota di 5 metri inferiore alla quota minima registrata per uno qualsiasi dei punti della sezione ferroviaria in progetto o del terreno rilevato. Tali sezioni andranno memorizzate su supporto ottico o magnetico, in formato DWG e ASCII (rif. cap.6.0).

Qualora le sezioni costituiscano l'integrazione di un rilievo aerofotogrammetrico o celerimetrico dell'area considerata la loro posizione dovrà essere indicata nella relativa cartografia.

3.2 Procedure di Controllo relative al Rilievo Celerimetrico

I controlli previsti in relazione al Rilievo celerimetrico sono i seguenti:

a) Si confrontano le coordinate planimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:

Per la scala 1:500: $|T_P| \leq 20 \text{ cm}$

Per la scala 1:200: $|T_P| \leq 10 \text{ cm}$

dove T_P è la tolleranza planimetrica

b) Si confrontano le coordinate altimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:

Per la scala 1:500: $|T_A| \leq 5 \text{ cm}$

Per la scala 1:200: $|T_A| \leq 2 \text{ cm}$

dove T_A è la tolleranza altimetrica

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla registrazione dei dati sui libretti di campagna o sui tabulati di calcolo, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

4.0 Prescrizioni Tecniche per la “Rasterizzazione” e “Digitalizzazione” delle Mappe
La “rasterizzazione” e “digitalizzazione” delle mappe dovrà essere eseguita in base alle prescrizioni contenute nei paragrafi seguenti.

4.1 Acquisizione e Georeferenziazione delle Immagini “Raster” di Mappe

I fogli cartografici dovranno essere convertiti in immagini “raster” in formato TIFF (TIF, BMP o WMF) con una risoluzione minima di 300 DPI.

I file “raster” dovranno essere completamente leggibili ed esenti da qualunque difetto generato dal processo di acquisizione dati.

I nomi dei file “raster” dovranno essere composti da 8 caratteri, mentre l’estensione (3 caratteri) dovrà indicare il formato: tipo TIF, BMP o WMF.

Gli otto caratteri del nome dovranno essere suddivisi come segue:

- i caratteri da 1 a 4 compreso saranno riservati alla descrizione del contenuto del file;
- i caratteri 5 e 6 indicheranno il numero del foglio;
- il settimo carattere sarà destinato allo stato di “rasterizzazione” (A = “raster” acquisito, G = “raster” georeferenziato, N = “raster” inquadrate);
- l’ottavo carattere sarà riservato alla scala di rappresentazione in base alla convenzione descritta nella successiva tabella:

A =	100000
B =	50000
C =	25000
D =	10000
E =	5000
F =	2000
G =	1000
H =	500
I =	200

Le immagini “raster” acquisite, contenenti la sola parte cartografica, dovranno essere posizionate ed orientate rispetto al sistema di coordinate indicato sulle copie cartacee delle cartografie. Il file “raster” georeferenziato dovrà quindi essere calibrato sui quattro vertici dell’immagine.

4.2 Ordinamento delle Immagini “Raster”

I singoli file contenenti le immagini “raster” georeferenziate e calibrate saranno uniti fra loro ed ordinati in base alle indicazioni della Direzione Lavori. Ogni file dovrà contenere lo schema del quadro d’insieme dei fogli cartografici risultanti dal montaggio delle immagini con l’evidenziazione del foglio stesso.

4.3 Inserimento delle Quote ed Organizzazione delle Entità Cartografiche

Sui fogli cartografici risultanti dal montaggio delle immagini “raster” dovranno essere inserite le quote degli elementi planimetrici e si dovranno organizzare le entità cartografiche.

Il risultato di queste attività sarà un file di disegno tridimensionale in formato DWG le cui impostazioni generali sono descritte come segue:

- origine: 0,0,0
- sistema angolare: centesimale
- orientamento: 0 ⇒ Nord
- lettura angolare: destrorsa
- valori angolari: 5 decimali
- valori lineari: 3 decimali
- LTSCALE: 1
- PLINEGEN: 1
- PDMODE: 0
- PDSIZE: 0
- Stile di testo: Romans
- Altezza testo: 0
- Fatt. di larghezza testo: 1
- Angolo obliquo testo: 0

Le entità cartografiche principali da catalogare tramite la “digitalizzazione” sono:

VIABILITA' PRINCIPALE
VIABILITA' SECONDARIA
FERROVIE
CONFINI AMMINISTRATIVI
TOPOGRAFIA
OROGRAFIA
IDROGRAFIA
FABBRICATI
OPERE PARTICOLARI
MURI
CONDOTTE
VEGETAZIONE
RECINZIONI
TOPONOMASTICA

Le entità cartografiche dovranno essere suddivise, all'interno del file in formato DWG, in livelli secondo quanto indicato nei successivi paragrafi 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 in funzione della scala delle mappe di partenza su supporto cartaceo.

Ogni foglio cartografico dovrà inoltre contenere la parametratura e l'indicazione delle coordinate (Est, Nord) dei quattro estremi della porzione di cartografia rappresentata.

5.0 Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati

In questo capitolo verranno prese in esame le specifiche di consegna degli elaborati, in particolare in relazione alla cartografia numerica e grafica.

La cartografia numerica e grafica dovrà fornire il supporto alla progettazione e quindi verrà costruita in modo tale da poter essere utilizzata per l'estrazione, con procedimenti automatici, di profili e sezioni del terreno tra due punti qualsiasi della carta, per la realizzazione del modello digitale del terreno (DTM) e per una eventuale trasformazione in banca dati.

La cartografia dovrà contenere tutti gli elementi naturali ed artificiali utili per la descrizione del terreno.

Ogni punto della cartografia sarà geometricamente individuato dalle tre coordinate analitiche ricavate direttamente dal modello stereoscopico ricostruito al restitutore con sistema di acquisizione e registrazione automatica dei dati. Dovrà inoltre essere garantita la congruenza geometrica all'interno dei singoli "modelli" stereoscopici e fra gli elementi che appartengono a diversi "modelli".

Le linee degli elementi del terreno saranno composte da un numero di punti tale che siano rispettati i valori delle tolleranze planoaltimetriche. In particolare per le curve di livello si dovrà limitare l'angolo di vettore ad un valore non superiore a 10 gradi.

Gli elementi che costituiscono i fabbricati dovranno essere geometricamente e numericamente congruenti e ogni superficie chiusa verrà effettivamente individuata da un perimetro chiuso.

I fabbricati e le strutture in elevazione dovranno essere descritti tramite le linee di base e quelle di sommità. Nel caso di fabbricati o muri verticali, onde evitare che punti di stesse coordinate planimetriche abbiano quote diverse, si prescrive uno scostamento planimetrico interno del perimetro della sommità rispetto alla base pari a 1 cm.

Agli elementi per i quali non sia possibile od opportuno il disegno reale si assocerà una rappresentazione schematica applicata ad un singolo punto baricentrico.

Tutti gli spostamenti effettuati rispetto ai punti originariamente acquisiti in sede di restituzione dovranno essere tali da non superare i valori di precisione intrinseca del rilievo.

5.1 File Dati

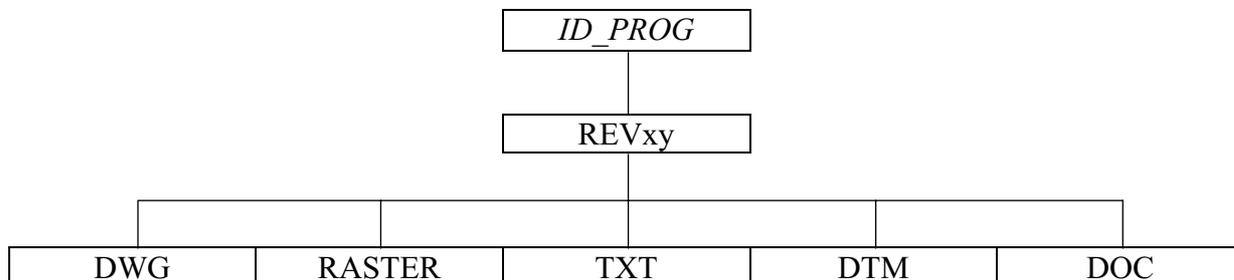
I file della restituzione numerica devono essere consegnati nei seguenti formati:

- formato ASCII, descritto al par.5.1.2
- formato "DWG" - AutoCad R12, descritto al par.5.1.1

La nomenclatura dei file seguirà la seguente convenzione:

- lunghezza Nome: 8 caratteri
- lunghezza Estensione: 3 caratteri

I file su ciascun supporto ottico dovranno essere organizzati secondo le seguenti directory:



Dove:

- *ID_PROG* è un codice alfanumerico identificativo del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (lunghezza massima 8 caratteri)
- *REVxy* è l'identificativo della revisione del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (*xy* è un codice numerico costituito di 2 interi)
- "DWG" è la directory contenente i file grafici in formato binario "DWG" (rif. par. 5.1.1)
- "RASTER" è la directory contenente i file grafici in formato binario di tipo "Raster"
- "TXT" è la directory contenente la cartografia numerica in formato "ASCII" (rif. par. 5.1.2)
- "DTM" è la directory contenente i dati di cartografia numerica, in formato "ASCII", utili alla generazione del modello DTM (rif. par. 5.1.2)
- "DOC" è la directory contenente la documentazione

L'estensione dei file seguirà la convenzione seguente:

Estensione	Directory	Descrizione Tipologia File
DWG	DWG	File contenenti la cartografia 3D completa di vestizione, ovvero i Blocchi AutoCad
BMP	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
WMF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TIF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TXT	TXT, DTM	File contenenti la cartografia numerica in formato ASCII
DOC	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni
DAT	DOC	File contenenti Documentazione in formato ASCII
XLS	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni (calcoli)
LIN	DWG	File contenenti i "Tipi Linea" Autocad

5.1.1 File “DWG”

I nomi dei file in formato “DWG” e i nomi dei livelli in essi contenuti seguiranno la convenzione prevista nel par. 5.2.

In particolare, i nomi dei file con estensione “DWG” contengono l’informazione della *IdClasseGen*. (rif. par.5.2), del numero di foglio e della scala.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale *IdClasseGen* per ciascun foglio cartografico.

Le impostazioni generali dei file in formato “DWG” saranno le seguenti:

- origine: 0,0,0
- sistema angolare: centesimale
- orientamento: 0 ⇒ Nord
- lettura angolare: destrorsa
- valori angolari: 5 decimali
- valori lineari: 3 decimali
- LTSCALE: 1
- PLINEGEN: 1
- PDMODE: 0
- PDSIZE: 0
- Stile di testo: Romans
- Altezza testo: 0
- Fatt. di larghezza testo: 1
- Angolo obliquo testo: 0

Tutte le entità lineari dovranno essere memorizzate sotto forma di polilinee.

L’Appaltatore dovrà memorizzare e consegnare la simbologia prevista per le classi descritte al par. 5.2 creando un file “.DWG” per ciascun “blocco” ed il file “.LIN” contenente esclusivamente le informazioni dei “tipi linea” previsti nel par. 5.2; il formato di riferimento per tali file è “AutoCad R12

5.1.2 File “TXT”

I nomi dei file con estensione “TXT” sono individuati nel par. 5.2, e contengono l’informazione della *IdClasseGen*. (rif. par.5.2), del numero di foglio e della scala, salvo il caso particolare di rilievo per sezioni, descritto al termine del corrente paragrafo.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale *IdClasseGen* per ciascun foglio cartografico.

5.1.2.1 Rilievo “tradizionale”

La struttura dei file dovrà essere la seguente:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*D,” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà il nome della classe generale *IdClasseGen*, descritto par. 5.2.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*I,” seguita dalla stringa “,” e dalla quota z dell’elemento (se trattasi di curva di livello), seguita dalla *IdClasse* e dalla stringa “,” seguita da uno dei seguenti codici:

Codice	Tipo entità
<i>L</i>	Entità lineare 3D
<i>P</i>	Entità puntuale 3D
<i>T</i>	Testo/toponimi
<i>C</i>	Curva di livello

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... dei punti appartenenti alla medesima *IdClasse*, ed avranno il seguente formato:

Caso 1:Entità lineare 3D

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

Caso 2: Curva di livello

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

Caso 3: Entità puntuale 3D

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

L’inizio e la fine dell’elemento individuato dalle stringhe “*I,,IdClasse, P” e “*F” racchiude un insieme di punti che definisce una poligonale, che nel caso di rilievo a terra, non deve presentare intersezioni con le altre entità che saranno utilizzate per la costruzione del modello numerico del terreno (DTM) descritto al par. 5.2.

Nel caso di rilievo aerofotogrammetrico il numero di punti contenuti all’interno di ciascun elemento delimitato dalle stringhe “*I,,IdClasse, P” e “*F” non dovrà essere maggiore di 200.

Caso 4: Entità di tipo toponimi

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “**F12.3, F12.3, F7.3, F18.7, \n, A44**”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- \n individua la combinazione “Carriage Return” e “Line Feed”
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- A44 individua un campo alfanumerico di 44 colonne
- il primo elemento è la coordinata Est del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l’area occupata dal testo
- il secondo elemento è la coordinata Nord del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l’area occupata dal testo
- il terzo elemento è l’altezza del carattere, espressa in cm
- il quarto elemento è l’azimuth del testo
- il quinto elemento è l’informazione descrittiva contenuta nel testo
- l’unità di misura utilizzata per le coordinate E,N è il metro
- l’unità di misura utilizzata per la altezza testo è il centimetro
- l’unità di misura utilizzata per l’azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

Il singolo elemento “toponimo” è delimitato dalle stringhe “*I,,*IdClasse*, T” e “*F” e conterrà un numero di punti non superiore a 200.

d. Record di determinazione “Fine elemento”

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “*F”

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

f. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

5.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali

La struttura dei file dovrà essere in accordo ad uno dei due seguenti metodi, la cui adozione va concordata con la Direzione Lavori.

Metodo 1:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*D,” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l’elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*I,X,” seguita dalle informazioni seguenti (scritte nell’ordine seguente) :

- numero progressivo della sezione
- Progressiva della Sezione
- coordinata Est del punto di Stazione
- coordinata Nord del punto di Stazione
- quota del punto di Stazione
- azimuth del punto di stazione
- numero di punti rilevati nella singola sezione

Ciascuna delle informazioni succitate saranno separate dal separatore di campo “;”.
L’informazione “Progressiva della sezione” può essere omessa, se concordato con la Direzione Lavori: in tal caso tale informazione assume il valore “”.

Il formato di tai campi è:

- “A2”,”A1”,”I1”,”F12.3”,”F12.3”,”F12.3”,”F12.3”,”F8.3”,”F32.7”,”I3”

dove:

- F individua un numero reale
- I individua un numero intero
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- non è prevista alcuna giustificazione dei campi, che sono individuati esclusivamente dal separatore di elenco “;”
- A2 individua un campo alfanumerico di 2 colonne
- l’unità di misura utilizzata per le coordinate E,N,quota è il metro
- l’unità di misura utilizzata per l’azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni scostamento (negativo se a sinistra, positivo se a destra dell'asse nel verso delle progressive crescenti) dei punti appartenenti alla medesima sezione trasversale, ed avranno il seguente formato (tutte le informazioni sono giustificate :a destra)

Tipo Informazione	Colonne
Scostamento punto no.1	11-18
Quota punto no.1	19-26
Scostamento punto no.2	27-34
Quota punto no.2	35-42
Scostamento punto no.3	43-50
Quota punto no.3	51-58
Scostamento punto no.4	59-66
Quota punto no.4	67-74
Scostamento punto no.5	11-18
Quota punto no.5	19-26
Scostamento punto no.6	27-34
Quota punto no.6	35-42
.....-....
.....-....

Il numero di righe per ciascuna sezione sarà tale da contenere le informazioni di tutti i punti costituenti la sezione medesima, con la condizione che il numero massimo di colonne utilizzate è 74.

Nota:

- l'unità di misura utilizzata per lo scostamento e la quota è il metro
- ciascuna informazione numerica prevede 3 decimali
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

d. Ultimo Record del file

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “*F”

Metodo 2:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*D,” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l'elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*I,X

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... di tutti i punti appartenenti alla medesima Sezione trasversale, ed avranno il seguente formato:

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”

d. Record di determinazione “Fine elemento”

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “*F”

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

g. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

5.1.3 File "DAT"

La directory DOCU includerà il file GLIST.DAT dove sarà descritto il contenuto del CD ROM sotto forma di elenco dei nomi dei file comprensivi del loro "path"; contenente le associazioni "Nome del File - Contenuto del File", nonché i file IDDWG.DAT, IDASC.DAT, IDRASTER.DAT che conterranno le associazioni "IdClasse-Foglio di Riferimento-File di Riferimento".

Ciascun file avrà un formato fisso, che prevede in insieme di campi separati dal carattere "|".

- Il file GLIST.DAT, riporta la lista dei nomi dei file comprensivi del loro path contenuti nel CD ROM.

Il primo record è un record di intestazione. Ciascun record successivo conterrà un campo con il nome del file.

Il formato è il seguente:

campo n° 1: Ampiezza (n° colonne)

nome del file comprensivo del "path" 60

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

nome del file	
<i>GRA/REV01/TXT/F01OROGO.TXT</i>	
.....	
.....	
<i>GRA/REV01/TXT/F01VIAP0.TXT</i>	

- Il file IDDWG.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero di foglio e al nome del file in formato DWG che ne contiene le entità relative, comprensivo del path

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza (n° colonne)
1	<i>IdClasse</i>	9
2	<i>Numero del Foglio</i>	11
3	<i>nome del file comprensivo del "path"</i>	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

i.e.:

IdClasse	No. Foglio	nome del file
OR025D	1	GRA/Rev01/DWG/F01OROGO.DWG
...
OR025D	2	GRA/Rev01/DWG/F02VIAP00.DWG

- Il file IDTXT.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza (n° colonne)
1	<i>IdClasseGen</i>	9
2	<i>Numero del Foglio</i>	11
3	<i>Nome del file comprensivo del "path"</i>	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

IdClasse	No. Foglio	nome del file
OR025D	1	GRA/Rev01/TXT/F01OROGO.TXT
...
OR025D	2	GRA/Rev01/TXT/F02VIAP0.TXT

- Il file IDRASTER.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo	Descrizione Contenuto	Ampiezza (n° colonne)
1	<i>Numero del Foglio</i>	11
2	<i>nome del file comprensivo del "path"</i>	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

No. Foglio	nome del file
1	GRA/Rev01/RASTER/AURE01NG.BMP
..
3	GRA/Rev01/RASTER/AURE03NG.BMP

5.2 Prescrizioni Tecniche per la Codifica della Cartografia Numerica

La cartografia numerica dovrà essere fornita sia su supporto cartaceo che su supporto magnetico.

Il formato dei file di disegno cartografico sarà “DWG” 3D nel quale saranno contenute le entità cartografiche elencate nei paragrafi seguenti in funzione delle scale di rappresentazione. Sempre in base alle scale di rappresentazione ogni elemento cartografico sarà codificato secondo le convenzioni indicate nei successivi paragrafi.

L'elenco delle entità cartografiche è indicativo e non limitativo. Qualora nella cartografia siano contenuti elementi non definiti nei paragrafi seguenti la loro codifica sarà concordata con la Direzione Lavori.

La convenzione sui nomi dei file “.DWG” e “.TXT” contenenti le entità cartografiche 3D è la seguente:

FxyIdClasseGen.DWG

FxyIdClasseGen.TXT

Dove: *xy* individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce.

Viene fissato un limite superiore alla dimensione di tali file pari a 1 Mb.

Qualora una determinata *IdClasseGen* per un particolare foglio contenga un numero di entità tali da superare tale limite, occorrerà suddividere le informazioni in più file, sostituendo l'ultimo carattere della *IdClasseGen* con un numero progressivo $x = “1,2,3,...”$, con l'ulteriore condizione che le informazioni relative a ciascuna *IdClasse* siano contenute solamente in uno di questi file e non siano suddivise in file diversi, per un medesimo foglio cartografico.

La convenzione sui nomi dei file “.DWG” relativi ai blocchi (simbologia) è la seguente:

- *FxyIdClasse.DWG*
- *LTScala.LIN*

Dove: *xy* individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce, *IdClasse* è la codifica prevista nel par.5.2 e *Scala* è un numero intero che concide con il denominatore della scala (“10000”, “5000”,).

La nomenclatura dei file “.DWG” contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfin.DWG

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file “.DWG”
nfn è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file “.DWG”

I nomi dei “layer” contenuti in tali file devono essere univocamente determinati e documentati dall'Appaltatore.

La nomenclatura dei file “.TXT” contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfn.TXT

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file “.TXT”
nfn è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file “.TXT”
Per le sezioni trasversali l'identificativo *IdClasseGen* è “SEZIONIX”.

La nomenclatura prevista per i file “Raster” è quella descritta al par. 4.1.

5.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:10000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE
 VIABILITA' SECONDARIA
 FERROVIE
 CONFINI AMMINISTRATIVI
 TOPOGRAFIA
 OROGRAFIA
 IDROGRAFIA
 FABBRICATI
 OPERE PARTICOLARI
 MURI
 CONDOTTE
 VEGETAZIONE
 RECINZIONI
 TOPONOMASTICA
 DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:10000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015d
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035d
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070d

VIABILITA' SECONDARIA (1:10000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d

FERROVIE (1:10000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080d

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:10000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010d
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020d
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025d
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030d
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040d
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050d
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060d

TOPOGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d

OROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d

IDROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010d
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015d
fosso	fossi	polilinea	id020d
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025d
canale	canali	polilinea	id030d
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055d
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060d
palude	paludi	polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d

FABBRICATI (1:10000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010d
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015d
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020d
rudere	ruderi	polilinea	fa025d
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030d
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035d
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040d
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045d
chiesa	chiese	polilinea	fa050d
campanile	campanili	polilinea	fa055d
torre	torri	polilinea	fa060d
serra	serre	polilinea	fa065d
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070d
silos	silos	polilinea	fa075d
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080d
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085d
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090d
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095d
baracca	baracche	polilinea	fa100d

OPERE PARTICOLARI (1:10000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
stazione di servizio	stazioni_servizio	blocco	op030d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045d
traliccio	tralicci	punto/blocco	op050d
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055d
serbatoio	serbatoi	blocco	op060d
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065d

MURI (1:10000)
 IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010d
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020d
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030d
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040d

CONDOTTE (1:10000)
 IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010d
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015d
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020d
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025d
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030d
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035d
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040d
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045d
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050d
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055d
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060d
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065d

VEGETAZIONE (1:10000)
 IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010d
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020d
frutteto	frutteti	polilinea	ve030d
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040d
oliveto	oliveti	polilinea	ve050d
vigneto	vigneti	polilinea	ve060d
risaia	risaie	polilinea	ve070d
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080d

albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090d
----------------	--------	--------------	--------

RECINZIONI (1:10000)
 IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010d
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020d
cancello	cancelli	polilinea	re030d
siepe	siepi	polilinea	re040d

TOPONOMASTICA (1:10000)
 IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010d
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020d
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030d
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040d
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050d
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060d
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070d
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080d
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090d
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100d
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110d

DTM (1:10000)
 IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065d

ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070d
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010d
canale	canali	polilinea	id030d
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
palude	paludi	polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

5.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:5000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE
VIABILITA' SECONDARIA
FERROVIE
CONFINI AMMINISTRATIVI
TOPOGRAFIA
OROGRAFIA
IDROGRAFIA
FABBRICATI
OPERE PARTICOLARI
MURI
CONDOTTE
VEGETAZIONE
RECINZIONI
TOPONOMASTICA
DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:5000) IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015e
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030e
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035e
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050e
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e

VIABILITA' SECONDARIA (1:5000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e

FERROVIE (1:5000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080e

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:5000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010e
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020e
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025e
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030e
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040e
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050e
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060e

TOPOGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e

OROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e

IDROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015e
fosso	fossi	polilinea	id020e
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055e
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060e
palude	paludi	polilinea	id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e

costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e
------------	-------------	-----------	--------

FABBRICATI (1:5000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere	ruderi	polilinea	fa025e
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030e
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
chiesa	chiese	polilinea	fa050e
campanile	campanili	polilinea	fa055e
torre	torri	polilinea	fa060e
serra	serre	polilinea	fa065e
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070e
silos	silos	polilinea	fa075e
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080e
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085e
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e
baracca	baracche	polilinea	fa100e

OPERE PARTICOLARI (1:5000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
stazione di servizio	stazioni_servizio	blocco	op030e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045e
traliccio	tralicci	punto/blocco	op050e
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055e

serbatoio	serbatoi	blocco	op060e
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065e

MURI (1:5000)
 IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e

CONDOTTE (1:5000)
 IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010e
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015e
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020e
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025e
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030e
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035e
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040e
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045e
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050e
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055e
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060e
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065e

VEGETAZIONE (1:5000)
 IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010e
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020e
frutteto	frutteti	polilinea	ve030e
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040e
oliveto	oliveti	polilinea	ve050e

vigneto	vigneti	polilinea	ve060e
risaia	risaie	polilinea	ve070e
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080e
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090e

RECINZIONI (1:5000)
 IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010e
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020e
cancello	cancelli	polilinea	re030e
siepe	siepi	polilinea	re040e

TOPONOMASTICA (1:5000)
 IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010e
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020e
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030e
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040e
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050e
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060e
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070e
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080e
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090e
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100e
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110e

DTM (1:5000)
 IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030e

casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fosso	fossi	polilinea	id020e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
palude	paludi	polilinea	id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere	ruderi	polilinea	fa025e
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e

edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
serra	serre	polilinea	fa065e
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070e
silos	silos	polilinea	fa075e
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e
baracca	baracche	polilinea	fa100e
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

5.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:2000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE
VIABILITA' SECONDARIA
FERROVIE
CONFINI AMMINISTRATIVI
TOPOGRAFIA
OROGRAFIA
IDROGRAFIA
FABBRICATI
OPERE PARTICOLARI
MURI
CONDOTTE
VEGETAZIONE
RECINZIONI
TOPONOMASTICA
DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:2000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f

VIABILITA' SECONDARIA (1:2000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f

FERROVIE (1:2000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050f

linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:2000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010f
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020f
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025f
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030f
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040f
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050f
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060f

TOPOGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f

OROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f

IDROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso	fossi	polilinea	id020f
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f

FABBRICATI (1:2000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere	ruderi	polilinea	fa025f
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
chiesa	chiese	polilinea	fa050f
campanile	campanili	polilinea	fa055f
torre	torri	polilinea	fa060f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f

edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca	baracche	polilinea	fa100f

OPERE PARTICOLARI (1:2000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
traliccio	tralicci	polilinea	op050f
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055f
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f

MURI (1:2000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

CONDOTTE (1:2000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010f
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015f
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020f
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025f
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030f

oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035f
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040f
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045f
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050f
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055f
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060f
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065f

VEGETAZIONE (1:2000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010f
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020f
frutteto	frutteti	polilinea	ve030f
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040f
oliveto	oliveti	polilinea	ve050f
vigneto	vigneti	polilinea	ve060f
risaia	risaie	polilinea	ve070f
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080f
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090f

RECINZIONI (1:2000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010f
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020f
cancello	cancelli	polilinea	re030f
siepe	siepi	polilinea	re040f

TOPONOMASTICA (1:2000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010f
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020f
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030f

topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040f
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050f
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060f
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070f
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080f
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090f
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100f
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110f

DTM (1:2000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f

caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere	ruderi	polilinea	fa025f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca	baracche	polilinea	fa100f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f

muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

5.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:1000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE
 VIABILITA' SECONDARIA
 FERROVIE
 CONFINI AMMINISTRATIVI
 TOPOGRAFIA
 OROGRAFIA
 IDROGRAFIA
 FABBRICATI
 OPERE PARTICOLARI
 MURI
 CONDOTTE
 VEGETAZIONE
 RECINZIONI
 TOPONOMASTICA
 DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:1000) IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010g
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015g
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020g
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025g
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030g
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035g
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040g
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045g
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050g
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055g
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060g
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065g

ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070g
---	----------------	-----------	--------

VIABILITA' SECONDARIA (1:1000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075g
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080g
sentiero	sentieri	polilinea	vi085g
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090g
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095g
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100g
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110g
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115g

FERROVIE (1:1000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010g
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020g
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030g
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040g
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050g
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060g
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070g
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080g
banchina	banchine	polilinea	fs085g

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:1000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010g
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020g
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025g
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030g

limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040g
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050g
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060g

TOPOGRAFIA (1:1000)
 IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010g
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020g
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030g
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040g
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050g
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060g

OROGRAFIA (1:1000)
 IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/blocco	or010g
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015g
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020g
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025g
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030g
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035g

IDROGRAFIA (1:1000)
 IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010g
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015g
fosso	fossi	polilinea	id020g
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025g
canale	canali	polilinea	id030g
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035g
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040g
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045g

diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050g
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055g
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060g
palude	paludi	polilinea	id065g
costa mare	coste_mare	polilinea	id070g
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075g

FABBRICATI (1:1000)
 IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010g
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015g
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020g
rudere	ruderi	polilinea	fa025g
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030g
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035g
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040g
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045g
chiesa	chiese	polilinea	fa050g
campanile	campanili	polilinea	fa055g
torre	torri	polilinea	fa060g
serra	serre	polilinea	fa065g
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070g
silos	silos	polilinea	fa075g
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080g
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085g
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090g
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095g
baracca	baracche	polilinea	fa100g

OPERE PARTICOLARI (1:1000)
 IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010g
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015g
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020g
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025g
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030g

campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035g
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040g
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045g
traliccio	tralicci	polilinea	op050g
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055g
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060g
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065g

MURI (1:1000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010g
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020g
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030g
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040g

CONDOTTE (1:1000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010g
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015g
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020g
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025g
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030g
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035g
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040g
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045g
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050g
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055g
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060g
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065g

VEGETAZIONE (1:1000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010g
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020g
frutteto	frutteti	polilinea	ve030g
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040g
oliveto	oliveti	polilinea	ve050g
vigneto	vigneti	polilinea	ve060g
risaia	risaie	polilinea	ve070g
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080g
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090g

RECINZIONI (1:1000)
 IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010g
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020g
cancello	cancelli	polilinea	re030g
siepe	siepi	polilinea	re040g

TOPONOMASTICA (1:1000)
 IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010g
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020g
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030g
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040g
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050g
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060g
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070g
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080g
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090g
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100g
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110g

DTM (1:1000)
 IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f

diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

5.3 Prescrizioni Tecniche per la Rappresentazione Grafica della Cartografia Numerica

Le entità cartografiche classificate in base a quanto descritto nei paragrafi precedenti dovranno essere rappresentate con le modalità grafiche sotto definite.

Comunque la Direzione Lavori si riserva la facoltà di fornire all'Appaltatore le librerie aggiornate delle linee e dei simboli in fase di consegna dei lavori.

VIABILITA' PRINCIPALE

Autostrada

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,20		autostrade
— — — — —	0,20	in costruzione	autostrade_c
.....	0,20	in galleria	autostrade_g

Strada Statale

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,20		strade_statali
— — — — —	0,20	in costruzione	strade_statali_c
.....	0,20	in galleria	strade_statali_g

Casello autostradale

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,25		autostrade_caselli

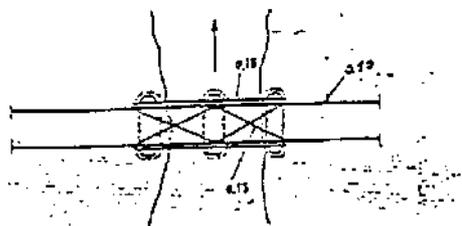


Ponte, viadotto, cavalcavia in cls e muratura (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,25		ponti_cls, ponti_muratura
—————	0,13	pile	ponti_cls, ponti_muratura
-----	0,25	spalle	ponti_cls, ponti_muratura
.....	0,13	luce	ponti_cls, ponti_muratura

Ponte, viadotto, cavalcavia in ferro (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		ponti_ferro
_____	0,13	pile	ponti_ferro
-----	0,25	spalle	ponti_ferro
_____	0,13	luce	ponti_ferro



Strada asfaltata

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,15		strade_asfaltate
-----	0,15	in costruzione	strade_asfaltate_c
-----	0,15	in galleria	strade_asfaltate_g

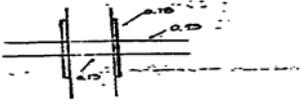
VIABILITA' SECONDARIA

Strada non asfaltata

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		strade_n_asfaltate

Strada campestre (si rileva e si rappresenta il solo asse)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		strade_campestri

<u>Sentiero (si rileva e si rappresenta il solo asse)</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		sentieri
<u>Mulattiera (si rileva e si rappresenta il solo asse)</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		mulattiere
<u>Ponte in legno</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		ponti_legno
<u>Sottopassaggio stradale</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,13		sottopassaggi_s
			
<u>Sottopassaggio pedonale</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,13		sottopassaggi_p
			
<u>Marciapiede</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		marciapiedi

FERROVIE

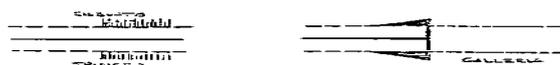
Linea ferroviaria a doppio binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		ferrovie_2b
	0,15	in costruzione	ferrovie_2b_c
	0,15	in galleria	ferrovie_2b_g



Linea ferroviaria a singolo binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		ferrovie_1b
	0,15	in costruzione	ferrovie_1b_c
	0,15	in galleria	ferrovie_1b_g

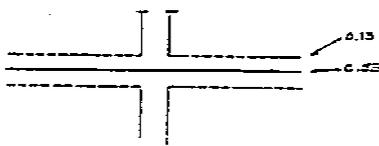


Stazione ferroviaria

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		stazioni_fs

Passaggio a livello

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,13		pass_liv_fs



<u>Limite banchina</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		limiti_banchine

CONFINI AMMINISTRATIVI

<u>Limite di Stato</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
+++++	0,35		limiti_stato

<u>Limite di Regione</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-+-+-	0,35		limiti_regione

<u>Limite di Provincia</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
..+..	0,35		limiti_provincia

<u>Limite di Comune</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
.....	0,35		limiti_comune

<u>Limite di zona archeologica</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
oxoxoxoxoxoxoxoxoxoxox	0,35		limiti_archeo

<u>Limite di parco nazionale</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
.....	0,35		limiti_parco

Limite compartimentale ANAS

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
~.~.~.~.~.~.~.~.~.~.	0,35		limiti_anas

TOPOGRAFIA

Vertice Trigonometrico IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

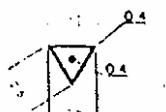
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
\triangle 127.59 (altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)	0,20		vertici_igm

Vertice Trigonometrico ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
\triangle 127.59 (altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)	0,20		vertici_anas

Vertice di poligonale (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		vertici_polig



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

0,20

capisaldi_igm



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

●	0,20		capisaldi_anas
---	------	--	----------------

127.59

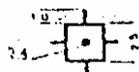
(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Punto fotografico di appoggio (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

0,20

punto_foto_app



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

OROGRAFIA

Punto quotato da restituzione (quota rappresentata con 2 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

•	0,20		punto_quotato
---	------	--	---------------

127.59

(altezza carattere = 2 mm, font ROMANS)

Scarpata ciglio rappresentabile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

..... 0,25 scarpata_ciglio

Scarpata piede rappresentabile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		scarpata_piede

Curva di livello direttrice

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		curve_dir

Curva di livello ordinaria

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,15		curve_ord

Curva di livello ausiliaria

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		curve_aus

IDROGRAFIA

Fiume, torrente (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		fiumi
-----	0,25	sotterraneo	fiumi_st

Fosso (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,20	fossi	
-----	0,20	sotterraneo	fossi_st

Canale (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,20	canali	
—————	0,20	sopraelevato	canali_sp
-----	0,20	in galleria	canali_g

Diga (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m. Il rilievo è simbolico: si rileva l'asse del letto. Si determina la direzione della corrente, che va rappresentata con l'uso del simbolo).

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
.....	0,15	in terra	dighe_t
—————	0,25	in cemento	dighe_cls

Vasche, cisterne, abbeveratoi

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,20		vasche
□			

Pozzo, fontana, sorgente

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
⊕	0,20		pozzi

Palude

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

	0,25		paludi
<u>Costa</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,25	mare	coste_mare
<hr/>	0,25	lago	coste_laghi

FABBRICATI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo “piede” è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

Edificio civile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,25		edifici_civ
-----	0,25	in costruzione	edifici_civ_c
-----	0,25	diruti	edifici_civ_r

Rudere

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
.....	0,25		ruderi

Cortile, pertinenza di edifici

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,20		cortili

Edificio industriale

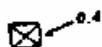
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,25		edifici_ind
-----	0,25	in costruzione	edifici_ind_c
-----	0,25	diruti	edifici_ind_r

Chiesa

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,25		chiese

Campanile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
—————	0,25		campanili



Torre

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,25

torri



Serra

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

serre

Cimitero

rappresentazione grafica

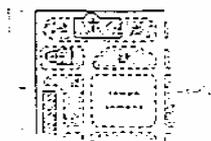
spessori (mm)

tipo

livello

0,25

cimiteri



Silos

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

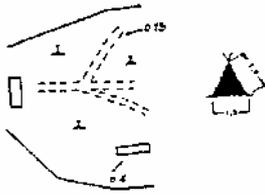
livello

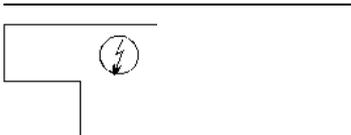
0,25

silos



<u>Ciminiera</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		ciminiere
			
<u>Divisione tetti edifici</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,15		edifici_tetti
<u>Edificio civile piede</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
Linea invisibile			edifici_civ_p
<u>Edificio industriale piede</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
Linea invisibile			edifici_ind_p
<u>Baracca</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		baracche
OPERE PARTICOLARI			
<u>Centrale elettrica (limite)</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,20		centrali_el_lim
<u>Aeroporto (limite)</u>			
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,20		aeroporti_lim

<u>Eliporto (limite)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/> 	0,20		eliporti_lim
<u>Porto (limite)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/> 	0,20		porti_lim
<u>Stazione di servizio (limite)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/> 	0,25		stazioni_servizio
<u>Campeggio (limite)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/> 	0,20		campeggi_lim
<u>Impianto sportivo (limite)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,20		impianti_sport_lim

<u>Stazione, sottostazione elettrica</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		stazione_el
<u>Traliccio</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		tralicci
<u>Linea elettrica aerea</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		linee_el_aeree
<u>Serbatoio</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		serbatoi
<u>Tettoia, pensilina</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		tettoie

MURI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo "piede" è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

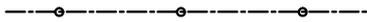
<u>Muro (testa)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		muri_t

<u>Muro (piede)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		muri_p
<u>Mura di città, bastioni (testa)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		mura_t
<u>Mura di città, bastioni (piede)</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		mura_p

CONDOTTE

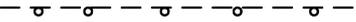
<u>Gasdotto, metanodotto</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	gasdotti_st
	0,20	superficie	gasdotti_su
	0,20	diruto	gasdotti_dir
<u>Oleodotto</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	oleodotti_st
	0,20	superficie	oleodotti_su
	0,20	diruto	oleodotti_dir
<u>Acquedotto</u> <u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	acquedotti_st
	0,20	superficie	acquedotti_su
	0,20	diruto	acquedotti_dir

Elettrodotto

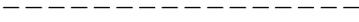
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	elettrodotti_st
	0,20	superficie	elettrodotti_su
	0,20	diruto	elettrodotti_dir

VEGETAZIONE

Bosco (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		boschi_lim
 bosco fitto			
 bosco rado			
 bosco ceduo			

Coltura (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		colture_lim

Frutteto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		frutteti

Agrumeto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

agrumeti



Oliveto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

oliveti



Vigneto

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

vigneti



Risaia

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

risaie



Parco, giardino

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello

0,15

giardini



Albero isolato

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,15

alberi

RECINZIONI

Muro di recinzione

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,20

recinzioni_m

Rete di recinzione

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,20

recinzioni_r

Cancello

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,20

cancelli

Siepe

rappresentazione grafica

spessori (mm)

tipo

livello



0,20

siepi

TOPONOMASTICA

ELEMENTO TOPOGRAFICO	TIPO CARATTERE	ALTEZZA (mm)
CENTRI ABITATI E TOPONOMASTICA IN GENERE		
Comune	BUDRIO	4,5
Centro	MEZZOLARA	4,0
Nucleo	IL SANTISSIMO	3,5
Case sparse	CASE VANNINO	3,0
Regione	REGIONE LAZIO	5
Provincia	PROVINCIA di RIETI	4
VIABILITA' STRADALE E FERROVIARIA		
<i>Lo stesso carattere si utilizza per indicare i manufatti di cui si rende opportuna l'identificazione (es.: fori, canali, chiese, conventi, torri, edifici pubblici, viadotti, caselli autostradali, caselli ferroviari, scalo merci, impianti estrattivi, edifici industriali, ecc.).</i>	AUTOSTRADA A1 S.S. DELLA CISA (N° 62) S.P. PARMA-COLORNO F.S. BOLOGNA RIMINI VIA CAVOUR PIAZZA MAGGIORE km 20	3,0
<i>Per la viabilità stradale e ferroviaria e per i casi sopra riportati, in caso di necessità, sono consentite riduzioni dell'altezza dei caratteri.</i>		
ANTICHITA'	PALAZZO RE ENZO	2,5
LOCALITA', BOSCO, PARCO, TENUTA	TENUTA GHIGI	3,0
OROGRAFIA		
Monte principale	MONTE CIMONE	4,0
Monte secondario	MONTE ADONE	3,5
Colle, passo, sella, valico, cresta, gola, altopiano	PASSO DELLA CISA	3,0
Grotta	Grotta del Farneto	2,5
Valle, pianura, litorale	VALLE DEL DARDAGNA	2,5
IDROGRAFIA		
Fiume o Torrente	FIUME TEVERE	3,5
Fosso	FOSSO di ACQUAFREDDA	3,0

6.0 Prescrizioni Tecniche per la Consegna degli Elaborati

E' stato predisposto un elenco dei tipi di elaborato che dovranno essere prodotti dall'Appaltatore. Tale elenco non deve considerarsi limitativo e può essere ampliato su esplicita richiesta della Direzione Lavori.

Per ogni elaborato richiesto sono definiti i contenuti minimi e le specifiche di redazione. L'elenco degli elaborati da produrre e consegnare è descritto nei paragrafi successivi.

Tutto il materiale prodotto resterà di esclusiva proprietà del Committente precludendo quindi all'Appaltatore ogni diritto sullo stesso.

Tutte le cartografie dovranno essere eseguite su fogli di dimensioni A0 o A1. Tutte le relazioni, rilegate in fascicoli di formato A4, dovranno essere consegnate anche su supporto magnetico od ottico (floppy da 3^{1/2} o Cd-Rom) registrate in file formato MS-Word 6.0 ovvero Excel 5.0. Dovranno inoltre essere consegnati tutti i dati di ingresso, cioè le osservazioni strumentali e le coordinate dei punti noti, ed i dati di uscita dei calcoli eseguiti nelle varie fasi di lavoro, cioè le coordinate compensate di tutti i punti presi in esame. La consegna sarà effettuata su supporto magnetico od ottico, nel formato ASCII di tracciato record a discrezione dell'Appaltatore, purché uniforme e documentato.

Il materiale dovrà essere consegnato ordinatamente raccolto in appositi contenitori.

Le modalità di consegna del materiale saranno definite dalla Direzione Lavori.

6.1 Programmazione dei Lavori

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a consegnare alla Direzione Lavori due copie del diagramma di Gant relativo alla programmazione di tutte le attività definite nel presente capitolato.

6.2 Volo e Presa Aerofotogrammetrica

Per quanto concerne le attività relative al volo ed alla presa aerofotogrammetrica l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del progetto di volo in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 delle strisciate effettivamente eseguite, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma
- 3 copie della relazione nella quale verranno descritte la metodologia impiegata e le caratteristiche di tutte le apparecchiature utilizzate
- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa agli adempimenti degli obblighi legislativi ed amministrativi
- il certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a quattro anni.
- 2 copie su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi con i dati di ripresa ed indicazione sul retro degli estremi di autorizzazione alla diffusione delle Autorità competenti
- 1 copia diapositiva di tutti i fotogrammi su materiale indeformabile trasparente (poliestere) adatto alla restituzione

- i documenti che specifichino la qualità del materiale fotografico usato (sensibilità, contrasto, grana, indice di risoluzione, ecc.) e la data di scadenza.

6.3 Rete di Inquadramento

Per quanto concerne le attività relative alla rete di inquadramento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 3 copie delle monografie dei vertici eventualmente utilizzati in precedenti raffittimenti eseguiti per conto del Committente
- 3 copie delle monografie di tutti i vertici I.G.M.I. utilizzati
- 3 copie delle monografie dei nuovi vertici della rete di inquadramento e di quelli rideterminati
- 3 copie degli schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei vertici comprendenti i dati di rilievo e gli s.q.m.
- 3 copie della relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche contenenti la rappresentazione schematica in scala 1:25000 della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici, con annotazione delle coordinate planoaltimetriche)

6.4 Rete di Raffittimento

Per quanto concerne le attività relative alla rete di raffittimento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 3 copie delle monografie di tutti i vertici istituiti
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria del progetto della rete di raffittimento in scala 1:25000
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria della rete di raffittimento prodotta in scala 1:25000
- 3 copie della relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- 3 copie degli schemi operativi relativi alla rete di raffittimento (operazioni topografiche eseguite, dati di rilievo, s.q.m.)

6.5 Punti Fotografici di Appoggio

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici di appoggio l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche delle planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti
- 3 copie delle monografie dei punti

- 1 copia su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota
- 3 copie della relazione di calcolo delle coordinate dei punti

6.5.1 Punti da Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.

Per quanto concerne le attività relative ai punti determinati tramite apparati di radiolocalizzazione G.P.S. l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura

6.6 Punti Fotografici da Triangolazione Aerea

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici da Triangolazione Aerea l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche una planimetria in scala 1:25000 contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione
- 3 copie delle monografie dei punti
- 1 copia su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi aerotriangolati riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco
- 3 copie della relazione di calcolo contenente i moduli delle osservazioni strumentali, i dati di partenza e i risultati prodotti dal software (comprendenti gli s.q.m)

6.7 Poligonale

Per quanto concerne le attività relative alla poligonale l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 3 copie delle monografie di tutti i vertici della poligonale, contenenti:
 - coordinate "rettilinee" e Gauss-Boaga
 - quota del vertice
 - schizzo planimetrico con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili e facilmente individuabili sul terreno
 - schizzo prospettico o fotografia
 - breve descrizione dell'ubicazione con indicazione del Comune, frazione, località e via in cui ricade il vertice
 - data di materializzazione
- 3 copie delle monografie dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento per la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 relativa alla poligonale, ai collegamenti con i punti trigonometrici I.G.M.I., ai capisaldi posti in opera, ai limiti ed ai numeri delle tavolette interessate

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del profilo degli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote)
- 3 copie della relazione contenente la descrizione delle modalità esecutive dei rilievi, i criteri ed i calcoli sia per la determinazione delle coordinate “rettilinee” e Gauss-Boaga della poligonale che per la verifica delle chiusure di controllo, considerazioni sui risultati raggiunti e sulla precisione ottenuta

6.8 Livellazione Geometrica di Precisione

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione geometrica di precisione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- 3 copie delle monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- 3 copie delle monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- 3 copie della relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

6.9 Livellazione Tecnica

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione tecnica l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- 3 copie delle monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- 3 copie delle monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- 3 copie della relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

6.10 Restituzione e Ricognizione

Per quanto concerne le attività relative alla restituzione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli cartografici in sovrapposizione allo schema di copertura dei singoli fotogrammi numerati
- i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione di data non anteriore ad un anno
- il "Giornale di restituzione"
- 1 copia delle minute di restituzione con le annotazioni delle operazioni eseguite in campagna per il controllo e l'integrazione della cartografia
- il protocollo di restituzione contenente le schede originali con l'indicazione degli scarti planimetrici grafici, degli scarti residui in quota sui punti fotografici d'appoggio, dei valori dei parametri di orientamento strumentale; in corrispondenza della posizione grafica dei punti d'appoggio dovrà essere indicato in scala opportuna lo scarto planimetrico e quello in quota

6.11 Fogli Cartografici

Per quanto concerne le attività relative ai fogli cartografici l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa all'adempimento degli obblighi legislativi ed amministrativi
- la copia dei fogli cartografici con l'autorizzazione alla diffusione rilasciata dalle Autorità competenti
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- l'originale dei fogli cartografici su supporto indeformabile trasparente di spessore non inferiore a 0,18 mm
- 3 copie eliografiche dei fogli cartografici
- 2 copie dei file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D, ASCII, o "XLS" e "DOC" su Cd-Rom formattato MS-DOS 6.2

6.12 Rilievo Celerimetrico e per Sezioni Trasversali

Per quanto concerne le attività relative al rilievo celerimetrico e per sezioni trasversali l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- 3 copie delle monografie per ogni punto di stazione, riportanti tutte le informazioni idonee ad identificarne la posizione ed uno schizzo planimetrico con annotate le distanze di almeno 3 punti riconoscibili sul terreno
- i certificati di rettifica della strumentazione
- 3 copie della relazione di accompagnamento, riportante i valori di temperatura, pressione ed umidità relativa per ciascuna misura

- 3 copie della relazione del calcolo effettuato per determinare distanze e quote di tutti i punti, compresi quelli di stazione
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- 1 copia elioriproducibile su supporto indeformabile e 2 copie eliografiche della planimetria del piano quotato con l'eventuale indicazione delle sezioni trasversali numerate
- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa all'adempimento degli obblighi legislativi ed amministrativi
- la copia dei fogli cartografici con l'autorizzazione alla diffusione rilasciata dalle Autorità competenti
- l'originale dei fogli cartografici su supporto indeformabile trasparente di spessore non inferiore a 0,18 mm
- 3 copie eliografiche dei fogli cartografici
- 2 copie dei file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D ed ASCII su Cd-Rom formattato MS-DOS 6.2

6.13 File "Raster"

Per quanto concerne le attività relative alla "rasterizzazione" e "digitalizzazione" di mappe l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- gli originali cartacei delle mappe da digitalizzare
- 1 copia elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli cartografici
- l'originale dei fogli cartografici su supporto indeformabile trasparente di spessore non inferiore a 0,18 mm
- 3 copie eliografiche dei fogli cartografici
- 2 copie dei file contenenti la cartografia "rasterizzata" nei formati "TIFF" (TIF o BMP o WMF) e 2 copie dei file contenenti la cartografia numerica nel formato "DWG" 3D su Cd-Rom formattato MS-DOS 6.2

SEZIONE 3

- MOVIMENTI DI TERRA -

INDICE

- 1.0. DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI

- 2.0. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

- 2.1. DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO

- 2.2. SCAVI
 - 2.2.1 Scavi di sbancamento
 - 2.2.2 Scavi di fondazione

- 2.3. RINTERRI E/O BONIFICHE
 - 2.3.1 Bonifica
 - 2.3.2 Rinterri
 - 2.3.3 Sistemazione superficiale

- 2.4. RILEVATI
 - 2.4.1 Formazione del Rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali
 - 2.4.2 Rilevati stradali
 - 2.4.3 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃
 - 2.4.4 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇
 - 2.4.5 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇
 - 2.4.6 Rilevati rinforzati

 - 2.4.7 Costruzione del rilevato
 - 2.4.7.1 Formazione dei piani di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo)
 - 2.4.7.2 Strato di transizione (Rilevato-Terreno)
 - 2.4.7.3 Strato granulare anticapillare
 - 2.4.7.4 Telo Geotessile “*tessuto non tessuto*”.
 - 2.4.7.5 Stesa dei materiali
 - 2.4.7.6 Condizioni climatiche
 - 2.4.8. Dreni
 - 2.4.8.1. Dreni verticali prefabbricati
 - 2.4.8.2. Dreni in sabbia
 - 2.4.8.3. Dreni verticali prefabbricati - modalità esecutive -
 - 2.4.8.4. Dreni in sabbia - modalità esecutive -
 - 2.4.9. Rilevati speciali ☆ sperimentali ☆
 - 2.4.9.1 Rilevati in terra stabilizzata/migliorata e consolidamento piano di appoggio

2.4.9.2 Rilevati con materiali riciclati da:

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

2.5. SPECIFICA DI CONTROLLO - RILEVATI

2.5.0 Disposizioni generali

2.5.0.1 Prove di laboratorio

2.5.0.2 Prove di controllo in fase esecutiva

2.5.0.3 Prove di controllo sul piano di posa

2.5.1 Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o

cemento

2.5.1.1 Prove di laboratorio

2.5.1.2 Prove in sito

2.5.1.3 Prove di controllo sul piano di posa

2.5.2 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali

2.5.2.1 Prove di laboratorio

2.5.2.2 Prove in sito

2.5.3 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali (Loppe d'altoforno)

2.5.3.1 Prove di laboratorio

2.5.3.2 Prove in sito

2.5.4 Telo Geotessile "*tessuto non tessuto*".

2.5.5 Controllo scavi

2.5.6 Controllo dreni prefabbricati

2.5.7 Controllo dreni in sabbia

1. 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.

2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

2.1. 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'Impresa 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., 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.

2.2. 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

fatto salvo gli oneri connessi all'eventuale e necessaria rimozione delle stesse.

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'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:

a) Profilare le scarpate degli scavi secondo le modalità previste su progetto.

Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto.

Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa compatterà detto fondo mediante le stesse operazioni previste dalla preparazione del piano di posa.

Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei a meno che i materiali rinvenuti risultino inadatti per la realizzazione dei rilevati stessi.

b) 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.

c) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.

d) Provvedere, in ottemperanza agli atti progettuali, 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.

e) Adottare tutte le cautele necessarie per salvaguardare le interferenze individuate dal progetto della DL per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.

f) In ogni caso e ove richiesto dovrà essere consentito al DL di verificare gli scavi eseguiti.

g) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa: perché compensate nell'ambito della voce di prezzo.

- 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.

h) 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 della DL , e sotto il controllo della D.L..

I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, 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'Impresa, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, (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 .

L'Impresa, 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.

2.2.1 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%;
- spianamento del terreno;

- impianto di opere d'arte;
- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;

2.2.2 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, 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.

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.

In ogni caso e ove richiesto potrà essere consentito al DL di verificare gli scavi eseguiti.

L'Impresa 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'Impresa 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 togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse così al regolatore deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fuggatori; analogamente l'Impresa 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.

2.3. 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.

2.3.1. **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, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃; il materiale appartenente al gruppo A₃ deve presentare un coefficiente di uniformità (D₆₀/D₁₀) maggiore o uguale a 7;

Il materiale ove non meglio specificato negli atti progettuali; 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 ove non meglio specificato negli atti progettuali 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'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

2.3.2. **Rinterri**

- a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo ove non meglio specificato negli atti progettuali 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 interrate e cavi elettrici ove non meglio specificato negli atti progettuali 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.

2.3.3. Sistemazione superficiale

La sistemazione delle aree superficiali ove non meglio specificato negli atti progettuali 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 coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

2.4. 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 .

2.4.1 **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.

2.4.2 **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.

2.4.3 . **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 A_{1-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 che ove non meglio specificato negli atti progettuali 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 stati calcolati cedimenti del piano di appoggio dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa 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'impresa in accordo con la D.L..

In ogni caso l'Impresa 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.

Va correttamente progettata in ragione della natura dei terreni l'altezza di ogni singolo gradone.

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.

2.4.4. 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'Impresa 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.

2.4.5 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

Per quanto attiene alle forniture dei materiali terrosi si dovrà fare riferimento agli atti progettuali eventualmente adeguati da eventuali e/o necessarie variazioni alle ipotesi fatte in sede di progettazione.

Si fa salva la possibilità della Stazione appaltante e/o dell'impresa di impiegare cave diverse da quelle previste in progetto fatta salva la necessità per quest'ultime di ricevere e/o essere dotate di tutte le necessarie autorizzazioni.

2.4.6. Rilevati rinforzati

Dovranno essere impiegati ove non meglio specificati dagli atti progettuali e/o preventivamente autorizzati dal progettista 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 a meno che non diversamente previsto dal produttore dei rinforzi:

- 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.

2.4.7. COSTRUZIONE DEL RILEVATO

2.4.7.1. 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 della 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.

2.4.7.2. - 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 di materiale con funzione anticapillare;

la stesa di uno strato di geotessile “ non tessuto” come da punto 2.4.7.4.

2.4.7.3 - Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore che ove non diversamente specificato negli atti progettuali, 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.

2.4.7.4 - 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.

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.

2.4.7.5. 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 dovrebbe 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 a completo riempimento del paramento esterno.

La compattazione dovrà avvenire in condizioni ottimali di umidità naturale diversamente il progettista dovrà accertare ammissibilità dello strato di terreno soggetto a compattazione.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa 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 rinterrati 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 preventivamente accettati dal progettista e/o dal fornitore di rinforzi.

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.

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'impresa 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 impiegati 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.

2.4.7.6 - 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.

2.4.8 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.

2.4.8.1. 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.

2.4.8.2. 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.

2.4.8.3. 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 $100 \text{ m}^3/\text{anno}$ (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m^2) 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 prefiori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione.

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'Impresa 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.

2.4.8.4. 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'Impresa 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'Impresa 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 contropinta 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.

2.4.9. 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.

2.4.9.1. Rilevati in terra stabilizzata/migliorata e consolidamento piano di appoggio

Terra stabilizzata a calce

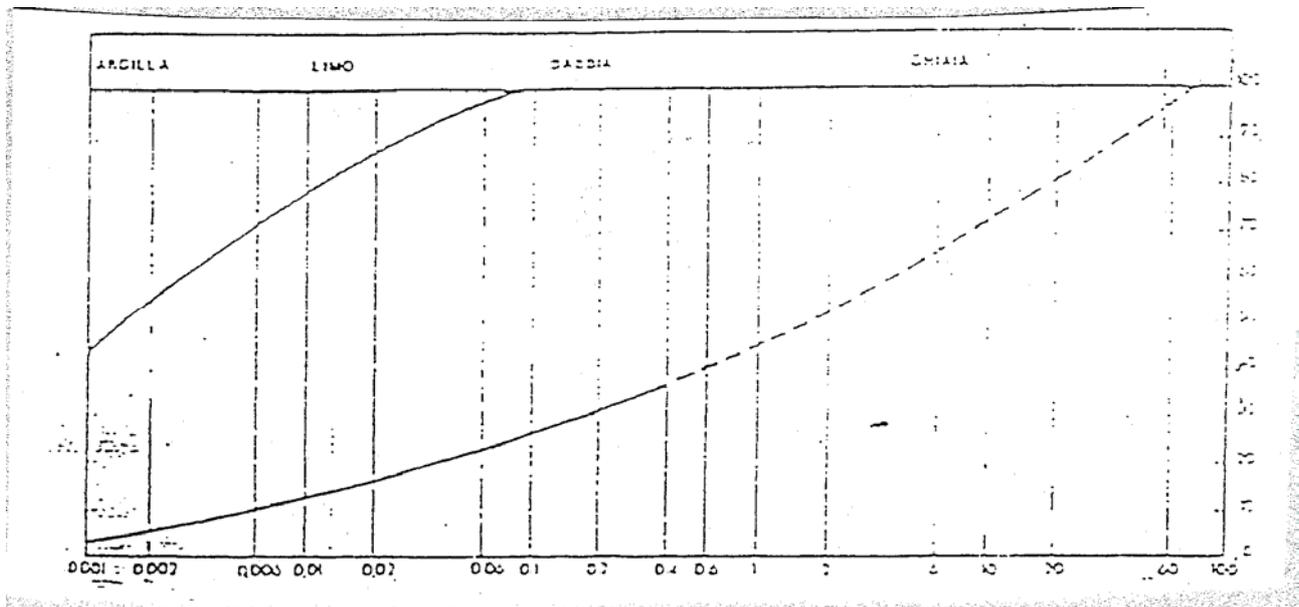
La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità 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% a meno di opportuni studi fatti sui dosaggi della calce che servono a considerare la suddetta presenza di materia organica.

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.

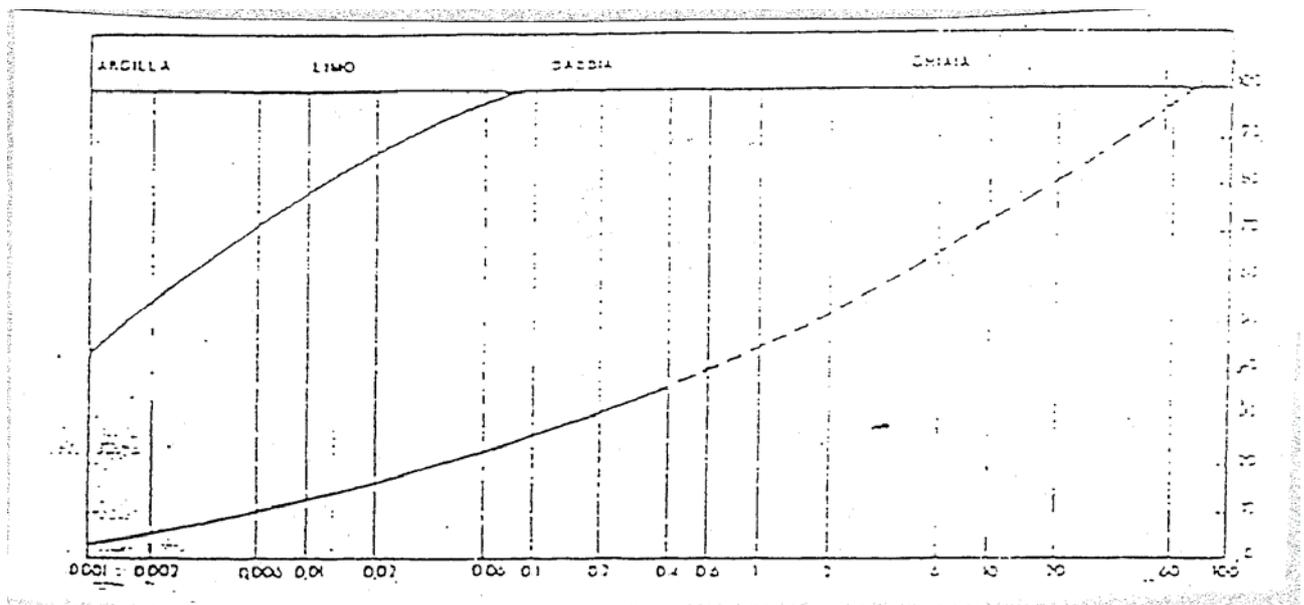
il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

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% a meno di opportuni studi fatti nei dosaggi del cemento che servono considerare la suddetta presenza di materia organica.

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 dal laboratorio.

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dal laboratorio.

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'Impresa 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'Impresa 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'Impresa 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.

2.4.9.2. 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.

E' 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 integrazioni.

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 accettazione della Stazione appaltante 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.

E' 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 operatoir LCPC: Measure du coefficient α d'activé du latier granulé de heut fornean - 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 $0.15 - 0.25 \text{ N/mm}^2$ sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato;
- 20 MPa: nell'intervallo compreso tra $0.05 - 0.15 \text{ N/mm}^2$ sui restanti strati del rilevato oltre 1,00 m al di sotto della pavimentazione stradale;

2.5. SPECIFICA DI CONTROLLO

2.5.0. 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 quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa 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.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 2, 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 1.

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 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

2.5.0.1 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 2.

2.5.0.2 Prove di controllo in fase esecutiva

L'impresa sarà obbligata 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 al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione presso zone opportunamente individuate dal DL previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modo 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 2.

2.5.0.3 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 della 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 2

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 i B.U. CNR n.22	250	5000	250	1000	250	1000
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
* Su prescrizione delle Direzione Lavori ** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato						

Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332												
Limite liquido	$\overline{\leq 6}$	$\overline{\text{N.P.}}$	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	
Indice di plasticità			≤ 10	$\leq 10_{\text{max}}$	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	$(IP \leq IL-30)$	$(IP > L-30)$	
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
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	Argill e poco compressibili	Argill e fortemente compressibili	Argill e fortemente 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	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media				Molto elevata	Media	Elevata	Media		

Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve		Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa			Scarsa o nulla		
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		
<p>* 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.</p>								

2.5.1 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.

2.5.1.1. 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)

2.5.1.2 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);

2.5.1.3 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.

2.5.2 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.

2.5.2.1 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.

2.5.2.2. 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.

2.5.3 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.

2.5.3.1. 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.

2.5.3.2 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.

2.5.4 - 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.

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'Impresa 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	

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.

2.5.5 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'impresa, 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.

2.5.6 Controllo dreni prefabbricati

a) Controllo dei materiali

Il produttore allegnerà 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'impresa dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, all 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 rotoperussione, 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.

2.5.7 Controllo dreni in sabbia

a) Qualifica dei materiali

L'Impresa 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.

SEZIONE 4

- DEMOLIZIONI -

INDICE

1.0 - DEMOLIZIONI

1.1 - Murature e fabbricati

1.2 - Idrodemolizioni

1.3 - Demolizione di pavimentazione o massicciata stradale in conglomerato bituminoso

1.0 - DEMOLIZIONI

1.1 - Murature e fabbricati

Le demolizioni di fabbricati e di murature di qualsiasi genere (armate e non, in precompresso), potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione Lavori:

- scalpellatura a mano o meccanica;
- martello demolitore;
- agenti demolitori non esplosivi ad azione chimica con espansione lenta e senza propagazione dell'onda d'urto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso.

Inoltre l'impresa dovrà prevedere, a sua cura e spese, ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

Per le demolizioni da eseguirsi su autostrada in esercizio, l'impresa dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la Direzione di Tronco, tramite la Direzione Lavori, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

I materiali di risulta resteranno di proprietà dell'Impresa la quale potrà reimpiegare quelli ritenuti idonei dalla Direzione Lavori fermo restando l'obbligo di allontanarli e di trasportare a discarica quelli rifiutati.

1.2 - Idrodemolizioni

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Impresa dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere idonee a operare esclusivamente lungo la geometria interessata dalle demolizioni; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro (D.lgs 626/94, D.Lgs 494/96, ecc.) alle quali l'impresa dovrà uniformarsi in sede operativa.

1.3 - Demolizione di pavimentazione o massicciata stradale in conglomerato bituminoso

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso per l'intero spessore o per parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Il materiale fresato dovrà risultare idoneo per il reimpiego nella confezione di conglomerati bituminosi.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm, potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori superiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivo aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali, si potrà eseguire la demolizione della massicciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina escavatrice od analoga e nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

SEZIONE 4

- DEMOLIZIONI -

INDICE

1.0 - DEMOLIZIONI

1.1 - Murature e fabbricati

1.2 - Idrodemolizioni

1.3 - Demolizione di pavimentazione o massicciata stradale in conglomerato bituminoso

1.0 - DEMOLIZIONI

1.1 - Murature e fabbricati

Le demolizioni di fabbricati e di murature di qualsiasi genere (armate e non, in precompresso), potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione Lavori:

- scalpellatura a mano o meccanica;
- martello demolitore;
- agenti demolitori non esplosivi ad azione chimica con espansione lenta e senza propagazione dell'onda d'urto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso.

Inoltre l'impresa dovrà prevedere, a sua cura e spese, ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

Per le demolizioni da eseguirsi su autostrada in esercizio, l'impresa dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la Direzione di Tronco, tramite la Direzione Lavori, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

I materiali di risulta resteranno di proprietà dell'Impresa la quale potrà reimpiegare quelli ritenuti idonei dalla Direzione Lavori fermo restando l'obbligo di allontanarli e di trasportare a discarica quelli rifiutati.

1.2 - Idrodemolizioni

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Impresa dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere idonee a operare esclusivamente lungo la geometria interessata dalle demolizioni; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro (D.lgs 626/94, D.Lgs 494/96, ecc.) alle quali l'impresa dovrà uniformarsi in sede operativa.

1.3 - Demolizione di pavimentazione o massicciata stradale in conglomerato bituminoso

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso per l'intero spessore o per parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Il materiale fresato dovrà risultare idoneo per il reimpiego nella confezione di conglomerati bituminosi.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm, potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori superiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivo aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali, si potrà eseguire la demolizione della massicciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina escavatrice od analoga e nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

SEZIONE 5

- ACCIAIO -

INDICE

- 1.0 GENERALITÀ
- 2.0 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI
- 3.0 COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE
- 4.0 MONTAGGIO
- 5.0 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

1.0 GENERALITÀ

Esse dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto:

- 1) dalla Legge 5 novembre 1971 n° 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n° 321 del 21-12-1971);
- 2) dal D.M. 9 Gennaio 1996 "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. n° 19 alla G.U. n° 29 del 5-2-1996) e dal precedente D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. n° 55 alla G.U. n° 65 del 18-3-1992) per alcune norme tecniche, ancora applicabili, concernenti il calcolo e le verifiche col metodo delle tensioni ammissibili e le relative regole di progettazione ed esecuzione;
- 3) dalla circolare Ministero LL.PP. n° 252 del 15-10-1996 (S.O. n. 207 alla G.U. n° 277 del 26-11-1996) 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 di cui al D.M. 9-1-1996";
- 4) dalla Legge 2 febbraio 1974 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n° 76 del 21-3-1974);
- 5) dal D.M. 16 Gennaio 1996 "Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" (S.O. n° 19 alla G.U. n. 29 del 5-2-1996) e del D.M. 4 marzo 1996 "Proroga dei termini di entrata in vigore delle suddette Norme tecniche";
- 6) dalla circolare Ministero LL.PP. n° 156 del 4-7-1996 (S.O. n° 151 alla G.U. n° 217 del 16-9-1996) concernente "Istruzioni per l'applicazione delle <Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi> di cui al D.M. 16-1-1996";
- 7) dal D.M. 16 Gennaio 1996 "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" (S.O. n. 19 alla G.U. n° 29 del 5-2-1996) e sue istruzioni emanate con Circolare Ministero LL.PP n. 65 del 10 aprile 1997 (S.O. n. 89 alla G.U. n° 97 del 28- 4-1997)
- 8) dal 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 29-1-1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei LL.PP. n° 34233 del 25-2-1991 (circolare ANAS n° 28/1991 del 18-6-1991).
- 9) dalla norma CNR 10011-97 concernente le costruzioni in acciaio "Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione";

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della D.L.;

a) il progetto esecutivo delle opere e la relazione completa dei calcoli giustificativi di tutti gli elementi della costruzione nonché le luci di influenza delle deformazioni elastiche nei punti della struttura preventivamente concordata con la D.L.

Nel progetto costruttivo dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate.

Nella relazione di calcolo dovranno essere indicate le modalità di montaggio dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi del montaggio;

b) tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

I progetti costruttivi dovranno essere redatti a cura e spese dell'Impresa e dovranno corrispondere a tipi e norme stabiliti nell'ambito del progetto definitivo e/o esecutivo oltre che a tutte le disposizioni di legge e norme ministeriali vigenti in materia.

Sugli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno essere riportati tipi e qualità degli acciai da impiegare.

Per quanto concerne il progetto della saldatura, è fatto obbligo di avvalersi delle modalità approvate dal RINA.

Nell'ambito del progetto dovrà essere chiaramente stabilito in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 9 gennaio 1996, sopracitato, e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione.

Dopo l'approvazione del progetto costruttivo da parte della D.L., dovrà presentare a quest'ultima, in lucido e copie, i disegni esecutivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura .

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

2.0 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI

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'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati dei collaudi interni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno.

Le prove e le modalità di esecuzione saranno quelle prescritte dal D.M. 9 gennaio 1996.

3.0 COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Impresa.

Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse.

Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per 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.

4.0 MONTAGGIO

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo è previsto negli elaborati progettuali.

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 che nel progetto viene definita per le gare in esame.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali 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. 9 gennaio 1996 sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con un diametro direttamente 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 a 3 mesi.

Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione dei Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 5% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

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

5.0 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Impresa, secondo le prescrizioni contenute nei Decreti Ministeriali: 4 maggio 1990 e 9 gennaio 1996.

SEZIONE 6

- VERNICIATURE -

INDICE

1.0 Generalità

1.1 Ciclo <<A>>

1.2 Ciclo <>

1.3 Ciclo <<C>>

1.4 Preparazione del supporto

1.5 Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive

1.6 Prove di accettazione dei prodotti

1.0 Generalità

Le strutture in acciaio quando previsto in progetto dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei cicli di pitturazione definiti nel presente articolo.

I cicli di verniciatura saranno preceduti da spazzolature meccaniche o sabbiature secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione dei Lavori.

I cicli di verniciatura saranno effettuati in modo tale da formare la dimensione progettualmente prevista del film protettivo.

Le caratteristiche di composizione dei cicli da applicare quando non progettualmente previsto sono di seguito indicate.

1.1 Ciclo <<A>>

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.
Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo al clorocaucciù pigmentata con minio e cromato di zinco ($Zn\ Cr\ O_4$), avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante	clorocaucciù
- PVC % ⁽¹⁾	≥ 36 %
- % pigmenti sul totale polveri	≥ 82 %
- tipi di pigmento	minio- $ZnCrO_4$.
- legante secco %	25 %
- spessore del film	80 ÷ 100 μ
- metodo di applicazione	pennello

2° strato

Mano intermedia al clorocaucciù pigmentata con rosso ossido, ferro micaceo, alluminio avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante.

Caratteristiche formulative della mano intermedia:

- tipo di legante	clorocaucciù
- PVC %	≥ 41 %
- % pigmento sul prodotto finito	≥ 14 %
- tipi di pigmento	rosso ossido, ferro-micaceo, alluminio

⁽¹⁾ Concentrazione volumetrica del pigmento.

- legante secco % 28 %
- spessore del film 80 ÷ 100 μ
- metodo di applicazione pennello

3° strato

Mano di finitura al cloroaccciù acrilica pigmentata con biossido di titanio, avente una ottima resistenza agli agenti atmosferici e chimici.

Caratteristiche formulative della mano di finitura:

- tipo di legname cloroaccciù acrilica
- PVC % ≥ 26 %
- % pigmento sul prodotto finito ≥ 26 %
- tipo di pigmento biossido di titanio(TiO₂)
- legante secco % 33 %
- spessore del film 40 μ
- metodo di applicazione pennello o rullo

Il tutto come riportato nella tabella che segue.

Ciclo di verniciatura <<A>>

	1°strato	2°strato	3°strato
Tipo di legante	cloroaccciù	cloroaccciù	cloroaccciù acrilica
PVC..%	$\geq 36\%$	$\geq 41\%$	$\geq 26\%$
% pigmenti sul totale polveri	$\geq 82\%$	--	--
% Pigmenti sul prodotto finito	-	$\geq 14\%$ -	$\geq 26\%$
Tipi di pigmento	minio, cromato di zinco (ZnCrO ₄)	rosso ossido, ferro micaceo, alluminio	biossido titanio (Ti O ₂)
Legante secco %	25%	28%	33%
Spessore del film...	80 ÷ 100 μ	80 ÷ 100 μ	40 μ
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

1.2 Ciclo <>

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.
Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo epossidica pigmentata con ZnCrO₄ (cromato di zinco) avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante	epossidico
- PVC %	≥ 36 %
- % pigmento sul totale polveri	≥ 25 %
- tipo di pigmento	cromato di zinco ZnCrO ₄
- legante secco %	26 %
- spessore film	30 ÷ 40 μ
- metodo di applicazione	pennello

2° strato

Mano intermedia epossidica pigmentata con biossido di titanio (TiO₂), avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante:

- tipo di legante	epossidico
- PVC %	≥ 40 %
- % pigmento sul prodotto finito	≥ 11 %
- tipo di pigmento	biossido di titanio (TiO ₂)
- legante secco %	26 %
- spessore del film	80 ÷ 100 μ
- metodo di applicazione	pennello

3° strato

Mano di finitura poliuretanicca di tipo non ingiallente e non sfarinante.

Il tipo di polisocianato dovrà essere alifatico (né aromatico, né cicloalifatico), con un contenuto di monomeri volatili non superiore allo 0,7% (ASTMD 2615/67T):

- tipo di legante	poliuretanicco
- PVC %	≥ 16 %
- % pigmento sul prodotto finito	≥ 26 %
- tipo di pigmento	biossido di titanio (TiO ₂)
- legante secco %	39 %

- spessore del film 30 ÷ 40 μ
- metodo di applicazione pennello o rullo

Ciclo di verniciatura << B >>

	1° strato	2° strato	3° strato
Tipo di legante	epossidico	Epossidico	poliuretana
PVC%	≥ 36%	≥ 40%	≥ 16%
% pigmento sul totale polveri	≥ 25%	--	--
% Pigmento sul totale finito		≥ 11%-	≥ 26%
Tipi di pigmento	cromato di zinco (ZnCrO ₄)	Biossido di titanio (Ti O ₂)	biossido di titanio (Ti O ₂)
Legante secco %	26%	26%	39%
Spessore del film..	30 ÷ 40 μ	80 ÷ 100 μ	30 ÷ 40 μ
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

1.3 Ciclo <<C>>

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da quattro mani di prodotti vernicianti. Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo oleofenolica i cui pigmenti inibitori dovranno essere di base: ossido di piombo (minio), cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, in composizione singola o miscelati tra loro in modo da conferire la migliore resistenza alla corrosione.

È ammessa la presenza di riempitivi a base di solfato di bario (BaSO₄) e silicati in quantità non superiore al 45% sul totale dei pigmenti riempitivi.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri ≥ 55 %
- tipi di pigmento ossido di piombo, cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo
- legante secco (resina) % ≥ 18 %
- tipo di olio nel legante olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca ≥ 60 %

- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello o rullo

2° strato

Mano intermedia oleofenolica di colore differenziato dalla 1° mano, di composizione identica al 1° strato; il pigmento inibitore potrà essere sostituito con aggiunta di ossido di ferro per la differenziazione del colore, in quantità non superiore al 6% sul totale dei pigmenti riempitivi.

Caratteristiche formulative della 2^a mano:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri $\geq 55 \%$
- tipi di pigmento ossido di piombo, cromato di zinco, fosfato di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, ossido di ferro
- legante secco (resina) % $\geq 18 \%$
- tipo di olio nel legante olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca $\geq 60 \%$
- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello, rullo, airless

3° strato

Mano intermedia alchidica modificata con oli vegetali e clorocaucciù, il cui rapporto in peso, a secco, dovrà essere di 2:1. Non sarà tollerata la presenza di colofonia.

Caratteristiche formulative della 3^a mano:

- tipo di legante alchidico-clorocaucciù
- % pigmenti sul totale delle polveri $\geq 55 \%$
- tipi di pigmento biossido di titanio (TiO_2), ftalocianina bleu
- di % TiO_2 sul totale pigmenti $\geq 30 \%$
- legante secco (resina) % $\geq 40 \%$
- tipo di olio nel legante olio vegetale
- % olio nella resina secca $\geq 60 \%$
- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello, rullo, airless

4° strato

Mano di finitura alchidica modificata con oli vegetali e clorocaucciù di composizione identica al 3° strato, di colore differente dalla precedente mano.

Caratteristiche formulative della 4^a mano:

- tipo di legante	alchidico - clorocaucciù
- % pigmenti sul totale delle polveri	≥ 55 %
- tipi di pigmento	biossido di titanio (TiO ₂), ftalocianina bleu
- % TiO ₂ sul totale pigmenti	≥ 30 %
- legante secco (resina) %	≥ 40 %
- tipo di olio nel legante	olio vegetale
- spessore del film secco	35 ÷ 40 μ
- metodo di applicazione	pennello, rullo, airless

Ciclo di verniciatura <<C>>

	1° strato	2° strato	3° strato	4° strato
Tipo di legante	Oleofenolico	oleofenolico	alchidico clorocaucciù	alchidico clorocaucciù
% di pigmenti sul totale polveri	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 55 %
Tipi di pigmento	Ossido di piombo (minio) cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico cromati di piombo	ossido di piombo, cromato di zinco, fosfato di zinco, cromato di piombo silicocromati di piombo,ossido di ferro	biossido di titanio ftalocianina bleu	biossido di titanio, ftalocianina bleu
% di Ti O₂ sul totale pigmenti	-- -	--- -	≥ 30%	≥ 30%
Legante secco (resina) %	≥ 18 %	≥ 18 %	≥ 40%	≥ 40%
Tipo di olio nel legante	olio di lino e/o legno	olio di lino e/o legno	olio vegetale	olio vegetale
% olio nella resina secca	≥ 60%	≥ 60%	≥ 60%	≥ 60%
Spessore del film secco	35 ÷ 40 μ	35 ÷ 40 μ	35 ÷ 40 μ	35 ÷ 40 μ

Metodo di applicazione	pennello rullo	pennello rullo airless	pennello rullo airless	pennello rullo airless
-------------------------------	----------------	------------------------	------------------------	------------------------

Dato che nelle caratteristiche formulative dei singoli stadi relativi ai cicli A, B e C sono presenti sostanze tossiche e potenzialmente cancerogene, come specificato dal D.M. 25 luglio 1987 n.555 (S.O. alla G.U. n.15 del 20-1-1988), rettificato con avviso pubblicato sulla G.U. n. 90 del 18-4-1988, si dovrà adottare una serie di misure procedurali ed organizzative, al fine di ottenere un controllo ambientale e sanitario, tenendo peraltro presente quanto disposto dal D.P.R. 20-2-1988 n.141 (G.U. n. 104 del 5-5-1988) e successive modifiche ed integrazioni.

1.4 Preparazione del supporto.

La preparazione del supporto metallico dovrà essere eseguita in modo tale da eliminare tutte le parti ossidate che presentino scarsa coesione e/o aderenza con il supporto.

Il tipo di pulizia: spazzolatura meccanica e sabbiatura, dovrà essere tale da permettere un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo di verniciatura.

1.5 Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive.

1) Le caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicata su supporti in acciaio tipo UNI 3351 sottoposti ad invecchiamento artificiale.

Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo così composto:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura
Radiazione ultravioletta.	6 h	60° C
Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate (U.N.I. 4261/66).	12 h	35° C
Corrosione in nebbia salina (U.N.I.-5687-73)	12 h	35° C
Radiazione ultravioletta.	6 h	60° C
Immersione in soluzione satura di CaCl ₂ .	12 h	35° C

Dopo il ciclo di invecchiamento artificiale, verranno eseguiti i controlli riportati di seguito.

2) Ingiallimento: secondo norma DIN 53230.

Il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

3) Ruggine e Blistering (ASTM D 714/56) (DIN 53210):

Ciclo <<A>> Blistering: 1° strato = 9F
 2° strato = 9M

	Ruggine:	3° strato = 9F RO (ruggine assente)
Ciclo <>	Blistering:	1° strato = 9M 2° strato = 9M 3° strato = 9F
	Ruggine:	RO (ruggine assente)
Ciclo <<C>>	Blistering:	1° strato = 9F 2° strato = 9F 3° strato = 9M 4° strato = 9F
	Ruggine:	RO (ruggine assente)

4) Adesione (DIN 53151):

Ciclo <<A>>	$G_{t0} \div G_{t1}$	(stacco nullo al massimo del 5%)
Ciclo <>	G_{t0}	(stacco nullo)
Ciclo <<C>>	$G_{t0} \div G_{t1}$	(stacco nullo al massimo del 5%)

5) Spessore films secchi:

Ciclo <<A>>	1° strato = 90 μ 2° strato = 80 μ 3° strato = 40 μ
Ciclo <>	1° strato = 30 μ 2° strato = 90 μ 3° strato = 35 μ
Ciclo <<C>>	1° strato = 35 μ 2° strato = 35 μ 3° strato = 35 μ 4° strato = 35 μ

6) Resistenza all'abrasione: si determina solo su prodotto di finitura mediante Taber Abraser, con mola tipo CS 10, dopo 1.000 giri con carico di 1 Kg.

Il valore espresso come perdita in peso deve essere inferiore a 10 milligrammi.

7) Brillantezza: controllata mediante Glossmetro Gardner con angolo di 60°, deve avere un valore iniziale superiore al 90% e finale non inferiore all'80%.

8) Prova di piegatura a 180°(su lamierino d'acciaio UNI 3351) con mandrino \varnothing 4 mm
Al termine non dovranno presentarsi screpolature o distacchi..

1.6 Prove di accettazione dei prodotti.

L'Impresa dovrà preventivamente inviare al Centro Sperimentale Stradale ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio ufficialmente riconosciuto quanto segue:

- a) campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato);
- b) schede tecniche dei prodotti verniciati compilate in tutte le loro voci e fogli per le:
 - caratteristiche di composizione: foglio A;
 - caratteristiche di applicazione: foglio B.

Il colore di finitura sarà indicato nel progetto e/o dalla Direzione Lavori; i pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere nella scheda riportante le caratteristiche di composizione, sottratti alla quantità percentuale del solvente.

Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrometrica all'infrarosso. La Direzione dei Lavori potrà far accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione accertate in fase di gara e/o riprodurre gli spettri IR su detti materiali.

Tali spettri dovranno essere uguali a quelli ricavati dai campioni.

Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)

N°	Prova (ciclo <<A>>)	Fondo	Intermedia	Finitura	
1	Blistering	gF	gM	gF	
2	Ruggine	RO			
3	Adesione	$G_{t_0} \div G_{t_1}$			
4	Spessore films secchi.	90 μ	80 μ	40 μ	
5	Abrasione				
6	Brillantezza iniziale				<10 mg
7	Brillantezza finale				$\geq 90\%$
				$\geq 80\%$	

Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)

N°	Prova (ciclo <>)	Fondo	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9M	9M	9F
2	Ruggine	RO		
3	Adesione	G _{t0}		
4	Spessore films secchi	30 _μ	90 _μ	35 _μ
5	Abrasione			<10 mg
6	Brillantezza iniziale			≥ 90%
7	Brillantezza finale			≥ 80%

Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)

N°	Prova (ciclo <<C>>)	Fondo	Intermedia	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9F	9F	9M	9F
2	Ruggine				
3	Adesione	G _{t0} ÷ G _{t1}			
4	Spessore films secchi	35 _μ	35 _μ	35 _μ	35 _μ
5	Abrasione				< 10 _μ
6	Brillantezza iniziale				≥ 90%
7	Brillantezza finale				≥ 80%

SEZIONE 7

- CALCESTRUZZI -

INDICE

1.0	Generalità
1.1	Normativa di riferimento
1.2	Classificazione dei conglomerati cementizi
1.3	Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi
1.3.1	Cemento
1.3.2	Inerti
1.3.3	Acqua di impasto
1.3.4	Additivi e disarmanti
1.4	QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI
1.5	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA
1.5.0	Cemento
1.5.1	Granulometria degli inerti
1.5.2	Resistenza dei conglomerati cementizi
1.5.3	Controllo della lavorabilità
1.5.4	Controllo del rapporto acqua/cemento
1.5.5	Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio
1.5.6	Controllo del contenuto di aria
1.5.7	Controllo del contenuto di cemento
1.6	Durabilità dei conglomerati cementizi
1.6.3	Attacco chimico da parte dei solfati
1.7	TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE
1.7.1	Confezione dei conglomerati cementizi
1.7.2	Trasporto
1.7.3	Posa in opera
1.7.3.1	Riprese di getto
1.7.3.2	Posa in opera in climi freddi
1.7.3.3	Posa in opera in climi caldi
1.7.4	Stagionatura e disarmo
1.7.4.1	Prevenzione delle fessure da ritiro plastico
1.7.4.2	Maturazione accelerata con trattamenti termici
1.7.4.3	Disarmo
1.7.4.4	Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio
1.7.4.5	Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari
1.7.4.6	Armature per c.a.
1.7.4.7	Armatura di precompressione
1.7.4.7.1	Iniezione nei cavi di precompressione
1.7.4.7.1.1	Misura della fluidità con il cono di Marsh
1.7.4.7.1.2	Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding).
1.8	Miscela a bassa viscosità per le iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti
1.8.1	Caratteristiche dei materiali

- 1.8.1.1 Iniezione con sistemi epossidici
- 1.8.1.2 Iniezione con boiacche cementizie
- 1.8.2 Modalità di iniezione
- 1.8.2.1 Iniezioni tradizionali
- 1.8.2.2 Iniezioni sottovuoto
- 1.8.2.3 Prove
- 1.8.2.4 Tesatura delle armature di precompressione
- 1.9 Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso
- 1.10 Casseforme, armature di sostegno, centinature e attrezzature di costruzione
- 1.11 Acciaio per c.a. e c.a.p.
- 1.11.1 Acciaio in barre ad aderenza migliorata - Fe B 38k, Fe B 44k - controllato in stabilimento
- 1.11.1.1 Acciaio inossidabile in barre ad aderenza migliorata
- 1.11.2 Reti in barre di acciaio elettrosaldate
- 1.11.3 Zincatura a caldo degli acciai
- 1.11.3.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo
- 1.11.3.2 Zincatura a caldo per immersione
- 1.11.3.2.1 Trattamento preliminare
- 1.11.3.2.2 Immersione in bagno di zinco
- 1.11.3.2.3 Finitura ed aderenza del rivestimento
- 1.11.3.2.4 Verifiche
- 1.11.3.2.5 Certificazioni
- 1.11.3.2.6 Lavorazione
- 1.11.4 Acciaio per c.a.p.
- 1.11.4.1 Fili, barre, trefoli
- 1.11.4.2 Cavo inguainato monotrefolo
- 1.11.4.3 Ancoraggi della armatura di precompressione
- 1.12 Impermeabilizzazione di manufatti in conglomerato cementizio

1.0 GENERALITA'

1.1 **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'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);
- 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);
- 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);

- p 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);
- p 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);
- p 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);

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

L'Impresa sarà tenuta 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'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Impresa 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'Impresa dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

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

1.2 CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Nella Tabella I, vengono riportati i tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego, in via generale, salvo diverse indicazioni del Progettista.

Tabella I

TIPO DI CONGLOMERATO	IMPIEGO DEI CONGLOMERATI	Cementi Ammessi *	MASSIMO Rapporto A/C	CONSISTENZA UNI 9418 Abbassamento	Acqua Essudata	CLASSI Rck ****
I	- impalcati in c.a. e c.a.p., pile e spalle di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, ponticelli di luce superiore a 8.00 m, new jersey; -Barriere e parapetti	Pozzolánico Altoforno, Portland **	0.50	≥ 16 cm ***	≤ 0.1%	≥40 MPa
II	-Muri di sottoscarpa e controripa c.a, ponticelli di luce sino a 8.00 m; -Tombini scatolari; -Fondazioni armate (pali, plinti, diaframmi, ecc.) -Conglomerati cementizi per cunette, cordoli, pavimentazioni;	Pozzolánico Altoforno, Portland **	0.55	≥ 16 cm	≤ 0.1%	≥30 MPa
III	-Muri di sottoscarpa e controripa in conglomerato cementizio anche se debolmente armato (fino ad un massimo di 30 kg per m3); -Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, ecc.); -Rivestimenti di tubazioni (tombini tubolari, ecc.) Prismi per difese spondali;	Pozzolánico Altoforno, Portland **	0.60	≥ 16 cm	≤ 0.2%	≥25 MPa

*in presenza di concentrazione di solfati e CO₂ aggressiva, il progettista dovrà indicare il cemento più opportuno allo scopo.

** ammesso alle condizioni del successivo punto 1.3.1.

***tranne che per particolari manufatti quali pareti sottili a vibrazione programmata, barriere New Jersey o simili che richiedono abbassamenti al cono minori.

****salvo richieste di resistenze maggiori definite nel progetto.

Tale tabella ha un valore del tutto generale; le caratteristiche delle miscele di calcestruzzo saranno definite nei documenti di prequalifica dei conglomerati cementizi.

Le prescrizioni relative alla classe di conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono da ritenersi come minime.

1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI

1.3.1 Cemento

Per i manufatti in calcestruzzo armato, potranno essere impiegati unicamente cementi classe 32.5, 32.5 R, 42.5, 42.5 R, 52.5, 52.5 R che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla Legge 26/05/1965 n° 595, dal DM 03/06/1968, nel Decreto del Ministero dell'Industria, il Commercio e l'Artigianato del 13/09/1993, nonché nel DM 09/03/1988 n°126, con l'esclusione del cemento alluminoso.

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

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

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

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

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

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

1.3.2 Inerti

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi 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'Impresa, 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'Impresa.

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 15000 m³ di materiali impiegati e comunque almeno una volta all'anno, nonché ogni volta la Direzione Lavori lo riterrà necessario.

Tabella 2

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI
-----------------	-------	-------	---------------

			ACCETTABILITA'
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 UNI 8520 (parte 20)	Perdita di massa $\leq 4\%$ 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 $\leq 10\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 12620	$SO_3 \leq 0,20\%$
Presenza di argille	Equivalenti in sabbia	UNI 8520 (parte 15)	ES ≥ 80 VB $\leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{gr}$ di fini
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:	UNI 8520 (parte 22)	Espansione $\leq 0.10\%$ nella prova accelerata Oppure Espansione $\leq 0.05\%$ a 3 mesi Oppure Espansione $\leq 0.10\%$ a 6 mesi
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 12620	CI $\leq 0,06\%$
Coefficiente di forma	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 (parte 18)	Cf $\geq 0,10$ ($D_{\max} = 32 \text{ mm}$) Cf $\geq 0,08$ ($D_{\max} = 64 \text{ mm}$)
Frequenza delle prove	Dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 15000 mc di aggregati impiegati.		

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 parte 18, minore di 0,10 (per un diametro massimo D_{\max} fino a 32 mm) e minore di 0,08 (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.

1.3.3 Acqua di impasto

L'acqua di impasto dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con DM 09/01/1996 in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti (Norma UNI 8520 parte 5) in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento.

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

1.3.4 Additivi e disarmanti

Le loro caratteristiche dovranno essere portate a conoscenza della Direzione Lavori prima dell'impiego, mediante trasmissione delle schede tecniche dei relativi prodotti. La Direzione Lavori potrà, a sua cura e spese, prelevare campioni dei suddetti additivi e sottoporli alle verifiche previste dall'attuale normativa.

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

E' vietato usare lubrificanti di varia natura e olii esausti come disarmanti.

1.4 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica,, nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 09/01/96 e successivi aggiornamenti).

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

Tale studio, da eseguire presso un Laboratorio Ufficiale, dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

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

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

- resistenza caratteristica a compressione R_{ck} ,
- durabilità delle opere (UNI 8981),

- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520),
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi,
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco, solo nel caso di calcestruzzi con additivi aeranti (UNI 6395)
- ritiro idraulico, solo se prescritto dal progettista (UNI 6555)
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo, solo nel caso di calcestruzzi con additivi aeranti (UNI 7087)
- impermeabilità, solo se prescritto dal progettista (ISO DIS 7032)

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

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella 1.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, aumentata di 3,5 MPa, sia superiore alla resistenza dichiarata nella relazione di prequalifica.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto previsto ai punti a), b), c) e f).

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'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla DL, essa Impresa 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'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI EN 206-01, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà comunque essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-01.

1.5 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'Impresa dovrà disporre della strumentazione attrezzata per l'esecuzione delle prove di compressione o di lavorabilità, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento.

Ai sensi dell'art. 15 del DM 145/200 le spese per l'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive, sono a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico di progetto.

1.5.1 Granulometria degli inerti

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

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

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

I controlli saranno quelli riportati al punto 1.3.2.

1.5.2 Resistenza dei conglomerati cementizi

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, dovranno essere osservate le prescrizioni previste dall'allegato 2 delle Norme Tecniche del D.M. 9 Gennaio 1996.

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 nel laboratorio 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'Impresa, 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'Impresa sarà tenuta 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'Impresa 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 $0,1 \text{ m}^2$, 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 m^3 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:

$$R_i = 2.5 \sigma / (1.5 + 1/s)$$

$$R_i = 2.3 \sigma / (1.5 + 1/s)$$

Dove :

σ 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:

$$F_{stim} = (1 - (12\% / (n)^{1/2})) \Sigma R_i / n$$

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;

$$(F_{stim} * b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 < R_{ck}$$

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'Impresa.

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.

1.5.3 Controllo della lavorabilità

La lavorabilità del conglomerato cementizio fresco sarà valutata con la misura all'abbassamento al cono di Abrams (slump) in mm secondo la Norma UNI 9418, tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni.

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

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

In alternativa, per abbassamenti inferiori ai 20 mm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo il metodo DIN 1048, o con l'apparecchio VEBE'.

1.5.4 Controllo del rapporto acqua/cemento

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi (Norma UNI 8520 parte 13 e 16, condizione di inerte "saturo a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto).

Il rapporto a/c dovrà essere controllato in cantiere, almeno una volta ogni due mesi, tale rapporto non dovrà scostarsi più del ± 0.05 (non 0.02) da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

1.5.5 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.

1.5.6 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 206-01.

1.5.7 Controllo del contenuto di cemento

Tale controllo 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.

1.6 Durabilità dei conglomerati cementizi

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

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

Il progettista, dovrà accertare mediante analisi opportune, la presenza e la concentrazione di agenti aggressivi, ed in caso di esito positivo indicare le eventuali prescrizioni che il conglomerato cementizio dovrà soddisfare al fine di evitare la conseguente degradazione.

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

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

1.7 TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE

1.7.1 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 tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

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'Impresa.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio.

L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla DL, anche se non previsti negli studi preliminari.

In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Impresa, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura 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.

1.7.2 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 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;
- 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'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla DL.

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.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata al punto 1.5.5 della presente sezione.

La lavorabilità dell'impasto sarà controllata in corrispondenza dei prelievi.

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.

1.7.3 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'impresa 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'Impresa 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'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 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'Impresa 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.

1.7.3.1 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'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiore compensi.

Nel caso ciò non fosse possibile, prima di effettuare la ripresa, la superficie di conglomerato cementizio indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata ed eventualmente scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa da garantire una perfetta aderenza tra i getti successivi.

Tra le diverse riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

1.7.3.2 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 1.7.1 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).

1.7.3.3 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.

E' 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 206-01.

1.7.4 Stagionatura e disarmo

1.7.4.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

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

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

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

Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

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

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

E' ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5-1,5 kg/m³.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

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

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

1.7.4.2 Maturazione accelerata con trattamenti termici

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

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

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K (30 °C);
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h (°C/h), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (60 °C);
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 K (10 °C)
- Il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura , dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI 6127.

1.7.4.3 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 le resistenze raggiunte siano in grado di sostenere almeno il peso proprio dell'opera.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 09/01/1996.

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.

1.7.4.4 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 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 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 classi 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), 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 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 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.

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.

1.7.4.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

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

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

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'impresa 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.

1.7.4.6 Armature per c.a.

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

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

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche "(D.M. 09/01/96) 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 cm e comunque come indicato dal progettista.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

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

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

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

1.7.4.7 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 delle 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 per esempio con pettini in tondini di acciaio.

1.7.4.7.1 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.

Si applicano le vigenti norme di legge (Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086)

1.8.1 Caratteristiche dei materiali

1.8.1.1 Iniezione con sistemi epossidici

- **Tipo di resina:** sistema epossidico costituito unicamente da resina bicomponente (A+B), pigmentato solo su richiesta della Direzione Lavori. La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro di iniezione, potrà ordinare l'uso di cariche (per esempio cemento) che comunque dovranno essere di natura basica o neutra.
- **Tempo di presa:** riferito al sistema epossidico puro. Dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 h. Per particolari condizioni operative la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori.

POT-LIFE misurato (secondo SECAM) alla temperatura 293 ± 1 K e umidità relativa del $65\% \pm 5\%$ in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm³ su quantità di So cm³ di miscela (media su 5 prove).

- **viscosità:** riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a 293 ± 1 K ed umidità relativa di $65\% \pm 5\%$. La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostata (media su 5 prove).
- **Ritiro:** dovrà risultare minore dello 0,19. misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove).
- **Comportamento in presenza d'acqua:** l'eventuale presenza di acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela.
- **Protezione chimica dei ferri d'armatura:** la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore verrà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

1.8.1.2 Iniezione con boiacche cementizie

- **Tipo di boiaccia cementizia:** boiaccia cementizia preconfezionata, pronta all'uso con la semplice aggiunta di acqua, esente da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/cemento non superiori a 0,38.
- **Viscosità:** la viscosità verrà valutata con cono di Marsh, ugello da mm 12, secondo le modalità indicate al punto 16.1.1.; il tempo di scolo di 1000 cm³ non dovrà essere superiore a trenta secondi nella boiaccia appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min.
- **Ritiro:** la boiaccia dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo.
- **Essudazione (Bleeding) :** il materiale dovrà essere esente da bleeding.
- **Resistenza meccanica:** la resistenza meccanica alla compressione semplice su provini cubici di 7 o 10 cm di lato dovrà risultare non inferiore a 25 MPa dopo 3 giorni, 35 MPa dopo 7 giorni ed a 50 MPa dopo 28 giorni con una massa volumica degli stessi non inferiore a 18,5 kN/m³.

Le suddette caratteristiche dovranno essere definite per ogni lotto di miscela prodotta.

1.8.2 Modalità di iniezione

1.8.2.1 Iniezioni tradizionali

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad ultrasuoni, si dovrà procedere alla localizzazione delle guaine mediante tasselli effettuati con microdemolitori (Normalmente con un passo di 3-4 m su ogni cavo partendo dal centro della trave).

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i tubetti d'iniezione provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stuccature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso di iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo.

Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e Puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura verrà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti.

Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc. in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione.

Tali stuccature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.

Dopo almeno 48 h dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

Si procederà quindi alla iniezione della miscela scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzera della trave dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, via via, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

Naturalmente i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati. La pressione d'iniezione dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e comunque in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

1.8.2.2 Iniezioni sottovuoto

Potranno essere usate tecniche di iniezione sottovuoto, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di i bar nelle cavità da iniettare e ammettendo poi il materiale di riempimento.

Le modalità di preparazione di fori di iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte per le iniezioni tradizionali con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.

La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.

A seconda dell'attrezzatura disponibile la valutazione si effettuerà tramite misura (con contalitri) del volume d'aria ammesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di Mariotte.

A questo punto si procederà alle iniezioni vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2 - 3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume (V_m) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto $V_m/V_i \cdot 100$ (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

1.8.2.3 Prove

Per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un Laboratorio Ufficiale con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

1.8.2.4 Tesatura delle armature di precompressione

L'Impresa durante le operazioni di tesatura dovrà registrare, su appositi moduli, da consegnare in copia alla DL, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ciascun trefolo o cavo della struttura.

Nelle strutture ad armatura pre-tesa le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal conglomerato cementizio per tutta la loro lunghezza.

1.9 Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso

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

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

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

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

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

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

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

Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al Ministero dei LL.PP., e portare l'indicazione del tecnico che ne risulta, come sopra detto, progettista.

In presenza delle condizioni sopra elencate, i manufatti prefabbricati potranno essere accettati senza ulteriori esami o controlli.

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

Il deposito ha validità triennale.

1.10 Casseforme, armature di sostegno, centinature e attrezzature di costruzione

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

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

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'impresa è tenuta 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 parte isolare:

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

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

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

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

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

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

Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati al punto 1.8.3.1.

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

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, si dovrà verificare la sua funzionalità se è elemento portante e che non sia dannosa se è elemento accessorio.
I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

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

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

Qualora sia prevista la realizzazione di conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

1.11 Acciaio per c.a. e c.a.p.

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 no 1086 (D.M. 09/01/96).

Per gli opportuni controlli da parte della DL, l'Impresa dovrà documentare di ogni partita di acciaio che entra in cantiere la provenienza, la qualità e il peso complessivo di tondini di uno stesso diametro.

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

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio Ufficiale, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto nel DM 09/01/96.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. 09/01/1996.

Rimane comunque salva la facoltà del DL di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico di progetto, come previsto ai sensi dell'art. 15 del DM 145/200.

L'unità di collaudo per acciai in barre tonde lisce ed in barre ad aderenza migliorata è costituita dal peso totale dell'acciaio pervenuto in cantiere nell'arco di una giornata.

Durante i lavori per ogni lotto di fornitura dovranno essere prelevati non meno di tre campioni di 1 metro di lunghezza cadauno, per ciascun gruppo di diametri utilizzati, ed inviati a Laboratori Ufficiali.

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

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

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

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

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

Rimane comunque salva la facoltà del DL di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico di progetto, come previsto ai sensi dell'art. 15 del DM 145/200.

1.11.1 Acciaio in barre ad aderenza migliorata - Fe B 38k, Fe B 44k - controllato in stabilimento

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

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

La Direzione Lavori darà benestare per la Posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 09/01/96.

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

1.11.1.1 Acciaio inossidabile in barre ad aderenza migliorata

Gli acciai inossidabili dovranno rientrare nelle categorie di cui al punto 2.2 del D.M. 09/01/96, e dovranno rispettare tutte le caratteristiche fisiche, tecnologiche e meccaniche ivi previste.

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

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

Per i controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre si procederà secondo il D.M. 09/01/96.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova, nonché l'accettazione della partita, sono analoghe a quelle riportate al precedente punto 1.11.1 della presente Sezione.

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

1.11.2 Reti in barre di acciaio elettrosaldate

Le reti saranno in barre del tipo Fe B 44k, controllate in stabilimento, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel DM 14/2/92 e successivi aggiornamenti.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiamano le norme di cui al precedente punto 1.5.1 .

1.11.3 Zincatura a caldo degli acciai

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

1.11.3.1 Qualità degli acciai da zincare a caldo

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04% oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%.

Inoltre gli acciai ad aderenza migliorata dovranno avere garanzia di saldabilità e composizione chimica conforme ai valori di cui al Prospetto I della Norma UNI 6407/88 per gli acciai di qualità Fe B 400 S e Fe B 500 S.

1.11.3.2 Zincatura a caldo per immersione

1.11.3.2.1 Trattamento preliminare

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

1.11.3.2.2 Immersione in bagno di zinco

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI 2013/74, 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.

1.11.3.2.3 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.

1.11.3.2.4 Verifiche

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di t 25.

Oltre alle prove previste ai precedenti punti 25.1 e 25.2 , dirette a verificare la resistenza dei materiali, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del precedente punto 1.5.3.2.2.

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 partite 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 5741/66.

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 $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$ 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 $610 \text{ g/m}^2 - 10\%$ 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 5743/66.

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.

1.11.3.2.5 Certificazioni

Il produttore, oltre ai controlli sistematici, con prove di qualificazione e di verifica della qualità, previste dalle Norme di cui al DM 09/1/96 dovrà presentare per ogni partita la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono.

La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

1.11.3.2.6 Lavorazione

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

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

1.11.4 Acciaio per c.a.p.

1.11.4.1 Fili, barre, trefoli

L'acciaio per c.a.p. deve essere controllato in stabilimento per lotti di fabbricazione, secondo le norme di cui al D.M. 09/01/96.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da certificati di laboratori ufficiali 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.

E' facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo in cantiere gli acciai controllati in stabilimento.

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

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

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera dei lotti di spedizione sottoposti all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 09/01/1996.

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

1.11.4.2 Cavo inguainato monotrefolo

Dovrà essere di tipo compatto, costituito da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, controllati in stabilimento, 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 al precedente punto 1.11.4.1 e a quanto riportato negli elaborati di progetto.

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il sistema proposto per l'ingrassaggio, l'infilaggio e l'eventuale sostituzione dei trefoli.

1.11.4.3 Ancoraggi della armatura di precompressione

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi ai disegni 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.

1.12 Impermeabilizzazione di manufatti in conglomerato cementizio

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.

Tale impermeabilizzazione verrà effettuata mediante:

- a) guaine bituminose nel caso in cui i manufatti debbano essere interrati.
- b) con membrane elastiche quando il manufatto debba rimanere scoperto.

I materiali da impiegare dovranno possedere le seguenti caratteristiche: 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.

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

a) Guaine bituminose

I materiali da usare e le modalità di messa in opera saranno i seguenti:

- pulizia delle superfici: sarà sufficiente una buona pulizia con aria compressa e l'esportazione delle asperità più grosse eventualmente presenti, sigillature e riprese dei calcestruzzi non saranno necessarie; la superfici dovranno avere una stagionatura di almeno 20 giorni ed essere asciutte;
- primer: sarà dello stesso tipo descritto in precedenza e potrà essere dato anche a spruzzo, ad esso seguirà la stesa di circa $0,5 \text{ Kg/m}^2$;
- tipo di guaina: sarà preformata, di spessore complessivo pari a 4 mm, l'armatura dovrà avere peso non inferiore a 250 g/m^2 e resistenza non inferiore a $1000-1200 \text{ N/5cm}$, ed una flessibilità a freddo a -10°C , i giunti tra le guaine dovranno avere sovrapposizioni di almeno 5 cm e dovranno essere accuratamente sigillati con la fiamma e spatola meccanica;
- resistenza a punzonamento della guaina o dell'armatura (modalità A_1 o G_a): non inferiore a 10 Kg;
- resistenza a trazione (modalità G_{2L} e G_{2T}): 8 Kg/ cm.

La massima cura dovrà essere seguita nella sistemazione delle parti terminali della guaina in modo da impedire infiltrazioni d'acqua al di sotto del manto; la Direzione dei Lavori potrà richiedere l'uso di maggiori quantità di massa bituminosa da spandere sul primer per una fascia almeno di 1 metro in corrispondenza di questi punti, o altri accorgimenti analoghi per assicurare la tenuta.

Una certa attenzione dovrà essere osservata nella fase di rinterro, evitando di usare a diretto contatto della guaina rocce spigolose di grosse dimensioni.

b) Membrane elastiche

La posa in opera delle membrane verrà preceduta dalla preparazione delle superfici di calcestruzzo da progettare, consistente in una accurata pulizia con aria compressa delle superfici.

La stuccatura di lesioni o vespai e/o l'asportazione di creste di calcestruzzo sarà decisa di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Dopo aver posizionato a secco le singole membrane, curandone l'esatta sovrapposizione nei punti di giunzione, le stesse verranno riavvolte per procedere all'impregnazione del sottofondo con appositi adesivi. Le superfici da incollare comprenderanno l'intera superficie da coprire o parte di essa (zone delle sovrapposizioni, sommità del manufatto, punti in cui è possibile l'infiltrazione dell' acqua, ecc.) e la scelta verrà di volta in volta effettuata dalla Direzione dei Lavori.

Steso l'adesivo si srotoleranno le membrane esercitando sulle stesse la pressione necessaria per ottenere il collegamento al supporto.

Le giunzioni verranno sigillate mediante processo di vulcanizzazione da ottenersi con aria calda prodotta con appositi cannelli elettrici.

Le zone così saldate dovranno essere poi pressate con rullino. In alcuni casi (posizioni della giunzione critica nei confronti delle infiltrazioni) la Direzione Lavori potrà richiedere la doppia saldatura.

I risvolti finali delle membrane dovranno essere realizzati in modo da non permettere infiltrazioni di acqua; termineranno quindi o in scanalature da sigillare con mastici elastici, oppure verranno ricoperti con profili metallici non ossidabili da inchiodare al supporto.

Le caratteristiche delle membrane dovranno essere le seguenti:

- peso compreso tra 1 e 1,5 Kg/m²;
- resistenza alla trazione (ASTM - D 412) a temperatura ambiente, 70 Kg/m²;
- resistenza agli agenti ossidanti (ozono), 12 ore in atmosfera pari a 50 mg/m² senza formazione di microfessure o altre alterazioni.

SEZIONE 8

- DIAFRAMMI E PALANCOLATI -

INDICE

- 1. Generalità
 - 1.1. Classificazione
 - 1.1.1 Diaframmi
 - 1.1.2 Palancolati
 - 1.2 Normativa di riferimento

- 2.0 Diaframmi in cemento armato
 - 2.1 Palancolati

 - 2.2 Tolleranze geometriche
 - 2.2.1 Diaframmi in c.a.
 - 2.2.2 Palancolati

 - 2.3. Preparazione dei piani di lavoro
 - 2.3.1 Diaframmi
 - 2.3.2 Palancolati

 - 2.4 Materiali
 - 2.4.1 Diaframmi
 - 2.4.1.1 Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose
 - 2.4.1.2 Calcestruzzo

 - 2.5 Modalità esecutive
 - 2.5.1 Diaframmi
 - 2.5.1.1 Posa in opera del conglomerato cementizio
 - 2.5.2 Palancolati

 - 2.6 SPECIFICA DI CONTROLLO
 - 2.6.1 Diaframmi
 - 2.6.1.1 Materiali
 - 2.6.1.2 Controlli in fase esecutiva
 - 2.6.2 Prove di controllo sugli elementi di diaframma
 - 2.6.2.1 Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale
 - 2.6.2.2 Controlli non distruttivi
 - 2.6.2.3 Prove geofisiche
 - 2.6.2.4 Carotaggio continuo meccanico
 - 2.6.2.5 Scavi attorno al fusto del diaframma
 - 2.6.2.6 Prove su pannelli strumentati
 - 2.6.2.7 Controllo delle deformazioni
 - 2.6.3 Palancole
 - 2.6.3.1 Materiali
 - 2.6.3.2 Controlli in fase esecutiva

1. GENERALITA'

1.1. CLASSIFICAZIONE

Si farà riferimento alla seguenti tipologie di opere:

- Diaframmi in c.a. scavati e gettati in opera;
- Palancolati.

1.1.1 Diaframmi

Per diaframma si intende un'opera con funzioni di sostegno delle terre, ma anche di fondazione, difesa di opere preesistenti, etc., 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, alle 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.

1.1.2 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.

1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi:

- Decreto Ministeriale 09/01/1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in conglomerato cementizio armato normale e precompresso.
- 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 DII43-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load".
- DIN 4150

2.0 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:

$$C_u \geq \gamma h / 3$$

Dove:

γ = 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.

2.1 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.

2.2 Tolleranze geometriche

2.2.1 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 ΔS sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale:

$$- 0,01 S < \Delta S \leq 0,1 S$$

- per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera):

$$- 0,01 S < \Delta S \leq 0,01 S$$

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 fatto salvo la sussistenza di uno dei commi dell'art. 25 della legge 109/94 e ss. mm. ii. 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.

2.2.2 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.

2.3. PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO

2.3.1 Diaframmi

L'Impresa e il Direttore dei Lavori dovranno 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 ove non meglio specificato negli atti progettuali.

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.

2.3.2 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.

2.4 Materiali

2.4.1 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 2.3.4 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.

2.4.1.1 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.

2.4.1.2 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.

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.

2.4.1.3 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.

Il rapporto acqua/cemento a meno di diverse prescrizioni progettuali 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.

2.4.2 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 potrà ove espressamente richiesto dal progetto essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

2.5 Modalità esecutive

2.5.1 Diaframmi

2.5.1.1 Posa in opera del conglomerato cementizio

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.

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.

Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima nel conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0m.

Per diaframmi perforati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo-getto.

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 sottopinto 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 di ripristino che saranno necessari così come previsto e/o proposti dal progettista.

2.5.2 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 un 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 2.4.1.2 del presente Capitolato.

Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

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.

2.6 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.

2.6.1 Diaframmi

2.6.1.1 Materiali

Per le opere realizzate in conglomerato cementizio, si utilizzeranno le specifiche di controllo riportate in corrispondenza dei punti 2.3.1 e 2.3.3 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.

2.6.1.2 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.

2.6.2 Prove di controllo sugli elementi di diaframma

2.6.2.1 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 e ove richiesto dal progettista 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.

2.6.2.2 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.

2.6.2.3 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.

2.6.2.4 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.

2.6.2.5 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.

2.6.2.6 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:

2.6.2.7 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

2.6.3 Palancole

2.6.3.1 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.

2.6.3.2 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 conterà 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.

SEZIONE 9

- PALI -

INDICE

1.1	CLASSIFICAZIONE
1.2	DEFINIZIONI
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
1.4	PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO
2.0	PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO
2.1	Soggezioni geotecniche ed ambientali
2.2	Prove tecnologiche preliminari
2.3	Materiali
2.3.1	Armature metalliche
2.3.2	Rivestimenti metallici
2.3.3	Conglomerato cementizio
2.3.4	Fanghi bentonitici
2.3.4.1	Bentonite in polvere
2.3.4.2	Preparazione dei fanghi bentonitici
2.3.5	Fanghi biodegradabili
2.3.5.1	Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili
3.0	TIPOLOGIE ESECUTIVE
3.1	PALI INFISSI
3.1.1	Pali infissi prefabbricati
3.1.1.0	Tolleranze geometriche
3.1.1.1	Tracciamento
3.1.1.2	Attrezzature per infissione
3.1.1.3	Infissione
3.1.2	Pali infissi gettati in opera
3.1.2.0	Tolleranze geometriche

- 3.1.2.1 Tracciamento
- 3.1.2.2 Attrezzature per infissione
- 3.1.2.3 Infissione
- 3.1.2.4 Formazione del fusto del palo
- 3.2 PALI TRIVELLATI
- 3.2.1 Tolleranze geometriche
- 3.2.2 Tracciamento
- 3.2.3 Pali trivellati con fanghi bentonitici
- 3.2.3.1 Formazione del fusto del palo
- 3.2.4 Pali trivellati con fanghi biodegradabili
- 3.2.5 Pali trivellati con rivestimento provvisorio
- 3.2.5.1 Formazione del fusto del palo
- 3.2.6 Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto
- 3.2.6.1 Formazione del fusto del palo
- 3.2.7 Pali trivellati ad elica continua armati prima del getto
- 3.2.7.1 Formazione del fusto del palo
- 3.3 MICROPALI
- 3.3.1 Tolleranze geometriche
- 3.3.2 Tracciamento
- 3.3.3 Armature
- 3.3.3.1 Armatura con barre di acciaio in c.a.
- 3.3.3.2 Armatura tubolare
- 3.3.3.1 Armatura con profilati di acciaio
- 3.3.3.4 Malte e miscele cementizie
- 3.3.4 Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione

- 3.3.4.1 Formazione del fusto del micropalo
- 3.3.5 Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione
- 3.3.5.1 Formazione del fusto del micropalo
- 4.0 PROVE DI CARICO
- 4.1 PROVE SUI PALI DI GRANDE DIAMETRO
- 4.1.1 Prove di carico assiale
- 4.1.1.2 Attrezzatura e dispositivi di prova
- 4.1.1.3 Preparazione della prova
- 4.1.1.4 Programma di carico
- 4.1.1.5 Risultati della prova
- 4.1.2 Prove di carico su pali strumentati
- 4.1.2.1 Attrezzatura e dispositivi di prova
- 4.1.2.2 Preparazione ed esecuzione della prova
- 4.1.3 Prove di carico laterale
- 4.2 PROVE DI CARICO SUI MICROPALI
- 4.2.1 Prove di carico assiale
- 4.2.1.1 Attrezzature e dispositivi di prova
- 4.2.1.2 Programma di carico
- 4.2.1.3 Risultati delle prove
- 4.3 PROVE NON DISTRUTTIVE
- 4.3.1 Prove geofisiche
- 4.3.2 Carotaggio continuo meccanico
- 4.3.3 Scavi attorno al fusto del palo
- 5.0 SPECIFICA DI CONTROLLO
- 5.1 GENERALITA'
- 5.2 PALI INFISSI

- 5.3 PALI TRIVELLATI
 - 5.3.1 Controllo del fango bentonitico
 - 5.3.1.0 Prove di controllo
 - 5.3.1.1 Misure del peso specifico o di volume
 - 5.3.1.2 Misure della viscosità
 - 5.3.1.3 Misura del pH
 - 5.3.1.4 Misura del contenuto in sabbia
 - 5.3.1.5 Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"
 - 5.3.3 Controllo del fango biodegradabile
- 5.4 PALI TRIVELLATI AD ELICA
- 5.5 MICROPALI

1.1. 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.

1.2. Definizioni

a) Pali infissi

a.1) *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.

a.2) *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 (quercia, 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.

1.3. Normative di riferimento

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

1.4 Preparazione del piano di lavoro

L'Impresa 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'Impresa 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.

2.0 Pali di medio e grande diametro

2.1 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'Impresa 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'Impresa.

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:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

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;

- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4$ 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.

2.2 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'Impresa alla DL.

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica e su richiesta del progettista, 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.

Allo stesso modo, nel caso di particolare complessità, il progettista potrà chiedere l'esecuzione di pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), che saranno eseguiti in numero del 1% del numero totale dei pali con un minimo di 2 pali per opera, e comunque secondo quanto prescritto dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988.

I pali di prova dovranno essere realizzati in prossimità 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.

Ai sensi dell'art. 15 del DM 145/200 le spese per l'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, sono a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico di progetto.

Nel caso in cui l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso alle prove tecnologiche precedentemente descritte.

Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

2.3 Materiali

Le prescrizioni che seguono sono da intendersi integrative di quelle riguardanti le Opere in Conglomerato Cementizio, e che si intendono integralmente applicabili.

2.3.1 Armature metalliche

Le armature metalliche saranno di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali potranno essere costituite da spirali o da staffe circolari 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.

L'interfero minimo (inteso come distanza netta tra due barre adiacenti), in accordo con quanto previsto dal DM 09/01/96, dovrà essere maggiore del diametro massimo dell'inerte impiegato, del diametro massimo delle barre d'armatura, con un minimo di 2 cm.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo secondo quanto indicato dal Progettista..

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'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il progettista.

L'Impresa 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.

2.3.2 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 eseguito 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.

E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purchè non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

2.3.3 Conglomerato cementizio

Sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nelle sezioni "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 $D_{max} \leq i_{min}/2.5$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 40 mm.

Il cemento da impiegare 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 $R_{bk} \geq 25$.

Le caratteristiche delle miscele saranno indicate nella relazione di prequalifica dei conglomerati cementizi.

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 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'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

2.3.4 Fanghi bentonitici

I fanghi bentonitici da impiegare nella esecuzione di prefori 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.)

2.3.4.1 Bentonite in polvere

La bentonite che verrà impiegata per la realizzazione di fanghi dovranno 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-prensa	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.

2.3.4.2 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'Impresa 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 essere tali da 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 saranno condotte 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.

2.3.5 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.

2.3.5.1 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 Direzione Lavori.

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 spontaneo 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.

3.0 Tipologie esecutive

3.1 Pali infissi

3.1 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}) $R_{bk} \geq 50$ 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'Impresa.

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.

3.1.1.0 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'Impresa è tenuta 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.

3.1.1.1 Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà a cura e spese dell'Impresa, 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'Impresa 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.

3.1.1.2 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 maglio 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'impresa 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 (materiale, diametro, altezza), 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.

3.1.1.3 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'Impresa.

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'Irrpresa 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.

3.1.2 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.

3.1.2.0 Tolleranze geometriche

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. L'Impresa è tenuta 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 ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

3.1.2.1 Tracciamento

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura ed onere dell'impresa, 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'Impresa esecutrice 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 interesse non inferiore ai tre diametri).

3.1.2.2 Attrezzature per infissione

Valgono le indicazioni riportate nel punto 3.1.1.2.

E' prevista tuttavia la possibilità di impiego di un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello.

E' ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

E' ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

3.1.2.3 Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

E' 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'Impresa la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc).

L'Impresa 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'Impresa.

3.1.2.4 Formazione del fusto del palo

Terminata l'infissione del tuboforma, verrà posta al suo interno la gabbia di armatura, secondo le modalità descritte nel punto 2.3.1.

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 ≤ 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.

3.2 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.).

3.2.1 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 Direzione Lavori.

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.

3.2.3.1 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'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

3.2.4 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 2.3.5.

3.2.5 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, purchè non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

3.2.5.1 Formazione del fusto del palo

Valgono le indicazioni riportate nel punto 3.2.3.1.

3.2.6 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 avvitalamento. 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'Impresa, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

3.2.6.1 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.

3.2.7 Pali trivellati ad elica continua armati prima del getto

Valgono le prescrizioni di cui al punto 3.2.5.

3.2.7.1 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 di progetto e nel rispetto delle specifiche riportate al punto 2.3.1.

Per il getto del calcestruzzo valgono le specifiche riportate nel punto 3.2.5.1.

3.3 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'Impresa, 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.

3.3.1 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.

3.3.2 Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa 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'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

3.3.3 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.

3.3.3.1 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 un copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

3.3.3.2 Armature tubolari

Si useranno tubi di acciaio Fe 430 – Fe 510, 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.

3.3.3.3 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.

3.3.3.4 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.

E' 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'Impresa 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 :

$$R_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$$

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:

$$\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$$

Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace mescolazione 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

3.3.4 Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, 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 pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$
- pressione 8 bar.

3.3.4.1 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. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto richiesto nel punto 3.3.3.4.

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 pistoni, 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 pistoni.

3.3.5 Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui al punto 3.3.4.

3.3.5.1 Formazione del fusto del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni cui al punto 3.3.4.1, 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.

4.0 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 a prova di carico 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.

Nel caso di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, il progettista potrà chiedere l'esecuzione di pali di prova a carico limite, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), che saranno eseguiti in numero dell'1% del numero totale dei pali con un minimo di 2 pali per opera, e comunque secondo quanto prescritto dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988.

Ove ciò non ricorra l'Impresa dovrà effettuare prove di collaudo in numero pari allo 0,5% del numero totale dei pali, con un numero minimo di 1 palo per opera.

Il carico di prova potrà essere applicato utilizzando strutture e vincoli di contrasto "ad hoc" (cassoni, pali di trazione a perdere, ecc) o la stessa struttura di fondazione, previa verifica dello stato tensionale corrispondente alle condizioni di prova.

Non sono ammesse sul calcestruzzo dei pali tensioni di trazione superiori a f_{ctm} .

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.

Ai sensi dell'art. 15 del DM 145/200 le spese per l'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive, sono a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico di progetto.

4.1 Prove sui pali di grande diametro

4.1.1 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.

4.1.1.2 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.
- l'utilizzo delle strutture di fondazione dell'opera, previa verifica dello stato tensionale corrispondente alle condizioni di prova. In tal caso non sono ammesse sul calcestruzzo dei pali tensioni di trazione superiori a f_{cfm} .

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'Impresa, nel caso di prove di carico a contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle modalità di prova contenente le verifiche strutturali e geotecniche.

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.

E' 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.

4.1.1.3 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.

Analogamente a quanto previsto al punto 4.1.1.2, in alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- micropali di contrasto, dimensionati a trazione;
- l'utilizzo delle strutture di fondazione dell'opera, previa verifica dello stato tensionale corrispondente alle condizioni di prova.

L'Impresa, nel caso di prove di carico a contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle modalità di prova contenente le verifiche strutturali e geotecniche.

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.

4.1.1.4 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 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 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 P_{es} 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 $3 \delta P$) 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 ($P_{lim} - \delta P$)
- cedimento (P_{lim}) ≥ 0.10 diametri.

4.1.1.5 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.

4.1.2. 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.

4.1.2.1 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.

4.1.2.2 Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche di cui al punto 4.1.1.3 e seguenti.

4.1.3 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 sarà definito 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 (vedi punto 4.1.1), 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.

4.2 Prove di carico su micropali

4.2.1. 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.

4.2.1.1 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 a norma di quanto definito nel punto 4.2.1.

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.

4.2.1.2 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 s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$):

$$s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

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"
- i) 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 $t = 0, t = 5'$ e $t = 10'$ 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:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(P_{lim} - \delta P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2 d + s_{el}$

ove :

d = diametro del micropalo

s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

4.2.1.3 Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate al punto 4.1.1.5.

4.3 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'impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

4.3.1 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'Impresa 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'Impresa 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.

4.3.2 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'Impresa, 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.

4.3.3 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'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

5.0 SPECIFICA DI CONTROLLO

5.1 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.

La Normativa di riferimento per esercitare i seguenti controlli, è indicata nel seguente prospetto:

D.M. 9/01/1996;

D.M. 11/03/1988;

AGI- Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);

Norme UNI 7163 – 1979;

DIN – 4150;

D. M. 16/01/96.

L'Impresa 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 di fondazione 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.

La DL. potrà 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.

Ai sensi dell'art. 15 del DM 145/200 le spese per l'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive, sono a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico di progetto.

5.2 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'Impresa 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'Impresa 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.

5.3 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 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.

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'Impresa 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.

5.3.1 Controllo del fango bentonitico

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa 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'Impresa 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'Impresa, a Laboratorio Ufficiale.

5.3.1.0 Prove di controllo

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

5.3.1.1 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.

5.3.1.2 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.

5.3.1.3 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.

5.3.1.4 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.

5.3.1.5 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.

5.3.2 Controllo del fango biodegradabile

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa 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'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.

5.4 Pali trivellati ad elica

Per i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate al punto 5.3.

Per ciascun palo l'Impresa 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'Impresa 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.

5.5 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 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 longitudinali ad aderenza migliorata, in base alla rispondenze 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/cm^3 il peso specifico assoluto del cemento 2.65 g/cm^3 quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa 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'Impresa 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.

SEZIONE 10

- POZZI -

INDICE

1.1 Classificazione e definizioni

1.2 Generalità

1.3 Modalità esecutive

2.0 Controlli

1.1 Classificazione e definizioni

I pozzi sono manufatti realizzati nel terreno aventi asse verticale e sezione trasversale costante che potrà essere circolare, ellittica o poligonale, a seconda delle indicazioni di progetto.

I pozzi sono essere impiegati per costituire fondazioni profonde che raggiungano le formazioni giudicate idonee a fornire la capacità portante di progetto e costituiscono opere di sostegno, e spesso accolgono opere di drenaggio.

1.2 Generalità

L'esecuzione del pozzo può interessare materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua; dovrà avvenire garantendo durante le fasi di lavoro la stabilità delle pareti dello scavo in modo tale da evitare frammenti e da minimizzare la riduzione delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante.

Il sostegno delle pareti di scavo dovrà essere affidato ad interventi di sottomurazione o ad elementi prefabbricati affondati progressivamente con l'avanzare dello scavo, nonché a coronelle di pali affiancati.

Raggiunta la quota di base del pozzo, la parte strutturale dovrà risultare realizzata in modo conforme a quanto stabilito in progetto, in dipendenza della funzione assegnata al pozzo e delle condizioni geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo.

Il materiale di risulta, proveniente dallo scavo, se ritenuto non idoneo al suo reimpiego, dovrà essere portato a discarica.

1.3 Modalità esecutive

Le modalità ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere conformi ai progetti ed approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

Dopo ogni fase di scavo verrà posta in opera una centinatura metallica o un anello in c.a. ed un eventuale priverivestimento in conglomerato cementizio spruzzato armato con rete in acciaio elettrosaldato, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.

Si considera scavo a pozzo quello che ha, in sezione corrente, un'area teorica esterna non superiore a 80 mq ed avente una profondità non inferiore a 3 m.

Scavi aventi un'area teorica superiore agli 80 mq saranno considerati scavi di fondazione a sezione obbligatoria.

In presenza di trovanti o nell'attraversamento di rocce da mina il metodo di scavo dovrà essere tale da non danneggiare le strutture esistenti, da non penalizzare le caratteristiche meccaniche dei terreni circostanti, da non variare le caratteristiche idrogeologiche locali e dovrà essere

condotto con modalità tali che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benessere della Direzione Lavori all'impiego di esplosivo è subordinato ai risultati di misure vibrazionali e di controllo che l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese secondo schemi e metodologie approvate dalla stessa Direzione Lavori.

Nel corso dello scavo del pozzo l'Impresa dovrà riportare su scheda la natura dei materiali attraversati.

E' facoltà della Direzione Lavori richiedere all'Impresa l'esecuzione sistematica di fotografie a colori a documentazione della natura dei terreni attraversati.

Raggiunta una profondità prossima al piano di posa della fondazione, dove possibile lo scavo verrà scampanato dove occorre anche a campioni.

Raggiunta la prevista quota di fondazione, dove possibile si raggiungerà tutto in giro una sporgenza di 50 cm rispetto alla superficie controterra del pozzo, e quindi una dimensione che risulti in ogni punto maggiore di 1.00 m rispetto alla sezione orizzontale, dalla somma di quella netta del pozzo più i due spessori del rivestimento.

In quest'ultimo tratto scampanato non verranno eseguiti anelli in calcestruzzo.

Il fondo dello scavo dovrà essere portato in piano, accuratamente ripulito dai detriti e dal terreno smosso o rammollito eventualmente presente, anche con l'impiego di attrezzi a mano.

Prima del getto del conglomerato cementizio magro di regolarizzazione del fondo dello scavo, ciascun pozzo dovrà essere ispezionato dalla Direzione Lavori, cui compete il benessere al getto.

Nel caso i pozzi debbano attraversare terreni sede di falda, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura spese, al suo abbassamento in modo da evitare che si verifichino sifonamenti o riduzioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni in sito, ed evitare che tutto ciò possa indurre dei risentimenti sulle opere e sull'ambiente al contorno, oppure eventuali opere di impermeabilizzazione, mediante opportuni consolidamenti.

In funzione della natura e della permeabilità del terreno, delle dimensioni del pozzo e della quota piezometrica della falda, si dovranno predisporre in accordo con la Direzione Lavori gli opportuni mezzi di esaurimento ed abbattimento della falda, quali:

- pozzetti di aggotamento adeguatamente approfonditi rispetto alle quote man mano raggiunte dallo scavo;
- pozzi preventivamente trivellati, all'interno o all'esterno del pozzo, equipaggiati con pompe sommerse a funzionamento automatizzato.

- eventuali opere atte a limitare gli emungimenti (tipo ture o paratie impermeabili).

La potenzialità degli impianti di aggotamento, la quota di regolazione forzata della falda e le installazioni di servizio del pozzo dovranno essere tali da garantire l'evacuazione in sicurezza del personale addetto alle lavorazioni sul fondo del pozzo nel caso di interruzione improvvisa dell'alimentazione di energia elettrica.

Nel pozzo di fondazione potranno anche essere previste opere definitive di drenaggio, quali:

- bande o teli filtranti interposti tra il terreno ed il rivestimento;
- dreni perforati provvisti di tubi microfessurati eseguiti a partire dall'interno del pozzo;
- perforazioni o cunicoli per l'alloggiamento delle condutture di recapito delle acque drenate;

secondo le indicazioni progettuali.

La geometria dell'opera, la classe del conglomerato cementizio da impiegare nelle diverse parti, le armature metalliche ed il grado di finitura delle superfici di ripresa o eventualmente in vista, dovranno essere conformi alle indicazioni del progetto.

Nel caso di pozzi abbinati, i rivestimenti potranno risultare per un tratto a contatto oppure in comune ed attraverso essi si potrà rendere necessario il passaggio di traversi di collegamento in conglomerato cementizio.

Qualora durante le fasi di scavo si manifestino rilasci o cavità lungo le pareti, l'Impresa dovrà provvedere tempestivamente a sua cura e spese, ad eseguire iniezioni di intasamento con le modalità che saranno via via indicate dalla Direzione Lavori.

Allorché il pozzo viene impostato su un terreno in pendio molto acclive potrà essere richiesto dal progetto che la parte sommitale del rivestimento (edicola) venga conformata a becco di flauto in modo tale da assecondare la morfologia locale.

In funzione delle locali condizioni di stabilità, l'edicola potrà essere realizzata o preliminarmente mediante struttura non vincolata al pozzo o per sottomurazione dei primi anelli ad altezza variabile (massima a monte e minima a valle).

Nel caso l'edicola venga realizzata preliminarmente all'esecuzione del pozzo, previo sbancamento, della struttura.

L' Impresa dovrà provvedere all'immediato rinterro a tergo .

2.0 Controlli

L'esecuzione di ciascun pozzo comporterà la registrazione delle seguenti indicazioni su apposita scheda compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori:

- dimensioni e caratteristiche del pozzo;
- modalità esecutive;
- caratteristiche della falda;
- stratigrafia dettagliata dei terreni attraversati corredata, dove richiesto, da documentazione fotografica;
- descrizione delle eventuali situazioni anomale e dei relativi provvedimenti adottati (iniezione di intasamento, ecc.);
- descrizione delle eventuali opere di drenaggio poste in opera.

Per quanto riguarda i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate nella sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

Per quanto riguarda gli scavi valgono le indicazioni riportate nella sezione "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

SEZIONE 11

- PONTI, VIADOTTI e SOTTOVIA -

INDICE

- 1. GENERALITA'
- 1.1 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
- 2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
- 2.1. PONTI E VIADOTTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
- 2.1.1. Confezionamento e getto dei conglomerati
- 2.1.2. Posa in opera manufatti prefabbricati
- 2.2. PONTI E VIADOTTI IN FERRO
- 2.3. IMPERMEABILIZZAZIONE
- 2.3.1. Mastice di asfalto sintetico
- 2.3.1.1. Materiali
- 2.3.1.2. Modalità di applicazione
- 2.3.1.3. Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico
- 2.3.2. GUAINE BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE
- 2.3.2.1. Modalità di posa in opera
- 2.3.2.2.1. Primer di adesione al supporto
- 2.3.2.2.2. Massa bituminosa della guaina
- 2.3.2.2.3. Armatura delle guaine
- 2.3.2.2.4. Guaina preformata
- 2.4. APPARECCHI D'APPOGGIO
- 2.4.1. GENERALITÀ
- 2.4.1.1. MATERIALI
- 2.4.1.2. PROVE SU I MATERIALI
- 2.4.1.3. FABBRICAZIONE
- 2.4.1.4. ASSEMBLAGGIO
- 2.4.1.5. POSA IN OPERA
- 2.5. RITEGNI ANTISISMICI
- 2.5.1. Requisiti generali
- 2.5.2. Protezione delle parti metalliche
- 2.5.3. Posa in opera
- 2.6. AMMORTIZZATORI ANTISISMICI
- 2.6.1. Ammortizzatori antisismici in neoprene espanso
- 2.6.2. Ammortizzatori antisismici in acciaio
- 2.6.3. Ammortizzatori antisismici in gomma armata
- 2.7. GIUNTI DI DILATAZIONE
- 2.8. DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAGLI
IMPALCATI DELLE OPERE D'ARTE
- 2.9. SOTTOVIA

- 3.0. *SPECIFICA DI CONTROLLO*
- 3.1. Disposizioni generali
- 3.2. SPALLE, PILE, IMPALCATI
- 3.3. IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO

- 3.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
- 3.3.2. CONTROLLI SUI MATERIALI
- 3.3.3 CONTROLLI IN COSTRUZIONE PER IMPALCATI
 - 3.3.3.1. Controlli preliminari all'inizio delle lavorazioni
 - 3.3.3.2. Controlli in fase di costruzione
- 3.3.4 CONTROLLI IN FASE DI ASSEMBLAGGIO E POSA IN OPERA
 - 3.3.4.1. IMPALCATI IN C.A.P.
 - 3.3.4.2. PILE PER VIADOTTI
- 3.4 APPARECCHI DI APPOGGIO
 - 3.4.1 CONTROLLI SULLE FORNITURE E SUI MATERIALI
 - 3.4.1.1. CONTROLLI DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO
 - 3.4.1.2. CONTROLLI DELLA POSA IN OPERA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO
- 3.5 IMPERMEABILIZZAZIONE
 - 3.5.1 PROVE DI ACCETTAZIONE
 - 3.5.3 CONTROLLI IN POSA IN OPERA

1. GENERALITA'

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.

L'argomento della sezione viene suddiviso, nel seguito, nelle sottoelencate voci:

- ponti e viadotti in conglomerato cementizio
- ponti e viadotti in ferro
- sottovia.

Sarà cura del progettista redigere, in fase di progetto, lo studio del piano di sollevamento/varo delle strutture costituenti ponti e viadotti.

Qualora il cantiere ricada nell'ambito di applicazione del D.Lgs 494/96 e successive modifiche ed integrazioni, il piano dovrà essere parte (piano particolareggiato) del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

1.1 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Il calcolo delle strutture dovrà tener conto anche delle sollecitazioni transitorie gravanti sui manufatti durante le diverse fasi di montaggio.

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 per i cantieri ricadenti 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.

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 e spese dell'Impresa.

Nella esecuzione dei lavori l'Impresa 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'Impresa 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 standards qualitativi prefissati.

In presenza di corsi d'acqua il progetto esecutivo deve prevedere ogni lavorazione necessaria a consentire l'esecuzione dei lavori in sicurezza compresa l'eventuale necessità di attraversamenti provvisori di corsi d'acqua e l'uso di pompe per l'aggottamento di queste ultime.

I materiali costituenti le opere in ferro dovranno avere caratteristiche non inferiori a quelle previste dalle Specifiche di Approvvigionamento e dovranno essere sottoposti ai controlli di qualità previsti dalle Specifiche.

Il materiale dovrà pervenire in cantiere corredato dalla certificazione di qualifica richiesta.

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 preassemblaggio.

2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

2.1. PONTI E VIADOTTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

2.1.1. Confezionamento e getto dei conglomerati

Le opere in conglomerato cementizio armato dovranno rispondere alle prescrizioni di cui alle normative vigenti ed alle prescrizioni di cui alle sezioni “calcestruzzi” ed “acciaio” del presente Capitolato.

2.1.2 Posa in opera manufatti prefabbricati

a) Posa in opera travi d'impalcato

Le travi in c.a.p. 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.

Il piano di sollevamento/varo, che, come prescritto nei precedenti punti 1 e 1.1., dovrà essere stato già definito ed approvato in sede di progetto dell'impalcato, dovrà essere trasmesso dal DL al Coordinatore per l'Esecuzione con congruo anticipo sull'attività di montaggio.

Il piano dovrà essere completato con l'elenco e le caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera che l'Impresa prevede di utilizzare.

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.

b) Iniezione guaine per cavi scorrevoli

Per quanto riguarda gli accorgimenti da adottare ai fini di una corretta esecuzione della iniezione dei cavi, si rimanda alle prescrizioni di cui al punto 1.8.4.7.1 e seguenti della Sezione “Calcestruzzi”.

2.2. PONTI E VIADOTTI IN FERRO

a) Strutture portanti in acciaio

Il funzionamento statico o le sollecitazioni agenti sulle singole strutture in dipendenza delle modalità e delle diverse fasi di montaggio dovranno essere state considerate dall'Impresa all'atto della progettazione dell'opera.

Nella relazione di calcolo dovranno quindi essere indicate le modalità di montaggio ed il funzionamento statico nelle diverse condizioni.

b) Approvvigionamento materiali

I materiali impiegati per la costruzione delle strutture dovranno rispondere alle prescrizioni contenute nella sezione "Acciaio" del presente Capitolato.

In ogni caso i materiali dovranno, come minimo, corrispondere ed essere qualificati e/o controllati in conformità alle disposizioni di cui alle normative vigenti.

c) Saldature, bullonature, chiodature

Per quanto concerne le differenti tipologie di giunzioni, dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- *Saldatura*

Le specifiche dei procedimenti di saldatura dovranno risultare ottemperanti alle prescrizioni di un Istituto specializzato (Istituto Italiano della Saldatura, R.I.NA. (Registro Italiano Navale)).

Ovviamente le modalità di saldatura e l'estensione dei controlli dovranno comunque soddisfare le prescrizioni della normativa vigente.

- *Bullonatura*

L'accoppiamento foro-bullone dovrà essere di precisione.

Il massimo gioco complessivo tra foro e diametro del bullone sarà pari a 0,3 mm, per bulloni aventi diametro massimo 20 mm, e pari a 0,5 mm, per bulloni aventi diametro maggiore di 20 mm.

Il serraggio dei bulloni dovrà essere eseguito rispettando i valori della coppia di serraggio indicati nel prospetto 4-IV della norma CNR 10011/97.

La forza di trazione (Ns) nel gambo della vite dovrà essere pari a:

$$N_s = 0.8 \cdot f_{kn} \cdot A_{res} \text{ (per bulloni non soggetti a taglio)}$$

$N_s = 0.7 \cdot f_{kn} \cdot A_{res}$ (i bulloni soggetti a taglio) dove A_{res} è l'area della sezione resistente della vite ed f_{kn} la tensione di snervamento su provetta.

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).

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano o chiavi, pneumatiche, ambedue i dispositivi dovranno possedere un meccanismo limitatore della coppia applicata.

Tali meccanismi dovranno garantire una precisione non minore del $\pm 5\%$.

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.

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.

- *Chiodatura*

Dovrà essere realizzata in conformità alle prescrizioni della normativa vigente.

d) 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'Impresa, 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.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni, ove necessario, si potrà procedere alla alesatura (assolutamente vietato l'uso della fiamma) di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco (delle superfici di contatto) non più di due ore prima dell'unione.

Nella progettazione devono essere riportate e previste tutte 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.

e) Verniciature e/o Impermeabilizzazione

Le strutture in acciaio quando progettualmente previsto dovranno essere protette contro la corrosione in accordo alle prescrizioni e specifiche di cui alla Sezione “ verniciature” del presente Capitolato.

Nel caso di impiego di acciaio autopassivante per la costruzione di cassoni di impalcato, si dovranno essere previste in progetto dei fori per lo scarico delle acque di infiltrazione. Le modalità di controllo (delle vernici e della loro applicazione) saranno le medesime di quelle riportate nel punto precedentemente richiamato.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto, in mancanza di indicazioni specifiche l'Impresa dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

Per la impermeabilizzazione vale quanto riportato nel punto successivo.

2.3 IMPERMEABILIZZAZIONE

2.3.1 Mastice di asfalto sintetico

2.3.1.1 Materiali

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte verrà realizzata mediante tecniche riportate in progetto e ottemperanti alla normativa vigente ed in particolare alle istruzioni CNR inerenti Ponti e Viadotti.

Il mastice d'asfalto in mancanza di più specifiche prescrizioni progettuali 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 Selenita) 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 asfaltino.

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 15K 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 il 18 ed il 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 388K.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori compresi tra 373 e 403K:

L'Impresa 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 previsto in progetto, da verificare mediante saggi nell'eseguito.

2.3.1.2 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.

Quando non meglio specificato la realizzazione dell'impermeabilizzazione avverrà secondo il seguente ordine.

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, S-0, 7 Kg/M2 nel primo caso e di 0,35@0,50 Kg/m' 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.

L'eventuale uso di specifiche attrezzature per l'esecuzione delle impermeabilizzazioni in esame dovrà essere preventivamente comunicato alla DL.

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 asfaltico dovrà essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare e di spessore costante.

Sulla parete interna dei cordoli dovrà progettualmente essere prevista la posa di una opportuna impermeabilizzazione che ove non meglio specificato avrà le seguenti caratteristiche.

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 successivo punto 2.3.2, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 300 g/m².

La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo.

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 scioglie 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 o 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 per rimediare alle anomalie. Tali provvedimenti dovranno essere proposti dal progettista e disposti dalle DL.

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.

2.3.1.3 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 1:

- a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483~503 K;
- b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso preventivamente 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 473-483 K 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.

2.3.2 GUAINA BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine bituminose preformate, armate con geotessile non tessuto in poliestere, aventi le caratteristiche riportate nel seguito.

2.3.2.1 Modalità di posa in opera

Per le modalità di preparazione delle solette e per le sistemazioni in corrispondenza dei coronamenti valgono le prescrizioni del precedente punto 2.3.1.2.

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.

Ove non progettualmente previsto 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 283 K.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 5 mm e larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso di 300 g/m², 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 scatolari o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate, con temperatura media diurna dell'aria minore di 283 K.

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, del peso di 300 g/m² 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 lo spessore del manto finito sarà dell'ordine dei 5 mm e la sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

2.3.2.2 Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione

L'Impresa dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni e le prequalifiche delle guaine che intende adottare e dei materiali componenti.

I materiali saranno accettati solo se conformi alle caratteristiche progettuali e/o alle specifiche di seguito riportate.

2.3.2.2.1 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 temperatura di 293 K (± 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.

2.3.2.2.2 Massa bituminosa della guaina

Sarà costituita indicativamente da bitume leggermente Polimerizzato, in quantità non superiore al 70% in peso della massa costituente il legante, mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume.

Potranno in alternativa essere usati altri tipi di elastomeri e plastomeri purché compatibili con il bitume e con le temperature di fabbricazione e messa in opera.

Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale.

La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito:

- punto di rammollimento P.e A.: ≥ 423 K;
- punto di rottura Frass: 258 K;
- penetrabilità DOW a 298 K (con peso 100 g a 299 K): 20 - 30 dmm.

2.3.2.2.3 Armatura delle guaine

Sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo coesionato mediante agugliatura ed avente le caratteristiche riportate nel punto 2.5.4 della sezione "movimenti terra" del presente Capitolato.

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, da effettuarsi secondo il disposto del richiamato punto, dovranno risultare i seguenti valori:

- | | |
|---|----------------|
| - peso (UNI 5114) | > 300 q/m' |
| - 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 8279/14) | ≥ 3 bar |
| - inalterabilità all'azione anche prolungato di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microorganismi | |
| - perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa | |

2.3.2.2.4 Guaina preformata

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in Posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa (posta a 0, 5 mm dalla superficie superiore a contatto con il conglomerato bituminoso della pavimentazione).

Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente a prove dalle quali dovrà risultare la rispondenza ai requisiti sottoelencati:

- massa areica (UNI 8202/7):
 - guaina di spessore non minore di 5 mm > 5,500 kg
 - guaina di spessore non minore di 4 mm ≥ 4,500 kg
- resistenza a trazione (UNI 8202/8):
 - longitudinale ≥ 18 kN/m
 - trasversale > 16 kN/m
- resistenza alla lacerazione (LTNI 8202/9):
 - longitudinale 0,16 kN
 - trasversale 0,17 kN
- punzonamento statico (UNI 8202/11):

classe di resistenza/carico sopportato su sfera Ø 10 mm

- su supporto rigido Ps4 > 25 kg
- su supporto non rigido Ps4/ > 25 kg
- flessibilità a freddo su mandrino (UNI 8202/15) 263 K
- scorrimento a 343 K (UNI 8202/16) < 1 mm
- impermeabilità all'acqua (UNI 8202/21) > 100 kPa

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.

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.

2.4 APPARECCHI D'APPOGGIO

2.4.1 GENERALITÀ

Gli apparecchi d'appoggio possono essere del tipo fisso o mobile, per la realizzazione, rispettivamente, dei vincoli di “cerniera” e di “carrello – cerniera” e dovranno rispondere alle prescrizioni della normativa vigente ed in particolare ed alle “Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni”, C.N.R. - U.N.I. 10018.

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione dei Lavori le specifiche tecniche degli apparecchi di appoggio corrispondente ai tipi stabiliti dal progetto esecutivo.

Allegate alle specifiche tecniche dovranno risultare:

- a) l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi e di un congruo franco di sicurezza, che dovrà essere espressamente indicato;
- b) l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- c) l'indicazione della preregolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo al momento della posa;
- d) la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
- e) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile, alle norme UNI;
- f) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile alle norme UNI;
- g) l'indicazione delle modalità di collegamento dell'apparecchio al pulvino ed alla struttura d'impalcato e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio.

In ogni caso l'Impresa dovrà presentare un apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati per la realizzazione degli elementi.

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio l'Impresa dovrà provvedere per ogni singolo apparecchio al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Procederà, successivamente, al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto.

In questa fase ciascun apparecchio dovrà essere preregolato sempre secondo le prescrizioni di progetto.

Inoltre dovranno risultare agevoli: la periodica ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione.

2.4.1.1 MATERIALI

In linea di massima le caratteristiche dei materiali dovranno essere le seguenti:

- a) Acciaio laminato: Sarà della classe Fe37, Fe 43 o Fe52 - grado D delle norme UNI 7070-72
- b) Acciaio fuso a getti: Sarà della classe FeG520 delle norme UNI 3158-1977.
- c) Acciaio inossidabile.

Lamiere per superfici di scorrimento: acciaio della classe X5 Cr Ni Mo 17/12 delle norme UNI 6903-1971.

Il materiale, sottoposto a prove di corrosione secondo le norme UNI 4261-1966 non dovrà dare luogo ad ossidazioni a $60^{\circ}\text{C} \pm 2$, senza agitazione, per 4 giorni consecutivi.

La faccia a contatto con il PTFE dovrà essere lucidata fino a rugosità Ra $0,1\mu$ (UNI 3963).

- d) Elastomeri

Elastomero alternato ad acciaio: sarà conforme alle norme C.N.R.-UNI 10018-72-85.

Elastomero per cuscinetti incapsulati: sarà realizzato con mescole a base di neoprene aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione, $\geq 10\text{N/mm}^2$ [100 Kg/cm^2] (UNI 6065-67);
- allungamento a rottura, $\geq 300\%$ (UNI 6065-67);
- deformazione permanente a compressione (UNI4913), (50%;24h;70°C) $\leq 20\%$;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

- e) Politetrafluoroetilene (PTFE).

Per le superfici di scorrimento.

Sarà tassativamente di tipo vergine, di primo impiego, senza aggiunte di materiale rigenerato o di additivi, prodotto per libero deposito e non addensato.

Le caratteristiche del PTFE, determinato secondo le norme UNIPLAST 5819-1966, saranno le seguenti:

- densità: $2,13 \div 2,23\text{ g/cm}^3$;
- resistenza a trazione (23°C), $\geq 24\text{ N/mm}^2$ [240 Kg/cm^2];
- allungamento a rottura (23°C) $\geq 300\%$;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

- f) Grasso di silicone per la lubrificazione delle superfici.

Le superfici di scivolamento (PTFE ed acciaio inox) dovranno essere lubrificate nelle zone di scorrimento ma non in quelle di rotazione.

Si dovranno prevedere apposite cavità per l'accumulo del lubrificante che sarà costituito da grasso al silicone che conservi la sua efficacia fino a -35°C.

Detto grasso non dovrà resinificare né aggredire i materiali costituenti le superfici di scorrimento. Esso dovrà essere in particolare conforme alle seguenti norme:

- penetrazione su campione rimaneggiato, 240 ÷ 295 dmm (Din 51804);
- punto di congelamento, ≤ -50°C (DIN 51556);
- essudazione (Bleeding) 24h a 150°C, ≤ 3% (US-Fed.T.M. Std 791.321.2).

g) Altri materiali

L'impiego di materiali diversi da quelli indicati, da quali alluminio e acciaio cromato, (su supporto Fe52 grado D) è subordinato alle seguenti condizioni:

- documentazione da parte dell'Impresa delle caratteristiche di materiali e delle referenze sulle loro precedenti applicazioni in campi analoghi;
- in ogni caso le caratteristiche di resistenza alla corrosione e quelle di attrito delle superfici a contatto, dovranno essere analoghe a quelle ottenibili con i materiali precedentemente descritti.

2.4.1.3 PROVE SU I MATERIALI

Tutti i materiali da impiegare nella costruzione degli apparecchi di appoggio saranno sottoposti, prima dell'inizio della lavorazione, a collaudo tecnologico a cura e spese dell'Impresa secondo le norme di accettazione riportate nei punti 2.3.1 e 2.3.1.1.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di intervenire alle operazioni di collaudo, e quella di svolgere ispezioni nell'officina, per verificare la rispondenza dei materiali impiegati ai documenti di collaudo e la regolarità delle lavorazioni.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, durante la costruzione degli appoggi, campioni di materiali da sottoporre alle prove di accettazione.

Tali prove si svolgeranno presso i Laboratori ufficiali designati dalla Direzione Lavori.

2.4.1.3 FABBRICAZIONE

1. Acciaio inossidabile.

La lamiera di acciaio inossidabile, costituente la superficie a contatto con il PTFE, sarà collegata alla piastra di scorrimento in acciaio mediante saldatura (cordone continuo) o avvvitamento (viti o rivetti inossidabili), in maniera tale che sia resistente al taglio.

Nel caso si impieghino delle viti o i rivetti ,la lastra di scorrimento di acciaio dovrà essere protetta sufficientemente contro la corrosione, con le misure indicate al successivo punto 5, anche nella zona coperta dalla lamiera inossidabile.

Superfici di scorrimento orizzontale.

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile dipenderà dalla differenza, nella direzione del movimento prevalente, fra le dimensioni della lastra di acciaio e della superficie di PTFE, per evitare fenomeni di increspatura dell'acciaio dovuti a eccessiva lunghezza libera della lastra.

Differenza di dimensioni	Spessore minimo della lastra di acciaio
Fino a 600 mm	2,5 mm
più di 600 mm	3,0 mm

Tale spessore sarà conforme alle seguenti condizioni:

Superfici curve.

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile sarà di 2,5 mm nel caso di collegamento o con viti o rivetti; di 1,5 mm nel caso di collegamento con saldatura.

2 PTFE.

Le guarnizioni di PTFE per le superfici di scorrimento orizzontali saranno incassate nelle apposite sedi e fissate con idoneo adesivo.

Esse saranno composte o di una superficie unica o di pattini (strisce) della larghezza minima di 5 cm, con interasse non superiore a due volte lo spessore della piastra rivestita in acciaio inossidabile a contatto con i pattini.

Nei rivestimenti delle guide degli organi di ritegno le dimensioni delle strisce potranno scendere fino a 15 mm.

Lo spessore totale del PTFE, della parte incassata e di quella fuoriuscente dalla sede sarà variabile con le dimensioni in pianta della lastra.

Dimensioni max superficie PTFE (diametro o diagonale della lastra)	Spessore minimo totale	Spessore parte fuoriuscente
fino a 600 mm	4,5 mm	mm 2,0 ± 0,2
600 ÷ 1200 mm	5,0 mm	mm 2,5 ± 0,2
oltre 1200 mm	6,0 mm	mm 3,0 ± 0,2

I valori di questi spessori si ricaveranno come segue :

Nel caso di pattini, di diagonale non eccedente i 600 mm, lo spessore sarà di mm 4 di cui mm 2 ± 0,2 fuoriuscenti.

L'impiego di strisce di PTFE semplicemente incollato è consentito solo nella calotta sferica; il rivestimento di PTFE dovrà essere preformato in un sol pezzo con la stessa sagoma dell'alloggiamento.

In questo caso lo spessore del PTFE potrà essere limitato a mm 2 ± 0,2.

Il materiale usato per l'incollaggio dovrà fornire una forza di adesione al supporto di almeno 0,40 Kg. per millimetro di larghezza nella prova di strappo innescato con un angolo di 90°.

Il progetto dell'apparecchio dovrà essere tale che, anche durante la massima escursione, la piastra superiore dovrà sempre ricoprire interamente quella rivestita di PTFE.

a) *Pressioni ammissibili.*

Per le superfici di scorrimento orizzontali si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 30 N/mm² [300 Kg/cm²];
- con carico massimo, 45 N/mm² [450 Kg/cm²];

Per i listelli di guida, che saranno sempre senza tasche per il grasso, la pressione ammissibile sarà di 60 N/mm² [600 Kg/cm²]; se i carichi non agiscono in modo permanente.

In caso contrario verranno le limitazioni per le superfici di scorrimento orizzontali.

Per i rivestimenti delle calotte sferiche si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 17 N/mm² [170 Kg/cm²];
- con carico massimo 25 N/mm² [250 Kg/cm²]

b) Cavità per il lubrificante di grasso al silicone.

La profondità di questa cavità non potrà essere maggiore dello spessore di PTFE sporgente al di fuori dell'alloggiamento.

Nel calcolo delle pressioni sul PTFE la sua superficie verrà considerata interamente, senza escludere l'area delle cavità.

3. Coefficiente d'attrito

L'Impresa dovrà fornire i diagrammi del coefficiente d'attrito, previsto per gli appoggi da essa forniti, al variare della pressione di contatto sul PTFE nelle peggiori condizioni di funzionamento prevedibile (indicativamente a -30°C e con movimenti a bassa velocità, conseguenti a fenomeni di dilatazione).

4. Parti in composizione saldata.

Il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, effettuate durante produzione dovranno essere ottemperanti alla normativa vigente.

Tali controlli saranno eseguiti presso gli Istituti designati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico della stazione appaltante.

5. Protezione anticorrosiva.

Tutte le parti meccaniche dovranno essere protette contro la corrosione.

Il ciclo dovrà rispettare le seguenti caratteristiche: sabbiatura a metallo bianco seguita da uno dei cicli di verniciatura contenuti nel punto "verniciature" del presente Capitolato.

Le superfici che dovranno venire a contatto col calcestruzzo saranno protette, finì al momento della messa in opera, con un film di materiale sintetico facilmente asportabile della messa in opera, oppure con altri idonei accorgimenti, tali da permettere la sistemazione in opera con superfici ancora esenti da ruggine e da altre sostanze tali da riprodurre l'aderenza acciaio/malta d'ancoraggio.

6. Antipolvere

Gli appoggi ove progettualmente previsto, saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschia polvere e soffietti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio.

I fermi e i contrassegni degli appoggi, di cui ai punti 3 e 4., dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

2.4.1.4 ASSEMBLAGGIO

1. Collegamenti provvisori.

Durante il trasporto ed il montaggio le parti mobili saranno tenute in posizione mediante collegamenti provvisori, da eliminare dopo la posa in opera.

A tal fine saranno evidenziati con colore diverso da quello dell'appoggio (per esempio giallo).

2. Pre-regolazione.

La pre-regolazione degli apparecchi sarà eseguita dall'Impresa al momento del collegamento alle strutture; i valori della pre-regolazione dovranno corrispondere a quelli precedentemente prescritti dalla Direzione Lavori.

3. Contrassegni.

Gli apparecchi saranno dotati di targhetta metallica con le seguenti indicazioni:

- nome dell'Impresa;
- tipo di apparecchio e sue funzioni (multidirezionale, fisso, ecc.);
- carico verticale di progetto;
- eventuale carico orizzontale di progetto;
- escursione longitudinale di progetto;
- eventuali altre indicazioni utili per la corretta posa in opera.

4. Riferimenti.

Gli apparecchi saranno dotati di riferimenti per il loro posizionamento.

In particolare, saranno indicati gli assi dell'appoggio e la direzione di scorrimento longitudinale.

Gli apparecchi saranno inoltre dotati di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

2.4.1.5 POSA IN OPERA

1. Verifica delle sedi predisposte.

Prima di iniziare le operazioni di posa in opera, l'Impresa dovrà verificare a sua cura e spese le sedi predisposte nelle strutture sotto e soprastanti gli appoggi.

In particolare, sarà verificata l'orizzontalità della sede, che dovrà essere ripristinata dall'Impresa se presenterà difetti superiori alla tolleranza indicata nello 0,1% per ogni tipo di apparecchio.

Tale ripristino sarà a carico dell'Impresa per difetti di orizzontalità fino allo 0,5%; oltre tale tolleranza per la sola parte eccedente lo 0,5% il ripristino sarà compensato con apposito prezzo.

In ogni caso le irregolarità eventualmente rilevate dovranno essere segnalate dall'Impresa alla Direzione dei Lavori per iscritto e prima dell'inizio della posa in opera.

In mancanza di tale comunicazione scritta, si intenderà che l'Impresa ha riscontrato la correttezza delle suddette predisposizioni.

2. Collegamento alla struttura e ripristino dell'orizzontalità

Gli appoggi quando progettualmente previsto devono essere adeguatamente collegati alle strutture sotto e sovrastanti con zanche d'appoggio.

È a carico dell'Impresa la realizzazione di tali collegamenti, con tutte le forniture, prestazioni ed oneri ad essa inerenti.

In funzione delle condizioni specifiche si potranno impiegare: iniezioni di resina, strati di conguaglio in resina o in malta di resina, in malta cementizia reoplastica (questi ultimi verranno impiegati per spessori superiori ai 5 cm) oppure tirafondi metallici, annegati preventivamente nelle strutture, o sigillati entro gli alloggiamenti appositamente precostituiti.

In casi particolari il collegamento sarà realizzato saldando l'apparecchio a contropiastre annegate nelle strutture.

In ogni caso il collegamento dovrà soddisfare i requisiti specificati nella distinta allegata.

Il metodo proposto dall'Impresa sarà sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori, la quale potrà eventualmente richiedere l'effettuazione preventiva di prove sperimentali a carico dell'Impresa.

Le lavorazioni approvate dalla Direzione Lavori saranno compensate con appositi prezzi da indicare nell'offerta.

Qualora le condizioni atmosferiche siano tali da richiedere, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, sistemi di riscaldamento, verrà riconosciuto un apposito sovrapprezzo.

2.5. RITEGNI ANTISISMICI

2.5.1 Requisiti generali

I ritegni, laddove previsti dal progetto approvato, dovranno consentire la realizzazione di un sistema di vincoli "rigidi" provvisori atti ad impedire durante l'evento sismico i movimenti relativi nella struttura in punti prestabiliti.

Essi si distinguono in:

- tipo fisso: realizza essenzialmente una cerniera sferica (rotazione intorno a 3 assi) con capacità di assorbire azioni sia longitudinali che trasversali;
- tipo mobile: consente gli spostamenti longitudinali derivanti da azioni applicate in modo pressochè statico e capace, invece, di assorbire le azioni impulsive sia longitudinali che trasversali; esso risulta costituito essenzialmente da un cilindro in cui, portato da uno stelo passante, alloggia un pistone a tenuta che crea due distinte camere riempite con olio idraulico resistente all'invecchiamento e con esclusione di qualsiasi altro tipo di fluido.

I ritegni antisismici dovranno essere costruiti in conformità alle norme tecniche previste dalla normativa vigente dalle relative istruzioni, dalla circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 31/10/1986 e dalle successive modificazioni nonchè dalle norme CNR 10011 e la circolare n° 2357 del Min. LL. PP..

I dispositivi antisismici dovranno essere muniti di una targhetta metallica di identificazione sulla quale dovranno essere riportati:

- nome del fabbricante e anno di produzione;
- modello;
- massima spinta assorbibile;
- entità della corsa dell'apparecchio mobile con un riscontro di riferimento per la verifica di funzionamento in corso di esercizio.

2.5.2 Protezione delle parti metalliche

Gli apparecchi dovranno essere provvisti di un rivestimento protettivo sulle superfici soggette ad aggressione chimica e fotochimica.

2.5.3 Posa in opera

Il collegamento dei dispositivi di ritegno con l'impalcato e le sottostrutture dovrà essere realizzato in modo che sia garantita la possibilità di una agevole ispezione, relativa manutenzione (verniciatura) ed eventuale sostituzione che dovrà avvenire senza dover sollevare l'impalcato e senza alcuna limitazione all'esercizio.

Il ritegno tipo fisso dovrà essere sostituibile con un sollevamento massimo dell'impalcato di 40 mm.

2.6 AMMORTIZZATORI ANTISISMICI

La fornitura degli ammortizzatori antisismici dovrà avvenire da parte di Ditta produttrice che assicuri la qualità dei prodotti, in conformità alla Circolare n. 2357 del Min. LL. PP..

L'Impresa sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori i tipi di apparecchi che intende utilizzare, unitamente ai disegni di assieme quotati, indicando le caratteristiche d'insieme degli apparecchi e le verifiche di resistenza delle singole parti componenti. Nei suddetti elaborati saranno precisate, per ciascuna parte costituente gli apparecchi, qualità e classe dei materiali di ogni apparecchio.

Per le eventuali parti in composizione saldata saranno definite le dimensioni dei cordoni e le tecnologie di saldatura.

Si distinguono le tre tipologie:

- Ammortizzatori antisismici in neoprene espanso;
- Ammortizzatori antisismici in acciaio;
- Ammortizzatori antisismici in gomma armata.

2.6.1 Ammortizzatori antisismici in neoprene espanso

Dovranno essere in neoprene espanso a cellule aperte, atti a dissipare una pressione di almeno 1 MPa ad una velocità di deformazione di 150 mm/s e con uno schiacciamento pari al 50% del loro spessore.

Sulle facce soggette a compressione dovranno essere vulcanizzate due lastre in acciaio di adeguato spessore, opportunamente sagomate, per il fissaggio degli apparecchi alle strutture.

2.6.2 Ammortizzatori antisismici in acciaio

Saranno costituiti da parti in acciaio e parti in materiali termoplastici (teflon, elastomeri, etc.).

L'Impresa dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavoro,, dei tempi necessari per la fornitura ed il montaggio degli apparecchi di appoggio e degli ammortizzatori antisismici, nonché di tutte le altre operazioni necessarie alla posa in opera, il tutto a sua cura e spese.

2.6.4 Ammortizzatori antisismici in gomma armata

Saranno di tipo elastico a doppio effetto costituiti essenzialmente da più dischi di gomma armata disposti in serie e collegati tra loro da una struttura metallica dotata di opportuni rinvii

meccanici atti a tenere i dischi di gomma compressi sia che al dispositivo sia applicata una forza di compressione, sia di trazione. La Ditta produttrice dovrà consegnare diagrammi forza-spostamento al variare delle sollecitazioni dinamiche previste in caso di sisma.

L'Impresa dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavoro,, dei tempi necessari per la fornitura ed il montaggio degli apparecchi di appoggio e degli ammortizzatori antisismici, nonché di tutte le altre operazioni necessarie alla posa in opera, il tutto a sua cura e spese.

2.7 GIUNTI DI DILATAZIONE

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uopo predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta.

L'Impresa sarà tenuta a fornire, i dati tecnici inerenti le caratteristiche del giunto.

Tali dati dovranno risultare tenendo conto del calcolo delle deformazioni previste per la struttura ,delle deformazioni viscosse, del ritiro dei calcestruzzi, delle variazioni termiche, dei carichi accidentali, ecc.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n 34233 del 25-2-1991.

Sulla base di tali dati l'Ente si riserva di provvedere direttamente alla fornitura e posa in opera dei giunti di dilatazione per impalcati di opere d'arte.

Restano a carico dell'Impresa gli oneri di assistenza alla posa in opera, tra i quali in particolare vengono espressamente indicati le seguenti operazioni:

- magazzinaggio e guardiania degli apparecchi fino al loro fissaggio definitivo;
- trasporto in cantiere fino alla posizione di montaggio;
- tutte le predisposizioni necessarie per consentire il collegamento fra gli apparecchi di giunto e le strutture, quali in particolare:
 - l'adattamento dei casseri;
 - le cavità da predisporre nelle strutture per l'ancoraggio di zanche e tirafondi, anche con la predisposizione di armature in attesa;
 - la posa in opera di profilati metallici ed altri manufatti annegati nel calcestruzzo, con le relative zanche di ancoraggio;

L'Impresa dovrà tener conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopraindicate.

Tutti gli oneri relativi alle operazioni sopra dette sono compresi e compensati nei corrispondenti prezzi di Elenco.

2.8 DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAGLI IMPALCATI DELLE OPERE D'ARTE

Tali dispositivi verranno eseguiti dall'Impresa in conformità alle indicazioni di progetto esecutivo ed alle disposizioni della Direzione Lavori.

Detti dispositivi dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali” e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n° 34233 del 25/2/1991.

I relativi oneri saranno compensati coi corrispondenti prezzi di elenco.

2.9 SOTTOVIA

I sottovia da realizzare al di sotto del tracciato stradale in progetto dovranno essere realizzati in c.a. e come tali rispondere ai requisiti già esposti nella Sezione “calcestruzzi” del presente Capitolato.

3.0 SPECIFICA DI CONTROLLO

3.1. Disposizioni generali

La seguente specifica si applica ai vari tipi di ponti viadotti e sottovia ricadenti all'interno dell'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

Le opere in oggetto sono costituite da:

- manufatti realizzati in conglomerato cementizio, posti in opera in particolari condizioni e con accorgimenti peculiari;
- opere finite accessorie (pali, pozzi di fondazione; etc.);
- manufatti realizzati in strutture metalliche particolare e/o specifici di questo tipo di realizzazioni.

Per i controlli di alcune classi di lavoro, si farà riferimento alle corrispondenti sezioni del presente Capitolato, per le lavorazioni, i materiali, le parti d'impianto, la posa in opera, non compresi nelle specifiche di cui sopra si farà riferimento ad integrazione delle citate specifiche, alle prescrizioni contenute nei successivi paragrafi.

3.2 SPALLE, PILE, IMPALCATI

Per quanto riguarda i controlli per la loro realizzazione, in opera e fuori opera si dovrà fare riferimento alla specifica “calcestruzzi” del presente Capitolato.

3.3 IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO

Questa tipologia di opere comprende sia le strutture portanti che i bulloni e i chiodi necessari per l'accoppiamento delle varie parti.

3.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le opere in oggetto si utilizzeranno tutti i materiali Indicati nelle specifiche di progetto, e nel Capitolato di Costruzione.

Questi materiali debbono soddisfare i requisiti richiesti nella Normativa Tecnica “per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”, di cui alle normative vigenti, nonché quanto indicato nei corrispondenti punti della presente sezione.

L'Impresa deve quindi provvedere all'approvvigionamento dei suddetti materiali presso fornitori qualificati ed in grado di fornire gli stessi in accordo alle norme e specifiche sopra citate.

I materiali forniti debbono essere corredati dalla apposita certificazione richiesta nelle norme citate, o da certificati di prove di laboratorio sui lotti di materiale fornito, in alternativa ai precedenti, come di seguito dettagliato.

3.3.2. CONTROLLI SUI MATERIALI

Il controllo della rispondenza dei materiali alle prescrizioni del contratto è demandato al fornitore.

All'atto della ricezione dei materiali in cantiere, si dovrà verificare che siano corredati di tutta la certificazione richiesta dal presente Capitolato e dalla normativa di legge.

I materiali debbono infatti pervenire dal fornitore accompagnati dalla loro certificazione di qualità in accordo alle prescrizioni della normativa vigente ed alle norme UNI qui di seguito citate:

a) profilati, piatti, larghi piatti e lamiere: per questi materiali, destinati alla costruzione di

pezzi saldati, ogni lotto di fornitura deve essere corredato da certificazione della composizione chimica e delle prove meccaniche richieste nel Capitolato e nelle norme:

- UNI 7070/82- per le caratteristiche meccaniche e di disossidazione;
- UNI 7937 per il coefficiente di strizione;
- UNI 5329 per il controllo ultrasonoro.

b) materiali vari per elementi non saldati: lamiere strigliate; grigliati.

La certificazione accompagnatoria di ogni lotto deve essere conforme alle Norme UNI 7070/82.

c) bulloneria: ogni lotto deve essere accompagnato da certificazione in accordo alle norme:

- UNI 3740 e UNI 7845, per le prove di controllo dimensionale, durezza (HRC), carico di rottura, snervamento;
- UNI 3740 per la resilienza, che, calcolata in accordo alla suddetta norma dovrà essere superiore a 30 J a 20 °C.

Le prove non distruttive saranno eseguite su un campione pari al 5% del lotto sottoposto a collaudo.

Le prove distruttive saranno effettuate su un campione pari al 1 % del lotto.

La frequenza delle prove per i materiali in acciaio sarà la seguente:

- prodotti qualificati secondo D.M. 09/01/96, 3 serie di prove ogni 60 t, provenienti da una stessa colata;
- prodotti non qualificati: prove ultrasoniche lungo la superficie dei pezzi oltre alle prove meccaniche e chimiche in accordo alle norme, da eseguire in ragione delle previsioni progettuali

Per tutti gli altri materiali il numero di prove da seguire è quello fissato dalle norme citate.

La certificazione dei controlli sui materiali farà parte della documentazione da consegnare alla DL.

3.3.3 CONTROLLI IN COSTRUZIONE PER IMPALCATI

3.3.3.1. Controlli preliminari all'inizio delle lavorazioni

L'Impresa deve, sulla base del progetto e delle prescrizioni tecniche sulla lavorazione ed il montaggio:

- redigere un piano di lavorazione sulla base del progetto esecutivo e del Capitolato di Costruzione,
- definire, per le travate a maglie triangolari, le modalità di assemblaggio del cassone;
- definire, per le stesse travate, le modalità di protezione del fondo del cassone.

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.

3.3.3.2. Controlli in fase di costruzione

I controlli in fase di costruzione sono dei tipi seguenti:

Controlli dimensionali e di posizionamento

Questo tipo di controllo deve essere eseguito prima di ogni fase di lavoro che preveda lavorazioni o messa in opera di profilati, lamiere e ogni altro tipo di componente come specificato nei disegni di progetto.

Controlli sulle saldature

Le saldature dovranno essere effettuate con le modalità prescritte al punto 2.2.c della presente sezione del Capitolato.

La loro esecuzione deve essere comunque progettata, programmata ed effettuata in accordo alla seguente normativa:

Norme generali del D.M. 26/02/1936;

Norme tecniche allegate alla normativa vigente;

Il piano di controllo delle saldature dovrà rispettare le specifiche del presente Capitolato e del progettista, e potrà seguire le seguenti indicazioni:

- piena e tra vi principali di altezza ridotta, le saldature di testa dovranno essere radiografate al 100 %;
- longitudinali di testa nella lamiera di fondo del cassone;

- trasversali di testa nella lamiera di fondo del cassone e nelle relative nervature longitudinali, se realizzate in corrispondenza delle travi trasversali sottostanti;
- concetti terminali di travi a parete piena a via inferiore, qualora sia prevista una riduzione di altezza delle stesse in prossimità degli appoggi;

Essi non potranno comunque essere inferiori ad un controllo radiografico sul 20% delle saldature ed ad ultrasuoni sul restante 80%.

Controllo sul serraggio dei bulloni

Il serraggio dei bulloni dovrà essere effettuato con le modalità operative illustrate al punto 2.2.c della presente sezione del Capitolato.

Il controllo dei nodi imbullonati avverrà con le seguenti modalità:

- Si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- Si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- Si 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.

Controlli sulle chiodature

Si effettueranno i controlli prescritti dalla normativa vigente, con la stessa frequenza e modalità indicate per il serraggio dei bulloni.

Controllo delle frecce d'inflexione e corretta posa in opera dei manufatti.

Alcuni tipi di travatura potranno essere costruite con contrefrecce di montaggio.

Le frecce in oggetto dovranno essere controllate per ogni trave posta in opera e registrate su apposito registro.

Controllo sui rivestimenti e verniciature

Il controllore dovrà verificare visivamente lo stato generale delle verniciature e prendere di conseguenza le opportune azioni per il ripristino delle stesse.

3.3.4 CONTROLLI IN FASE DI ASSEMBLAGGIO E POSA IN OPERA

3.3.4.1. IMPALCATI IN C.A.P.

L'Impresa deve preparare il "Piano di sollevamento/varo" dell'impalcato, con l'elencazione delle caratteristiche e tipologia delle attrezzature da impiegare.

Questo Piano operativo sarà presentato alla D.L. per approvazione.

Dopo l'approvazione e prima della fase di montaggio dell'impalcato, l'Impresa dovrà dare comunicazione alla D.L. della data di inizio dei lavori.

3.3.4.2. PILE PER VIADOTTI

Per quanto riguarda i controlli per la loro realizzazione, in opera e fuori opera si dovrà fare riferimento alla specifica "calcestruzzi" del presente Capitolato.

3.4 APPARECCHI DI APPOGGIO

Premesso che gli apparecchi di appoggio ed i coprigiunti dovranno essere del tipo omologato ed approvato dalla committente, la presente procedura di controllo fa' riferimento alla documentazione di tipo contrattuale nonché a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.

3.4.1 CONTROLLI SULLE FORNITURE E SUI MATERIALI

3.4.1.1. CONTROLLI DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO

Si controllare, in sede di posa in opera, che ogni apparecchio fornito sia dotato della documentazione di verifica e controllo del produttore.

3.4.1.2. CONTROLLI DELLA POSA IN OPERA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO

La posa in opera avverrà secondo le indicazioni riportate al punto 2.4.1.5 della presente Sezione.

Le verifiche di posa in opera, sdraino effettuate dall'Impresa, in contraddittorio con la DL, per ogni lotto di appoggi relativi ad una singola opera d'arte.

I controlli riguarderanno, oltre a quanto riportato nel predetto punto:

- verifica dell'esistenza del disegno di posa in opera;
- verifica del posizionamento dell'apparecchio, in conformità al disegno di posa;
- planarità delle superfici di appoggio, in modo che i piani di scorrimento degli appoggi siano orizzontali;
- parallelismo dei piani di scorrimento, nel caso in cui sullo stesso asse di appoggio vi siano più apparecchi mobili;
- verifica della pre-regolazione della corsa.

3.5 IMPERMEABILIZZAZIONE

Prima di procedere alle operazioni di posa in opera delle impermeabilizzazioni, l'Impresa dovrà presentare alla D.L. la documentazione relativa alle certificazioni delle prove di prequalifica, in accordo a quanto indicato nel Capitolato ed a quanto riportato nel successivo punto.

La documentazione dovrà essere trasmessa alla D.L. prima della messa in opera dell'impermeabilizzazione.

3.5.1 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.

Tali prove potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere.

3.5.3 CONTROLLI IN POSA IN OPERA

Durante le fasi di posa in opera che avverrà secondo le indicazioni riportate nella presente sezione del Capitolato, si dovranno effettuare i controlli di seguito riportati.

Gli esiti e le certificazioni di queste verifiche dovranno essere riportati in apposito registro,

A) Manti di mastice di asfalto sintetico

- 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 della membrana;
- verifica della miscela alla composizione prevista.

B) Manti in guaine bituminose preformate armate

- 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 della membrana.

SEZIONE 13

- BARRIERE E PARAPETTI -

INDICE

- 1.0 Generalità
- 1.1 Caratteristiche delle barriere di sicurezza in acciaio
- 1.2 Caratteristiche dei parapetti metallici
- 1.3 Prove tecniche (statiche dinamiche) sulle barriere
- 1.4 Barriere di sicurezza tipo "NEW JERSY"
 - 1.4.1 Generalità
 - 1.4.2 Descrizione delle opere
 - 1.4.3 Barriere "NEW JERSY" in conglomerato cementizio
 - 1.4.4 Barriere "NEW JERSEY" in acciaio

1.0 Generalità

Le barriere di sicurezza stradali verranno installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle autostrade a protezione di specifiche zone, secondo le caratteristiche e le modalità tecniche costruttive previste dal progetto.

Le zone, ai margini della carreggiata stradale, da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 03-06-1998 e sue successive modifiche ed integrazioni.

Al fine di elevare il livello di servizio delle strade ed autostrade statali e la qualità delle pertinenze stradali, di garantire le migliori condizioni di sicurezza per gli utenti della strada e per i terzi, di assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedirne la fuoriuscita dei veicoli, le barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle circolari e dei decreti emessi dal Ministero dei LL.PP.

Nel caso di "barriere stradali di sicurezza" da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.) si dovranno accertare ai sensi della normativa vigente le strutture di supporto realizzate in genere in c.a..

I parapetti su opere d'arte stradali (ponti, viadotti, sottovia o cavalcavia, ecc., muri di sostegno) verranno installati in corrispondenza dei cigli dei manufatti.

Le barriere ed i parapetti devono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto.

Inoltre devono assicurare il "contenimento" dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

Per gli altri tipi di barriere di sicurezza, che dovranno essere realizzate secondo le istruzioni tecniche previste dal D.M. del 03-06-1998 e successive modifiche ed integrazioni, ed a norma delle disposizioni ed istruzioni sopra elencate, il progetto esecutivo indicherà e prescriverà peraltro: la tipologia, la classe di contenimento e la deformabilità massima ritenuta accettabile in ragione della particolarità della zona di installazione.

La barriera sarà costituita da una serie di sostegni in profilato metallico e da una fascia orizzontale metallica, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori.

Le fasce dovranno essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi ad una altezza non inferiore a cm 70 dalla pavimentazione finita e che il loro filo esterno abbia aggetto non inferiore a cm 15 dalla faccia del sostegno lato strada.

Le fasce saranno costituite da nastri metallici aventi: spessore minimo di mm. 3, profilo a doppia onda, altezza effettiva non inferiore a mm. 300, sviluppo non inferiore a mm. 475, modulo di resistenza non inferiore a cm^3 25.

Le fasce dovranno essere collocate in opera con una sovrapposizione non inferiore a cm. 32. I sostegni della barriera saranno costituiti da profilati metallici, con profilo a C di dimensioni non inferiori a mm 80x120x80, aventi spessore non inferiore a mm 6, lunghezza non inferiore a m 1,65 per le barriere centrali e m 1,95 per quelle laterali.

I sostegni stessi dovranno essere infissi in terreni di normale portanza per una profondità non minore di m 0,95 per le barriere centrali e m 1,20 per le barriere laterali e posti ad intervallo non superiore a m 3,60.

La Direzione dei Lavori potrà ordinare una maggiore profondità od altri accorgimenti esecutivi per assicurare un adeguato ancoraggio del sostegno in terreni di scarsa consistenza, come pure potrà variare l'interasse dei sostegni.

In casi speciali, quali zone rocciose od altro, previa approvazione della Direzione dei Lavori, i sostegni potranno essere ancorati al terreno a mezzo di basamento in calcestruzzo avente almeno un $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ e delle dimensioni fissate dal progetto.

Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per non meno di cm 32, effettuata in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

Il collegamento delle fasce tra loro ed i loro sostegni, con l'interposizione dei distanziatori metallici, deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i sistemi di attacco (bulloni e piastrine copriasola) debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

I distanziatori avranno: altezza di cm 30; profondità non inferiore a cm 15; spessore minimo di m 2,5, salvo l'adozione, in casi speciali, di distanziatori del "tipo europeo".

I sistemi di attacco saranno costituiti da: bulloneria a testa tonda ad alta resistenza e piastrina copriasola antisfilamento di dimensioni mm 45x100 e di spessore mm 4.

Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a 300 g/m^2 per ciascuna faccia e nel rispetto della normativa UNI 5744/66.

I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo un movimento verticale di più o meno cm 2 ed orizzontale di più o meno cm 1.

Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire la installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a m 50 senza ricorrere a pezzi o sagomature speciali.

Ogni tratto sarà completato con pezzi terminali curvi, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

SEZIONE 12

- PAVIMENTAZIONI -

INDICE

- 1.0. Generalità
- 1.1 STRATI DI FONDAZIONE
 - 1.1.1 Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato
 - 1.1.1.1 Fondazione eseguita con materiale proveniente da cava, da scavi o da depositi
 - 1.1.1.2 Modalità esecutive
 - 1.1.2 Fondazione in misto cementato confezionato in centrale
 - 1.1.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare
 - 1.1.2.1.1 Inerti
 - 1.1.2.1.2 Legante
 - 1.1.2.1.3 Acqua
 - 1.1.2.1.4 Studio della miscela in laboratorio
 - 1.1.2.1.5 Modalità esecutive
 - 1.1.2.1.5.1 Confezione delle miscele
 - 1.1.2.1.5.2 Posa in opera
 - 1.1.2.1.5.3 Protezione superficiale
 - 1.1.2.1.5.4 Requisiti di accettazione
- 1.2 STRATO DI BASE
 - 1.2.1 Generalità
 - 1.2.1.1 Inerti.
 - 1.2.1.2 Legante.
 - 1.2.1.3 Miscela
 - 1.2.1.4 Formazione e confezione delle miscele.
 - 1.2.1.5 Posa in opera delle miscele.
- 1.3 STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA
 - 1.3.1 Generalità
 - 1.3.1.1 Inerti
 - 1.3.1.2 Legante
 - 1.3.1.3 Miscele
 - 1.3.1.4 Controllo dei requisiti di accettazione.
 - 1.3.1.5 Formazione e confezione degli impasti
 - 1.3.1.6 Attivanti l'adesione
 - 1.3.1.7 Conglomerato bituminoso drenante per strati di usura
 - 1.3.1.7.1 Inerti
 - 1.3.1.7.2 Legante
 - 1.3.1.7.3 Miscele
 - 1.3.1.7.4 Confezione e posa in opera del conglomerato
- 1.4 TRATTAMENTI SUPERFICIALI
 - 1.4.1 Generalità
 - 1.4.1.1 Trattamento con emulsione a freddo
 - 1.4.1.2 Trattamento con bitume a caldo
 - 1.4.1.3 Trattamento a caldo con bitume liquido.
- 1.5 SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI
- 1.6 FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE
- 1.7 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE
 - 1.7.1 Generalità

- 1.7.1.1 Inerti
- 1.7.1.2 Legante
- 1.7.1.3 Miscela
- 1.7.1.4 Formazione e confezione delle miscele.
- 1.7.1.5 Posa in opera delle miscele.
- 1.8 MICROTAPPETI A FREDDO
- 1.8.1 Generalità
- 1.8.1.1 Inerti
- 1.8.1.2 Additivi
- 1.8.1.3 Miscele
- 1.8.1.4 Malta bituminosa
- 1.8.1.5 Composizione e dosaggi della miscela
- 1.8.1.6 Acqua
- 1.8.1.7 Confezionamento e posa in opera
- 1.9 MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA
- 1.9.1 Generalità
- 1.9.1.1 Materiali chiari naturali
- 1.9.1.2 Materiali artificiali chiari.
- 1.9.1.3 Modalità esecutive
- 1.10 PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA
- 1.10.1 Materiali.
- 1.10.2 Posa in opera
- 1.10.3 Sigillature dei giunti
- 1.11 Cordoli

2.0 SPECIFICA DI CONTROLLO

- 2.0.1 Disposizioni generali
- 2.1 STRATI DI FONDAZIONE
- 2.1.1 Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato
- 2.1.1.1 Prove di laboratorio
- 2.1.1.2 Prove di controllo in fase esecutiva
- 2.1.1.2.1 Prove di laboratorio
- 2.1.1.2.2 Prove in sito
- 2.1.2 Fondazione in misto cementato confezionato in centrale
- 2.1.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare
- 2.1.2.1.1 Inerti
- 2.1.2.1.2 Legante
- 2.1.2.1.3 Acqua
- 2.1.2.1.4 Studio della miscela in laboratorio
- 2.1.1.2 Prove di controllo in fase esecutiva
- 2.1.1.2.1 Prove di laboratorio
- 2.1.1.2.2 Prove in sito
- 2.2 STRATO DI BASE
- 2.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare
- 2.2.1.1 Inerti
- 2.2.1.2 Legante
- 2.2.1.3 Studio della miscela in laboratorio

- 2.2.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva
- 2.2.1.5 Prove di laboratorio
- 2.2.1.6 Prove in sito
- 2.3 STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA
- 2.3.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare
 - 2.3.1.1 Inerti
 - 2.3.1.2 Legante
 - 2.3.1.3 Studio della miscela in laboratorio
 - 2.3.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva
 - 2.3.1.5 Prove di laboratorio
 - 2.3.1.6 Prove in sito
- 2.4 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE
- 2.5 MICROTAPPETI A FREDDO
- 2.5.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare
 - 2.5.1.1 Inerti
 - 2.5.1.2 Legante
 - 2.5.1.3 Studio della miscela in laboratorio
 - 2.5.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva
 - 2.5.1.5 Prove di laboratorio
 - 2.5.1.6 Prove in sito
- 2.6 MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA
- 2.6.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare
 - 2.6.1.1 Inerti
 - 2.6.1.2 Legante
 - 2.6.1.3 Studio della miscela in laboratorio
 - 2.6.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva
 - 2.6.1.5 Prove di laboratorio
 - 2.6.1.6 Prove in sito
- 2.7 PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA
- 2.7.1 Materiali.
- 2.7.2 Posa in opera
- 2.7.3 Sigillature dei giunti
- 2.8 Cordoli

1.0 GENERALITA'

In linea generale, salvo diversa disposizione della DL, la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del 2%, raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di m 0.50.

Alle banchine sarà invece assegnata la pendenza trasversale del 2.5 %.

Per le sedi unidirezionali delle autostrade, nei tratti in rettilineo, si adotterà di norma la pendenza trasversale del 2%.

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con la pendenza prevista da progetto in accordo con la DL, in funzione del raggio di curvatura e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettifili o altre curve precedenti e seguenti.

Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dal progetto in accordo con la DL, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio eseguite.

I materiali, le terre, impiegati nella realizzazione della sovrastruttura, nonché la loro provenienza dovranno soddisfare le prescrizioni riportate in questa sezione.

La DL potrà ordinare ulteriori prove su detti materiali, presso il Laboratorio del Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori Ufficiali.

In cantiere dovranno essere attrezzati dei laboratori, con personale qualificato, nei quali eseguire le prove di routine per l'identificazione delle richieste caratteristiche.

L'approvazione della DL circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la riuscita del lavoro.

L'Impresa dovrà curare di garantire la costanza della massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente imposto dai punti seguenti, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto più di 1 cm, controllata a mezzo di un regolo lungo 4.50 m disposto secondo due direzioni ortogonali, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 3%, rispetto agli spessori di progetto, purchè questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre all'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.

Di norma la pavimentazione stradale sul ponte deve essere tale da non introdurre apprezzabili variazioni di continuità rispetto alla strada nella quale il ponte è inserito.

Pertanto, in linea di massima, nel caso di sovrastrutture di tipo "flessibile", salvo casi particolari, sul ponte devono proseguire gli strati superiori di pavimentazione in conglomerato bituminoso. L'anzidetta pavimentazione deve presentare pendenza trasversale minima non inferiore al 2%.

Il conglomerato bituminoso deve presentare una percentuale di vuoti particolarmente bassa onde ridurre i pericoli di permeazione e saturazione d'acqua nella pavimentazione, facilitate dalla presenza della sottostante impermeabilizzazione, aventi idonee caratteristiche tecniche costruttive.

2.2 STRATI DI FONDAZIONE

1.1.1 - Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato

La fondazione è costituita da miscele di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tali miscele (trattenuto al setaccio 2 UNI) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

La fondazione potrà essere formata da materiale idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o in sito.

Lo spessore della fondazione sarà conforme alle indicazioni di progetto e/o dalla Direzione Lavori, e verrà realizzato mediante sovrapposizione di strati successivi.

1.1.1.1 Fondazione eseguita con materiale proveniente da cava, da scavi o da depositi

Il materiale da impiegare, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, dovrà rispondere alle caratteristiche seguenti:

- a) dimensioni non superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
crivello 5	25 - 55
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0,4	7 - 22
setaccio 0,075	2 - 10

- c) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- d) perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;

- e) equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) misurato sulla frazione passante al setaccio n 4 compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul 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 25-35, 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 (CNR – UNI 10009) di cui al successivo comma.

- f) indice di portanza CBR (CNR – UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50.

inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ 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), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 – 35;

- g) Prova di costipamento delle terre, con energia AASHO modificata (CNR 69 – 1978).

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, mediante prove di laboratorio sui campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori a tempo opportuno, prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà indicare per iscritto il tipo di lavorazione che intende adottare ed il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno accertati dalla Direzione Lavori con controlli sia preliminari che in corso d'opera.

In quest'ultimo caso verrà prelevato il materiale in sito già miscelato, prima e dopo il costipamento.

Per il materiale proveniente da cave l'impresa dovrà indicare le fonti di approvvigionamento e la Direzione Lavori si riserva di accertarne i requisiti di accettazione mediante controlli sia in cava che in corso d'opera con le modalità sopra specificate.

Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non rispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo insindacabile giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni interventi correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

1.1.1.2 Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza previsti in progetto ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo il costipamento, 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 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 per ogni cantiere, verranno accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

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 (CNR 69 – 1978) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D).

Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di mm 25, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

di Pc (100 - x)

dr = -----

100 Pc - x di

dr = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in laboratorio;

di = densità della miscela intera;

Pc = Peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

X = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a mm 35, compresa tra il 25% e il 40%.

In tal caso nella stessa formula, al termine x dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione (CNR 146 – 1992) nell'intervallo compreso fra 0,15 - 0, 25 MPa non dovrà essere inferiore a 80 MPa.

In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4, 00 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'Impresa a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

1.1.2 Fondazione in misto cementato confezionato in centrale

Il misto cementato per fondazione o per base sarà costituito da una miscela di aggregati lapidi, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in unico strato dello spessore indicate in progetto e comunque non dovrà mai avere uno spessore finito superiore ai 20 cm o inferiore ai 10 cm.

1.1.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

1.1.2.1.1 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 aggregati.

La Direzione Lavori potrà autorizzare l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a sette giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,75 mm.

Gli inerti dovranno avere i seguenti requisiti:

- a) dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR 23 - 1971):

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso
crivello 40	100
crivello 30	80 - 100
crivello 25	72 - 90
crivello 15	53 - 70
crivello 10	40 - 55
crivello 5	28 - 40

setaccio 2	18 - 30
setaccio 0,4	8 - 18
setaccio 0,18	6 - 14
setaccio 0,075	5 - 10

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) non superiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia (CNR 27 - 1972) compreso fra 30 - 60;
- e) indice di plasticità (CNR UNI 10014) non determinabile (materiale non plastico).

1.1.2.1.2 Legante

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno).

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2, 5% ed il 3,5% sul peso degli aggregati asciutti.

E' possibile sostituire parzialmente il cemento con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione: orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche scaturirà da apposite prove di laboratorio da effettuare a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

1.1.2.1.3 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 (CNR 69 - 1978) con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

1.1.2.1.4 Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, dovranno essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (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 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm 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 modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51+0,5 mm, peso pestello 4,535+0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliana" (CNR 97 – 1984), non inferiore a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di $\pm 15\%$, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

1.1.2.1.5 Modalità esecutive

1.1.2.1.5.1 Confezione delle miscele

Le miscele dovranno essere confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La dosatura degli aggregati dovrà essere effettuata sulla base di almeno 4 classi con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La zona destinata all'ammannimento degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano 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.

1.1.2.1.5.2 Posa in opera

La miscela dovrà essere stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate nell'ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 bar e carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa, previo benestare della Direzione Lavori, rulli misti vibranti-gommati rispondenti alle caratteristiche di cui sopra.

In ogni caso l'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento dovranno essere verificate preliminarmente dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale delle miscele messe a punto.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 273 K e superiori a 298 K e mai sotto la pioggia. Tuttavia, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa a temperature tra i 298 e i 303 K.

In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezionamento al luogo di impiego (ad esempio con teloni), sarà inoltre necessario provvedere ad un abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 288 e 291 K 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 dell'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 h 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 stessa 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 da ottenere una parete 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.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

1.1.2.1.5.3 Protezione superficiale

Appena completati il, costipamento e la rifinitura superficiale dello strato, dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55%, in ragione di 1,0-2,0 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà essere sottoposta la fondazione, con successivo spargimento di sabbia.

1.1.2.1.5.4 Requisiti di accettazione

Le caratteristiche granulometriche delle miscele, potranno avere una tolleranza di ± 5 punti % fino al passante al crivello n°5 e di ± 2 punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Qualora le tolleranze di cui sopra vengano superate, la lavorazione dovrà essere sospesa e l'Impresa dovrà adottare a sua cura e spese quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La densità in sito, a compattazione ultimata, dovrà risultare non inferiore al 97% delle prove AASHTO modificato (CNR 69 – 1978), nel 98% delle misure effettuate.

La densità in sito sarà determinata mediante 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 con l'applicazione della formula di trasformazione di cui punto 1.1.1.2 della presente sezione, oppure con 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 con 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 valore del modulo di deformazione (CNR- 146 – 1992), al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15-0,25 MPa, in un tempo compreso fra 3-12 h dalla compattazione, non dovrà mai essere inferiore a 150 MPa.

Qualora venissero rilevati valori inferiori, la frequenza dei rilevamenti dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della Direzione Lavori e l'impresa, a sua cura e spese, dovrà demolire e ricostruire gli strati interessati.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La frequenza del controllo sarà quella ordinata dalla Direzione Lavori.

1.2 STRATO DI BASE

1.2.1 Generalità

Lo strato di base è costituito da un misto granulare di frantumato, ghiaia, sabbia ed eventuale additivo (secondo le definizioni riportate nell'art. 1 delle Norme C.N.R. sui materiali stradali - fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), normalmente dello spessore di 15 cm, impastato con bitume a caldo, previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

Lo spessore della base è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni della Direzione dei Lavori.

1.2.1.1 Inerti.

I requisiti di accettazione degli inerti impiegati nei conglomerati bituminosi per lo strato di base dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle norme C.N.R. - 1953 ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") e nelle norme C.N.R. 65-1978 C.N.R. 80-1980.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle norme C.N.R. - 1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le norme del C.N.R. B.U. n. 34 (del 28-3-1973), anziché col metodo DEVAL.

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati (nella misura che di volta in volta sarà stabilita a giudizio della Direzione Lavori e che comunque non potrà essere inferiore al 30% della miscela degli inerti) e da ghiaie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 25%.

In ogni caso gli elementi dell'aggregato dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei, inoltre non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali e di frantumazione (la percentuale di queste ultime sarà prescritta di volta in volta dalla Direzione Lavori in relazione ai valori di

scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 30% della miscela delle sabbie) che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia (C.N.R. 27 -1972) superiore a 50.

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- setaccio UNI 0,18 (ASTM n. 80): passante in peso: 100%;
- setaccio UNI 0,075 (ASTM n. 200): passante in peso: 90%.

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

1.2.1.2 Legante.

Dovranno essere impiegati bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione con le caratteristiche indicate nella tabella seguente, impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi.

Detti leganti sono denominati "A" e "B" .

La tabella che segue si riferisce al prodotto di base così com'è prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi.

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo "A", salvo casi particolari in cui potrà essere impiegato il bitume "B" (è ammissibile nelle Regioni più fredde, nord o zone in quota) sempre su preventiva autorizzazione della D.L..

TABELLA "BITUMI DI BASE"		BITUME "A"	BITUME "B"
CARATTERISTICHE:	UNITÀ	VALORE	VALORE
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	65 85	85 105
Punto di rammollimento	C / K	48-54/321-327	47-52/320-325
Indice di penetrazione		-1 / +1	-1 / +1
Punto di rottura (Fraass), min.	C / K	-8 / 265	-9 / 264
Duttilità a 25°C/298°K, min.	cm	90	100
Solubilità in solventi organici, min.	%	99	99
Perdita per riscaldamento (volatilità) T = 163°C / 436°K, max.	%	+/- 0,5	+/- 1
Contenuto di paraffina, max.	%	3	3
Viscosità dinamica a T = 60°C / 333°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	220 - 400	150 - 250
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	0,4 - 0,8	0,2 - 0,6
Valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Overt Test)			
Viscosità dinamica a T = 60°C / 333°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	700 - 800	500 - 700
Penetrazione residua a 25°C/298°K, 100g, 5s	%	≤ 70	≤ 75
Variazione del Punto di rammollimento	C / K	≤ +8 / ≤ 281	≤ + 10 / ≤ 283

L' indice di penetrazione, dovrà calcolato con la formula appresso riportata, compreso fra - 1,0 e + 1,0:

$$\text{indice di penetrazione} = 20 u - 500 v / u + 50 v$$

dove:

u = temperatura di rammollimento alla prova "palla-anello" in °C (a 25°C);

v = log. 800 - log. penetrazione bitume in dmm (a 25°C.).

1.2.1.3 Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Passante: % totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80 ÷ 100
Crivello 25	70 ÷ 95
Crivello 15	45 ÷ 70
Crivello 10	35 ÷ 60
Crivello 5	25 ÷ 50
Setaccio 2	20 ÷ 40
Setaccio 0,4	6 ÷ 20
Setaccio 0,18	4 ÷ 14
Setaccio 0,075	4 ÷ 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4 % e il 5% riferito al peso totale degli aggregati (C.N.R. 38 - 1973);

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30 -1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 700 Kg; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 250;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra 4% e 7%.I provini per le misure di stabilità e rigidità anzidette dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.La temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa; non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.
- Le miscele di aggregati e leganti idrocarburi dovranno rispondere inoltre anche alle norme C.N.R. 134 -1991;

1.2.1.4 Formazione e confezione delle miscele.

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi autorizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano 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 farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 20 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150°C e 170°C, e quella del legante tra 150°C e 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

1.2.1.5 Posa in opera delle miscele.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati nei precedenti articoli relativi alle fondazioni stradali in misto granulare ed in misto cementato.

Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione in misto cementato, per garantire l'ancoraggio, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 Kg/m².

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismo di autolivellamento.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa 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 sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa, dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 130°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati o vibrati gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione, lo strato di base dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera, su carote di 15 cm di diametro; il valore risulterà dalla media di due prove (C.N.R. 40-1973).

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 priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga m 4,00, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente.

Saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm.

Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

1.3 STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA

1.3.1 Generalità

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita da un doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e precisamente: da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura, secondo quanto stabilito dalla Direzione Lavori.

Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi, secondo le definizioni riportate nell' Art. 1 delle norme C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e compattato con rulli gommati e lisci.

1.3.1.1 Inerti

Il prelievo dei campioni di materiali inerti, per il controllo dei requisiti di accettazione appresso indicati, verrà effettuato secondo le norme C.N.R., Capitolo II del fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali").

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione, così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle Norme C.N.R. 1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le Norme C.N.R. B.U n. 34 (del 28-3-1973) anziché col metodo DEVAL.

L'aggregato grosso (pietrischetti e graniglie) dovrà essere ottenuto per frantumazione ed essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei.

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetti e graniglie che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti.

- Per strati di collegamento (BINDER):

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHO T 96, inferiore al 25% (C.N.R. 34-1973);
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,80;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali").

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi od invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

- Per strati di usura:

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHO T 96, inferiore od uguale al 20% (C.N.R. 34 -1973);
- almeno un 30% in peso del materiale dell'intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza a compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm^2 , nonché resistenza alla usura minima 0,6;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,85;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con limitazione per la perdita in peso allo 0,5%;

Per le banchine di sosta saranno impiegati gli inerti prescritti per gli strati di collegamento e di usura di cui sopra.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell' Art. 5 delle norme C.N.R. fascicolo n. 4 del 1953; ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHO T 176, (e secondo la norma C.N.R. B.U. n. 27 del 30-3-1972) non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura $2 \div 5$ mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n. 200 ASTM.

Per lo strato di usura, a richiesta della Direzione dei Lavori, il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asfaltica contenente il $6 \div 8\%$ di bitume ad alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a 25°C inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

1.3.1.2 Legante

Il bitume, per gli strati di collegamento e di usura, dovrà essere del tipo "A" e "B" riportato nel punto 1.2.1.2 della presente Sezione.

1.3.1.3 Miscela

1) Strato di collegamento (binder). La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I	Passante: % totale in peso
Crivello 25	100
Crivello 15	$65 \div 100$
Crivello 10	$50 \div 80$
Crivello 5	$30 \div 60$
Setaccio 2	$20 \div 45$
Setaccio 0,4	$7 \div 25$

Setaccio 0,18
 Setaccio 0,075

5 ÷ 15
 4 ÷ 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 5,5% riferito al peso degli aggregati (C.N.R. 38-1973).

Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati.

Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

- la stabilità Marshall, eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R. 30-1973).
- Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3 ÷ 7%. La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato. Riguardo alle misure di stabilità e rigidità, sia per i conglomerati bituminosi tipo usura che per quelli tipo binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

2) *Strato di usura*. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei seguenti fusi:

Serie crivelli e setacci U.N.I	Passante: % totale in peso	
	Fuso tipo "A"	Fuso tipo "B"
Crivello 20	100	--
Crivello 15	90 – 100	100
Crivello 10	70 – 90	70 – 90
Crivello 5	40 – 55	40 – 60
Setaccio 2	25 – 38	25 – 38
Setaccio 0,4	11 – 20	11 – 20
Setaccio 0,18	8 – 15	8 – 15
Setaccio 0,075	6 – 10	6 – 10

Il legante bituminoso tipo "A" dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 6% riferito al peso totale degli aggregati (C.N.R. 38-1973).

L'uso del legante bituminoso tipo "B" è ammissibile soltanto in zone fredde (Nord Italia o quote elevate).

Il fuso tipo "A" dovrà comprendere le curve per strati di usura dello spessore compreso tra 4 e 6 cm.

Il fuso tipo "B" dovrà comprendere le curve per strati di usura dello spessore di 3 cm.

Nelle zone con prevalenti condizioni climatiche di pioggia e freddo, dovranno essere progettate e realizzate curve granulometriche di "tipo spezzata", utilizzando il fuso "A" di cui sopra, con l'obbligo che la percentuale di inerti compresa fra il passante al crivello 5 ed il trattenuto al setaccio 2 sia pari al $10\% \pm 2\%$.

Per prevalenti condizioni di clima asciutto e caldo, si dovranno usare curve prossime al limite inferiore.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- a) resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza.

Il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30-1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 10.000 N [1000 Kg].

Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.

La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3% e 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;

- b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;
- c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;
- d) grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico, il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso fra 3% e 6% e impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferentisi alle condizioni di impiego prescelte, in permeometro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a 10^{-6} cm/sec.

Sia per i conglomerati bituminosi per strato di collegamento che per strato di usura, nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento.

In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative. Inoltre, poiché la prova va effettuata sul materiale passante al crivello da 25 mm, lo stesso dovrà essere vagliato se necessario.

1.3.1.4 Controllo dei requisiti di accettazione.

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

1.3.1.5 Formazione e confezione degli impasti

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo che per il tempo minimo di miscelazione effettiva, che, con i limiti di temperatura indicati per il legante e gli aggregati, non dovrà essere inferiore a 25 secondi.

1.3.1.6 Attivanti l'adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati (base, collegamento o binder e usura) dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione dei bitumi - aggregato ("dopes" di adesività), costituite da composti azotati di natura e complessità varia, ovvero da ammine ed in particolare da alchilammido - poliammine ottenute per reazione tra poliammine e acidi grassi C16 e C18.

Si avrà cura di scegliere tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso i Laboratori autorizzati avrà dato i migliori risultati e che conservi le proprie caratteristiche fisico - chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

Detti additivi polifunzionali per bitumi dovranno comunque resistere alla temperatura di oltre 180° C senza perdere più del 20% delle loro proprietà fisico - chimiche.

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni d'impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% sul peso del bitume da trattare (da Kg 0,3 a Kg 0,6 per ogni 100 Kg di bitume).

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione dei Lavori.

L'immissione delle sostanze attivanti nella cisterna del bitume (al momento della ricarica secondo il quantitativo percentuale stabilito) dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio (eventualmente mediante un completo ciclo di riciclaggio del bitume attraverso la pompa apposita prevista in ogni impianto), senza inconvenienti alcuno per la sicurezza fisica degli operatori.

Per verificare che detto attivante l'adesione bitume - aggregato sia stato effettivamente aggiunto al bitume del conglomerato la Direzione dei Lavori preleverà in contraddittorio con l' Impresa un campione del bitume additivato, che dovrà essere provato, su inerti acidi naturali (graniti, quarziti, silicei, ecc.) od artificiali (tipo ceramico, bauxite calcinata, "sinopal" od altro) con esito favorevole mediante la prova di spogliazione (di miscele di bitume - aggregato), la quale sarà eseguita secondo le modalità della Norma A.S.T.M. - D 1664/80.

Potrà essere inoltre effettuata la prova di spogliamento della miscela di legante idrocarburico ed aggregati in presenza di acqua (C.N.R 138-1992) per determinare l'attitudine dell'aggregato a legarsi in modo stabile al tipo di legante che verrà impiegato in opera.

In aggiunta alle prove normalmente previste per i conglomerati bituminosi è particolarmente raccomandata la verifica dei valori di rigidezza e stabilità Marshall.

Inoltre dovranno essere effettuate le prove previste da C.N.R. 149-1992 per la valutazione dell'effetto di immersione in acqua della miscela di aggregati lapidei e leganti idrocarburici per determinare la riduzione (Δ %) del valore di resistenza meccanica a rottura e di rigonfiamento della stessa miscela in conseguenza di un prolungato periodo di immersione in acqua (facendo ricorso alla prova Marshall (C.N.R. 30-1973), ovvero alla prova di trazione indiretta "Brasiliana" (C.N.R. n° 134/1991)).

Ai fini della sicurezza fisica degli operatori addetti alla stesa del conglomerato bituminoso (base, binder ed usura) l'autocarro o il veicolo sul quale è posta la cisterna dovrà avere il dispositivo per lo scarico dei gas combusti di tipo verticale al fine di evitare le dirette emissioni del gas di scarico sul retro. Inoltre dovranno essere osservate tutte le cautele e le prescrizioni previste dalla normativa vigente per la salvaguardia e la sicurezza della salute degli operatori suddetti."

1.3.1.7 Conglomerato bituminoso drenante per strati di usura

Il conglomerato bituminoso per usura drenante è costituito da una miscela di Pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con legante bituminoso modificato.

Questo conglomerato dovrà essere impiegato prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento (zone di transizione rettifilo-clotoide, rettifilo-curva);
- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza).

1.3.1.7.1 Inerti

Gli aggregati dovranno rispondere ai requisiti elencati al punto 1.3.1.1 del presente Capitolato, con le seguenti eccezioni:

- coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. uguale o maggiore a 0.44;
- la percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta, di volta in volta, dalla Direzione Lavori in relazione ai valori di stabilità e scorrimento della prova Marshall che si intendono raggiungere, comunque non dovrà essere inferiore all'80% della miscela delle sabbie.

1.3.1.7.3 Legante

Il legante per tale strato di usura, dovranno essere del tipo modificato e presentare le seguenti caratteristiche:

Legante "E" : legante tipo "B" + 2% polietilene a bassa densità + 6% stirene butadiene stirene a struttura radiale

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE (x)
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	35 - 45
Punto di rammollimento	K	333+343

Indice di penetrazione		+1/ +3
Punto di rottura (Fraass), min.	K	261
Viscosità dinamica a T = 80°C / 353°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	180 – 450
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	0,2 – 2

Legante “F” : legante tipo “B” + 6% polietilene cavi (o 6% etilene vinilacetato + 2% polimeri) + 2% stirene butiadene stirene a struttura radiale

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE (x)
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	50 - 70
Punto di rammollimento	K	328-343
Indice di penetrazione		+1/ +3
Punto di rottura (Fraass), min.	K	261
Viscosità dinamica a T = 80°C / 353°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	180 – 450
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	0,2 – 1.8

1.3.1.7.3 Miscele

Sono previsti tre tipi di miscele, denominate rispettivamente: "granulone", l'intermedio" e "monogranulare", che dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi riportati qui di seguito:

Passante totale in peso %

Serie crivelli e setacci UNI	Fuso A “Granulone”	Fuso B “Intermedio”	Fuso C “Monogranulare”
Crivello 20	100	100	100
crivello 15	80 - 100	90 - 100	100
crivello 10	15 - 35	35 - 50	85 - 100
crivello 5	5 - 20	10 - 25	5 - 20
setaccio 2	0 - 12	0 - 12	0 - 12
setaccio 0,4	0 - 10	0 - 10	0 - 10
setaccio 0,18	0 - 8	0 - 8	0 - 8
setaccio 0,075	0 - 6	0 - 6	0 - 6

Il tenore di legante bituminoso dovrà essere compreso tra il 5% ed il 6,5% riferito al peso totale degli aggregati.

Le caratteristiche prestazionali di ciascun tipo di miscela sono le seguenti:

- drenabilità ottima: miscela “granulone” (fuso A)
- drenabilità elevata: miscela “intermedio” (fuso B)
- drenabilità buona: miscela “monogranulare” (fuso C)

Le tre miscele favoriscono tutte una elevata fonoassorbenza; la Direzione Lavori si riserva la facoltà di verificarla mediante il controllo delle miscele stesse, applicando il metodo ad onde stazionarie con l'attrezzatura standard definita "tubo di Kundt" su carote del diametro di 10 cm prelevate in sito.

Le carote dovranno essere prelevate dopo il 150 giorno dalla stesa del conglomerato.

In questo caso il coefficiente di fonoassorbimento " α " in condizioni di incidenza normale dovrà essere:

Frequenza (Hz)	Coeff. fonoassorbimento (α)
400 – 630	$\alpha > 0,15$
800 – 1600	$\alpha > 0,30$
2000 – 2500	$\alpha > 0,15$

Il controllo dovrà essere effettuato anche mediante rilievi in sito con il metodo dell'impulso riflesso, comunque dopo il 150 giorno dalla stesa del conglomerato.

In questo caso con una incidenza radente di 300 i valori di α dovranno essere:

Frequenza (Hz)	Coeff. fonoassorbimento α
400 - 630	$\alpha > 0,25$
800 - 1250	$\alpha > 0,50$
1600 - 2500	$\alpha > 0,25$

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall (CNR 30 - 73), eseguita a 333 K su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 500 kg per conglomerato con Fuso "A" e 600 kg per quelli con Fusi "C" e "B".
- Il valore del modulo di rigidezza Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità Marshall misurata in chilogrammi e lo scorrimento misurato in millimetri dovrà essere superiore a 200 per il Fuso "A" ed a 250 per i Fusi "B" e "C"; gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui (CNR 39 - 73) nei limiti di seguito indicati:

miscela "granulone",	(fuso A)	16% - 18%
miscela "intermedio"	(fuso B)	14% - 16%
miscela "monogranulare"	(fuso C)	12% - 14%

I provini per le misure di stabilità e rigidezza e per la determinazione della percentuale dei vuoti residui dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

Irioltre la Direzione Lavori si riserva la facoltà di controllare la miscela di usura drenante tramite la determinazione della resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione a rottura (prova "Brasiliana") (CNR 97 - 1984).

I valori relativi, per i tre tipi di miscela dovranno risultare nei limiti della tabella che segue:

Temperatura di prova	283 K	298 K	313 K
Resistenza a trazione indiretta (N/mm ²)	0.70 – 1.10	0.25 – 0.42	0.12 – 0.20
Coefficiente di trazione indiretta (N/mm ²)	≥ 55	≥ 22	≥ 12

1.3.1.7.4 Confezione e posa in opera del conglomerato

Valgono le prescrizioni di cui al punto 1.3.1.5 della presente Sezione, con l'avvertenza che il tempo minimo di miscelazione non dovrà essere inferiore a 25 s.

La temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra 413 e 423 K per le miscele ottenute con legante bituminoso di tipo "E".

Al termine della compattazione lo strato di usura drenante dovrà avere un peso di volume uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 96% di quello Marshall rilevato all'impianto o alla stesa.

Tale verifica dovrà essere eseguita con frequenza giornaliera secondo la norma (CNR 40 – 1973) e sarà determinata su carote di 20 cm di diametro.

Il coefficiente di permeabilità a carico costante (K_v in cm/s) determinato in laboratorio su carote di diametro 20 cm prelevate in sito dovrà essere maggiore o uguale a:

$$K_v = 15 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s (media aritmetica su tre determinazioni).}$$

La capacità drenante eseguita in sito e misurata con permeametro a colonna d'acqua di 250 mm su un'area di 154 cm² e uno spessore di pavimentazione tra i 4 e 5 cm dovrà essere maggiore di 12 dm³/min per la miscela del fuso "A" e maggiore di 8 dm³/min per le miscele dei fusi "B" e "C".

Il piano di posa dovrà essere perfettamente pulito e privo di eventuali tracce di segnaletica orizzontale.

Si dovrà provvedere quindi alla stesa di una uniforme mano di attacco, nella quantità compresa tra kg/m² 0,6 e 2,0, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, ed al successivo eventuale spargimento di uno strato di sabbia o graniglia prebitumata.

Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

1.4 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

1.4.1 Generalità

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 asportazione col piccone delle materie esuberanti e colmataura delle parti mancanti col pietrischetto bituminoso.

1.4.1.1 Trattamento con emulsione a freddo.

Preparata la superficie da trattare, si procederà all'applicazione dell'emulsione bituminosa al 55%, in ragione, di norma, di Kg 3 per metro quadrato.

Tale quantitativo dovrà essere applicato in due tempi.

In un primo tempo sulla superficie della massicciata dovranno essere sparsi Kg 2 di emulsione bituminosa e dm^3 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^3 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, sì 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 benestare 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 asportazione mettendo a nudo la sottostante massicciata.

1.4.1.2 Trattamento con bitume a caldo

Il trattamento con bitume a caldo, su pavimentazioni bitumate, sarà fatto utilizzando almeno 1 Kg/m^2 di bitume, dopo una accurata ripulitura, fatta esclusivamente a secco, della pavimentazione esistente.

Gli eventuali rappezzi che si rendessero necessari, saranno eseguiti con la stessa tecnica a cura e spese dell'Impresa.

L'applicazione di bitume a caldo sarà eseguita sul piano viabile perfettamente asciutto ed in periodo di caldo secco.

Ciò implica che i mesi più favorevoli sono quelli da maggio a settembre e che in caso di pioggia il lavoro si debba sospendere.

Il bitume sarà riscaldato a temperatura fra 160°C e 180°C entro adatte caldaie che permettono il controllo della temperatura stessa.

L'applicazione dovrà essere fatta mediante spanditrice a pressione in modo tale da garantire l'esatta distribuzione con perfetta uniformità su ogni metro quadrato del quantitativo di bitume prescritto.

Con tale applicazione, debitamente ed immediatamente ricoperta di graniglia di pezzatura corrispondente per circa il 70% alle massime dimensioni prescritte ed in quantità di circa m^3 1,20 per $100 m^2$, dovrà costituirsi il manto per la copertura degli elementi pietrosi della massicciata precedentemente trattata con emulsione bituminosa.

Allo spandimento della graniglia seguirà una prima rullatura con rullo leggero e successivamente altra rullatura con rullo di medio tonnellaggio, non superiore alle t. 14, in modo da ottenere la buona penetrazione del materiale nel bitume.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato, si preleveranno i campioni con le modalità prescritte.

Verificandosi in seguito affioramenti di bitume ancora molle, l'Impresa provvederà, senza ulteriore compenso, allo spandimento della conveniente quantità di graniglia nelle zone che lo richiedano, procurando che essa abbia ad incorporarsi nel bitume a mezzo di adatta rullatura leggera, in modo da saturarla completamente.

L'Impresa sarà obbligata a rifare, a sua cura, tutte quelle parti della pavimentazione che per cause qualsiasi dessero indizio di cattiva o mediocre riuscita e cioè presentassero accentuate deformazioni della sagoma stradale, ovvero ripetute abrasioni superficiali non giustificate dalla natura e dalla intensità del traffico.

L'Ente si riserva la facoltà di variare le modalità esecutive di applicazione del bitume a caldo, senza che per questo l'Appaltatore possa sollevare eccezioni ed avanzare particolari richieste di compensi.

Tanto nei trattamenti di prima mano con emulsione bituminosa, quanto in quelli di seconda mano con bitume a caldo, l'Impresa è obbligata a riportare sul capostrada la graniglia eventualmente non incorporata. Quella che decisamente non può essere assorbita andrà raccolta e depositata nelle piazzole, rimanendo di proprietà dell'Amministrazione.

Gli oneri di cui sopra sono compresi e compensati nei prezzi di Elenco e pertanto nessun maggior compenso spetta all'Impresa per tale titolo.

1.4.1.3 Trattamento a caldo con bitume liquido.

Il bitume liquido da impiegare per esecuzione di trattamenti dovrà essere quello ottenuto con flussaggio di bitume a penetrazione $100 \div 120$ e costituito, se di tipo 150/300 per almeno l'80% da bitume, se di tipo 350/700 per almeno l'85% da bitume e per la restante parte, in ambedue i casi, da olio di catrame.

I bitumi liquidi, da impiegarsi per l'esecuzione di trattamenti superficiali, dovranno avere le caratteristiche prescritte dal fascicolo n. 7 delle norme del C.N.R del 1957 .

Il tipo di bitume liquido da impiegarsi sarà prescritto dalla Direzione dei Lavori tenendo conto che per la temperatura ambiente superiore ai 15°C si dovrà dare la preferenza al bitume liquido 350/700, mentre invece con temperatura ambiente inferiore dovrà essere impiegato quello con viscosità 150/300.

In nessun caso si dovrà lavorare con temperature ambienti inferiori agli 8°C.

Con le consuete modalità si procederà al prelievo dei campioni prima dell'impiego, i quali verranno sottoposti all'analisi presso il Centro Sperimentale dell'ANAS di Cesano o presso altri Laboratori Ufficiali.

Il lavoro di trattamento dovrà essere predisposto su metà strada per volta, onde non interrompere la continuità del traffico e la buona riuscita del lavoro.

Il vecchio manto bituminoso dovrà essere sottoposto ad una accurata operazione di depolverizzazione e raschiatura della superficie, mediante spazzoloni, scope metalliche e raschietti. Così preparata la strada, la tratta da sottoporre a trattamento sarà delimitata lungo l'asse stradale per l'esecuzione a metà carreggiata per volta e poi, in modo uniforme, sarà distribuito sulla superficie, con distribuzione a pressione, il bitume liquido nella quantità media di 1 Kg/m² previo suo riscaldamento a temperatura tra i 100°C e 110°C entro adatti apparecchi che permettano il controllo della temperatura stessa.

La distribuzione del bitume dovrà avvenire con perfetta uniformità su ogni metro quadrato nel quantitativo di bitume prescritto.

Dovranno evitarsi in modo assoluto le chiazze e gli eccessi di bitume, rimanendo stabilito che le aree così trattate dovranno essere raschiate e sottoposte a nuovo trattamento a totale spesa dell'Impresa.

Immediatamente dopo lo spandimento del bitume, la superficie stradale dovrà essere ricoperta con pietrischetto in ragione di litri 20 per metro quadrato, di cui litri 17 dovranno essere di pezzatura rigorosa da mm 16 a mm 18 e litri 3 di graniglia da mm 2 a mm 4.

Pertanto, gli ammannimenti rispettivi di pietrischetto e di graniglia su strada, dovranno essere fatti a cumuli alternati rispondenti singolarmente alle diverse pezzature e nei volumi rispondenti ai quantitativi fissati.

I quantitativi di pietrischetto e di graniglia così ammanniti verranno controllati con apposite misurazioni da eseguirsi prima dell'inizio della bitumatura.

Il pietrischetto della pezzatura più grossa verrà sparso uniformemente sulla superficie bitumata ed in modo che gli elementi siano fra di loro a stretto contatto.

Dopo pochi passaggi di rullo pesante si procederà al conguaglio delle eventuali irregolarità di sparsa del pietrischetto suddetto, facendo le opportune integrazioni e, quindi, si procederà allo spargimento della graniglia minuta ad intasamento dei vuoti rimasti fra gli elementi del pietrischetto precedentemente sparso.

Allo spandimento completo del pietrischetto e della graniglia seguirà la rullatura con rullo pesante, in modo da ottenere la buona penetrazione del materiale nel bitume.

Si dovrà aver cura che il pietrischetto e la graniglia, all'atto dello spargimento, siano bene asciutti ed in precedenza riscaldati dal sole rimanendo vietato l'impiego di materiale umido.

I tratti sottoposti a trattamento dovranno rimanere chiusi al traffico per almeno 18 ore e, quindi, la bitumatura dovrà essere eseguita su strisce di metà strada alternate alla lunghezza massima di m. 300.

A tal fine l'Impresa dovrà disporre un apposito servizio di guardiania diurna e notturna per il pilotaggio del traffico, del cui onere s'è tenuto largamente conto nella determinazione del prezzo unitario.

L'Impresa provvederà a sua cura e spese all'apposizione di cartelli di segnalazione, cavalletti, ecc., occorrenti per la chiusura al traffico delle estese trattate.

Il pietrischetto, che risulterà non incorporato nel bitume, per nessun motivo potrà essere impiegato in trattamenti di altre estese di strada.

Infine l'Impresa provvederà, con i propri operai, alla esatta profilatura dei bordi della nuova pavimentazione, al ricollocamento in opera delle punteggiature marginali spostate dal compressore, nonché alla raschiatura ed eventuale pulitura di zanelle, di cordonate, di marciapiedi, imbrattati durante l'esecuzione dei lavori, essendo tali oneri stati compresi nella determinazione dei prezzi di Elenco.

Si pattuisce che quelle aree di trattamento che in prosieguo di tempo risultassero difettose, ovvero prive di penetrazione di pietrischetto e di graniglia, saranno dall'Appaltatore sottoposte, a totale sua spesa, ad un nuovo ed analogo trattamento.

1.5 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.

1.6 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 dall'ANAS

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 è 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 è 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.

1.7 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE

1.7.1 Generalità

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, usura) 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, 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.

1.7.1.1 Inerti

Le percentuali massime del materiale da riutilizzare non dovranno superare il 50%, 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; solo materiali provenienti da strati di usura per gli strati di usura.

1.7.1.2 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.

1.7.1.3 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, binder o usura).

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):

$$Pt = 0,035 a + 0,045 b + c d + f$$

essendo:

Pt = % (espressa come numero intero) di bitume in peso sul conglomerato.

a = % di aggregato trattenuto al N. 8 (ASTM 2.38 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 < 5%.

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

$$P_n = (P_{1n} \pm 0,2)$$

dove P_{1n} è:

$$P_{1n} = P_t - (P_v \times P_r)$$

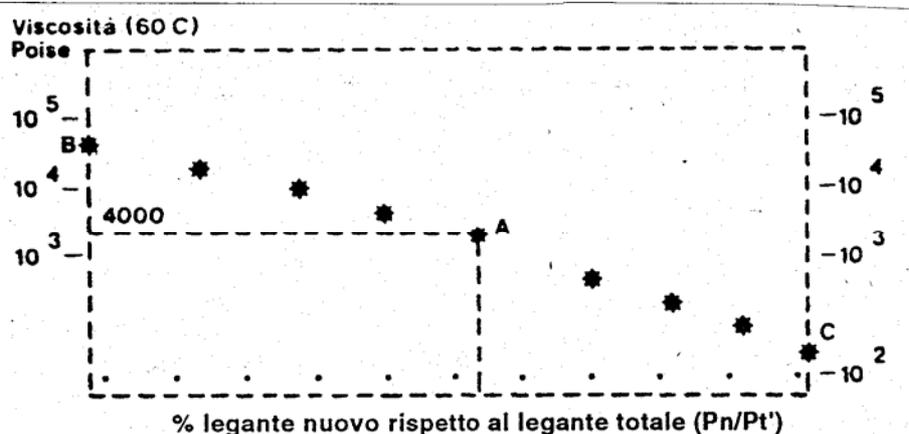
in cui:

P_v = % di bitume vecchio preesistente (rispetto al totale degli inerti).

P_r = valore decimale della percentuale di materiale riciclato (nel nostro caso maggiore o uguale a 0,5).

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 4.000 poise, quindi, misurata la viscosità del legante estratto (b) 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 4.000 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 2.000 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 2.000 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 a carico costante (C.N.R. 106-1985).

Il parametro J1 (ricavabile dalla prova CREEP) 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

$$20 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$$

da N.s.

1.7.1.4 Formazione e confezione delle miscele.

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi o mobili automatizzati del tipo a tamburo essiccatore - mescolatore.

Il dispositivo di riscaldamento dei materiali dovrà essere tale da ridurre al minimo il danneggiamento e la bruciatura del bitume presente nei materiali da riciclare, pur riuscendo ad ottenere temperature (e quindi viscosità) tali da permettere l'agevole messa in opera (indicativamente superiori a 130°C ÷ 140°C).

L'impianto fisso dovrà essere dotato del numero di predosatori sufficienti per assicurare l'assortimento granulometrico previsto.

Il dosaggio a peso dei componenti della miscela dovrà essere possibile per ogni predosatore. Sarà auspicabile un controllo automatico computerizzato dei dosaggi (compreso quello del legante); questo controllo sarà condizione necessaria per l'impiego di questo tipo d'impianto per il confezionamento dei conglomerati freschi; questo impiego potrà essere reso possibile in cantieri in cui si usino materiali rigenerati e vergini solo dopo accurata valutazione di affidabilità dell'impianto.

L'impianto sarà dotato di tutte le salvaguardie di legge per l'abbattimento di fumi bianchi e azzurri, polveri, ecc.

1.7.1.5 Posa in opera delle miscele.

Valgono le prescrizioni dei conglomerati tradizionali, con gli stessi requisiti anche per le densità in situ.

1.8 MICROTAPPETI A FREDDO

1.8.1 Generalità

Il microtappeto è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con un'apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

1.8.1.1 Inerti

Gli inerti, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento.

Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava;

- perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (C.N.R. 34 -1973), minore del 18%;
- il coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. determinato su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 0,45 (C.N.R. 140 - 1992);
- La porosità dovrà essere $\leq 1.5\%$ (C.N.R. 65 - 1978);
- La quantità di frantumato dovrà essere 100%.
- Il coefficiente di imbibizione (C.N.R. Fasc. n.4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali")) $\leq 0,015$;
- I coefficienti di forma "Cf" e di appiattimento "Ca" inferiori od uguali rispettivamente a 3 ed a 1,58 (C.N.R. 95 - 1984);
- La sensibilità al gelo $\leq 20\%$ (C.N.R. .80 -1980);
- Lo spogliamento in acqua a 40°C (con impiego di "dopes" di adesione) 0% (Norma ASTM D1664/80 - CNR.138 -1992)

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

- La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà in ogni modo essere inferiore all' 85% della miscela delle sabbie.

- In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi, da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova Los Angeles, (C.N.R. B.U. n. 34/1973 - Classe "C"), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.
- L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due, dovrà essere maggiore od uguale all' 80% (CNR 27 - 1972).

1.8.1.2 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto precedente potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 32,5).

Gli additivi impiegati dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- a) potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5; il ΔPA dovrà essere $\geq 5^\circ C$;
- b) alla prova CNR 75 -1980 i passanti in peso dovranno essere compresi nei seguenti limiti minimi:
 - Setaccio UNI 0,40 passante in peso per via umida 100%
 - Setaccio UNI 0,18 passante in peso per via umida 90%
 - Setaccio UNI 0,075 passante in peso per via umida 80%
- c) della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 50% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- d) l'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (CNR UNI 10014)

1.8.1.3 Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati in funzione dello spessore finale richiesto:

Spessore minimo Crivelli e setacci UNI		9 mm	6 mm	4 mm
15	Passante: %	100	100	100
10	Passante: %	85 ÷ 100	100	100
5	Passante: %	55 ÷ 75	55 ÷ 80	85 ÷ 100
0,4	Passante: %	14 ÷ 28	14 ÷ 28	22 ÷ 36
0,18	Passante: %	8 ÷ 19	8 ÷ 19	11 ÷ 22
0,0075	Passante: %	4 ÷ 10	5 ÷ 10	6 ÷ 10

Miscela con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D.L.

1.8.1.4 Malta bituminosa

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa al 60% di tipo elastico a rottura controllata, modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsionamento.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare il bitume di tipo “semisolido” le cui caratteristiche sono riportate qui di seguito.

L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla D.L.

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale costituiti da “bitumi di base” e “bitumi modificati”, così distinti:

“bitumi di base”

I “bitumi di base” sono i medesimi bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione riportati nel punto 1.2.1.2 della presente sezione.

Detti leganti sono denominati “A” e “B” .

I “bitumi di base” non rientranti nelle specifiche richieste per i leganti “A” e “B” potranno essere accettati dopo additivazione con attivanti chimici funzionali al fine di riportare le caratteristiche entro i limiti di accettazione senza aggravio di costo per l'Ente appaltante.

L'aggiunta di prodotti chimici correttivi non dovrà essere superiore al 6% in peso riferito al legante da correggere.

Nel caso contrario (ovvero prodotto non accettabile) si dovrà sostituire quello giudicato deficitario (mediante rimozione e discarica a carico dell'Impresa) con altro nuovo prodotto, che sarà sottoposto in seguito a nuovo giudizio da parte della D.L. e/o della Committente.

In ogni modo dette operazioni di rimozione e di ripristino saranno effettuate a totale carico dell'Impresa e sotto il controllo della D.L..

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo “A”, salvo casi particolari in cui potrà essere impiegato il bitume “B” (è ammissibile nelle Regioni più fredde, nord o zone in quota) sempre su preventiva autorizzazione della D.L..

”bitumi modificati”

I “bitumi modificati” sono bitumi di particolare natura e produzione (utilizzati per uso stradale) ovvero bitumi “elastomerizzati” (residuo della distillazione del petrolio) aventi le caratteristiche indicate nella tabella seguente, e sono utilizzati per trattamenti superficiali a freddo (TSF)

Legante “F” (x) (% di modificante/i (+) = 6% - 8%)

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE (x)
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	50 - 60
Punto di rammollimento	C / K	65-75/338-348
Indice di penetrazione		-1 / +1
Punto di rottura (Fraass), min.	C / K	-14 / 259
Viscosità dinamica a T = 80°C / 353°K, gradiente di velocità = 1 s ⁻¹	Pa.s	80 - 130

Viscosità dinamica a $T = 160^{\circ}\text{C} / 433^{\circ}\text{K}$, gradiente di velocità = 1 s^{-1}	Pa.s	0,2 – 0,4
---	------	-----------

- (x) si intendono polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica (SBS-R, EVA, EMA)
 (-) da usare in emulsione con acqua ed agenti emulsionanti
 (+) determinati sul residuo secco.

Nella “malta bituminosa” suddetta dovranno essere impiegati "dopes" (additivi chimici attivanti l'adesione bitume aggregati) particolari e complessi per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela.

Il loro dosaggio (previsto originariamente tra lo 0,4% e lo 0,6 % sul peso del bitume da trattare) ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà individuato in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

1.8.1.5 Composizione e dosaggi della miscela

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo:		9 mm	6 mm	4 mm
Dosaggio della malta	Kg/m ²	13 ÷ 20	8 ÷ 14	6 ÷ 10
Dimensione massima degli inerti	mm	10 ÷ 12	7 ÷ 9	5 ÷ 6
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo (% in peso sugli inerti)	%	5,0 ÷ 7,5%	6 ÷ 8%	7 ÷ 10%

1.8.1.6 Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

1.8.1.7 Confezionamento e posa in opera

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- Serbatoio dell'emulsione bituminosa
- Tramoggia degli aggregati lapidei
- Tramoggia del filler
- Dosatore degli aggregati lapidei
- Nastro trasportatore
- Spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- Spruzzatore dell'acqua
- Mescolatore
- Stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità d'avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- .- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore

- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità` ...
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad un'energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o per mezzo di mezzi meccanici: tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati.

In alcuni casi a giudizio della D.L. dovrà procedersi ad un'omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la D.L. potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del trattamento superficiale per mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 Kg di sabbia per m² di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati.

Al termine delle operazioni di stesa il trattamento superficiale dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa sia leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

La produzione o la posa in opera del trattamento superficiale dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 5°C ed in caso di pioggia.

1.9 MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA

1.9.1 Generalità

Il microtappeto è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa rinforzata impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti chiari naturali o artificiali particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con un'apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

1.9.1.1 Materiali chiari naturali

Valgono le stesse prescrizioni indicate al punto 1.8.1.1.

1.9.1.2 Materiali artificiali chiari.

Valgono le seguenti prescrizioni.

Gli aggregati chiari artificiali dovranno essere puliti, esenti da polveri o da materiali estranei e rispondere ai seguenti requisiti:

- perdita in peso alla prova Micro-Deval in acqua, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 6% (Norma C.N.R. B.U. n° 109 del 20-12-1985);
- coefficiente di levigatezza accelerata C.L.A. maggiore od eguale a 0,48.
- Le classi granulometriche d/D da impiegarsi dovranno essere le seguenti: $4 \div 8$ e $10 \div 15$, con l'avvertenza che le granulometrie si riferiscono a setacci a maglie quadrate.

Le percentuali delle code di pezzatura dovranno essere, per le parti maggiori di D , inferiori al 5% in peso e per le parti minori di d , inferiori al 10% in peso.

Gli elementi dell'aggregato dovranno avere forma idonea (non eccessivamente allungati o appiattiti).

L'indice di forma dell'aggregato (rapporto percentuale tra la massa degli elementi di forma non idonea e la massa totale del campione di prova) dovrà essere inferiore al 15%.

Ciascun elemento dell'aggregato risulterà di forma non idonea se avrà un coefficiente di forma (rapporto tra la lunghezza L e lo spessore S) $C_f < 3$.

L'indice di appiattimento dell'aggregato (rapporto percentuale tra la somma delle masse degli elementi di forma non idonea di ciascuna frazione granulometrica e la somma delle masse delle frazioni granulometriche costituenti il campione di prova) dovrà essere inferiore al 15%.

Ciascun elemento dell'aggregato risulterà di forma non idonea se avrà un coefficiente di appiattimento (rapporto tra la larghezza D e lo spessore S) $C_a > 1,58$.

L'indice di forma e l'indice di appiattimento saranno determinati secondo le modalità della Norma CNR BU n° 95 del 31-1-1084.

1.9.1.3 Modalità esecutive

Le modalità da seguire per la posa in opera saranno le seguenti:

- Posa in opera di strato di ancoraggio e livellamento dello spessore medio di mm 4.
- Riscaldamento dello strato appena steso con una serie di piastre radianti di potenzialità complessiva pari a 800.000 Kcal/ora, sino alla completa evaporazione dell'acqua.
- Apertura del traffico a velocità controllata.
- Stesa dello strato superiore dello spessore medio di mm. 9.
- Sabbiatura con sabbia ricca in filler a protezione della malta dal contatto dei pneumatici delle macchine operative.

- Rullatura con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito di piastra riscaldante per favorire la risalita dell'acqua e per una sua prima parziale eliminazione.
- Riscaldamento con la solita piastra sino alla completa eliminazione dell'acqua.
- Apertura al traffico a velocità controllata.

1.10 PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA

Le pavimentazioni saranno costituite da cubetti di porfido o di porfiroide o di sienite o diorite o leucitite o di altre rocce idonee, nell'assortimento che verrà di volta in volta indicato dalla Direzione dei Lavori, e posti in opera come specificato in seguito; comunque si farà riferimento alle "Norme per l'accettazione dei cubetti di pietra per pavimentazioni stradali", fascicolo n. 5 C.N.R. Ed. 1954.

1.10.1 Materiali.

Ferma restando la possibilità di usare materiali di qualsiasi provenienza, purché rispondenti ai requisiti di cui sopra, la Direzione dei Lavori potrà richiedere che vengano impiegati cubetti di porfido dell'Alto Adige.

La sabbia per la formazione del letto di posa e per il riempimento dei giunti, dovrà corrispondere ai requisiti stabiliti nelle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per le costruzioni stradali" del CNR Fasc. 4 – 1953).

Quella da impiegare per il riempimento dei giunti dovrà passare per almeno l'80% al setaccio 2 della serie U.N.I..

1.10.2 Posa in opera

I cubetti saranno posti in opera su una fondazione in precedenza predisposta e con l'interposizione di uno strato di sabbia dello spessore sciolto minimo di cm 6, massimo di cm 10.

I cubetti saranno posti in opera secondo la caratteristica apparecchiatura ad archi contrastanti con angolo al centro di 90°, raccolti in corsi o filari paralleli, in modo che gli archi affiancati abbiano in comune gli elementi di imposta.

Lungo gli archi, gli elementi dovranno essere disposti in modo che quelli a dimensioni minori siano alle imposte e vadano regolarmente aumentando di dimensioni verso la chiave.

Per i cubetti di porfido dell'Alto Adige si useranno come piani di posa e di marcia le due facce parallele corrispondenti alle fessurazioni naturali della roccia, per gli altri si dovrà scegliere come faccia di marcia quella più regolare.

Per favorire l'assestamento, la battitura dovrà essere accompagnata da abbondanti bagnature del letto di sabbia. La battitura dovrà essere eseguita in almeno tre riprese, con pestelli metallici del peso di almeno Kg 20.

Il pavimento verrà coperto, dopo le prime battiture, con un sottile strato di sabbia fine, che verrà fatta penetrare, mediante scope ed acqua, in tutte le connesure, in modo da chiuderle completamente.

L'ultima battitura dovrà essere eseguita dopo avere corretto le eventuali deficienze di sagoma o di posa e dovrà essere condotta in modo da assestare definitivamente i singoli cubetti.

I cubetti che a lavorazione ultimata apparissero rotti o deteriorati o eccessivamente porosi, stentando per esempio ad asciugarsi dopo la bagnatura, dovranno essere sostituiti, a cura e spese dell'Impresa, con materiale sano.

La posa dei cubetti dovrà essere fatta nel modo più accurato, cosicché i giunti risultino il più possibile serrati e sfalsati di corso in corso, gli archi perfettamente regolari e in modo da assicurare, dopo energica battitura, la perfetta stabilità e regolarità del piano viabile.

La pavimentazione ultimata dovrà corrispondere esattamente alle quote e alle livellette di progetto stabilite dalla Direzione dei Lavori e non presentare in nessuna parte irregolarità o depressioni superiori a 1 cm rispetto ad un'asta rettilinea della lunghezza di 3 metri appoggiata longitudinalmente sul manto.

1.10.3 Sigillature dei giunti

Il lavoro dovrà essere eseguito, salvo diverse disposizioni della Direzione dei Lavori, dopo non meno di 10 giorni di transito sulla pavimentazione. Riparati accuratamente i piccoli cedimenti e le irregolarità eventualmente verificatesi, si procederà alla pulizia delle pavimentazioni mediante getti d'acqua a pressione ed energica scopatura, in modo da ottenere lo svuotamento dei giunti per due o tre centimetri di profondità.

Appena il tratto di pavimentazione così pulita sia asciugato, si procederà alla sigillatura dei giunti, colando negli stessi, con tazze a beccuccio od altri adatti attrezzi, il bitume caldo, avente penetrazione 30 ÷ 40.

1.11 Cordoli

I cordoli saranno realizzati direttamente in opera mediante estrusione da idonea cordolatrice meccanica e potranno essere realizzati in conglomerato sia bituminoso che cementizio, tipo II, con $R_{ck} = 30$ MPa, previa mano di ancoraggio con emulsione bituminosa.

I cordoli in calcestruzzo saranno finiti dopo maturazione con una mano di emulsione bituminosa.

I cordoli a protezione della banchina in terra saranno eseguiti contemporaneamente alla pavimentazione dalla macchina finitrice, avranno sezione trapezoidale con basi di 8 e 5 cm ed altezza media di 4 cm, oppure con basi di 10 e 5 cm ed altezza media di 6 cm.

Nel caso di impiego di elementi prefabbricati di norma lunghi 100 cm, salvo nei tratti in curva a piccolo raggio o casi particolari per i quali la Direzione Lavori potrà richiedere dimensioni minori.

Ciascuna partita di 100 elementi prefabbricati non potrà essere posta in opera, fino a quando non saranno noti i risultati positivi della resistenza del conglomerato costituente la partita, mediante il prelievo di 4 provini.

Nel caso che la resistenza sia inferiore a 30 MPa, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tali elementi verranno posati su un letto di calcestruzzo magro, ed attestati, lasciando tra le teste contigue lo spazio di 0.5 cm, che verrà riempito di malta cementizia dosata a 350 kg/m³ di sabbia.

3.0 SPECIFICA DI CONTROLLO

2.0.1 Disposizioni generali

La seguente specifica si applica ai vari tipi di pavimentazioni costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, bitumi, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio.

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'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

3.1 STRATI DI FONDAZIONE

2.1.1 - Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato

2.1.1.1 Prove di laboratorio

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- a) granulometria compresa del fuso riportato 1.1.1.1 e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti;
- b) dimensioni non superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- c) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- d) prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) eseguita sulle singole pezzature con perdita in peso inferiore al 30%;
- f) equivalente in sabbia (CNR 27 - 1972) misurato sulla frazione passante al setaccio n 4 compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul 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 25-35, 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 (CNR - UNI 10009) di cui al successivo comma.

- f) indice di portanza CBR (CNR - UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50.

inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento.

g) Prova di costipamento delle terre, con energia AASHO modificata (CNR 69 – 1979).

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), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 - 35.

2.1.1.2 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Impresa sarà obbligata 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, ed inviando i campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

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'Impresa e nei modo 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.

2.1.1.2.1 Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio riportate al punto 2.1.1.1.

La rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele con quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

L'indice di portanza CBR verrà effettuato ogni 500 m² di strato di fondazione realizzato.

2.1.1.2.2 Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali, per ogni singolo strato posto in opera, saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito: dovranno essere effettuati almeno due prelievi giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera;
- Prova di carico con piastra circolare, nell'intervallo 0.15 – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore ai 80 MPa. Sarà effettuata ogni 300 m di strada o carreggiata, o frazione di 300 m e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.
- Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata, tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti in caso contrario, la frequenza dovrà essere incrementata secondo le indicazioni

della Direzione Lavori e l'Impresa a sua cura e spese, dovrà compensare gli spessori carenti incrementando in ugual misura lo spessore dello strato di conglomerato bituminoso sovrastante.

2.1.2 Fondazione in misto cementato confezionato in centrale

2.1.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

2.1.2.1.1 Inerti

Gli inerti da impiegare per la realizzazione della miscela saranno assoggettati alle seguenti prove:

- a) granulometria compresa nel fuso riportato al punto 1.1.2.1.1 ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR 23 - 1971);
- b) dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- c) prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) con perdita in peso non superiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia (CNR 27 - 1972) compreso fra 30- 60;
- e) indice di plasticità (CNR UNI 10014) non determinabile (materiale non plastico).

2.1.2.1.2 Legante

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno).

Dovranno soddisfare ai requisiti di legge e alle prescrizioni riportate nel punto 1.4.1 della sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato.

2.1.2.1.3 Acqua

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (CNR 69 - 1978) con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

2.1.2.1.4 Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, dovranno

essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (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 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm 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 modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51+0,5 mm, peso pestello 4,535+0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" (CNR 97 – 1984), non inferiore a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di $\pm 15\%$, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

2.1.1.2 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Impresa sarà obbligata 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, ed inviando dei campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

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'Impresa e nei modo 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.

2.1.1.2.1 Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio, riportate nel punto 2.1.2.1.1.

La rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele con quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

Le caratteristiche di resistenza ogni 500 m² di strato di fondazione realizzato.

2.1.1.2.2 Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali, posti in opera, saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito: dovranno essere effettuati almeno due prelievi giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera;
- Prova di carico con piastra circolare, nell'intervallo 0.15 – 0.25 MPa, per ogni strato di materiale posto in opera, non dovrà essere inferiore ai 150 MPa. Sarà effettuata ogni 300 m di strada e nel caso di strada a due carreggiate per ogni carreggiata, o frazione di 300 m e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.
- Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata, tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti in caso contrario, la frequenza dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della Direzione Lavori e l'Impresa a sua cura e spese, dovrà compensare gli spessori carenti incrementando in ugual misura lo spessore dello strato di conglomerato bituminoso sovrastante.

2.2 STRATO DI BASE

2.2.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

2.2.1.1 Inerti

Gli inerti da impiegare dovranno essere sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

a) granulometria : la cui curva dovrà essere contenuta nel fuso riportato al punto 1.2.1.1.

- b) prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) con perdita in peso sulle singole pezzature non superiore al 25 % in peso;
- c) equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) superiore a 50;
- d) granulometria degli additivi (eventuali): che dovranno soddisfare i seguenti requisiti:
 - setaccio UNI 0,18 (ASTM n° 80): passante in peso 100%
 - setaccio UNI 0,18 (ASTM n° 80): passante in peso 90%

2.2.1.2 Legante

Le caratteristiche dei leganti bituminosi dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio prima del loro impiego nella confezione dei conglomerati, e dovranno soddisfare i requisiti riportati nel punto 1.2.1.2 del presente Capitolato.

2.2.1.3 Studio della miscela in laboratorio

L' Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare, ogni composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30 -1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 700 Kg; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 250;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra 4% e 7%.I provini per le misure di stabilità e rigidità anzidette dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.La temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa; non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.
- Le miscele di aggregati e leganti idrocarburici dovranno rispondere inoltre anche alle norme C.N.R. 134 -1991;

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

2.2.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Impresa sarà obbligata 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, ed inviando dei campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

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'Impresa e nei modo 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.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

2.2.1.5 Prove di laboratorio

Dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente: peso di volume (C.N.R. 40-1973), media di due prove; percentuale di vuoti (C.N.R. 39-1973), media di due prove; stabilità e rigidità Marshall;
- la verifica dell'adesione bitume-aggregato secondo la prova ASTM-D 1664/89-80 e/o secondo la prova di spoliatura (C.N.R. 138 -1992);
- le caratteristiche del legante bituminoso.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a $\pm 5\%$ e di sabbia superiore a $\pm 3\%$ sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di $\pm 1,5\%$ sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di $\pm 0,3\%$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

2.2.1.6 Prove in sito

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata, tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti in caso contrario, la frequenza dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della Direzione Lavori e l'Impresa a sua cura e spese, dovrà compensare gli spessori carenti incrementando in ugual misura lo spessore dello strato di conglomerato bituminoso sovrastante.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione proposta, l'Impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

2.3 STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA

2.3.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

2.3.1.1 Inerti

Per strati di collegamento (BINDER):

La miscela degli inerti da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà essere assoggettata alle seguenti prove:

- granulometria ricadente nel fuso riportato al punto 1.3.1.3;
- prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHTO T 96, con perdita in peso inferiore al 25% (C.N.R. 34-1973);
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,80;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali").

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi od invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

- Per strati di usura:

La miscela degli inerti da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà essere assoggettata alle seguenti prove:

- granulometria ricadente nel fuso riportato al punto 1.3.1.3;
- prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHO T 96, con perdita in peso inferiore od uguale al 20% (C.N.R. 34 -1973);
- almeno un 30% in peso del materiale dell'intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza a compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm², nonché resistenza alla usura minima 0,6;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,85;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con limitazione per la perdita in peso allo 0,5%;

Per le banchine di sosta saranno impiegati gli inerti prescritti per gli strati di collegamento e di usura di cui sopra.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell' Art. 5 delle norme C.N.R. fascicolo n. 4 del 1953;

ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHO T 176, (e secondo la norma C.N.R. B.U. n. 27 del 30-3-1972) non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura 2 ÷ 5 mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n. 200 ASTM.

Per lo strato di usura, a richiesta della Direzione dei Lavori, il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asfaltica contenente il 6 ÷ 8% di bitume ad alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a 25°C inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

2.3.1.2 Legante

Il bitume, *per gli strati di collegamento e di usura*, dovrà essere preferibilmente di penetrazione 60 ÷ 70 salvo diverso avviso della Direzione dei Lavori in relazione alle condizioni locali e stagionali e dovrà rispondere agli stessi requisiti indicati al punto 1.2.1.2 per il conglomerato bituminoso di base.

2.3.1.3 Studio della miscela in laboratorio

L' Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare, ogni composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

1) Strato di collegamento (binder):

Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati.

Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

- la stabilità Marshall, eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R 30-1973).
- Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3 ÷ 7%. La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato. Riguardo alle misure di stabilità e rigidità, sia per i conglomerati bituminosi tipo usura che per quelli tipo binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

2) Strato di usura

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- b) resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza.

Il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30-1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 10.000 N [1000 Kg].

Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.

La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3% e 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;

- b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;
- c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;
- d) grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico, il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso fra 3% e 6% e impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferendosi alle condizioni di impiego prescelte, in permeometro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a 10^{-6} cm/sec.

Sia per i conglomerati bituminosi per strato di collegamento che per strato di usura, nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento.

In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative. Inoltre, poiché la prova va effettuata sul materiale passante al crivello da 25 mm, lo stesso dovrà essere vagliato se necessario.

2.3.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Impresa sarà obbligata 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, ed inviando dei campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

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'Impresa e nei modo 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.

2.3.1.5 Prove di laboratorio

Valgono le stesse prescrizioni previste al punto 2.2.1.5 del presente Capitolato.

2.3.1.6 Prove in sito

Valgono le stesse prescrizioni previste al punto 2.2.1.6 del presente Capitolato.

2.4 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE

Per il controllo dei requisiti di accettazione valgono le prescrizioni relative dei conglomerati non rigenerati.

2.5 MICROTAPPETI A FREDDO

2.5.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

2.5.1.1 Inerti

Gli inerti da impiegare dovranno essere sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

a) granulometria : la cui curva dovrà essere contenuta nel fuso riportato al punto 1.8.1.3;

Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava;

- prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (C.N.R. 34 -1973), con perdita in peso minore del 18%;
- il coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. determinato su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 0,45 (C.N.R. 140 - 1992);
- La porosità dovrà essere $\leq 1.5\%$ (C.N.R. 65 - 1978);
- La quantità di frantumato dovrà essere 100%.

- Il coefficiente di imbibizione (C.N.R. Fasc. n.4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali")) $\leq 0,015$;
- I coefficienti di forma "Cf" e di appiattimento "Ca" inferiori od uguali rispettivamente a 3 ed a 1,58 (C.N.R. 95 - 1984);
- La sensibilità al gelo $\leq 20\%$ (C.N.R. .80 -1980);
- Lo spogliamento in acqua a 40°C (con impiego di "dopes" di adesione) 0% (Norma ASTM D1664/80 - CNR.138 -1992)

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

- La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà in ogni modo essere inferiore all' 85% della miscela delle sabbie.
- In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi, da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova Los Angeles, (C.N.R B.U. n. 34/1973 - Classe "C"), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.
- L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due, dovrà essere maggiore od uguale all' 80% (CNR 27 - 1972).

Gli additivi impiegati dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- a) potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5; il Δ PA dovrà essere $\geq 5^\circ\text{C}$;
- b) alla prova CNR 75 -1980 i passanti in peso dovranno essere compresi nei seguenti limiti minimi:
 - Setaccio UNI 0,40 passante in peso per via umida 100%
 - Setaccio UNI 0,18 passante in peso per via umida 90%
 - Setaccio UNI 0,075 passante in peso per via umida 80%
- c) della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 50% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- d) l'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (CNR UNI 10014).

2.5.1.2 Legante

Le caratteristiche dei leganti bituminosi dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio prima del loro impiego nella confezione dei conglomerati, e dovranno soddisfare i requisiti riportati nel punto 1.8.1.4 del presente Capitolato.

2.5.1.3 Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare, ogni composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

2.5.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Impresa sarà obbligata 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, ed inviando dei campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

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'Impresa e nei modo 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.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

2.5.1.5 Prove di laboratorio

Dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo, così come riportato ai punti 1.8.1.4 e 2.5.1.1) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- le caratteristiche del legante bituminoso;

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

2.5.1.6 Prove in sito

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato ogni 500 m di strada o carreggiata.

2.6 MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA

2.6.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

2.6.1.1 Inerti

Gli inerti da impiegare nel caso di materiali naturali chiari valgono le stesse prescrizioni indicate nel punto 2.5.1.1.

Nel caso di materiali artificiali chiari, si dovranno effettuare le prove riportate 1.9.1.2.

2.6.1.2 Legante

Le caratteristiche dei leganti bituminosi dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio prima del loro impiego nella confezione dei conglomerati, e dovranno soddisfare i requisiti riportati nel punto 1.8.1.4 del presente Capitolato.

2.6.1.3 Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare, ogni composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

2.6.1.4 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Impresa sarà obbligata 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, ed inviando dei campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

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'Impresa e nei modo 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.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

2.6.1.5 Prove di laboratorio

Dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo, così come riportato ai punti 1.8.1.4 e 2.5.1.1) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- le caratteristiche del legante bituminoso;

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

2.6.1.6 Prove in sito

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata.

2.7 PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA

Le pavimentazioni saranno costituite da cubetti di porfido o di porfiroide o di sienite o diorite o leucitite o di altre rocce idonee, nell'assortimento che verrà di volta in volta indicato dalla Direzione dei Lavori, e posti in opera come specificato in seguito; comunque si farà riferimento alle "Norme per l'accettazione dei cubetti di pietra per pavimentazioni stradali", fascicolo n. 5 C.N.R. Ed. 1954.

2.7.1 Materiali.

I materiali costituenti i cubetti saranno sottoposti alle prove riportate nel fascicolo CNR n°5 “Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per le costruzioni stradali” del CNR Fasc. 4 – 1953).

Quella da impiegare per il riempimento dei giunti dovrà passare per almeno l'80% al setaccio 2 della serie U.N.I..

Tali prove dovranno essere condotte in fase preliminare per la qualificazione dei materiali, in fase esecutiva le medesime saranno condotte con frequenza settimanale e comunque ogni 500 m2 di pavimentazione realizzata.

2.7.2 Posa in opera

La posa in opera dei cubetti dovrà essere effettuata secondo le indicazioni riportate nel punto 1.10.2 del presente Capitolato.

2.7.3 Sigillature dei giunti

Il lavoro dovrà essere effettuato secondo le indicazioni riportate nel punto 1.10.3 del presente Capitolato.

Il bitume da impiegare dovrà avere penetrazione 30 – 40.

La frequenza dei controlli sarà analoga a quella prevista al punto 2.2.1.2.

2.8 Cordoli

I cordoli saranno realizzati direttamente in opera mediante estrusione da idonea cordolatrice meccanica e potranno essere realizzati in conglomerato sia bituminoso che cementizio, tipo II, con Rck = 30 MPa, previa mano di ancoraggio con emulsione bituminosa.

I cordoli in calcestruzzo saranno finiti dopo maturazione con una mano di emulsione bituminosa.

I cordoli a protezione della banchina in terra saranno eseguiti contemporaneamente alla pavimentazione dalla macchina finitrice, avranno sezione trapezoidale con basi di 8 e 5 cm ed altezza media di 4 cm, oppure con basi di 10 e 5 cm ed altezza media di 6 cm.

Cordoli realizzati in opera

Per questa tipologia, si dovrà procedere al prelievo di campioni di calcestruzzo con una frequenza e quantità, da soddisfare le indicazioni riportate ai punti 1.5 e seguenti, 1.6 e seguenti della sezione “calcestruzzi” del presente Capitolato.

Cordoli prefabbricati

Ogni partita dovrà essere accompagnata dai corrispondenti certificati attestanti la qualità dei materiali utilizzati per la loro realizzazione, nonché la certificazione attestanti le dimensioni dell'elemento.

Ciascuna partita di 100 elementi prefabbricati non potrà comunque essere posta in opera, fino a quando non saranno noti i risultati positivi della resistenza del conglomerato costituente la partita, mediante il prelievo di 4 provini.

Nel caso che la resistenza sia inferiore a 30 MPa, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tali elementi verranno posati su un letto di calcestruzzo magro, ed attestati, lasciando tra le teste contigue lo spazio di 0.5 cm, che verrà riempito di malta cementizia dosata a 350 kg/m³ di sabbia.

SEZIONE 13

- BARRIERE E PARAPETTI -

INDICE

- 1.0 Generalità
- 1.1 Caratteristiche delle barriere di sicurezza in acciaio
- 1.2 Caratteristiche dei parapetti metallici
- 1.3 Prove tecniche (statiche dinamiche) sulle barriere
- 1.4 Barriere di sicurezza tipo "NEW JERSY"
 - 1.4.1 Generalità
 - 1.4.2 Descrizione delle opere
 - 1.4.3 Barriere "NEW JERSY" in conglomerato cementizio
 - 1.4.4 Barriere "NEW JERSEY" in acciaio

1.0 Generalità

Le barriere di sicurezza stradali verranno installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle autostrade a protezione di specifiche zone, secondo le caratteristiche e le modalità tecniche costruttive previste dal progetto.

Le zone, ai margini della carreggiata stradale, da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 03-06-1998 e sue successive modifiche ed integrazioni.

Al fine di elevare il livello di servizio delle strade ed autostrade statali e la qualità delle pertinenze stradali, di garantire le migliori condizioni di sicurezza per gli utenti della strada e per i terzi, di assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedirne la fuoriuscita dei veicoli, le barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle circolari e dei decreti emessi dal Ministero dei LL.PP.

Nel caso di "barriere stradali di sicurezza" da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.) si dovranno accertare ai sensi della normativa vigente le strutture di supporto realizzate in genere in c.a..

I parapetti su opere d'arte stradali (ponti, viadotti, sottovia o cavalcavia, ecc., muri di sostegno) verranno installati in corrispondenza dei cigli dei manufatti.

Le barriere ed i parapetti devono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto.

Inoltre devono assicurare il "contenimento" dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

Per gli altri tipi di barriere di sicurezza, che dovranno essere realizzate secondo le istruzioni tecniche previste dal D.M. del 03-06-1998 e successive modifiche ed integrazioni, ed a norma delle disposizioni ed istruzioni sopra elencate, il progetto esecutivo indicherà e prescriverà peraltro: la tipologia, la classe di contenimento e la deformabilità massima ritenuta accettabile in ragione della particolarità della zona di installazione.

La barriera sarà costituita da una serie di sostegni in profilato metallico e da una fascia orizzontale metallica, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori.

Le fasce dovranno essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi ad una altezza non inferiore a cm 70 dalla pavimentazione finita e che il loro filo esterno abbia aggetto non inferiore a cm 15 dalla faccia del sostegno lato strada.

Le fasce saranno costituite da nastri metallici aventi: spessore minimo di mm. 3, profilo a doppia onda, altezza effettiva non inferiore a mm. 300, sviluppo non inferiore a mm. 475, modulo di resistenza non inferiore a cm^3 25.

Le fasce dovranno essere collocate in opera con una sovrapposizione non inferiore a cm. 32. I sostegni della barriera saranno costituiti da profilati metallici, con profilo a C di dimensioni non inferiori a mm 80x120x80, aventi spessore non inferiore a mm 6, lunghezza non inferiore a m 1,65 per le barriere centrali e m 1,95 per quelle laterali.

I sostegni stessi dovranno essere infissi in terreni di normale portanza per una profondità non minore di m 0,95 per le barriere centrali e m 1,20 per le barriere laterali e posti ad intervallo non superiore a m 3,60.

La Direzione dei Lavori potrà ordinare una maggiore profondità od altri accorgimenti esecutivi per assicurare un adeguato ancoraggio del sostegno in terreni di scarsa consistenza, come pure potrà variare l'interasse dei sostegni.

In casi speciali, quali zone rocciose od altro, previa approvazione della Direzione dei Lavori, i sostegni potranno essere ancorati al terreno a mezzo di basamento in calcestruzzo avente almeno un $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ e delle dimensioni fissate dal progetto.

Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per non meno di cm 32, effettuata in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

Il collegamento delle fasce tra loro ed i loro sostegni, con l'interposizione dei distanziatori metallici, deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i sistemi di attacco (bulloni e piastrine copriasola) debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

I distanziatori avranno: altezza di cm 30; profondità non inferiore a cm 15; spessore minimo di m 2,5, salvo l'adozione, in casi speciali, di distanziatori del "tipo europeo".

I sistemi di attacco saranno costituiti da: bulloneria a testa tonda ad alta resistenza e piastrina copriasola antisfilamento di dimensioni mm 45x100 e di spessore mm 4.

Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a 300 g/m^2 per ciascuna faccia e nel rispetto della normativa UNI 5744/66.

I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo un movimento verticale di più o meno cm 2 ed orizzontale di più o meno cm 1.

Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire la installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a m 50 senza ricorrere a pezzi o sagomature speciali.

Ogni tratto sarà completato con pezzi terminali curvi, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

SEZIONE 14

- MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA -

INDICE

- 1.0. Manifatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata
- 2.0. Montaggio dei manifatti
 - 2.1 Tombini ad elementi incastrati o imbullonati
 - 2.2. Condotte portanti a piastre multiple
 - 2.3 Tubi perforati per drenaggi
 - 2.3. Costipamento laterale e riempimento
- 3.0. Controlli

1.0. Manifatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi aventi struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI; dovrà essere della qualità di cui alle norme AASHO M 167-70 e AASHO M 36-70 e dovrà avere un contenuto in rame non inferiore allo 0,20%, e non superiore allo 0,40%, ed avere un carico unitario di rottura non minore di 340 MPa; sarà protetto su entrambe le facce da zincatura applicata a caldo, dopo l'avvenuto taglio e piegature dell'elemento, in quantità non inferiore a 305 g/m² per faccia.

L'Impresa per ogni singolo manufatto dovrà richiedere al prefabbricatore, che operi in regime di assicurazione di qualità, secondo quanto stabilito dall'art. 9 della legge 05/11/71 n. 1086, la seguente certificazione e documentazione:

- una certificazione del produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;
- il progetto esecutivo dell'opera, adattato alla situazione effettiva del luogo, con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio;
- una relazione di calcolo con la verifica della stabilità statica della struttura in funzione delle dimensioni, delle specifiche condizioni di carico nonché dei carichi accidentali. La verifica della stabilità statica delle strutture sarà effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati, adottando uno dei metodi della Scienza delle Costruzioni (anello compresso, stabilità all'equilibrio elastico, lavori virtuali) sempre però con coefficiente di sicurezza non inferiore a 4.

Le strutture finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ecc.

Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi, si dovrà provvedere alla loro protezione mediante rivestimento realizzato con adeguato mastice bituminoso o asfaltico, avente uno spessore minimo di mm 1,5 inserito sulla cresta delle ondulazione e dovrà corrispondere ad un peso unitario di 1,5 Kg/m² per faccia applicato a spruzzo od a pennello, ovvero con bitume ossidato applicato mediante immersione a caldo, negli stessi quantitativi precedentemente indicati.

Tassativamente si prescrive che lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere dovrà essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto bituminoso.

La condotta metallica dovrà essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità; in ogni caso si sconsiglia la posa della struttura direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di conglomerato cementizio.

Il letto di posa sarà sagomato come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.

Nel caso di terreno a debole portanza si dovrà eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si dovrà poi riempire lo scavo con materiale da rilevato compattandolo convenientemente.

In presenza invece di un fondo roccioso si dovrà interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore. In ogni caso si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore di 10 cm.

Tale strato non sarà compattato per permettere una perfetta aderenza tra condotta e fondo e dovrà essere esteso in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

A titolo orientativo vengono qui di seguito riportati i dati relativi ai tipi commercialmente in uso, non escludendosi la possibilità di adottare, ferme restando la qualità dell'acciaio e le prescrizioni relative alla zincatura, tipi aventi caratteristiche geometriche similari, rispondenti a tutti i requisiti di stabilità che dovranno risultare da verifiche statiche, estese a tutti gli elementi strutturali, tenendo conto dei carichi esterni applicati e con l'adozione dei metodi della Scienza delle Costruzioni.

2.0. Montaggio dei manufatti

2.1. Tombini ad elementi incastrati o imbullonati

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 67,7 (pollici 2 e $\frac{2}{3}$) e la profondità di mm 12,7 ($\frac{1}{2}$ pollice); la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, sarà un multiplo di m 0,61 (2 piedi).

Il tipo sarà costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto, dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno sarà a diritto filo e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro", il bordo del diritto dell'altro elemento.

Nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari dovranno essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti.

Gli appositi elementi verranno legati tra loro, in senso longitudinale, mediante appositi ganci in acciaio zincato.

Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati, saranno: la circolare con diametro variabile da m 0,30 a m 1,50 e che potrà essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro e la policentrica, anche ribassata, con luce minima di m 0,40 e luce massima di m 1,75.

2.2 A piastre multiple per tombini e sottopassi

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 152,4 (pollici 6) e la profondità di mm 50,8 (pollici 2). Il raggio della curva interna della gola dovrà essere almeno di mm 28,6 (pollici 1 e $\frac{1}{8}$).

Le piastre saranno fornite in misura standard ad elementi tali da fornire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di m 0,61.

I bulloni di giunzione delle piastre dovranno essere di diametro non inferiore a $\frac{3}{4}$ di pollice ed appartenere alla classe 8.8 (Norme UNI 3740).

Le teste di bulloni dei cavi dovranno assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si dovranno impiegare speciali rondelle.

Le forme di manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno circolari, con diametro compreso da m 1,50 a m 6,40 e potranno essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate con luce variabile da m 1,80 a m 6,50 ad arco con luce variabile da m 1,80 a m 9,00; policentriche (per sottopassi) con luce variabile da m 2,20 a m 7,00.

Peraltro e conformemente all'uso americano, per conseguire una riduzione di peso e quindi una economia per l'Amministrazione, sarà opportuno ammettere la lunghezza delle piastre comprese tra 1,75 e 2,50 m pur non essendo tali misure multipli esatti di 0,61 come avanti detto.

Infine la coppia dinamometrica di serraggio per i bulloni dovrà, al termine del serraggio stesso risultare tra 18 e 27.

Per la posa in opera dei suddetti manufatti dovrà essere predisposto un adeguato appoggio, ricavando nel piano di posa (costituito da terreno naturale o eventuale rilevato preesistente) un vano opportunamente profilato e accuratamente compattato, secondo la sagoma da ricevere ed interponendo fra il terreno e la tubazione, un cuscinetto di materiale granulare fino (max 15 mm) avente spessore di almeno 30 cm.

Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte dovrà essere fatto con pestelli meccanici, o con pestelli a mano nei punti ove i primi non siano impiegabili.

Il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 15 cm utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, salvo che per le parti immediatamente adiacenti alle strutture dove il costipamento verrà fatto con pestelli pneumatici o a mano. Occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino a “contatto” della struttura metallica.

Le parti terminali dei manufatti dovranno essere munite di testate metalliche prefabbricate, oppure in muratura in conformità dei tipi adottati.

2.3 Tubi perforati per drenaggi.

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda rappresenti una linea simile ad una senoide.

L'acciaio della lamiera ondulata, dello spessore minimo di mm 1,2 - con tolleranza UNI (Norme UNI 2634) - dovrà avere carico unitario di rottura non inferiore a 340 N/mm^2 e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le Norme UNI 5744-66 e 5745-75 con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato.

Di norma l'ampiezza dell'onda sarà di mm 38 (pollici $1\frac{1}{2}$) ed una profondità di mm 6,35 ($\frac{1}{4}$ di pollice).

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 cm (tolleranza 0,1 cm) che saranno distribuiti in serie longitudinale con interasse di 38 mm, tutti disposti in un quarto di tubo.

I singoli tronchi, di lunghezza non superiore a 9 m, saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione da fissare con bulloni.

2.4 Costipamento laterale e riempimento

Il materiale di rinfianco della condotta dovrà essere compattato ed eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.

Dovrà essere posato e compattato a strati orizzontali di spessore non superiore a 30 cm, disposti in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.

La compattazione di ogni strato dovrà soddisfare le indicazioni già riportate alla sezione "Movimenti terra" del presente Capitolato.

Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si dovranno utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura dovrà estendersi per almeno tre volte il diametro o la luce della condotta e il terreno impiegato per tale rilevato sarà normalmente costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale.

Si dovrà inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un adeguato ricoprimento della struttura che assicuri un'adeguata ripartizione del carico al fine di non generare, nel manufatto, sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

3.0. Controlli

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione degli elementi componenti i manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate.

Si procederà al collaudo tecnologico per l'accettazione della fornitura dei materiali prelevando, al momento dell'arrivo in cantiere, a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, alla presenza di un rappresentante dell'Impresa stessa, alcuni elementi componenti la fornitura.

Di tale operazione verrà redatto apposito verbale firmato dalle parti.

La frequenza dei prelievi sarà di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.

Le prove chimiche e meccaniche sugli elementi prelevati, da eseguire a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, presso un laboratorio Ufficiale, dovranno accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, nonché lo spessore dell'elemento e quello del rivestimento di zinco su entrambe le facce (vedi norma UNI 5742-66), nonché dell'eventuale mastice bituminoso asfaltico.

La Direzione dei Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione dei manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate ed effettuare, presso lo stabilimento di produzione, le prove chimiche e meccaniche per accertare la qualità e lo spessore del materiale; tale controllo potrà essere fatto in una qualunque delle fasi di fabbricazione senza peraltro intralciare il normale andamento della produzione.

Il controllo del peso di rivestimento di zinco sarà effettuato secondo le norme indicate dalle specifiche ASTM A 90-53. Il controllo della centratura della zincatura sarà eseguito immergendo i campioni in una soluzione di CuSO_4 nella misura di g 36 ogni g 100 di acqua distillata (come previsto dalle tabelle U.N.I. 1475, 1476, 4007). Essi dovranno resistere alla immersione senza che appaiano evidenti tracce di rame.

La Direzione dei Lavori si riserva inoltre, per ogni fornitura di condotte ondulate in acciaio, di far eseguire apposita analisi, presso un Laboratorio ufficiale, su campioni prelevati in contraddittorio con l'Impresa, per accertare la presenza del rame nell'acciaio nelle prescritte quantità.

Analoghe analisi potranno essere fatte eseguire per l'accertamento del peso del rivestimento di zinco e della relativa centratura.

L'Impresa dovrà comunque, per ogni fornitura effettuata, presentare alla Direzione dei Lavori una valida certificazione rilasciata dal produttore o dal fornitore del materiale attestante la sua esatta composizione chimica e le sue caratteristiche fisiche.

Il controllo dello spessore verrà fatto sistematicamente ed avrà esito positivo se gli spessori misurati in più punti del manufatto rientrano nei limiti delle tolleranze prescritte.

Nel caso gli accertamenti su un elemento non trovino corrispondenza alle caratteristiche previste ed il materiale presenti evidenti difetti, saranno presi in esame altri 2 elementi; se l'accertamento di questi 2 elementi è positivo si accetta la partita, se negativo si scarta la partita.

Se un elemento è positivo e l'altro no, si controllano 3 elementi, se uno di questi è negativo si scarta la partita.

I pesi, in rapporto allo spessore dei vari diametri impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite da ogni fabbricante, con tolleranza del $\pm 5\%$.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e avrà constatato la rispondenza dei risultati con le caratteristiche sopra descritte.

In caso di esito negativo la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

I pesi dei manufatti tubolari in lamiera ondulata, in rapporto allo spessore dei vari tipi impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite preventivamente da ogni fabbricante, con una tolleranza di $\pm 4\%$.

Verrà, inoltre, verificato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio e qualora il peso effettivo sia inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.

Durante la posa in opera, si dovrà verificare che l'appoggio dell'elemento sia costituito da un letto uniforme, omogeneo, stabile, resistente, evitando la posa in opera direttamente su fondo roccioso o su una piattaforma di calcestruzzo, rispettando le indicazioni riportate nel punto 1.0 del presente Capitolato.

Lo stato di addensamento del materiale utilizzato per il rinfiacco, verrà determinato con le stesse modalità riportate alla sezione "Movimenti di Terra" del presente Capitolato.

SEZIONE 15

- OPERE DI CONSOLIDAMENTO -

INDICE

1. Classificazione, definizioni e normative
 - 1.1. Classificazione
 - 1.2. Definizioni
 - 1.3. Normative di riferimento
- 2.0 TIRANTI DI ANCORAGGIO
 - 2.1 Elementi costitutivi dei tiranti e delle barre di ancoraggio
 - 2.2 Prove tecnologiche preliminari
 - 2.3 Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali
 - 2.4 Materiali ed elementi costruttivi
 - 2.4.1 Acciai e dispositivo di bloccaggio
 - 2.4.2 Armature metalliche
 - 2.4.2.1 Trefoli tipo c.a.p.
 - 2.4.2.2 Barre - Barre in acciai speciali
 - 2.4.3 Apparecchi di testata
 - 2.4.3.1 Dispositivi di bloccaggio
 - 2.4.3.2 Piastre di ripartizione
 - 2.4.4 Miscele di iniezione
 - 2.5 Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione
 - 2.6 Tolleranze geometriche
 - 2.7 Perforazione
 - 2.8 Allestimento del tirante
 - 2.8.1 Iniezione
 - 2.8.1.1 Cementazione di 1^a fase
 - 2.8.1.2 Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati
 - 2.8.1.3 Caratteristiche degli iniettori
 - 2.9 Elementi di protezione
 - 2.10 Tesatura e collaudo
 - 2.11 Protezioni anticorrosive in opera
- 3.0 BARRE D'ANCORAGGIO E BULLONI
 - 3.1 Perforazione
 - 3.2 Allestimento dell'ancoraggio
 - 3.3 Iniezione
 - 3.3.1 Iniezione di miscele cementizie
 - 3.3.2 Iniezione di resine
- 4.0 CHIODI
- 5.0 MICRODRENI
 - 5.1 Generalità
 - 5.2 Caratteristiche dei tubi filtranti
- 6.0 TRINCEE DRENANTI
- 7.0 POZZI DRENANTI
 - 7.1 Attrezzature
 - 7.2 Esecuzione dei collegamenti tra i pozzi
 - 7.3 Allestimento definitivo dei pozzi
 - 7.3.1 Pozzi drenanti a tutta sezione

- 7.3.2 Pozzi ispezionabili
- 7.3.3 Pozzi drenanti strutturali
- 8.0 TRATTAMENTI COLONNARI
- 8.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali
- 8.2 Prove tecnologiche preliminari
- 8.2.1 Determinazione del diametro medio delle colonne
- 8.2.2 Carotaggi e prove in sito
- 8.3 Caratteristiche minime dei trattamenti
- 8.4 Tolleranze
- 8.5 Miscele cementizie di iniezione
- 8.5.1 Caratteristiche dei componenti
- 8.6 Armatura dei trattamenti colonnari
- 9.0 INIEZIONI
- 9.1. Soggezioni geotecniche ed ambientali
- 9.1.1 Salvaguardia ambientale
- 9.1.2 Controllo degli stati tenso-deformativi
- 9.2 Tolleranze
- 9.3 Materiali
- 9.3.1 Miscele cementizie normali
- 9.3.2 Miscele con cementi microfini
- 9.3.2.1 Caratteristiche dei cementi e dosaggi
- 9.4 Modalità esecutive
- 9.4.1 Esecuzione dei trattamenti
- 9.4.2 Trattamento di impregnazione
- 9.4.3 Trattamenti di intasamento
- 9.4.4 Trattamenti di ricompressione

1. CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONI E NORMATIVE

1.1. CLASSIFICAZIONE

Le opere di cui in appresso sono riferite alla classificazione che segue:

a) **Ancoraggi**

Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- Tiranti di ancoraggio
- Barre di ancoraggio e bulloni
- Chiodi.

b) **Dreni**

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- microdreni
- trincee drenanti
- pozzi drenanti.

c) **Trattamenti colonnari**

I trattamenti colonnari identificano l'esecuzione di colonne di terreno consolidato, ottenute tramite:

- sistemi jetting (jet-grouting)
- mescolazione meccanica.

d) **Iniezioni**

Le iniezioni identificano le attività, finalizzate al miglioramento ed alla impermeabilizzazione dei terreni e delle rocce, realizzate mediante iniezione di:

- miscele cementizie stabili ed instabili
- miscele con cementi microfini stabili.

1.2. DEFINIZIONI

Tiranti d'ancoraggio

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione.

Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata).

In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

I tiranti, in relazione alla durata di esercizio, vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (inferiore a due anni);
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie.

Barre di ancoraggio e bulloni

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti.

Si tratta quindi di tiranti particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- armatura costituita da una singola barra;
- lunghezza in genere limitata;
- solidarizzazione, di norma, per semplice cementazione.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile operare distinzioni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) ed in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

I bulloni sono generalmente caratterizzati dalla peculiarità di possedere dispositivi di ancoraggio ad espansione meccanica.

Chiodi

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio di taglio e trazione conseguente ad una deformazione da taglio.

I chiodi sono quindi generalmente privi di testa di ripartizione e con l'armatura costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- profilato metallico;
- barra o tubo in vetroresina, con superficie corrugata o scabra.

Microdreni

I microdreni sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzi con tubi parzialmente o totalmente filtranti.

I microdreni possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

Trincee drenanti

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata. Le trincee sono di norma eseguite lungo le linee di massima pendenza delle scarpate da proteggere. La loro profondità può variare da 4÷5 m a 10÷15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Il fondo dello scavo dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato, mediante posa di canaline in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.

Pozzi drenanti

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità.

L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1.2 e 2 m, a interassi variabili fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza in genere non inferiore al 2%.

Trattamenti colonnari jetting (jet-grouting)

Si definiscono trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in posto con leganti cementizi, con la tecnica esecutiva basata sull'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Perforato il terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disagregazione, opportunamente corredato di ugelli di iniezione.

Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, etc.).

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riproforando le colonne con fanghi cementizi aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

Iniezioni

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di varie dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro.

Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento.

I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

I trattamenti possono definirsi di:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ricompressione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

Le miscele di iniezione consistono in:

- sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti (miscele cementizie);
- soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);
- soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono:

- miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua- cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivati.

1.3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi e normative.

- Nuove norme
- 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.
- Raccomandazioni AGI
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione 1993.
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti.

2.0 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti sono definite nel progetto esecutivo.

2.1 Elementi costitutivi dei tiranti e delle barre di ancoraggio

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

a) Testata

E' il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata; è normalmente costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio, ed il condotto di iniezione.

b) Armatura

E' l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

c) Tratto libero

E' la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio)

E' il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

e) Canna di iniezione

E' costituito da un tubo generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

2.2 Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa, a sua cura, mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dal progettista in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo.

Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni A.I.C.A.P..

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni A.I.C.A.P su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993).

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Nel caso l'impresa proponga di variare nel corso dei lavori 'la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0,5 % del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

2.3 Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali

Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno 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 dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

Tale verifica verrà eseguita, su richiesta della Direzione Lavori a cura e spese dell'Impresa.

L'ambiente verrà dichiarato aggressivo quando:

- il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti < 3 °F;
- il valore del pH dell'acqua risulti < 6 ;
- il contenuto in CO₂, disciolta nell'acqua risulti > 30 mg/l;
- il contenuto in NH₄, dell'acqua risulti > 30 mg/l;
- il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti > 300 mg/l;
- il contenuto in ioni SO₄ dell'acqua risulti > 600 mg/l oppure > 6000 mg/kg di terreno secco;
- i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- l'opera risulti situata a distanza ≤ 300 m dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori sulla base delle indicazioni progettuali e l'impresa dovrà certificarne l'idoneità.

2.4 Materiali ed elementi costruttivi

2.4.1 Acciai e dispositivo di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alla normativa vigente.

I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato "B" della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.

2.4.2 Armature metalliche

2.4.2.1 Trefoli tipo c.a.p.

Si utilizzeranno in genere trefoli Φ 6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- componenti : 7 fili Φ 5 mm
- diametro nominale : 15.20 mm
- sezione nominale : 139 mm²
- tensione effettiva all'1% di allungamento : 225 kN
- tensione di rottura effettiva : 250 kN
- modulo elastico : E=200 ÷ 205 KN/mm²
- limite elastico convenzionale allo 0.1% : $f_p(1)_k$ 1600N/mm²
- tensione di rottura : $f_{ptk} \geq 1800$ N/mm²
- allungamento a rottura su 610 mm : 5.2 ÷ 5.1%
- peso : 1.1Kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio : $\sigma_a \leq 0.6 f_{ptk}$
- in fase provvisoria : $\sigma_{ai} \leq 0.85 f_p(1)_k$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio : $T \leq 150$ kN
- in fase transitoria (*) : $T \leq 180$ kN

(*) Per prove di collaudo o per brevi fasi di carico temporanee.

2.4.2.2 Barre - Barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nella Sez. VI.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, tipo Dywidag o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

2.4.3 Apparecchi di testata

2.4.3.1 Dispositivi di bloccaggio

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento alla normativa inerente la costruzione di strutture metalliche.

2.4.3.2 Piastre di ripartizione

Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

2.4.4 Miscele di iniezione

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi in generale la seguente composizione per 1 m³ di prodotto:

- acqua: 600 kg;
- cemento: 1200 kg;
- additivi: 10÷20 kg.

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro, inferiore allo 0,05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0,15% in peso.

L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

2.5 Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione.

La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a intervalli di 2,0-2,5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi.

Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione.

Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

2.6 Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di $\pm 2^\circ$;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 10 cm dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

2.7 Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzo, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature, rispondenti a tutte le indicazioni di Legge.

Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.

L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso coi terreni con prevalente componente argillosa, di rocce marnose tenere e terreni argillosi sovraconsolidati, il lavaggio sarà eseguito con sola aria, evitando l'utilizzo di fluidi di perforazione.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'impresa dovrà provvedere a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità previste dal progettista dell'intervento.

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 $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$;
- pressione $\geq 8 \text{ bar}$.

2.8 Allestimento del tirante

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1^a fase), se necessaria;
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

Se presente l'iniezione di 1^a fase l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorchè:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ($i \leq 25^\circ$), sia presente.

2.8.1 Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato.

2.8.1.1 Cementazione di 1^a fase

Se necessaria sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi.

Completata l'iniezione di 1^a fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

2.8.1.2 Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

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. La 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 valori 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 della canna.

2.8.1.3 Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate 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.

2.9 Elementi di protezione

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1 per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2 per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm.

Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

Gli spazi residui tra armatura e guaina dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

2.10 Tesatura e collaudo

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo.

L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

La trazione di collaudo (N_c) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio (N_{es}).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento $N_0=0,10 N_{es}$ e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno o declassati o rifiutati a seconda del parere espresso dal progettista dell'opera e fatta salva la detrazione conseguente alla non riuscita esecuzione.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto.

Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0,1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio (N_{es}).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori rivedere a cura dell'Impresa la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50 tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

2.11 Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante.

L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di

spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

3.0 BARRE D'ANCORAGGIO E BULLONI

3.1 Perforazione

Valgono le prescrizioni già indicate per i tiranti di ancoraggio (punto 2.0 e seguenti) Nel caso di perforazione di piccolo diametro in roccia ($\phi \leq 80 \div 100$ mm) e di manifesta stabilità del foro, potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

3.2 Allestimento dell'ancoraggio

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura;

- esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- esecuzione delle iniezioni selettive se ed ove previste;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- eventuali prove di carico di collaudo;
- tensionamento della barra.

Per i bulloni ad espansione meccanica la connessione alla roccia si otterrà direttamente in fase di tensionamento.

3.3 Iniezione

3.3.1 Iniezione di miscele cementizie

Si applicano le specifiche già indicate per i tiranti di ancoraggio (punto 2.0 e seguenti), sia per le iniezioni di 1^a fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste.

3.3.2 Iniezione di resine

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro ($\phi = 15 \div 20$ mm) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra, facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione.

Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata.

Le resine saranno di norma impiegate per la solidarizzazione delle barre in acciaio alla roccia. Preferenzialmente saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- la viscosità in fase fluida
- i tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura
- la compatibilità con la presenza di acqua.

Rapporti non corretti del dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri).

La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipanti della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non comporti alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari

accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatto tenendo conto dei seguenti fattori:

- viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;
- tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D2471 - 71;
- assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas;
- compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria ed in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819 - 66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

4.0 CHIODI

La posa in opera dei chiodi sarà eseguita tramite le seguenti operazioni:

- a) perforazione, da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia ed alla geometria del foro;
- b) introduzione dell'armatura;
- c) esecuzione dell'iniezione, fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza jetting (attraverso la sezione cava).

Con "vetroresina" si intende un materiale composito le cui componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resine termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il suo corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo.

Di norma i chiodi in vetroresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

Ove necessario, o espressamente richiesto dal progetto, le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentito, ove previsto da progetto.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore.

Le caratteristiche minime richieste sono riportate nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITA' DELLE VETRORESINE PER CHIODI

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		METODO DI PROVA
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Peso specifico	Kg/dm ³	1.65 - 1.85	1.9	UNI 7092-72
Contenuto di vetro in percentuale del peso	%	50 ÷ 70	60 ÷ 75	--
Resistenza a trazione	MPa	400 ÷ 650	> 800	UNI 5819/66
Resistenza a Flessione	MPa	300 ÷ 600	> 750	UNI 7219/73
Resistenza a Compressione	MPa	150 ÷ 300	450	UNI 4279/72
Modulo di elasticità	MPa	15000 ÷ 32000	35000 ÷ 42000	UNI 5819/66

Le informazioni relative alla esecuzione dei chiodi saranno riportate, a cura dell'Impresa, su una scheda tecnica preventivamente approvata dalla DL.

5.0 MICRODRENI

5.1 Generalità

I dreni hanno la funzione di captare venute localizzate di acqua o di limitare al valore richiesto il regime delle pressioni interstiziali.

Le caratteristiche dei dreni per quanto concerne tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione saranno definite dal progetto; l'Impresa dovrà realizzare i dreni con le prescritte caratteristiche, sottoponendo preventivamente alla DL eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità.

5.2 Caratteristiche dei tubi filtranti

Il tubo filtrante avrà caratteristiche (diametro, lunghezza, e apertura della fessurazione) conforme al progetto.

Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tale da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione. Qualora non diversamente prescritto, lo spessore sarà di almeno 2.5 mm, l'apertura della finestratura di 0.2 mm, il diametro esterno del tubo di almeno 40 mm.

Il tratto cieco avrà diametro interno uguale a quello del tratto finestrato. La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 m, sarà sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni consistenti, una volta in opera, in conseguenza del congelamento dell'acqua in essa contenuta.

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate, comunque con un solo diametro per tutto il foro, con eventuali maggiorazioni di tale diametro in corrispondenza del tratto equipaggiato con tubazione cieca, qualora ritenuto utile o necessario per il raggiungimento della profondità richiesta.

La perforazione sarà sempre accompagnata da rivestimento provvisorio, senza impiego di fluidi diversi da acqua eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20÷40 ore.

E' ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%.

Al termine della perforazione il foro sarà energicamente lavato con acqua pulita.

Si eviterà, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni con interasse inferiore a 10 m.

Il dreno sarà inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che sarà solo successivamente estratto. La bocca del tubo dovrà sporgere di 4-6 cm dal paramento di boccaforo e verrà protetta da staffe di acciaio sporgenti.

Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 10 m in lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a separare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e foro lungo il tratto cieco.

A questo scopo dovranno essere predisposti:

- 2 valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm dal punto di giunzione tra tratto filtrante e cieco;
- un sacco otturatore in tela juta o simili, avente 40 cm di diametro e lunghezza di circa 200 cm, legato alle estremità e disposto a copertura delle valvole, nel tratto di tubo cieco più profondo;
- alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si eseguirà ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio.

La sequenza operativa sarà la seguente:

1. posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;
2. iniezione di un volume di miscela corrispondente al volume del sacco otturatore completamente espanso, con una pressione di iniezione alla quota della valvola compresa tra $0.2 \sigma_H$ ed un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità (σ_H equivale alla differenza di quota tra valvola inferiore e bocca foro);
3. spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena sopra il sacco otturatore iniettato e riempimento con miscela in pressione fino al suo rifluimento a bocca foro.

Ove previsto dal progetto il tratto filtrante sarà rivestito con un foglio di geotessile, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate, e comunque non inferiori a quanto prescritto nella tabella seguente:

**CARATTERISTICHE MINIME E LIMITI DI ACCETTABILITA'
DEI GEOTESSILI PER DRENAGGI**

<i>spessore</i>	2.5 mm
<i>peso</i>	200 g/m ²
<i>resistenza a trazione (UNI 8639)</i>	350 N/5 cm
<i>allungamento (UNI 8639)</i>	70%
<i>trazione trasversale (UNI 8639)</i>	500 N/5 cm
<i>allungamento trasversale (UNI 8639)</i>	30%
<i>permeabilità</i>	$5 \cdot 10^{-3}$ cm/sec

Terminate le operazioni di installazione ed eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radiale del liquido; la lancia scorrerà entro il tubo grazie a dei pattini opportunamente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno.

Il lavaggio sarà eseguito a partire da fondo dreno, risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro. Il lavaggio sarà se necessario ripetuto fino alla sicura creazione di un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nelle fasi di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da indesiderati fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

6.0 TRINCEE DRENANTI

Per trincee di modesta profondità (6 ÷ 7 m) è possibile utilizzare degli escavatori a braccio rovescio, con benna a cucchiaio. In tal caso lo scavo procederà con continuità, e le operazioni di posa dei geotessili e di riempimento saranno effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde saranno utilizzate le attrezzature e le tecniche di scavo dei diaframmi.

Lo scavo della trincea dovrà essere necessariamente eseguito a secco, provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia tale da garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili. In alternativa si realizzeranno schermi costituiti da pozzi drenanti.

Le pareti dello scavo saranno di norma rivestite con un foglio di geotessile le cui caratteristiche saranno stabilite dal progettista, in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento.

Di norma il geotessile deve essere prodotto utilizzando poliestere insensibile ai raggi ultravioletti, alla aggressione salina e non putrescibile. Il processo meccanico di produzione deve prevedere la legatura dei filamenti (agugliatura), senza aggiunta di leganti.

In ogni caso il geotessile dovrà avere caratteristiche non inferiori a quanto riportato nella tabella precedente e rispondere alle prescrizioni riportate nella Sez. Movimenti di Terra del presente Capitolato.

I vari fogli di geotessile dovranno essere cuciti tra loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione dei fogli dovrà essere di almeno cm 50.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo della trincea e per un'altezza di almeno cm 30 sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo, o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul geotessile. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del "geotessile" stesso o, per trincee poco profonde, anche dopo la sua sistemazione in opera. Si dovrà prevedere la fuoriuscita di una quantità di geotessile sufficiente ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza della trincea).

Sul fondo dello scavo si disporrà un tubo drenante, corrugato e formato in PVC del diametro non inferiore a 80 mm, per la raccolta delle acque drenate.

Il cavo rivestito sarà quindi immediatamente riempito con materiale drenante, curando in particolare che il geotessile aderisca alle pareti dello scavo.

Si utilizzerà materiale lapideo pulito e vagliato, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm e trattenuto al crivello 10 mm UNI.

Il riempimento verrà arrestato a circa 50 cm dal piano campagna. Quindi saranno risvoltati i fogli di geotessile e si ritomberà il tutto con argilla compattata.

7.0 POZZI DRENANTI

7.1 Attrezzature

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti saranno utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con impiego di colonne di rivestimento provvisorio. E' tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici. Possibilmente la perforazione dovrà essere effettuata "a secco"; l'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere autorizzato, sentito il progettista

Per la realizzazione dei collettori di fondo saranno utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercussione a manovra corta, le cui dimensioni dovranno essere compatibili con il

diametro dei pozzi. Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale.

Il diametro della perforazione non dovrà essere inferiore a 120 mm.

I collettori dovranno essere realizzati introducendo un tubo in PVC ondulato o grecato, ad elevato allungamento e flessibilità, avente diametro minimo di 75-85 mm, avendo tubi sfinestrati in cls. in grado di resistere alle pressioni interne ed esterne.

Alle sonde dovranno essere asservite attrezzature di servizio integrate, costituite da una gru, motore e centralina idraulica, pompe sommerse per lo svuotamento provvisorio dei pozzi, etc. La perforazione della condotta di fondo dovrà essere eseguita in conformità a tutte le prescrizioni in materia di igiene e sicurezza sul lavoro.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori una planimetria con indicati tutti i pozzi drenanti, numerati progressivamente, specificando i previsti allestimenti finali (pozzi drenanti, pozzi ispezionabili, etc.) e la sequenza di esecuzione.

Di norma i lavori dovranno iniziare dal pozzo posto più a valle, in modo da consentire il funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi di lavoro.

In generale la pendenza media della condotta di fondo non dovrà essere inferiore al 2%.

Tale condotta può essere realizzata anche a gradini.

7.2 Esecuzione dei collegamenti tra i pozzi

Prima di effettuare i collegamenti dovranno essere controllati tutti i parametri geometrici delle perforazioni verticali ed orizzontali, allo scopo di assicurare la necessaria precisione plano-altimetrica del collegamento. L'Impresa deve trasmettere alla Direzione Lavori le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

Detta tubazione deve essere continua ed attraversare il pozzo immersa nel materiale drenante. In questo tratto il tubo dovrà essere forato e rivestito di geotessile per la captazione dell'acqua drenata.

L'intercapedine tra tubazione e perforazione sarà adeguatamente impermeabilizzata utilizzando una miscela cementizia plastica.

7.3 Allestimento definitivo dei pozzi

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;
- pozzi drenanti ispezionabili;
- pozzi drenanti con rivestimento strutturale.

7.3.1 Pozzi drenanti a tutta sezione

Impermeabilizzato il fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo, si eseguirà il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio. Si utilizzerà di norma un fuso granulometrico compreso fra 2÷25 mm circa, con passante al vaglio 200 ASTM non superiore al 5%; il materiale dovrà essere lavato ed esente da materiali organici coesivi.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante il deflusso di una piccola portata di acqua.

Completato il riempimento, si provvederà alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione, separato dal materiale drenante per mezzo di una membrana geotessile o in PVC.

7.3.2 Pozzi ispezionabili

Si tratta di pozzi aventi rivestimento definitivo ϕ 1.5 m, in modo da realizzare una intercapedine di spessore 15 cm.

In presenza di tubo forma, questo sarà estratto contemporaneamente alla immissione del materiale drenante, curando che rimanga sempre immerso nello stesso per impedirne la contaminazione; si dovrà, anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo. La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificare il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi sarà ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2÷25 mm.

Eseguita l'impermeabilizzazione del fondo (esterno ed interno) si procederà al versamento del materiale drenante mediante opportuni convogliatori.

Eseguito anche il tappo superiore, si provvederà ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione.

Infine verrà posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

7.3.3 Pozzi drenanti con rivestimento strutturale

Si tratta di pozzi aventi diametro minimo ϕ 2 m, il cui mantello drenante, di spessore medio $s = 10$ cm, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di 30 cm di spessore.

Si dovrà, anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo

Esecutivamente il pozzo sarà realizzato di norma inserendo entro la perforazione ϕ 2 m due rivestimenti ondulati ϕ 1.2 e ϕ 1.8 m, coassiali, al cui interno verrà quindi posizionata l'armatura. I due rivestimenti, il cui spessore (≥ 2.7 mm) è comunque da dimensionare in base alla profondità del getto di cls, fungono da cassero "a perdere". Se realizzati in acciaio zincato essi possono essere considerati, sotto certe condizioni, collaboranti permanentemente.

Posizionati i lamierini e l'armatura si eseguirà il riempimento dell'intercapedine esterna con materiale drenante e quindi il getto di cls, previo adeguato puntellamento interno. Le acque di drenaggio vengono raccolte all'interno del pozzo tramite 2÷3 perforazioni radiali del rivestimento in c.a.

L'allestimento del pozzo sarà infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, etc.).

Ove previsto dal progetto si installeranno dall'interno dei pozzi delle raggere di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi micro-dreni è dovuta alla possibilità che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili, o al contatto tra coltre e substrato.

L'allontanamento definitivo delle acque sarà ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali ad un sistema di canalette superficiali, da disporre lungo opportune direttrici.

8.0 TRATTAMENTI COLONNARI

8.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali

Di norma le perforazioni saranno eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituite da:

- acqua
- fanghi cementizi
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Impresa.

Le pressioni di iniezione devono essere determinate in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite.

I trattamenti dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio previste in progetto, e potranno essere realizzati in verticale o comunque inclinati in relazione alle indicazioni di progetto.

8.2 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature prescelte ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'Impresa alla Direzione Lavori per opportuna informazione.

La DL ha l'obbligo di eseguire delle prove tecnologiche preliminari per verificare l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione.

L'Impresa eseguirà una serie di prove preliminari per la messa a punto dei sistemi in funzione delle condizioni locali del sito e dello scopo del progetto.

Definite le modalità esecutive più idonee, si procederà all'esecuzione di un campo prova che sarà realizzato secondo le prescrizioni progettuali.

Sulle colonne del campo prova si dovranno effettuare i tests di seguito indicati, che potranno essere richiesti in tutto o in parte o eventualmente integrati, come verrà di volta in volta indicato in funzione della specificità del progetto.

8.2.1 Determinazione del diametro medio delle colonne

Il diametro sarà misurato mediante la messa a giorno di almeno 3 m delle colonne (trascurando i primi 50÷60 cm dal p.c.).

Qualora gli eventuali strati profondi di terreno da trattare presentino caratteristiche sostanzialmente diverse dai terreni superficiali, le colonne di prova andranno spinte a tali profondità; in questo caso il controllo sarà effettuato solo mediante carotaggi.

8.2.2 Carotaggi e prove in sito

Di norma si eseguiranno le seguenti prove:

- esecuzione di un carotaggio continuo su tutte le colonne per tutta la loro lunghezza, posizionato al centro; il carotaggio dovrà mostrare una percentuale di recupero superiore od uguale al 70%;
- esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza, posizionato all'intersezione di eventuali due colonne compenetranti;
- esecuzione di carotaggi continui lungo il presunto bordo esterno teorico ipotizzabile, in numero sufficiente per l'individuazione del diametro, nel caso di colonne profonde per le quali non è possibile procedere con esami visivi diretti;
- misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali, lungo i fori eseguiti in asse, con il metodo del carotaggio sonico. Le colonne dovranno aver raggiunto almeno 30 gg. di maturazione (preferibilmente 30 gg. nel caso di trattamento di terreni

incoerenti e 40 gg. nel caso di terreni coesivi); le misure verranno eseguite attraverso dei tubi in acciaio del diametro interno maggiore o uguale a 35 mm inseriti all'interno delle perforazioni di carotaggio ed adeguatamente cementati;

- per trattamenti intensivi, come ad esempio per la realizzazione di tamponi di fondo, potrà venire richiesta la realizzazione di prove cross-hole attraverso almeno tre tubi in acciaio posti ad un interasse di circa 100 cm (e che comunque verrà definito di volta in volta). Le misure microsismiche dovranno venire effettuate, per tutte le coppie possibili di tubi, sia sul terreno vergine prima dell'intervento, che sul trattamento dopo almeno 30 gg. dalla sua realizzazione;

- per trattamenti intensivi potranno venire richieste prove di permeabilità del tipo Lugeon;

I carotaggi dovranno essere eseguiti con corone a diamante e doppio carotiere con almeno 100 mm di diametro nominale.

Sui campioni prelevati si eseguiranno le seguenti operazioni:

- catalogazione, descrizione e documentazione fotografica
- osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione delle percentuali di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota (in cm)
- trasporto, nel laboratorio concordato con la Direzione Lavori, dei campioni preventivamente inseriti in fustelle di PVC chiuse con paraffina ed opportunamente imballati.

8.3 Caratteristiche minime dei trattamenti

In ogni caso, a meno di particolari esigenze progettuali di volta in volta indicate, le caratteristiche delle colonne che si dovranno realizzare saranno conformi a quanto specificato in tabella 2.3.5.e, ove con:

- q_u : si intende la resistenza media ad espansione laterale libera su campioni prelevati dai carotaggi di controllo;
- D_m : è il diametro medio, in uno stesso tipo di terreno, misurato su colonne scoperte.

Il modulo di elasticità tangenziale E dovrà assumere valori pari o superiori a $E \geq 100 q_u$

Per ottenere i suddetti valori, si dovranno rispettare le seguenti quantità minime di cemento da iniettare, in funzione del sistema prescelto (la quantità di cemento viene indicata come peso secco per metro cubo di terreno trattato):

- sistema monofluido 350 ÷ 400 kg/m³
- sistema a due fluidi 400 ÷ 450 kg/m³
- sistema a tre fluidi 600 ÷ 700 kg/m³.

CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITA'DELLE COLONNE JET-GROUTING

SISTEMA	TIPO TERRENO	DIAMETRO MEDIO (m) D_m	RESISTENZA (MPa) q_u
Monofluido	Incoerenti sciolti	0.60÷0.80	>5÷6
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0.4÷0.6	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.4÷0.6	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.3÷0.5	
A due fluidi	Incoerenti sciolti	1.0÷1.5	≥5÷6.0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	0.6÷0.9	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.7÷1.0	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.5÷0.8	
A tre fluidi	Incoerenti sciolti	1.6÷2.0	≥5÷6.0
	Incoerenti da mediamente addensati ad addensati	1.0÷1.5	
	Coesivi soffici o mediamente compatti	1.2÷1.6	≥1.5÷2.0
	Coesivi molto compatti	0.6÷1.00	

8.4 Tolleranze

Le colonne dovranno essere realizzate nella posizione e con le dimensioni nominali di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- | | |
|--|---|
| - coordinate planimetriche del centro della colonna: | ± 5 cm |
| - scostamento dall'asse teorico: | ± 2% |
| - lunghezza: | ± 15 cm |
| - diametro medio reso: | non inferiore a quello nominale di progetto |
| - quota testa colonna: | ± 5 cm. |

8.5 Miscele cementizie di iniezione

8.5.1 Caratteristiche dei componenti

Dovrà essere impiegata una miscela binaria cemento/acqua il cui rapporto è variabile, in funzione del sistema operativo, del tipo di terreno e dei parametri richiesti.

E' ammesso l'uso di additivi, aventi le funzioni di seguito indicate:

- stabilizzanti (la resa volumetrica deve risultare $\geq 97\%$) o fluidificanti
- acceleranti o ritardanti di presa
- impermeabilizzanti
- di protezione delle miscele dal dilavamento nel caso di falda in movimento con forte velocità
- di protezione da eventuali agenti organici presenti nel terreno.

Naturalmente l'adozione di tali additivi svolge un ruolo importante sulle caratteristiche meccaniche delle miscele e della colonna di terreno stabilizzato, che andranno di volta in volta verificate ed accettate in funzione degli scopi del trattamento stesso.

Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere preventivamente consegnate alla Direzione Lavori per opportuna informazione.

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti jet- grouting saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$1 \leq a/c \leq 2$$

8.6 Armatura dei trattamenti colonnari

Quando previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi di acciaio tipo Fe 430-510 senza saldatura longitudinale del tipo per costruzione meccanica con manicotti di giunzione filettati o saldati , che essere in grado di resistere ad una sollecitazione a trazione pari almeno al 70% del medesimo carico ammissibile a compressione, da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del perforo appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa. Nel caso sia previsto l'inserimento dell'armatura in acciaio ad avvenuta presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura (tubi o barre in acciaio) ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio quando l'armatura è tubolare e attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.

9.0 INIEZIONI

9.1. Soggezioni geotecniche ed ambientali

Poichè la corretta scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione è basilare per la corretta realizzazione dei trattamenti, il progettista dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.).

Ove ne ricorra l'opportunità la Direzione Lavori richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al punto successivo.

9.1.1 Salvaguardia ambientale

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

E' consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo, e che non cedano al terreno ed alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma quindi è fatto divieto all'uso di soluzioni colloidali e di reagenti organici, o di altre soluzioni in contrasto con le vigenti norme in materia di tutela ambientale.

9.1.2 Controllo degli stati tenso-deformativi

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine.

9.2 Tolleranze

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- | | |
|---------------------------------|------------|
| - coordinate piano-altimetriche | : ± 5 cm; |
| - scostamento dall'asse teorico | : ± 2%; |
| - lunghezza | : ± 15 cm. |

9.3 Materiali

9.3.1 Miscele cementizie normali

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua

$$0.2 \leq c/a \leq 0.6$$

con impiego di additivi stabilizzanti e disperdenti; per ottenere la stabilizzazione potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite, con rapporto

$$0.01 \leq b/a \leq 0.04$$

Per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio c/a può variare nell'intervallo:

$$0.4 \leq c/a \leq 1.4$$

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali, considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti. Le schede tecniche dovranno essere preventivamente approvate dalla DL.

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- | | |
|---|-------------------|
| - viscosità Marsh | : 35 ÷ 45 secondi |
| - viscosità apparente | : 10 ÷ 20 cP |
| - rendimento volumetrico
(per miscele stabili) | : ≥ 95 % |

9.3.2 Miscele con cementi microfini

9.3.2.1 Caratteristiche dei cementi e dosaggi

Le miscele con cementi microfini saranno ottenute a seguito di processi di produzione tali da aumentare la finezza del cemento fino a valori dell'ordine di 8500 ÷ 12000 cm²/g (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

$$D_{98} = 10 \div 20 \mu\text{m}$$

$$D_{50} = 3 \div 5 \mu\text{m}$$

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione. Il dosaggio, in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo:

$$0.5 \leq c/a \leq 0.6$$

E' ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici. Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh : 27 ÷ 30 secondi
- rendimento volumetrico : ≥ 95 %.

9.4 Modalità esecutive

Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi valvolati introdotti in appositi perfori all'interno del terreno da consolidare.

I perfori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, di diametro 100-120 mm, ed eventualmente rivestiti. Preliminarmente verranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole; tali iniezioni verranno eseguite in più fasi con miscele cementizie additivate eseguite a bassa pressione tra tubo e perforo e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il preconsolidamento. Il tubo impiegato quando non specificato in progetto sarà in vetroresina del tipo ad aderenza migliorata del diametro 60 mm e spessore 10 mm; le giunzioni dei tubi saranno eseguite con i necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio dei tratti di tubo giuntati. Il tubo sarà corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti in gomma di spessore 3,5 mm.

Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche esposte nella tabella che segue, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi minimi considerati:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL TERRENO CONSOLIDATO	INTERVALLO DELLA PROVA	
	DOPO 48 h DALLA INIEZIONE	DOPO 7 h DALLA INIEZIONE
resistenza a compressione semplice	≥1 MPa	≥ 1,5 MPa
R.D.Q. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥100 mm	≥ 50%	≥ 70%

L'Impresa, a sua totale cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento procedendo preliminarmente, mediante prove e sondaggi, alla determinazione delle caratteristiche geomeccaniche, livello di falda e permeabilità del terreno da consolidare; in base ai risultati ottenuti definirà:

- la quantità e distribuzione dei tubi di iniezione;
- il passo delle valvole;
- la composizione delle miscele con specifico riferimento alla viscosità, che dovrà essere bassa per poter eseguire le iniezioni in tempi brevi, il rapporto acqua cemento ed l'impiego di additivi adeguati;
- la finezza del cemento;

- la pressione di iniezione, che di norma dovrà essere inferiore a quella di cedimento del sistema (clacquage).

L'Impresa dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Impresa potrà dare corso ai trattamenti soltanto dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il suo benestare in base ai risultati delle prove di cui sopra, con l'avvertenza che in ogni caso tale benestare non ridurrà la responsabilità dell'Impresa circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

9.4.1 Esecuzione dei trattamenti

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti; i tubi di iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacieli di miscelazione progressivo; la centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca' foro, con certificato ufficiale di taratura.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Impresa, a sua cura spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Impresa in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

Sono a carico dell'Impresa la fornitura della documentazione dei lavori e l'ubicazione dei punti di trattamento mentre sono a carico della stazione appaltante tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, e campo prove; nonchè le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a 10^{-2} m/s, sarà cemento del tipo normale;

- per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di 10^{-2} m/s, si useranno cementi microfini, acqua, additivi fluidificanti, ecc.

9.4.2 Trattamento di impregnazione

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. 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.

Nei trattamenti di impregnazione 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).

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezioni in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Impresa, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, o viceversa, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezioni non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

9.4.3 Trattamenti di intasamento

Saranno eseguiti in conformità con le modalità e le indicazioni date nel progetto di intervento. Ove previsto le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

9.4.4 Trattamenti di ricompressione

Verificato l'esatto posizionamento delle valvole, si darà luogo alle iniezioni utilizzando portate e pressioni atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno, registrando opportunamente la pressione di picco e la successiva pressione di alimentazione della frattura. L'iniezione sarà arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di miscela cementizia.

SEZIONE 16

- OPERE DI DIFESA -

INDICE

- 1.0. DIFESA DEL CORPO STRADALE
- 1.1. Disgaggio di massi
- 1.2. Paramassi
- 1.3. Rivestimenti di pareti e scarpate
- 1.3.1. Mantellate in lastre
- 1.3.2. Mantellate a grigliato reticolato
- 1.3.3. Rivestimento con rete metallica
- 1.3.4. Rivestimento mediante impiego di malta di cemento vibrato
- 1.4. Gabbionate
- 1.4.1. Gabbioni metallici
- 1.5. Tubazioni, canalette, cunette e cunicoli
- 1.5.1. Tubazioni
- 1.5.1.1. Tubazioni in c.a.v.
- 1.5.1.2. Tubazioni in PVC rigido
- 1.5.1.3. Pozzetti e chiusini
- 1.5.2. Canalette
- 1.5.2.1. Canalette ad embrici
- 1.5.3. Cunette
- 1.5.4. Cunicoli
- 1.5.5. Rivestimento per cunette e fossi di guardia
- 1.5.5.1. In elementi prefabbricati in c.a.v.
- 1.5.5.2. In conglomerato cementizio, gettato in opera
- 1.5.5.3. In muratura di pietrame
- 1.5.6. Cordonature
- 2.0. DIFESE SPONDALI
- 2.1. Prismi in conglomerato cementizio
- 2.2. Massi di roccia
- 2.3. Gabbioni
- 2.4. Materassi in pietrame
- 2.5. Soglie di fondo
- 3.0. MURI DI SOSTEGNO
- 3.1. Muri in muratura
- 3.2. Muri in calcestruzzo
- 3.3. Muri in gabbioni
- 4.0. Opere di sostegno in terra rinforzata
- 4.1. Strutture di sostegno a scomparti cellulari
- 4.2. Strutture di contenimento in elementi scatolari

5.0. SPECIFICA DI CONTROLLO

- 5.1 DIFESA DEL CORPO STRADALE
- 5.1.0. Disgaggio di massi
- 5.1.1. Paramassi
- 5.1.1.0. Controlli sui materiali
- 5.1.1.0. Controlli in posa in opera
- 5.2. RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE

- 5.2.1. Gabbioni e Materassi metallici
- 5.2.2. Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento
- 5.3. MURI DI SOSTEGNO
- 5.3.1. Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.
- 5.3.2. Muri di sostegno in pannelli di c.a.p.
- 5.3.3. Muri di controripa in pannelli di c.a.v.
- 5.3.4. Muri di sostegno in muratura
- 5.3.5. Muri di sostegno in calcestruzzo
- 5.3.6. Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. , c.a.p.)
- 5.3.7. Muri di sostegno in terra rinforzata

1.0 DIFESA DEL CORPO STRADALE

1.1. Disgaggio di massi

Dopo una accurata ispezione delle pareti rocciose per l'accertamento della presenza e della disposizione di masse instabili, si dovrà provvedere con qualsiasi mezzo, incluso l'esplosivo, all'abbattimento e rimozione di dette masse, da eseguirsi a qualsiasi quota dal piano stradale.

1.2. Paramassi

Si distinguono in:

- paramassi elastici
- paramassi rigidi.

I paramassi elastici dovranno essere formati da:

Ritti di testata in profilato HEB del tipo Fe 430 non inferiori a 320 mm, controventati da puntoni in profilati a C non inferiori a mm 200, solidamente collegati ai montanti mediante saldatura o imbullonatura, con eventuale ausilio di fazzoletti o piastre ed angolari;

Ritti intermedi in profilati IPE o NP del tipo Fe 430 non inferiori a 240 mm, muniti di manicotti distanziato da reggicavo, opportunamente svasati alle estremità per evitare danni alle funi e saldati all'ala lato monte dei fitti.

Tali fitti potranno essere incastrati al piede su manufatti esistenti o su nuovi basamenti in c.a., infiggendo il profilato per una altezza non inferiore a 80 cm e sigillando con malte espansive.

Potranno, altresì, essere fissati a mezzo di cerniera meccanica, vincolata al basamento mediante idonea forcina in acciaio Fe 430, per consentire la rotazione di fitti sul piano ortogonale.

Orditura longitudinale di cavi funicolari di acciaio del diametro non inferiore a 12 mm aventi ciascuno resistenza a rottura non inferiore a 10 tonnellate, opportunamente tesati infilati nei manicotti dei atti intermedi ed ormeggiati ai atti di estremità mediante cappio con morsetti; detti cavi saranno adagiati in una gola arcuata costituita da profilato a C o simile non inferiore a 35 mm opportunamente calandrato e solidamente fissato al fitto.

I cavi funicolari dovranno essere collegati a due a due mediante distanziatori, in tondino d'acciaio del diametro di 10 mm e del tipo Fe B 22 K, fissati alle funi stesse e posti ad un interesse non inferiore a 50 cm, sfalsati su file attigue.

Rete metallica zincata a doppia torsione, del peso non inferiore a 1,7 Kg/m² costituita da filo di diametro di mm 2,7-3,0 a maglie esagonali, stesa a ridosso dell'orditura di funi, lato monte, e legata alle funi con filo di ferro zincato, nel caso di interesse tra i cavi funicolari non superiore a 20 cm; oppure rete a maglie estensibili delle dimensioni non superiori a mm 150x150 costruita con fune, rivestita in PVC, a fili di acciaio aventi resistenza a trazione non inferiore a 160 Kg/mm².

I paramassi, quando hanno ritti incernierati, dovranno avere sempre gli stessi opportunamente tirantati .

La verniciatura protettiva dei profilati metallici dovrà essere eseguita in accordo al seguente ciclo:

- preparazione delle superfici mediante spazzolatura meccanica al grado St3 secondo lo Swedish-Standard Association;
- applicazione di due mani di minio oliofenolico delle spessore di 35 micron per mano;
- dopo la messa in opera, applicazione di due mani:
 - 1) al cloro-caucciù intermedia (spessore 40 micron);
 - 2) un'altra al cloro-caucciù di finitura (spessore 60 micron).

Dovrà essere inoltre realizzata la spalmatura delle funi con due mani di bitume.

Prima della messa in opera delle funi verrà prelevato, previa stesura di apposito verbale, in contraddittorio con l'Impresa, uno spezzone di ogni fune da impiegare; detto campione verrà inviato ad un Laboratorio ufficialmente riconosciuto, per essere sottoposto alle prove di verifica per la determinazione del limite di rottura.

b) La barriera paramassi rigida da porsi in opera, su basamenti esistenti o da realizzare in c.a., dovrà essere costituita da:

- montanti verticali formati da lamiera sagomata ad U dello spessore non inferiore a millimetri 4,2 rinforzati con profilati a doppio T non inferiori a millimetri 180 di acciaio tipo Fe 430, completa di apposito cappello e aventi altezza fuori terra e profondità di incastro variabile a seconda delle prescrizioni di progetto;
- elementi di collegamento tra il montante ed il longherone, sagomati, in lamiera dello spessore non inferiore a millimetri 4,2;
- longheroni opportunamente sagomati in lamiera di acciaio dello spessore di 20/10;
- elementi di rinforzo sagomati in lamiera di acciaio dello spessore di 20/10 da porsi in opera all'interno del longherone di sommità;
- bulloneria.

Tutti gli elementi saranno dotati di appositi fori per l'assemblaggio, nell'opera è compreso l'intasamento dei fori con malta composta da Kg 400 di cemento.

Tutti gli elementi costituenti la barriera saranno zincati a caldo.

1.3 Rivestimenti di pareti e scarpate

1.3.1 Mantellate in lastre

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 25$ MPa, in elementi di dimensioni di 50x25x5 cm.

La superficie in vista delle lastre dovrà risultare perfettamente piana e liscia; i bordi dovranno essere sagomati in modo da formare un giunto aperto su tutto il perimetro.

Si procederà preliminarmente alla regolarizzazione del piano di posa che dovrà essere accuratamente costipato e livellato, anche con apporto di sabbia; la posa in opera delle lastre dovrà procedere dal basso verso l'alto avendo cura di ottenere fughe longitudinali e trasversali ben allineate, con giunti aperti verso l'alto, all'interno dei quali sarà posta l'armatura metallica costituita da barre del diametro di 6 mm in acciaio del tipo Fe B 32K, annegate nella malta di sigillatura dosata a 500 Kg/m³ di cemento.

La sigillatura dei giunti dovrà essere preceduta da abbondante bagnatura; la malta dovrà essere lisciata a cazzuola così da dare continuità alla superficie; durante i primi giorni la mantellata dovrà essere bagnata e se necessario ricoperta con stuoie.

I giunti di dilatazione dovranno essere realizzati ogni 4-5 m, trasversalmente all'asse della mantellata; dovranno essere intasati con materiale bituminoso di appropriate caratteristiche, tale da aderire alle lastre e di non colare.

In corrispondenza dei giunti di dilatazione dovrà essere interrotta la continuità dell'armatura metallica.

1.3.2 Mantellate a grigliato articolato

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato avente $R_{ck} \geq 30$ MPa, armato con tondini di acciaio Fe B 32K del diametro non inferiore a 6 mm.

Gli elementi avranno superficie di circa 0,25 m² e dovranno essere muniti di naselli ad incastro a coda di rondine per ottenere una mantellata continua ma articolata, in grado di seguire eventuali assestamenti della superficie di posa.

Ciascun elemento avrà spessore di 9-10 cm e peso di 30-35 kg; dovrà presentare cavità a tutto spessore per circa il 35÷40 % della sua superficie.

Potranno essere richiesti elementi speciali provvisti di armatura rinforzata in corrispondenza degli incastri, da utilizzare dove siano prevedibili sforzi di trazione più accentuati.

In corrispondenza di superfici coniche dovranno essere forniti elementi di speciale sagomatura.

La posa in opera dovrà comprendere la regolarizzazione e costipamento del piano di posa, il riempimento della cavità con terra vegetale, la semina con idoneo miscuglio di erbe da prato perenni.

1.3.3. Rivestimento con rete metallica

Il rivestimento sarà realizzato mediante posa di rete metallica, del peso non inferiore a 1,400 kgm², formata con filo di ferro zincato del diametro di 3 mm, a maglie esagonali a doppia torsione con fissaggio alle pareti mediante barre di acciaio $\phi=12$ mm ad aderenza migliorata del tipo Fe B 44 K in numero di almeno una ogni 4 metri quadrati, lunghe fino a m 2, ancorate in fori del diametro di 2 pollici con malta cementizia.

1.3.4. Rivestimento mediante impiego di malta di cemento spruzzata

Per il consolidamento delle scarpate si applicheranno le norme contenute nel D.M. 11.3.1988 (S.O. alla G.U. n. 127 dell'1.6.1988).

Tale consolidamento verrà eseguito procedendo, di norma, dall'alto verso il basso della scarpata.

Si dovrà procedere innanzi tutto a conformare la scarpata da trattare a gradoni la cui profilatura sarà definita dagli elaborati di progetto.

I ripiani dei vari gradoni avranno una leggera inclinazione verso monte e sui gradoni stessi, al piede del gradone, dovrà essere costruita una scolina nella quale confluiranno le acque meteoriche.

Eseguito il gradonamento come sopra indicato, si procederà alla stesa ed al fissaggio sulle pareti subverticali di una rete metallica a maglie esagonali della larghezza di norma di mm 51 composta di filo n. 4 a doppia torsione.

Il fissaggio della rete avverrà a mezzo di staffe in ferro aventi, di norma, il diametro di mm 10 e la lunghezza non inferiore a cm 40 preventivamente trattate con antiruggine e poste ad interesse non superiore a cm 50.

Sulle pareti subverticali, dopo un'accurata bagnatura, si procederà all'esecuzione del rivestimento con malta di cemento, le cui caratteristiche dovranno essere definite in sede di progetto; in assenza di questo si potrà fare riferimento ad una malta a Kg. 400 di cemento per ogni metro cubo di sabbia, applicata a spruzzo ed eventualmente anche a mano.

Lo spessore reso di tale strato di rivestimento non dovrà mai essere inferiore a cm 3.

Durante la stesa della rete metallica l'impresa dovrà provvedere a riquadrare la rete stessa sui lati ed in corrispondenza di necessari giunti di dilatazione a mezzo di tondino di ferro del diametro di 4 o 6 mm secondo le disposizioni che all'uopo verranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

Così consolidate le pareti subverticali si procederà al trattamento delle superfici orizzontali costituenti i gradoni mediante l'apporto di uno strato di terra vegetale di conveniente spessore, ma comunque non inferiore a cm 10, e la messa a dimora delle essenze che saranno ritenute più idonee in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche dei terreni ed alle condizioni climatologiche locali.

L'Impresa avrà obbligo di effettuare tutte le necessarie cure colturali comprese, quando occorra, le irrigazioni di soccorso fino a che non risulterà il completo attecchimento delle piante messe a dimora, nonché l'onere della sostituzione delle piante che non fossero attecchite.

Qualora i lavori venissero eseguiti in presenza di traffico, durante la loro esecuzione l'impresa dovrà evitare, con ogni mezzo, qualsiasi ingombro della sede stradale e dovrà preservare, a sua cura e spese, l'efficienza sia del piano viabile bitumato che dell'impianto segnaletico esistente nel tratto stradale interessato dai lavori.

1.4.Gabbionate

A difesa del corpo stradale, oltre ai citati interventi, possono essere impiegate le gabbionate.

Saranno realizzate a qualsiasi altezza rispetto al piano stradale e saranno costituite da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione.

Se necessario potrà essere posto in opera uno strato filtrante geotessile non tessuto per garantire il drenaggio delle acque piovane.

1.4.1 Gabbioni metallici

I gabbioni metallici dovranno avere forma prismatica ed essere costituiti da rete metallica a doppia torsione, a maglia esagonale, tessuta a macchina con trafilato di ferro a forte zincatura in ragione di 260-300 g di zinco per metro quadrato di superficie zincata e dovranno rispondere alle Norme di cui alla Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 2078 del 27/08/1962.

La rete costituente gli elementi dovrà avere maglie uniformi, essere esente da strappi ed avere il perimetro rinforzato con filo di diametro maggiorato rispetto a quello della rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza.

Gli elementi dovranno presentare una perfetta forma geometrica secondo i tipi e le dimensioni fra quelli di uso corrente.

I gabbioni dovranno essere posti in opera secondo le previsioni di progetto.

Preliminarmente l'impresa dovrà procedere alla regolarizzazione del piano di posa, quindi al posizionamento degli elementi collegandoli tra loro mediante cuciture.

Il filo da impiegare nelle cuciture dovrà avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e comunque non dovranno avere diametro inferiore a 2,20 mm per i gabbioni e 2,00 mm per i materassi.

Le cuciture dovranno essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere.

Le cuciture più importanti normalmente dovranno essere effettuate passando un filo continuo dentro ogni maglia e con un doppio giro ogni 25-30 cm.

Sono ammessi altri sistemi purché siano giudicati idonei dalla Direzione Lavori.

Durante il riempimento dovranno essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento.

Il materiale da usarsi per il riempimento dei gabbioni e materassi potrà essere costituito da pietrame o ciottoli, di composizione compatta, sufficientemente duro, di elevato peso specifico e di natura non geliva.

Sarà escluso il pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera verrà a contatto.

Il materiale di riempimento dovrà in ogni caso essere ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori; le sue dimensioni dovranno essere comprese fra 100 e 150% della maggiore dimensione della maglia della rete, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

Il pietrame dovrà essere assestato dentro all'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista saranno lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità del gabbione dovrà essere compreso tra 0.3 e 0.4).

La chiusura degli elementi dovrà essere effettuata mediante cuciture, come indicato in precedenza.

Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio dovrà risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

1.5. Tubazioni, canalette, cunette e cunicoli

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di collettori di scolo, canalette, cunette e cunicoli.

1.5.1. Tubazioni

1.5.1.1. Tubazioni in c. a. v.

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 25$ MPa;
- spessore uniforme rapportato al diametro della tubazione;
- sezione perfettamente circolare e superfici interne lisce e prive di irregolarità;
- sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che dovrà ove previsto essere sigillato in opera con malta di cemento.

Dovranno essere posti in opera su platea in conglomerato cementizio, eventualmente rinfiacati; il conglomerato per la platea ed i rinfiacchi sarà del tipo di fondazione avente $R_{ck} \geq 25$ MPa.

Tra tubazione e platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a 400 Kg/m^3 di cemento.

1.5.1.2. Tubazioni in P.V.C. rigido

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, del tipo 303 serie pesante, secondo norme UNI 7447/87.

Verrà interrata in un cavo di dimensioni previste in progetto sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento; qualora previsto in progetto verrà rinfrancato con conglomerato del tipo di fondazione con $R_{ck} \geq 25$ MPa.

Su ogni singolo tubo quando efferente a condotte in pressione dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

La Direzione Lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione ed alle prequalifiche presentate; qualora i risultati non fossero rispondenti a detti parametri l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali inadeguati.

1.5.1.3. Pozzetti e chiusini

Dovranno essere in conglomerato cementizio armato e vibrato, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 30$ MPa;
- armatura in rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

I chiusini avranno chiusura battentata e saranno posti su pozzetti e/o canalette, ancorati agli stessi.

Saranno conformi alle norme UNI - EN 124 (Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature).

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo non dovrà essere inferiore a 600 mm.

La tipologia e le dimensioni saranno indicate negli elaborati di progetto.

1.5.2. Canalette

Le canalette saranno in elementi prefabbricati in lamiera di acciaio ondulata e zincata, oppure in conglomerato cementizio o fibrocemento.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà essere della qualità di cui alle norme AASHTO M. 167-70 e AASHTO M. 36-70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40 % spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI, carico unitario di rottura non minore di 34 Kg/mm² e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo in quantità non inferiore a 305 g/m² per faccia.

Nella posa in opera saranno compresi i raccordi, i tiranti, i profilati di raccordo, la bulloneria ed ogni altro onere per l'esecuzione del lavoro.

1.5.2.1 Canalette ad embrici

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente RCK \geq 25 MPa, in elementi di 50/40 x50x20 cm e spessore 5 cm, secondo i disegni tipo di progetto.

Le canalette dovranno estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina al fosso di guardia.

Prima della posa in opera l'Impresa avrà cura di effettuare lo scavo di impostazione degli elementi di canaletta, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi.

L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio del diametro 24 mm e lunghezza non inferiore a 80 cm, infissi nel terreno per almeno 60 cm, in modo che sporgano almeno 20 cm.

Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni tre elementi di canaletta per impedire il loro slittamento a valle.

In sommità la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione mediante apposito invito in conglomerato cementizio gettato in opera o prefabbricato.

La sagomatura dell'invito dovrà essere tale che l'acqua non incontri ostacoli al regolare deflusso.

1.5.3.Cunette

La formazione di cunetta potrà avvenire con elementi prefabbricati, aventi le caratteristiche prescritte dal progetto, formate con conglomerato cementizio, con armatura idonea alla dimensione degli elementi.

Questa opera comprenderà la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per dare i lavori finiti.

Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura e spese della stazione appaltante prelevando da ogni partita un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla stessa Direzione Lavori.

(Ogni partita composta di 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature di 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi).

Le operazioni di prelievo e di prova saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. Qualora la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

1.5.4. Cunicoli

La costruzione di cunicoli drenanti, aventi sezione all'interno del rivestimento, non superiore a 30 m², potrà avvenire con perforazione sia a mano che meccanica in terreni di qualsiasi natura durezza e consistenza, compresi gli oneri per la presenza e lo smaltimento di acqua di qualsiasi entità e portata; compresi gli oneri per tutte le puntellature, armature e manto di qualsiasi tipo, natura, ed entità.

Nella esecuzione del lavoro si potranno adottare gli stessi sistemi di scavo utilizzati per le gallerie, quali l'impiego di centinature, semplici o accoppiate, costituite da profilati o da strutture reticolari in ferro tondo, se del caso integrate da provvisorie puntellature intermedie; il contenimento del cielo o delle pareti di scavo con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio con conglomerato cementizio lanciato a pressione con l'eventuale incorporamento di rete e centine metalliche; l'impiego di ancoraggi e bullonaggi, marciavanti e lamiera metalliche; l'uso di attrezzature speciali e di altre apparecchiature meccaniche ed in genere qualsiasi altro metodo di scavo a foro cieco.

Per l'esecuzione degli scavi in presenza di terreni particolarmente compatti, roccia dura da mina o grossi trovano, potrà essere consentito l'uso delle mine ma con cariche modeste e alloggiare in fori di profondità adeguatamente limitata, previa autorizzazione delle competenti autorità.

Per quanto concerne le prescrizioni per gli scavi in sotterraneo e per il rivestimento in conglomerato delle pareti di scavo, valgono, per quanto applicabili, le prescrizioni di cui alla sezione "Gallerie" del presente Capitolato.

1.5.5. Rivestimento per cunette e fossi di guardia

1.5.5.1. In elementi prefabbricati in c.a.v.

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, che in assenza di diverse specifiche progettuali, avrà $R_{ck} \geq 30$ MPa, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo Fe B 38k, in fili del diametro di 6 mm e del peso non inferiore a 3,00 Kg/m².

Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale od a L, secondo i disegni tipo di progetto; lo spessore in assenza di diverse specifiche progettuali dovrà essere non inferiore a 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza piolla; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/m³ di cemento.

1.5.5.2. In conglomerato cementizio, gettato in opera

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguito con conglomerato cementizio di tipo II con $R_{ck} \geq 30$ MPa, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa; la lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

1.5.5.3. In muratura di pietrame

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia può essere eseguito in muratura di pietrame e malta dosata a 350 kg/m³ di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti.

Il rivestimento dello spessore indicato in progetto sarà eseguito previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa e predisposizione sullo scavo della malta di allettamento.

1.5.6. Cordonature

Quando non diversamente previsto in progetto, dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 30$ MPa, quando non diversamente previsto in progetto in elementi di lunghezza 1,00 m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto.

Gli elementi non dovranno presentare imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature; dovranno avere superfici in vista regolari e ben rifinite.

Verranno posti in opera su platea in conglomerato cementizio del tipo di fondazione avente $R_{ck} \geq 25$ MPa, interponendo uno strato di malta dosata a 400 Kg/m³ di cemento che verrà utilizzata anche per la stuccatura degli elementi di cordonatura.

2.0. DIFESE SPONDALI

Il tipo di rivestimento per proteggere dall'erosione le sponde, dipende materiali disponibili, dalle condizioni di stabilità delle sponde e dalla velocità della corrente.

Per sponde inclinate e stabili la protezione potrà essere eseguita in scogliera, naturale o artificiale, a grossa pezzatura, gabbioni e/o materassi in pietrame.

Qualora oltre alla protezione della sponda, si dovesse rendere necessario assicurare anche la stabilità delle stesse, si utilizzeranno gabbioni e/o materassi in pietrame, paratie, prismi in conglomerato cementizio, palificate, muri di sponda.

2.1. Prismi in conglomerato cementizio

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 25$ MPa, in elementi di forma cubica delle dimensioni previste in progetto.

I prismi dovranno presentare facce piane, aspetto compatto e regolarità di forma; la Direzione Lavori rifiuterà quelli che non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra.

Per il controllo della resistenza del conglomerato si procederà secondo le prescrizioni riportate alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato, con l'avvertenza che l'Impresa non dovrà porre in opera i prismi prima che siano state effettuate le prove per la determinazione della resistenza e prima che la Direzione Lavori abbia terminato le operazioni di conteggio.

A questo scopo i prismi dovranno essere costruiti in file rettilinee e parallele.

Nell'eventualità che la cassetta interessi solo le quattro facce laterali del prisma, onde assicurare la regolare conformazione dello stesso anche per la faccia a diretto contatto con il terreno, sarà necessario provvedere prima del montaggio delle casseforme a regolarizzare la superficie di appoggio spianandola e compattandola in modo adeguato.

Il calcestruzzo verrà versato nelle casseforme a strati regolari ed ogni strato sarà accuratamente vibrato in modo da evitare la formazione di vuoti e rendere l'ammasso il più possibile omogeneo e compatto.

Dovranno essere inglobate nel getto idonee armature in acciaio costituenti i ganci per la movimentazione dei prismi.

Si potrà procedere alla scasseratura delle pareti laterali non prima che siano trascorse 24 h dal getto.

La rimozione ed il trasporto dei prismi non potrà aver luogo prima che siano trascorsi trenta giorni dalla data del loro confezionamento ed in ogni caso solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Nel trasporto e nel collocamento in opera si dovrà usare la massima cautela per evitare che i prismi possano essere danneggiati.

Prima di iniziare le operazioni di posa l'impresa dovrà in contraddittorio con la Direzione Lavori, procedere al picchettamento della difesa riportando fedelmente sul terreno il tracciato indicato in progetto.

Terminate le operazioni di tracciamento l'Impresa potrà provvedere alla realizzazione della difesa procedendo nelle operazioni di posa dei prismi da monte verso valle.

La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle sagome di progetto mediante la collocazione di ogni singolo elemento sul piano di appoggio preventivamente regolarizzato.

Ciascun elemento dovrà essere disposto in modo da garantirne una giacitura stabile indipendentemente dalla posa in opera degli elementi adiacenti; i giunti dovranno risultare sfalsati sia in senso longitudinale che in quello trasversale e permettere uno stretto contatto tra gli elementi adiacenti.

2.2 Massi di roccia

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, e il loro peso di volume dovrà essere maggiore o uguale a 25 kN/m, il peso specifico p dovrà essere maggiore o uguale 26 kN/m ed il grado di compattezza $C = P/p$ sarà maggiore o uguale 0.95.

Le categorie di massi saranno le seguenti:

Massi di I categoria:	elementi di peso complessivo fra 50 e 100 kg
Massi di II categoria:	peso fra 100 e 500 kg
Massi di III categoria:	peso fra 500 e 1500 kg
Massi di IV categoria:	peso fra 1500 e 4000 kg
Massi di V categoria:	peso oltre i 4000 kg

La roccia, costituente i massi, non dovrà risultare geliva alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16 novembre 1939 - IVII n. 2232, relativa all'accettazione delle pietre naturali da costruzione. Per l'accertamento delle caratteristiche dei massi, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà predisporre, per l'invio a laboratorio, campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, e da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione si indicheranno quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

La forma dei massi sarà tale che, inscrivendo ogni masso in un parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulterà inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso. La Direzione Lavori ha la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalla stessa.

Tutte le prove di cui sopra saranno effettuate all'inizio della fornitura e sistematicamente ripetute nel corso della fornitura stessa, secondo opportunità.

Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui sopra, l'Impresa dovrà disporre di:

- una bilancia tarata, della portata non inferiore a 20 tonnellate, per la pesatura dei massi che verranno approvvigionati con mezzi terrestri; tale bilancia sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio;
- mezzi fluviali, utilizzati per la formazione ed il ricarica delle scogliere radenti e dei pennelli, dotati cri appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun masso.

Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dei massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovrà essere effettuato a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere mano a mano completata secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettata i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, cosa come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma.

2.3 Gabbioni

Si realizzeranno in conformità alle indicazione del punto 1.4.1 della presente Sezione.

2.4 Materassi in pietrame

Il materasso in pietrame è costituito da una struttura metallica, avente forma parallelepipedica di notevole ampiezza e piccolo spessore, divisa in più celle, costituita da una rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione, fortemente zincata ed eventualmente protetta con rivestimento in materiale plastico; tale elemento viene riempito in opera con ciottoli o pietrisco di idonee dimensioni.

Il materasso sarà realizzato da un telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1,00m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza da 2,00 m a 3,00 m, il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento. il coperchio sarà costituito da un telo di rete separato da quello di base.

I teli di rete saranno delimitati, esternamente lungo i bordi, da fili di diametro più grosso di quello usato per fabbricare la rete, che rinforzeranno la struttura e faciliteranno, durante la messa in opera, le legature di chiusura delle tasche e di unione degli elementi fra di loro.

La rete metallica a maglia esagonale e doppia torsione sarà realizzata in accordo alle norme UNI 8018, tessuta con trafilato di ferro in accordo alle norme UNI 3598, a forte zincatura, in accordo a quanto previsto dalla Circolare del Consiglio Superiore LLPP n. 2078 del 27.8.62.

Per materassi lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

La pezzatura varierà tra 1 e 1,5-2 volte la dimensione D della maglia della rete.

L'indice di porosità sarà contenuto tra 0.3 e 0.4. Non è richiesto impiego di materiale con caratteristiche particolari, purché non si tratti di materiale gelivo o di marne friabili; è opportuno che il pietrame sia di natura compatta e con peso specifico non inferiore a 2000 Kg/m³.

Prima della posa in opera il singolo materasso verrà allestito effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

La linea di piegatura delle pareti laterali sarà ben definita, nella posizione voluta, da un filo metallico di diametro maggiore.

E' preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano cri posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegati fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature saranno eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie, e il collegamento in opera dei materassi sarà eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra parti opposte.

Quindi si procederà alla operazioni di riempimento.

Ultimate tali operazioni si procederà alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio, oppure rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni.

Si eseguiranno prima le legature che fissano il coperchio ai bordi laterali dell'elemento, poi quelle che lo collegano ai diaframmi trasversali.

Normalmente le scarpate di appoggio si faranno inclinate di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno, tenendo la pendenza massima in casi di terre vegetali di media consistenza e la minima con quelle argillose.

Qualora si stia procedendo ad un rivestimento d'alveo, il materasso verrà disposto sulle sponde trasversalmente al corso d'acqua e cioè secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente.

Questa disposizione non è tassativa; potrà a volte convenire disporre gli elementi in senso longitudinale alla corrente come ad esempio nei rivestimenti del fondo, e, nel caso di corsi d'acqua con notevole velocità, anche nei rivestimenti di sponda; a determinare la scelta fra i due suddetti sistemi interverranno anche la maggior facilità cri posa in opera o ragioni costruttive di varia natura.

La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

2.5 Soglie di fondo

Le soglie di fondo sono strutture trasversali all'alveo e poco emergenti dal fondo, destinate ad evitarne l'approfondimento in quanto costituenti un livello inerodibile nell'alveo stesso.

Saranno preferibilmente scavate sezioni trapezie, e la soglia sarà costituita da pietrame di grossa pezzatura, o si potranno realizzare come platee in calcestruzzo o in gabbioni e/o materassi di pietrame, soprattutto per la difesa di opere particolari, quali pile di ponti o altro, nel qual caso la soglia si prolungherà a monte e a valle dell'opera.

3.0. MURI DI SOSTEGNO

Potranno essere realizzati in muratura, in calcestruzzo semplice e/o armato, in gabbioni di pietrame o in elementi prefabbricati.

Il comportamento dell'opera di sostegno, intesa come complesso strutture-terreno, deve essere esaminato tenendo conto della successione e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e di eventuali materiali di riporto, interessati dall'opera, dalla falda idrica, dai manufatti circostanti, dalle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'opera, dei drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, nonché delle modalità di esecuzione dell'opera e dell'eventuale rinterro, così come indicato dalle vigenti disposizioni di legge (DM 11.03.1988).

3.1. Muri in muratura

Verranno realizzati mediante l'impiego di muratura di pietrame a secco e/o di pietrame e malta.

Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda alla sezione "Murature" del presente Capitolato.

3.2. Muri in calcestruzzo

Potranno essere realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato.

Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

3.3. Muri in gabbioni

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni componenti saranno saldamente collegati tra loro mediante legature sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità.

Le caratteristiche dei gabbioni nonché la loro esecuzione si atterranno a quanto prescritto nel punto 1.4.1 del presente Capitolato ed alle indicazioni specifiche, compatibilmente a quelle delle maglie onde ottenere una densità quanto più possibile uniforme; lo spessore dei singoli elementi si manterrà intorno a 0.50 m, e detti elementi si disporranno con il lato più lungo parallelo alla sezione verticale del muro; i muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori ai 3 m non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6° oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori ai 5-6 m si consiglia una gradonatura verso valle.

Per contrastare la deformabilità comunque elevata dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti, il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; sarà evitata per motivi statici la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna, adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

4.0 OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA

Potranno essere realizzate mediante l'impiego delle seguenti tipologie di armature:

- in acciaio laminato;
- geotessile, geogriglie, etc.

Per quanto riguarda la prima tipologia di rinforzi, questi dovranno essere costituiti da costituiti da un rilevato armato con armature lineari ad alta aderenza in acciaio laminato del tipo Fe 510, di sezione 40x5 mm o equivalente, zincato a caldo in ragione di 5 g/dm² e spessore medio 0,07 mm e da un paramento verticale in pannelli prefabbricati di c.a.v., avente $R_{ck} \geq 30$ MPa ed armatura in barre in acciaio Fe B 44k controllato in stabilimento.

Il collegamento tra i pannelli e le armature del terrapieno è realizzato con attacchi in acciaio zincato a caldo annegati nel getto dei pannelli e vincolati ai ferri d'armatura del conglomerato cementizio.

I pannelli di paramento, sagomati e disposti come da progetto, alterneranno nelle file di base e di sommità elementi interi con elementi speciali costituiti da semipannelli; in corrispondenza di spigoli e di coronamento suborizzontali dovranno essere impiegati pannelli speciali in misure fuori standard.

I giunti tra i pannelli devono essere attrezzati per permettere un assestamento flessibile in quelli orizzontali ed il passaggio dell'acqua con trattenuta dei materiali fini in quelli verticali.

I giunti orizzontali saranno costituiti pertanto da strati dello spessore di almeno 2 cm di sughero pressato trattato con resine epossidiche.

Quelli verticali da strisce di schiuma di poliuretano a cellule aperte di sezione 4x4 cm.

I pilastri d'angolo e le lastre coprigiunto, in elementi prefabbricati di c.a.v., dovranno avere le stesse caratteristiche dei pannelli e dovranno comprendere i pezzi speciali, gli attacchi e quant'altro necessario.

Il coronamento in sommità dei pannelli costituenti il paramento verticale sarà realizzato in cemento armato secondo le previsioni di progetto.

Nella formazione del rilevato costituente il terrapieno armato dovranno essere applicate norme e prescrizioni previste in progetto e/o riportate alla sezione "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

L'Impresa dovrà porre particolare cura alla selezione dei materiali costituenti il rilevato, dovrà effettuare il costipamento in spessori ridotti per la presenza delle armature e con particolari cautele a ridosso del paramento esterno.

4.1. Strutture di sostegno a scomparti cellulari

Costituite da elementi in c.a.v. prefabbricati, atti a formare, mediante sovrapposizione alternata ortogonale, scomparti cellulari da riempire con materiale lapideo sciolto di fiume, di cava o di frantoio, di idonea pezzatura, contenente una percentuale di fino (limo o argilla) variabile dal 10÷15% ed avente peso specifico non inferiore a 1,9 t/m³.

Gli elementi prefabbricati in c.a.v., di sagomatura come da progetto, dovranno avere $R_{ck} \geq 35$ MPa ed armatura in barre di acciaio Fe B 44k controllato in stabilimento.

La configurazione delle pareti longitudinali potrà essere verticale o a scarpa, a seconda delle indicazioni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. dovranno essere tali da inibire la fuoriuscita del materiale di riempimento; in particolare tutti gli elementi longitudinali formanti il paramento in vista dovranno essere sagomati in modo da presentare verso l'esterno una vaschetta che dovrà essere riempita con terreno agrario ed impiantata con piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti, in ragione di quattro piantine per metro di vaschetta.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, che dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, la fondazione dovrà essere eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

Durante la realizzazione del muro si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per allontanare l'acqua eventualmente presente, in modo da poter eseguire le lavorazioni di posa in opera degli elementi prefabbricati e del terreno agrario all'interno delle vaschette in assenza di acqua.

4.2. Strutture di contenimento in elementi scatolari

Costituite da elementi scatolari in c.a.v. prefabbricati, disposti su file perfettamente orizzontali, tra loro intervallati in modo che le pareti degli elementi delle file sottostanti costituiscano appoggio per le pareti degli elementi delle file sovrapposte.

L'arretramento di ciascuna fila rispetto a quella sottostante determinerà un paramento in vista inclinato di circa 70° rispetto all'orizzontale.

Ad avvenuto completamente di ciascuna fila, la struttura risultante dovrà essere riempita fino al contatto con la retrostante parete con un misto di cava od altro materiale, permeabile e sciolto, di idonea pezzatura, compattato a fondo all'interno e tra gli elementi, fino all'incontro con la parete a tergo della struttura.

Per il riempimento degli ultimi 20 cm delle superfici che restano in vista dovrà essere impiegato terreno vegetale così da agevolare l'attecchimento della vegetazione.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. e le modalità esecutive della struttura dovranno essere comunque tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

Gli elementi scatolari ed i relativi pezzi speciali in c.a.v., di forma, dimensioni e finitura come da progetto, dovranno avere $R_{ck} \geq 30$ MPa, ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di acciaio del tipo Fe E 44k controllato in stabilimento in ragione di 55 kg di acciaio per metro cubo di conglomerato cementizio.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, dimensionata come da progetto e dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, sarà eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

La struttura dovrà essere completata con gli elementi speciali di chiusura laterale e di chiusura di coronamento; in corrispondenza di ciascun elemento scatolare dovranno essere impiantate

almeno tre piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti; dovrà essere sistemato il terreno a monte del coronamento della struttura.

5.0. Specifica di controllo

5.1 DIFESA DEL CORPO STRADALE

5.1.0. Disgaggio di massi

Prima di dare inizio alle attività di rimozione di masse pericolose, si dovrà disporre di:

- una planimetria della zona oggetto del lavoro con l'indicazione delle masse da disaggiare;
- una breve relazione sulle modalità di rimozione;
- data o periodo in cui avverranno le attività.

Nel caso di impiego di esplosivi, saranno riportate anche le misure di sicurezza adottate.

Nel caso di impiego di esplosivi verranno i controlli indicati nella specifica relativa al loro impiego e riportata alla sezioni "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

Alla fine dei lavori la DL accerterà che:

- tutte le masse identificate come pericolose siano state rimosse;
- che non siano stati provocati danni a manufatti pre-esistenti;
- che non siano state poste in instabilità ulteriori masse.

L'esito delle verifiche dovrà essere riportato su apposita relazione, redatta dall'Impresa, che dovrà essere controfirmata dalla DL.

5.1.1. Paramassi

5.1.1.0. Controlli sui materiali

Tutti i seguenti materiali:

- profilati in acciaio
- cavi funicolari
- reti metalliche
- lamiere lisce e sagomate

dovranno essere accompagnato, per ogni lotto di fornitura, da certificazione del fornitore dimostrante la conformità alle specifiche del presente Capitolato e forniti dalla DL.

La certificazione dei profilati dovrà attestare la conformità alle specifiche anche del ciclo di verniciatura, nel caso che i profilati vengano forniti in elementi già tagliati e verniciati.

5.1.1.0. Controlli in posa in opera

Durante le fasi di posa in opera la DL dovrà effettuare le seguenti verifiche, redigendo apposito verbale:

- Verifica che il ciclo di verniciatura dei profilati per i paramassi elastici, sia alle specifiche del presente Capitolato. Nel caso che gli elementi in profilato provengano dal fornitore già verniciati, si dovrà controllare l'integrità del trattamento protettivo.
- Verifica della corrispondenza alle specifiche di Capitolato degli elementi dei paramassi elastici (se questi non provengano già preparati dal fornitore e delle barriere rigide e dell'assemblaggio in opera di questi).
- Prova del limite di rottura dei cavi funicolari, su spezzoni di ogni fune da impiegare.

I campioni potranno essere prelevati in contraddittorio con la DL; le prove dovranno essere eseguite presso un laboratorio ufficiale approvato.

5.2. RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE

Gli elementi componibili prefabbricate o le reti metalliche per i rivestimenti dovranno provenire da un fornitore qualificato ed approvato, il quale dovrà certificare la conformità dei suoi prodotti alle specifiche indicate alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato, e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura della stazione appaltante, prelevando in stabilimento per ogni partita in produzione un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla stessa Direzione Lavori.

(Ogni partita composta di 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature di 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi).

Le operazioni di prelievo e di prova saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

Qualora la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

5.2.1. Gabbioni e Materassi metallici

Prima della messa in opera di ogni partita di gabbioni o materassi metallici giunta in cantiere, l'impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori il relativo certificato di collaudo e garanzia rilasciato dal produttore, redatto a norma della Circolare del Ministero LL.PP. n. 2078 del 27/08/1962.

La Direzione Lavori procederà al collaudo del materiale di ogni partita.

Preliminarmente effettuerà una ricognizione a vista dei gabbioni e/o dei materassi per controllare che nei punti di torsione della rete lo zinco non presenti sollevamento o screpolature.

Nel caso che tali anomalie fossero presenti in più del 10% delle verifiche, la partita sarà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.

Procederà quindi al prelievamento di campioni di filo, ciascuno della lunghezza di almeno 40 cm, in ragione di almeno un campione ogni 100 gabbioni o materassi ed un campione ogni lo matasse di filo per cuciture, per determinare la quantità di zinco presente, espressa in grammi per metro quadrato di superficie zincata, che dovrà risultare uguale o superiore ai valori riportati nella tabella che segue:

DIAMETRO DEI FILI	QUANTITÀ DI ZINCO (PER m ² DI SUPERFICIE ZINCATA)
1,8 mm 2,0 mm 2,2 mm	240 g
2,4 mm 2,7 mm	260 g
3,0 mm 3,4 mm	270 g
3,8 mm ed oltre	290 g

Metà di ciascun campione verrà sottoposto a prova per verificare il peso unitario dello strato di zinco mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura.

sull'altra metà dovranno essere eseguite prove per verificare l'uniformità dello spessore dello strato di zincatura mediante cinque immersioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata, senza che compaiono sul ferro depositi di rame aderente.

Entrambe le prove dovranno essere effettuate, a spese della stazione appaltante sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla stessa Direzione Lavori, nel rispetto della Norma UNI 4007/78.

Qualora il peso unitario dello strato di zinco risulti inferiore a quello indicato in tabella in più del 20% dei campioni e l'uniformità dello strato risulti carente in eguale misura, la partita sarà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.

Del pari la partita sarà rifiutata in assenza od incompletezza del certificato di collaudo e garanzia che il produttore deve rilasciare per ogni partita.

Per quanto riguarda il pietrame, si che le caratteristiche del materiale da fornire, rispondano ai requisiti prescritti per questo materiale dal Capitolato di Costruzione, come di seguito dettagliato:

- non gelivo, alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 1 6/11/39 n. 2232.
- non friabile,
- non dilavabile,
- di buona durezza,
- di peso specifico rilevante (maggiore di 2000 Kg/m^3 per i materassi)

Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, o in altro laboratorio e i relativi certificati saranno vistati dalla DL.

Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dalla DL, in funzione delle caratteristiche della cava e del materiale e delle dimensioni dei massi e delle opere da realizzare.

Durante l'esecuzione dei lavori saranno effettuate le seguenti verifiche:

- a) Verifica dell'esistenza del certificato di analisi della pezzatura del pietrame.

Questa deve essere compresa tra $1 \div 1.5$ volte la dimensione massima della maglia della rete impiegata, salvo quanto diversamente specificato nel progetto, e sarà specificata nell'ordine di fornitura alla cava.

Questa prova sarà eseguita in cava e ne dovrà essere redatto apposito certificato accompagnante ogni lotto di fornitura.

- b) verifica che le modalità operative di riempimento del materiale consentano di ottenere un indice di porosità rientrante nei valori di riferimento: $0,3 \div 0,4$.

La prova sarà effettuata, prima dell'inizio dei lavori, utilizzando il laboratorio di cantiere, su un campione per ogni tipo di gabbione o materasso da utilizzare.

In corso d'opera saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:

- a) verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature dei gabbioni e dei materassi a quanto prescritto dal presente Capitolato Speciale, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo.
- b) verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, dell'inserimento di tiranti tra le pareti opposte di ogni singolo elemento di gabbione, nel caso che questo non sia munito di diaframmi intermedi.

5.2.2. Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento

Si dovranno effettuare prima della loro posa in opera, seguenti controlli:

- a) classificazione mediante pesatura a spot, con la bascula disponibile in cantiere, e suddivisione dei massi in base alle categorie riportate al punto 2.2 del presente Capitolato.

Ogni mucchio dovrà riportare chiare indicazioni sulla classe dei massi in esso contenuti.

- b) Verifica dell'assenza di rotture o lesioni, da effettuare a spot per i massi fino alla terza categoria e su ogni singolo, masso per le categorie superiori.
- c) Controllo che venga rispettato il posizionamento dei massi secondo le dimensioni, così come prescritto dal presente Capitolato e la ripartizione proporzionale delle varie categorie prescritta dal progetto.
- d) Provvedere all'eliminazione incondizionata di tutti i massi che, durante la posa, dovessero cadere fuori sagoma.

L'attuazione dei controlli suddetti, dovrà essere effettuata almeno sul lavoro svolto giornalmente.

5.3 MURI DI SOSTEGNO

Le strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati dovranno essere realizzate secondo gli elaborati esecutivi di progetto, redatti nel rispetto della normativa vigente.

Nella realizzazione dei componenti in conglomerato cementizio vibrato semplice od armato, normale o precompresso, nonché per gli acciai di armatura dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato i geotessili dovranno rispondere alle caratteristiche di cui ai punti 2.4.7.4 e 2.4.6 della sezione "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

Quando previsto in progetto, i muri avranno paramento a faccia vista realizzato con lastre in pietra dello spessore non inferiore a 2 cm, disposte secondo le indicazioni di progetto ed inglobate nel getto.

Relativamente agli scavi di fondazione, l'impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con materiale idoneo.

5.3.1 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 10%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea di base in conglomerato cementizio armato, gettata in opera.

I pannelli dovranno avere lo spessore ai bordi non inferiore a 10 cm e dovranno presentare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati. Difetti di planarità, verificati con un regolo della lunghezza di 4 m, superiori a 5 mm comporteranno automaticamente il rifiuto del pannello che l'impresa dovrà allontanare dal cantiere a sua cura e spese.

Al piede dei pannelli dovrà essere realizzato un bordino di rifinitura in malta cementizia.

Nei giunti verticali fra i pannelli dovranno ove progettualmente previsto essere inseriti profilati in PVC di idonea sagomatura, atti a trattenere materiali di granulometria superiore a 0,5 mm ed aventi superfici dei fori e/o fessure non inferiore a 50 cm per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

Il conglomerato cementizio dei pannelli e dei tiranti prefabbricati dovrà avere $R_{ck} \geq 35$ MPa; quello per la platea gettato in opera dovrà avere $R_{ck} \geq 30$ MPa; l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo Fe E 44k controllato in stabilimento.

Particolari cautele dovranno essere adottate nel compattamento del rilevato a ridosso dei pannelli facendo eventualmente ricorso anche a pestelli pneumatici per non danneggiare le strutture.

Relativamente agli scavi, l'impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto.

5.3.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.p.

Costituiti da pannelli in c.a.p. prefabbricati, posti in opera in posizione verticale entro fondazione in c.a.; per muri di altezza superiore a 3,00 m, i pannelli vengono ancorati al rilevato retrostante mediante geotessili tessuti in polipropilene rinforzato con cavetti in acciaio.

I pannelli dovranno essere monolitici a tutta altezza, di larghezza standard 2,40 m, con superficie in vista concava a profilo circolare e spessore variabile dai 26 cm ai bordi e 16 cm in mezzera, rifinita mediante getto su matrici in gomma.

I bordi laterali dei pannelli, finiti come da progetto, dovranno essere rinforzati con inserti metallici in acciaio zincato, sagomati in modo da costituire giunto a maschio e femmina che garantisca complanarità al paramento del muro.

In corrispondenza di ciascun giunto ove progettualmente previsto dovrà essere creato un drenaggio verticale protetto da geodreno di dimensioni minime 10x1,5 cm, con scarico verso l'esterno al piede.

I geotessili di ancoraggio, che hanno una estremità annegata nel getto dei pannelli e sono posizionati nel numero ed alle quote previste in progetto, vengono stesi ed inglobati nei rilevati mano a mano che procede la loro formazione.

Particolare cura dovrà essere posta nel costipamento del rilevato al di sopra dei geotessili di ancoraggio in modo da poter garantire un'adeguata efficacia degli stessi ancoraggi.

Il conglomerato cementizio dei pannelli dovrà avere $R_{ck} \geq 45$ MPa; l'acciaio per l'armatura lenta dovrà essere del tipo Fe B 44K controllato in stabilimento; i trefoli di precompressione dovranno essere formati con fili aventi $f_p(1) k \geq 1670$ MPa e $f_{ptk} \geq 1865$ MPa.

5.3.3. Muri di controripa in pannelli di c.a.v.

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 15%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

La platea gettata in opera, nel caso dei muri di controripa, è posta in posizione rialzata rispetto alla base dei pannelli per cui in questo tipo di muri, rispetto a quelli di sostegno, non vi sono tiranti di collegamento tra pannelli e platea.

Per quanto riferentesi a caratteristiche dei pannelli, bordino al piede, giunti tra i pannelli, classe dei conglomerati cementizi, tipo dell'acciaio di armatura, cautele esecutive, si richiama integralmente il contenuto del precedente punto 5.3.2, ribadendo, in particolare, che eventuali eccedenze di scavo dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'Impresa.

5.3.4. Muri di sostegno in muratura

Per quanto riguarda le opere di sostegno in muratura di pietrame, si dovrà verificare che il materiale impiegato, soddisfi i requisiti riportati nella sezione "Murature" del presente Capitolato.

Durante la posa in opera si dovrà verificare che vengano soddisfatte le prescrizioni riportate al punto 3.4.4 del presente Capitolato.

5.3.5. Muri di sostegno in calcestruzzo

Per quanto riguarda i calcestruzzi e gli acciai di armatura valgono le prescrizioni riportate alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

5.3.6. Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. , c.a.p.)

Per l'accettazione ed i controlli di qualità di questi manufatti, era in particolare di quelli prodotti in serie, valgono le prescrizioni delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art.21 della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. 9/01/1996 e successivi aggiornamenti), delle Norme Tecniche emanate in applicazione degli artt. 1 e 3 della Legge 02/02/1974 n. 64 (D.M. 03/12/1987 e successivi aggiornamenti), delle Istruzioni C.N.R. 10025/84 "Istruzioni per il

progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati”.

Ad ogni effetto si richiamano qui espressamente gli articoli 6 e 9 della Legge 5/11/1971 n. 1086 relativamente all'obbligo di allegare alla relazione del Direttore dei Lavori copia del certificato d'origine dei manufatti, alle responsabilità assunte dalle Ditte produttrici con il deposito della documentazione di cui ai punti a), b), c), d) del citato decreto nonché per quanto attinente a prelievi di materiali, prove e controlli in fase di produzione.

La Direzione Lavori potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura da realizzare con tali manufatti, avuto particolare riguardo alla durata nel tempo, alla efficienza dei collegamenti, agli effetti dei fenomeni di ritiro e viscosità e dei carichi alternati o ripetuti.

Sui manufatti saranno effettuati controlli, a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, sulla resistenza del calcestruzzo, prelevando da ogni lotto almeno un manufatto dal quale ricavare, mediante carotaggio o taglio con sega a disco, quattro provini da sottoporre a verifica della resistenza a compressione.

Qualora la resistenza media a compressione dei quattro provini risultasse inferiore a quella richiesta e comunque non al di sotto del 90% della stessa, alla partita sarà declassata del 10% del valore verrà applicata una penale con le medesime modalità previste dall'art.15; qualora risultasse inferiore al 90% della resistenza richiesta, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

In facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo, a cura dell'Impresa, anche altri manufatti oltre il primo, sui quali verificare anche:

- il rispetto del copriferro, previsto in un minimo di 2 cm;
- eventuali difetti superficiali e di finitura;
- la resistenza a compressione tramite prova pull out con tasselli Fischer.

5.3.7. Muri di sostegno terra rinforzata

Per quanto riguarda questa tipologia di opere, si richiede che i materiali impiegati e le loro modalità di posa in opera, soddisfino i requisiti indicati ai punti 2.4.6 e 2.4.7.4 della Sez. Movimenti di Terra del presente Capitolato.

SEZIONE 17

-OPERE IN VERDE -

INDICE

- 1.0. OPERE IN VERDE
- 1.1. Fornitura e sistemazione di terreno vegetale nelle aiuole
- 1.2. Rivestimento delle scarpate
 - 1.2.1. Preparazione del terreno
- 1.3. Concimazioni
- 1.4. Semine
 - 1.4.1. Idrosemina
 - 1.4.2. Semina di ginestra (*Cytisus scoparius* o *Spartium junceum*)
 - 1.4.3. Rimboschimento con semenzali e impianto di talee
 - 1.4.4. Alberi
 - 1.4.5. Spostamento di piante
 - 1.4.6. Protezione delle piante esistenti da conservare
 - 1.4.6.1. Modalità di protezione
 - 1.4.7. Estrazione dal vivaio e controllo delle Piante
 - 1.4.8. Precauzioni da prendere fra l'estrazione e la messa a dimora
 - 1.4.9. Epoca di messa a dimora
 - 1.4.9.1. Preparazione delle piante prima della messa a dimora
 - 1.4.9.2. Messa a dimora delle piante
 - 1.4.9.3. Apertura di buche e fosse per la messa a dimora delle piante
- 1.5. Cure colturali
- 1.6. Pulizia del piano viabile

1.0 OPERE IN 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.

1.1. 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'Impresa 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.

1.2. Rivestimento delle scarpate

Rivestimento di scarpate in rilevato ed in scavo, dovrà essere eseguito mediante semina, rimboschimento o ricopertura con materiali idonei.

1.2.1.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'impresa 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.

1.3. Concimazioni

L'Impresa, a sua cura e spese, dovrà effettuare le analisi chimiche dei terreni per poter definire la conciliazione 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'Impresa possa chiedere alcun compenso.

Qualora il terreno risultasse particolarmente povero di sostanza organica, parte dei concimi minerali potrà essere sostituita da terricciami 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'impresa 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'Impresa, 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'Impresa 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'impresa è tenuta 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.

1.4. 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.

	Tipo di Miscuglio
--	--------------------------

Specie	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 Heterophilla</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 Hibridum</i>	-	-	-	10	-
<i>Medicago Lupulina</i>	5	-	-	-	10
<i>Onobrychis Sativa</i>	-	-	-	-	67
<i>Antillis Vulneraria</i>	17	-	-	-	5
<i>Lotus Corniculatus</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
Miscuglio A	Terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti, anche con scheletro grossolano;
Miscuglio B	Terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili;
Miscuglio C	Terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili;
Miscuglio D	Terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi
Miscuglio E	Terreni di medio impasto, in clima caldo e secco

L'Impresa 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'Impresa è libera 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.

1.4.1. Idrosemina

Dopo che le superfici da rivestire saranno state preparate come descritto al precedente punto 1.2.1 del presente Capitolato, l'impresa 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'Impresa, 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'Impresa è libera 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.

1.4.2. Semina di ginestra (*Cytisus scoparius* o *Spartium junceum*)

Sulle superfici preparate e concimate come ai precedenti punti del presente Capitolato l'Impresa procederà alla semina di ginestra eseguita in buche disposte a quinconce, equidistanti 20 cm su file a loro volta distanziate di 20 cm. Il quantitativo di seme da impiegare dovrà essere di 50 kg/ha.

Il seme stesso dovrà essere bagnato prima della semina per favorirne la germinazione; inoltre, se nella zona non vi sono altri ginestreti, dovrà essere mescolato con terriccio proveniente da vecchi ginestreti, in ragione di almeno 500 kg/ha di terriccio, per favorire il diffondersi del microrganismo che ha vita simbiotica con la ginestra e che pertanto è necessario al suo sviluppo.

1.4.3. Rimboschimento con semenzali e impianto di talee

Sulle superfici preparate e concimate, come già indicato nei precedenti punti del presente Capitolato, l'Impresa 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'Impresa è libera 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'Impresa 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'Impresa trattare l'apparato radicale con una miscela di terra argillosa e letame bovino, diluita in acqua.

L'Impresa 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.

1.4.4. 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.

<i>Foglia caduca</i>	fino a circonf. cm 12-15 fino a circonf. cm 20-25 fino a circonf. cm 30-35	almeno 1 trapianto almeno 2 trapianti 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).

1.4.5. 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 o cultivar	Forza	Osservazioni

Prescrizioni per favorire la ripresa dei vegetali da spostare.

Qualora non sia prevista a carico dell'Impresa 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 antitraspiranti, ecc.);

L'Impresa 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'Impresa 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.

1.4.6. 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'Impresa 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	Varietà o cultivar	Forza	Osservazioni

1.4.6.1. 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.

1.4.7. 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.

1.4.8. 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.

1.4.9. 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.

1.4.9.1. 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 è 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.

1.4.9.2. 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'impresa 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'Impresa ,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'Impresa, 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'Impresa dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura.

Prima dell'inizio dei lavori d'impianto, la D.L. indicherà all'Impresa le varie specie arboree ed arbustive da impiegare nei singoli settori.

Nella preparazione delle buche l'Impresa 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'Impresa 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.

1.4.9.3. Apertura di buche e fosse per la messa a 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 1m;
- 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.

1.5. Cure colturali

Sino a quando non sia intervenuto con esito favorevole il collaudo definitivo dei lavori l'impresa 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'Impresa 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'Impresa stessa.

L'erba sfalciata dovrà venire prontamente raccolta da parte dell'Impresa 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.

t 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'impresa, oltre a quanto già previsto.

1.6. 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.

SEZIONE 18

- BARRIERE ANTIFONICHE -

1.0 QUALITÀ E CERTIFICAZIONE DEI MATERIALI CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA

Nella esecuzione dei lavori, l'Impresa dovrà attenersi alle prescrizioni che di seguito vengono riportate per le principali categorie di lavoro, nonché a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.

Per tutte le categorie di lavori e quindi anche per quelle relativamente alle quali non si trovino, nelle presenti specifiche tecniche, prescritte speciali norme di esecuzione, l'Impresa dovrà attenersi ai migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente nonché agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori, previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

Per quanto non espressamente citato in questo capitolato, nonché per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali e le modalità di esecuzione delle opere di tipo civile, complementari alla realizzazione della barriera acustica, si rimanda alle norme ed alle disposizioni delle specifiche sezioni del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

1.1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI – PROVE DEI MATERIALI – CERTIFICAZIONI

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

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 21 del Capitolato Generale n. 1063/1962.

Per lavori il cui importo a base di appalto sia inferiore a 200.000 ECU (I.V.A. esclusa) il materiale da fornire dovrà essere prodotto in conformità delle Norme UNI EN ISO 9002/94 rilasciando la relativa dichiarazione di conformità ai sensi della norma EN 45014.

Per lavori il cui importo a base di appalto, uguali o superiori a 200.000 ECU (I.V.A. esclusa), oltre a quanto previsto dal precedente punto, i materiali dovranno essere approvvigionati da fornitori della Unione europea o di Paese terzi, che operano con sistema di qualità aziendale, rispondente alle norme internazionali UNI EN ISO 9000, con certificazione di qualità rilasciata da Enti certificatori accreditati ai sensi delle norme della serie EN 45000.

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

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori. Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute e i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

1.1.1 Certificati di qualità

Per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di prescritti dal presente atto, l'Impresa, prima dell'impiego, dovrà esibire al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i certificati rilasciati da un laboratorio ufficiale richiesti dal presente capitolato o che verranno eventualmente richiesti dal Direttore stesso. Tali certificati dovranno contenere i dati relativi alla provenienza ed alla individuazione dei singoli materiali o la 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 fornitura in rapporto ai dosaggi e composizioni proposte. Tali 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.

1.1.2 Prove dei materiali

In relazione a quanto prescritto circa le qualità e caratteristiche dei materiali, e la loro accettazione, l'Impresa fornitrice sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, attraverso il prelevamento e l'invio dei campioni ai laboratori ufficiali indicati dalla Stazione Appaltante, nonché a tutte le relative prove.

I dati delle prove o i campioni saranno prelevati in contraddittorio, anche presso gli stabilimenti di produzione, per cui l'Impresa si impegna a garantire l'accesso presso detti stabilimenti ed a fornire l'assistenza necessaria.

Di detti dati o campioni potrà essere ordinata la conservazione nell'Ufficio Compartimentale, previa apposizione di sigillo e firma del Direttore dei Lavori e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

2.0 PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE

Gli interventi di realizzazione di protezioni antifoniche devono essere realizzati sulla base del progetto acustico e delle relative prescrizioni di Capitolato, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, il quale dovrà assicurare che sia sottoposta ad approvazione ogni eventuale modifica del progetto approvato.

Al Direttore dei Lavori ed al Costruttore, ciascuno per la sua parte, spetta la responsabilità della conformità dell'opera al progetto e della qualità dei materiali impiegati.

Al fine di garantire la qualità degli interventi, le forniture, le opere ed i servizi di risanamento e/o modifica sono oggetto delle prescrizioni previste nel D.L.vo 24 luglio 1992, n. 358 e nel D.P.R. 18 aprile 1994, n. 573.

2.1 FASE DI ESECUZIONE: ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E MESSA IN OPERA

2.1.1 Accettazione

La fase di accettazione fornisce la certificazione preventiva dei materiali e si compone di:

1. prove per certificare i materiali dal punto di vista fisico-chimico e meccanico
2. prove per certificare i materiali dal punto di vista acustico, costituite da tre prove:
 - (a) prova di laboratorio in camera riverberante;
 - (b) prova su barriera campione in campo aperto ed in condizioni normalizzate;
 - (c) prova con metodo impulsivo.

2.1.2 Messa in opera

I controlli e le prove eseguite fase di messa in opera hanno invece lo scopo di garantire la corretta esecuzione delle opere e la loro rispondenza alle specifiche fissate nel progetto esecutivo.

2.2 COLLAUDO TECNICO

Nell'ambito delle attività di sua competenza, al collaudatore compete l'onere di verificare la rispondenza dell'opera intera e delle sue parti a quanto previsto dal progetto acustico e dalle sue eventuali modifiche.

2.3 CONTROLLI DI QUALITÀ NELLE FASI DI MESSA IN OPERA

Tutti i materiali impiegati debbono essere verificati in accordo a quanto specificato nell'ordine di acquisto e nella specifica tecnica del fornitore il quale dovrà essere qualificato e notificato alla D.L..

Al fornitore deve essere richiesto di effettuare, per ogni lotto di pannelli fornito, delle prove di collaudo secondo quanto specificato nei capitoli relativi alle specifiche di messa in opera, per verificare che lo stesso risponda alle caratteristiche progettuali e alle specifiche tecniche e normative richiamate nel Capitolato di Costruzione e nelle specifiche tecniche allegate all'ordine di acquisto.

L'esito delle verifiche deve essere riportato in una apposita relazione di collaudo, corredata di tutti i certificati di prova richiesti nella normativa e specifiche citate.

Detta relazione deve essere consegnata alla D.L. almeno 15 giorni prima della posa in opera delle protezioni antifoniche, costituendo la stessa fase vincolante per il montaggio delle stesse.

L'esito del controllo sulla relazione di collaudo deve essere annotato sul P.C.Q., così come le eventuali osservazioni della D.L. o le prove aggiuntive richieste dalla stessa.

Tutti i materiali dovranno pervenire in cantiere provvisti di certificazione di provenienza (fornitore).

I controlli da effettuare in fase di posa in opera sono:

- controllo certificazioni di fornitura;
- verifica esistenza prescrizioni progettuali di montaggio idonee a rispettare le prescrizioni del Capitolato di Costruzione e delle specifiche tecniche;
- verifica della corretta installazione in accordo al progetto e alle modalità di posa in opera sopra richiamate, effettuata a spot sui pannelli installati in ogni giorno di lavoro;
- controllo della corretta messa a terra della barriera protettiva: al termine di ogni lotto di barriera protettiva si dovranno effettuare delle prove di messa a terra in accordo alle prescrizioni della norma C.E.I. 9.6.

Tutti i suddetti controlli debbono essere annotati sui relativi P.C.Q..

3.0 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La certificazione sulle prove di controllo materiali di seguito descritte, da effettuarsi ad opera di un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente), sarà a carico del costruttore/fornitore.

I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti.

3.1 PANNELLI METALLICI

I pannelli metallici sono costituiti da una struttura metallica scatolare forata, all'interno della quale è inserito materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi (fibre o schiume) che sfruttano i fenomeni di attrito e di risonanza.

3.1.1 Caratteristiche delle parti metalliche

Il pannello deve essere costruito in metallo protetto a tutti gli effetti contro la corrosione.

Il trattamento protettivo delle superfici deve essere eseguito sia all'interno che all'esterno del pannello e, in ogni caso, dopo le varie fasi di lavorazione della lamiera (tranciatura, punzonatura, piegatura, ecc.), a meno che il pannello non sia realizzato in lamiera di alluminio con trattamento protettivo secondo il sistema coil-coating. Il trattamento della superficie deve garantire una forte resistenza meccanica e realizzare una superficie esente da pori sia all'interno, sia all'esterno del pannello.

Il fornitore dovrà indicare il numero, lo spessore e la natura degli strati protettivi nonché allegare le schede tecniche relative al trattamento anticorrosivo ed ai prodotti vernicianti impiegati.

Il colore delle protezioni anticorrosive sarà comunicato preventivamente dal Committente.

In caso di incendio i materiali impiegati non devono sviluppare gas tossici o fumi opachi.

3.1.1.1 Caratteristiche specifiche dei pannelli in acciaio zincato e verniciato

Lo spessore della lamiera di acciaio non rivestita deve essere di almeno 1,5 mm.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alle norme UNI EN 10142/92, 10143/92, 10147/93. Il rivestimento di zinco deve essere conforme alla Euronorma 147, con granatura del tipo Z 275 come dalle sopracitate norme. Lo spessore totale della protezione anticorrosiva deve essere non inferiore a 80 µm.

Il trattamento di zincatura dovrà essere effettuato dopo tutte le lavorazioni meccaniche. Inoltre la protezione anticorrosiva del pannello deve corrispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della protezione anticorrosiva	I valori dichiarati
Aderenza secondo UNICHIM MU 630	Sia a secco (dry adesion, a tempo zero), sia dopo immersione in acqua a 40° per 150 ore (wet adesion): grado 1
Resistenza alla scalfittura secondo ISO 1518/92 (da eseguire solo sulla faccia esposta)	60 N
Resistenza all'impronta secondo UNI 8358	70
Resistenza agli urti secondo UNI 8901/86	Per caduta di una massa sulla faccia esposta di 1 Kg da un'altezza di 30 cm la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi di pellicola su entrambe le facce
Resistenza all'umidità secondo UNI 8744/86	Dopo 1000 ore di esposizione: assenza di blistering e/o di perdita di aderenza; lungo l'incisione l'arrugginimento e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm
Resistenza alla corrosione da nebbia salina secondo UNI ISO 9227/93.	Dopo 500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza

3.1.1.2 Caratteristiche specifiche dei pannelli in alluminio verniciato

La lamiera d'alluminio deve essere il lega Alluminio-Magnesio-Manganese (Al-Mg-Mn, lega AA 4015 o similari) secondo norma UNI 9003, avente una buona resistenza alla corrosione. Lo spessore della lamiera non rivestita deve essere almeno 1.2 mm.

Prima della verniciatura deve essere eseguito un trattamento della superficie idoneo a garantire un buon ancoraggio del film di vernice.

Tale pretrattamento deve essere costituito da sgrassaggio e risciacquo deionizzato, seguiti da cromatazione, fosfocromatazione oppure ossidazione anodica.

Per le facce esposte lo spessore del film di vernice deve essere almeno 40 µm, mentre per le facce non esposte si dovrà avere uno spessore minimo di 20 µm.

L'alluminio non deve essere stabilmente in contatto con rame o leghe di rame.

Il film di vernice deve inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della protezione anticorrosiva	I valori dichiarati
Aderenza secondo UNICHIM MU 630	Sia a secco (dry adesion, a tempo zero), sia dopo immersione in acqua a 40°C per 150 ore (wet adesion): grado 0
Resistenza alla scalfittura secondo ISO 1518/92 (da eseguire solo sulla faccia esposta)	60 N
Resistenza all'impronta secondo UNI 8358	70
Resistenza agli urti secondo UNI 8901/86	Per caduta di una massa sulla faccia esposta di 1 Kg da un'altezza di 30 cm la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi di pellicola su entrambe le facce.
Resistenza all'umidità secondo UNI 8744/86	Dopo 1500 ore di esposizione: la corrosione e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.
Resistenza alla corrosione da nebbia salino-acetica secondo UNI ISO 9227/93.	Dopo 1500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.

3.1.1.3 Caratteristiche specifiche dei pannelli in alluminio anodizzato

Lo spessore della lamiera di alluminio anodizzato deve essere di almeno 1,5 mm.

Le superfici anodizzate dovranno avere aspetto privo di venature, inclusioni, cavità, crateri porosi e di altri difetti e non manifestare variazioni di lucentezza e di colore.

Il trattamento elettrochimico deve essere eseguito sui pezzi solo dopo aver effettuato tutte le lavorazioni meccaniche (tagli, forature, fresature, ecc.). Lo strato anodico deve essere di spessore non inferiore a 15 µm e deve risultare ben fissato e continuo.

Il trattamento anodico deve inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della strato anodico secondo UNI 9178/88	15 µm su entrambe le facce.
Fissaggio secondo UNI 9178/88	1. Qualità del fissaggio = "buona" secondo la classificazione di cui al punto 9 della suddetta Norma.
Continuità degli strati anodici	Determinata con prova effettuata su cinque punti della superficie scelti a caso, con una goccia di reagente costituito da uguali volumi di acido cloridrico puro e da una soluzione al 6% in peso di bicromato di potassio, preparato al momento dell'impiego: dopo 8 minuti dal deposito del reagente sulla superficie anodizzate non dovrà manifestarsi alcuna colorazione verde.

3.1.2 Caratteristiche geometriche della mascherina anteriore (lato fonoassorbente)

La lamiera forata rivolta verso la sorgente di rumore, qualora presenti aperture circolari, dovrà avere per singolo foro un'area inferiore a 78 mm² (raggio = 5 mm circa).

Qualora invece le aperture siano di forma rettangolare, il lato minore dovrà essere compreso tra 6 e 10 mm e il lato maggiore dovrà essere non superiore a 150 mm.

Si dovranno prendere in considerazione tutti gli accorgimenti idonei a garantire la durabilità del materiale fonoassorbente, ad es. prevedendo l'installazione del materiale fonoassorbente senza contatto diretto con la lamiera forata. Dovranno inoltre essere previste opportune forature per il drenaggio.

Il disegno del forato deve essere in ogni caso preventivamente approvato dal Committente.

3.1.3 Caratteristiche del materiale fonoassorbente

Il materiale fonoassorbente, inserito all'interno della struttura scatolata metallica è costituito da complessi porosi. Generalmente si tratta di uno strato di lana minerale conformato in modo tale da assorbire sia per porosità che per risonanza; esso deve avere uno spessore di almeno 6 cm e deve avere una densità maggiore di 80 kg/m³, se trattasi di lana di roccia, o maggiore di 48 kg/m³, se trattasi di lana di vetro.

Deve essere: imputrescibile, inerte agli agenti chimici ed atmosferici, ininfiammabile o autoestinguente. Saranno preferiti sistemi fonoassorbenti con membrana microporosa lato sorgente di rumore per evitare impregnazioni o ritenzioni di liquidi che ne degradino le caratteristiche meccaniche ed acustiche.

Le caratteristiche di fonoassorbenza devono mantenersi elevate nel tempo con curve di decadimento lente: a 5 anni dall'installazione si tollererà una diminuzione del 10% del coefficiente di assorbimento ed a 10 anni del 20%.

Le prove previste per accertare l'idoneità di detto materiale sono le seguenti:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Diametro medio delle fibrille secondo UNI 6484/69.	Il diametro medio delle fibrille deve essere compreso tra 6 e 9 μm .
Massa volumica apparente secondo UNI 6485/69.	La massa volumica apparente deve essere maggiore di 85 kg/m^3 oppure di 48 kg/m^3 a seconda che si tratti di lana di roccia o di lana di vetro.
Resistenza al fuoco secondo la FEDERAL STANDARD USA STD 302	Ininfiammabile
Grado di igroscopicità secondo UNI 6543/69 (tempo di prova 1 giorno).	Il grado di igroscopicità non deve essere superiore allo 0,2% in volume.
Resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100x100x5 mm completamente immerso in acqua distillata per 24 ore a temperatura ambiente.	Al termine della prova non devono essere avvenuti né sfaldamenti né colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua.
Resistenza al calore secondo il seguente procedimento: si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100x100x5 mm in una stufa a 150°C per 24 ore poggiando su una delle due facce quadrate (100x100 mm).	Al termine della prova non devono essere avvenute variazioni delle dimensioni originarie del provino superiori a ± 5 mm relativamente ai parametri lunghezza e larghezza. La variazione che si verifica sullo spessore deve essere inferiore a ± 1 mm.
Ancoraggio della lana minerale secondo il seguente procedimento: il pannello, disposto in posizione verticale, verrà sottoposto per 24 ore a vibrazione, anch'essa verticale, a 10 Hz, di ampiezza picco-picco 1 mm.	Al termine della prova, l'ancoraggio deve aver resistito alla sollecitazione applicata.

3.2 PANNELLI TRASPARENTI

Qualora particolari esigenze architettoniche o paesaggistiche lo suggeriscano, è possibile impiegare pannelli in materiali trasparenti: polimetilmetacrilato, policarbonato o vetro.

Le lastre dovranno essere della qualità e delle dimensioni richieste, di un solo pezzo, di spessore uniforme e prive di difetti, con facce piane perfettamente parallele. Dovranno essere in grado di resistere agli agenti atmosferici, all'acqua e ai vari componenti chimici usati per eventuali operazioni di pulizia. I pannelli dovranno essere intelaiati sui quattro lati.

Nella progettazione di barriere acustiche con pannelli trasparenti bisogna prestare particolare attenzione al minimizzare le riflessioni di luce potenzialmente pericolose per i conducenti dei veicoli in transito.

La trasparenza dei pannelli inoltre costituisce un pericolo per gli uccelli, che deve essere ridotto inserendo opportune sagome di rapaci locali.

3.2.1 Pannelli in policarbonato

I pannelli in policarbonato dovranno avere spessore minimo di 8 mm ed essere protetti su entrambe le superfici dai raggi UV. Il fattore di trasmissione totale (diretta + diffusa) dopo prova di invecchiamento accelerato (secondo ASTM G 26/93) per 4000 ore (2000 ore per faccia) non dovrà scendere al di sotto del 95% del valore iniziale (la prova va condotta secondo ASTM D1003-92).

Lo strato di protezione dagli UV deve essere omogeneo col substrato (identico coefficiente di dilatazione termica lineare) onde evitare fenomeni di deformazione o microfessurazioni dovuti a sollecitazioni meccaniche o termiche.

Particolare cura dovrà essere posta nell'attacco pannello-montante, per poter assorbire le dilatazioni termiche del materiale che raggiungono il valore di 1 cm/m.

La guarnizione, compatibile con il policarbonato, deve essere in EPDM della durezza di 70 shores e realizzata con profilo ad U che consenta sia di ammortizzare le sollecitazioni ed evitare la fuoriuscita dalla sede, sia di evitare la deformazione della lastra stessa. Per il fissaggio dei profili di contenimento della lastra potranno essere impiegati distanziali, in modo che la lastra conservi la sua planarità, evitando antiestetiche deformazioni dovute ad un cattivo fissaggio. La dimensione dell'incastro dovrà tenere conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni ai carichi del vento.

I pannelli in policarbonato dovranno rispondere inoltre alle caratteristiche tecniche sotto riportate:

Caratteristiche	Metodo prova ASTM	Esigenza minima
Densità minima	D792	1,1 g·cm-3
Resistenza a flessione	D790	100 MN·m-2
Resistenza a trazione minima	D638	65 MN·m-2
Resistenza minima all'urto Charpy con intaglio	D256	1,5 kJ·m-2
Temperatura di rammollimento VICAT minima	D1525	110°C
Coefficiente max di dilatazione termica lineare	D696	80·10-6 °C-1
Trasmissione della luce minima per lastre non colorate	D1003 Illuminante A	90%
Indice d'ingiallimento massimo dopo 1000 ore con lampada solare	D1925	2%

Le prove si riferiscono a lastre incolore dello spessore di 3 mm.

3.2.2 Pannelli in polimetilmetacrilato (PMMA)

I pannelli in polimetilmetacrilato devono essere di tipo colato o estruso con spessore minimo di 15 mm. Essi devono essere conformi, per quanto riguarda inclusioni e tolleranze di spessore, alla norma DIN 16957 e realizzati partendo da metacrilato puro; l'impiego di materiale rigenerato per la costruzione delle lastre non è ammesso.

La guarnizione, compatibile con il metacrilato, deve essere in EPDM della durezza di 70 shores e realizzata con profilo ad U che consenta sia di ammortizzare le sollecitazioni ed evitare la fuoriuscita dalla sede, sia di evitare la deformazione della lastra stessa. Per il fissaggio dei profili di contenimento della lastra potranno essere impiegati distanziali, in modo che la lastra conservi la sua planarità, evitando antiestetiche deformazioni dovute ad un cattivo fissaggio. La dimensione dell'incastro dovrà tenere conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni ai

carichi del vento.

I pannelli in PMMA dovranno inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche tecniche:

Caratteristiche	Metodo prova ASTM	Esigenza minima
Densità minima	D792	1,1 g·cm-3
Resistenza a flessione	D790	80 MN·m-2
Resistenza a trazione minima	D638	57 MN·m-2
Resistenza minima all'urto Charpy con intaglio	D256	70 kJ·m-2
Temperatura di rammollimento VICAT minima	D1525	140°C
Coefficiente max di dilatazione termica lineare	D696	80·10-6 °C-1
Trasmissione della luce minima per lastre non colorate	D1003 Illum. A	85%
Indice d'ingiallimento massimo dopo 1000 ore con lampada solare	D1925	6%

Le prove si riferiscono a lastre incolori dello spessore di 3 mm.

3.2.3 Pannelli in vetro

I pannelli devono essere realizzati con vetri di sicurezza stratificati, temperati, martellati o armati, con spessore minimo di 16 mm.

Una particolare cura dovrà essere posta nella realizzazione delle guarnizioni tra pannello e pannello e tra pannello e montante. La guarnizione tra pannello e montante dovrà essere in neoprene estruso di durezza 20 ÷ 30 shores, mentre la guarnizione alla base della barriera, fra pannello e piano di posa, dovrà essere in neoprene estruso di durezza 50 ÷ 60 shores.

Le lastre dovranno rispondere a quanto prescritto dalle seguenti norme:

- norma UNI 7172 in generale, capitolo 6.3 in particolare per le prove di resistenza;
- norma UNI 9186 antivandalismo, capitoli 3.1 e 6.1;
- norma UNI 9187 antiproiettile classe A 500 J capitoli 3.1 e 3.2.A;
- durezza uguale o superiore al grado 6,5 della scala di Mohs.

Il vetro dovrà inoltre presentare alta resistenza all'abrasione e consentire un agevole rimozione di eventuali scritte vandaliche.

3.3 PANNELLI IN CALCESTRUZZO

3.3.1 Pannelli in calcestruzzo armato normale o precompresso

Gli elementi che costituiscono la barriera dovranno essere realizzati in calcestruzzo armato che risponda ai seguenti requisiti:

Caratteristica	Esigenza
Classe R_{ck}	$> 40 \text{ N/mm}^2$
Rapporto acqua/cemento	$< 0,45$
Slump	$< 0,1\%$
Tipo di cemento	Pozzolánico o altoforno
Spessore pannello	$\geq 8 \text{ cm}$
Barre di armatura	Acciaio Fe B 44K controllato
Coefficiente di permeabilità	Con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure, preliminarmente ai getti, su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, dovrà essere inferiore o uguale a $10^{-10} \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$

Su richiesta del Committente le superfici di calcestruzzo potranno essere protette con opportuni impregnanti, in modo da garantire l'idrofobizzazione del supporto trattato, con caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe, ai cloruri, agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento potrà essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

3.3.2 Pannelli in calcestruzzo armato normale o precompresso e calcestruzzo di argilla espansa o pomice

Questa tipologia è costituita da pannelli a due o più strati nei quali la funzione portante è assicurata dallo strato in calcestruzzo armato, che deve avere le caratteristiche riportate al punto 3.3.1 e spessore minimo 8 cm, mentre lo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice, rivolto verso la sorgente di rumore, deve essere tale da realizzare le caratteristiche di fonoassorbimento richieste.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si dovrà fare riferimento rispettivamente alle normative UNI 7548 (parti I e II) e UNI 7549 (parti da 1 a 12, esclusa la parte 11).

In particolare lo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristica	Esigenza
Composizione inerti (secondo UNI 7549)	100% argilla espansa o pomice con granulometria: passante al crivello 12 mm 100% 10 mm 90-100% 5 mm 5-35% 3 mm 0-10% 2 mm 0-5%
Massa volumica in mucchio degli inerti (secondo UNI 7549)	Preferibilmente compresa tra 350 e 600 kg/m ³ e comunque mai superiore a 1100 kg/m ³
Tipo di cemento	Pozzolanico o altoforno, dosato non oltre i 250 kg per m ³ di inerti per non intasare i pori con perdita di efficacia antirumore.
Resistenza alla compressione	In media 10 N/mm ² , da misurarsi su cubetti stagionati con spigolo di 100 mm
Spessore strato in cls alleggerito	Può essere costante o variabile ma comunque mai inferiore ai 4 cm
Barre di armatura	Acciaio Fe B 44K controllato e fili per la precompressione come al D.M. 27.7.85 e successive aggiunte o modifiche.

I pannelli dovranno avere apposita protezione della struttura cellulare in argilla espansa o pomice esposta agli agenti atmosferici mediante trattamento, per intrusione, con idoneo prodotto ad elevato potere idrorepellente, traspirante, trasparente, con ottimo ancoraggio al materiale trattato, resistente alle intemperie, agli UV, alle muffe, agli alcali, agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera. Tale prodotto deve assicurare un'elevata durata delle proprie caratteristiche (almeno 10 anni), deve consentire l'eventuale applicazione di vernice sulla faccia esposta del pannello ed inoltre in caso di incendio deve garantire l'assenza di esalazioni tossiche o fumi opachi.

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento potrà essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

Eventuali sistemi di protezione diversi da quello sopra descritto potranno essere autorizzati dal Committente previa presentazione di appositi certificati che ne caratterizzino l'efficacia.

3.3.3 Pannelli in calcestruzzo armato alleggerito con argilla espansa strutturale

Il pannello, di spessore non inferiore ai 20 cm, è costituito da un impasto omogeneo di calcestruzzo con argilla espansa che assolve contemporaneamente alle funzioni portante e di abbattimento del rumore.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si dovrà fare riferimento rispettivamente alle normative UNI 7548/92 (parti I e II) e UNI 7549/76 (parti da 1 a 12, esclusa la parte 11).

Caratteristica	Esigenza
Composizione inerti (secondo UNI 7549)	100% argilla espansa o pomice con granulometria: passante al crivello 12 mm 100% 10 mm 90-100% 5 mm 5-35% 3 mm 0-10% 2 mm 0-5%
Massa volumica in mucchio degli inerti (secondo UNI 7549)	Preferibilmente compresa tra 350 e 800 kg/m ³ e comunque mai superiore a 1200 kg/m ³
Tipo di cemento	Pozzolatico o altoforno, dosato a 350 – 400 kg per m ³ di inerti e non oltre, per non intasare i pori, con conseguente perdita di efficacia antirumore.
Resistenza alla compressione	$R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica pannello	$\geq 1400 \text{ kg/m}^3$
Spessore pannello	Non inferiore ai 20 cm
Barre di armatura	Acciaio Fe B 44K controllato e fili per la precompressione come al D.M. 27.7.85 e successive aggiunte o modifiche.

I pannelli dovranno avere apposite delle parti esposte agli agenti atmosferici mediante trattamento, per intrusione, con idoneo prodotto ad elevato potere idrorepellente, traspirante, trasparente, con ottimo ancoraggio al materiale trattato, resistente alle intemperie, agli UV, alle muffe, agli alcali, agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera.

Tale prodotto deve assicurare un'elevata durata delle proprie caratteristiche (almeno 10 anni), deve consentire l'eventuale applicazione di vernice sulla faccia esposta del pannello ed inoltre in caso di incendio deve garantire l'assenza di esalazioni tossiche o fumi opachi.

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento potrà essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

Eventuali sistemi di protezione diversi da quello sopra descritto potranno essere autorizzati dal Committente previa presentazione di appositi certificati che ne caratterizzino l'efficacia.

3.4 PANNELLI IN LEGNO

I pannelli in legno normalmente sono costituiti da una struttura scatolare al cui interno è alloggiato un materassino di lana minerale che, in combinazione con una eventuale camera d'aria retrostante agisce da dissipatore acustico.

La struttura è formata da:

- griglia anteriore formata da listelli di legno opportunamente sagomati;
- tamponatura posteriore realizzata con tavole in legno di opportuno spessore;

- materiale fonoassorbente;
- eventuali travi in legno disposte orizzontalmente alle estremità del pannello.

Poiché la barriera è direttamente esposta agli agenti atmosferici, i pannelli devono essere realizzati in legno di buona qualità, accuratamente lavorati e trattati in modo ottimale. Il legno deve resistere al deperimento organico e va trattato con prodotti speciali secondo le norme DIN 68 800 parte 3^a per evitare la formazione di funghi. In particolare il legno sarà sottoposto all'impregnazione di oli minerali ecologici o sali indilavabili preservanti in autoclavi a vuoto e pressione.

In alternativa possono essere utilizzati pannelli costruiti in legno d'Azobè, di Golden Teak od altre essenze appartenenti alla classe di resistenza Prima secondo la normativa DIN 68364, per i quali non è necessario il trattamento in autoclave ma è sufficiente un trattamento con impregnanti ad azione insetticida e fungicida. Tali legni devono avere una certificazione di durabilità non inferiore ai 20 anni rilasciata da un Laboratorio Ufficiale. Particolare cura va posta nel trattamento degli elementi più prossimi al suolo.

Per la sicurezza della circolazione in caso di incendio, i pannelli (pur essendo ininfiammabili) devono essere resistenti al fuoco; i montanti devono essere ininfiammabili e agire da barriera contro il fuoco, altrimenti sarà necessaria, ogni 100 m, una zona larga almeno 4 m realizzata con elementi ininfiammabili.

I pannelli dovranno essere facilmente smontabili e sostituibili in caso di danneggiamenti; a tal fine, su richiesta del Committente, le dimensioni del singolo pannello devono essere contenute, per permettere il montaggio dello stesso senza l'impiego di mezzi meccanici che possono arrecare disturbo al flusso veicolare. Particolare cura deve essere posta nello studio delle giunzioni, che devono essere progettate in modo da tenere conto di eventuali movimenti di contrazione e rigonfiamento. La bulloneria per l'assemblaggio dei diversi componenti sarà preferibilmente in acciaio inox.

I montanti saranno realizzati in legno massiccio o con profilati metallici secondo le particolari esigenze tecnico architettoniche del sito da proteggere, in accordo con le indicazioni del Committente. Per le caratteristiche del materiale fonoassorbente si rimanda a quanto detto nel caso dei pannelli metallici al paragrafo 3.1.

3.5 PANNELLI IN LATERIZIO FORATO

Le barriere formate da pannelli in laterizio forato sono schermi fonoassorbenti che sfruttano la proprietà di attenuazione del rumore di una cavità per risonanza.

La massa d'aria contenuta all'interno della cavità, sotto l'effetto delle onde sonore incidenti, si pone in vibrazione ed attraverso lo smorzamento dovuto ai molteplici urti sulle pareti ne trasforma l'energia in calore.

L'assorbimento per risonanza, essendo legato alle dimensioni del foro di ingresso e della cavità, funziona per una specifica frequenza: per coprire la gamma di frequenze richieste si realizzano blocchi in laterizio con serie di fori comunicanti con l'esterno con diverse dimensioni delle cavità interne.

Questo sistema, pur non comprendendo tutto il campo di frequenze assorbite dai pannelli tradizionali con fibre minerali (con gli elementi in laterizio normalmente si coprono le frequenze fra 100 e 1000 Hz), ha però il vantaggio di un costo contenuto per altezze non eccessive.

La struttura portante di queste schermature è generalmente costituita da pilastri in cemento armato, con cordolo inferiore ed eventuale trave di collegamento superiore sempre in cemento armato.

Varianti di questo tipo di barriera si possono ottenere con blocchi di calcestruzzo dotati delle stesse cavità risonanti.

3.6 MONTANTI

3.6.1 Montanti metallici

I montanti metallici devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe 360 B (secondo la Norma UNI EN 10025/92) e zincati a caldo per immersione in accordo alle Norme UNI EN 10142/92, 10143/92, 10147/93, per uno spessore non inferiore a 60 µm, previo ciclo di sabbiatura SA 2½ oppure trattamento di decapaggio chimico. Per assicurare una buona e durevole aderenza del prodotto verniciante alla superficie zincata è richiesto inoltre l'applicazione di uno dei seguenti trattamenti della superficie, subito dopo la zincatura:

- ciclo completo di cataforesi
- ciclo completo di brugalizzazione
- lavaggio e sgrassaggio delle superfici zincate, seguiti da applicazione di uno strato di fondo a base di pittura epossidica al fosfato di Zn (spessore 60 ÷ 80 µm), quindi da uno strato di copertura a base di pittura poliuretanica (spessore 60 ÷ 80 µm).

La successiva verniciatura deve essere effettuata a polveri o a smalto e seguita da polimerizzazione a 140°.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 180 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Il fornitore deve comunque indicare il sistema del trattamento previsto per protezione anticorrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti vernicianti e le modalità di applicazione.

Il colore delle protezioni anticorrosive sarà comunicato preventivamente dal Committente.

In caso di incendio i materiali impiegati non devono sviluppare gas tossici o fumi opachi.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura;
- misura degli spessori degli strati protettivi;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti alle caratteristiche dichiarate.
-

Sui profili costituenti i montanti che non risultino "prodotti qualificati" ai sensi dell'allegato 8 del DM 27/7/85 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche" devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dalle norme UNI in numero atto a fornire un'idonea conoscenza delle proprietà di ogni singolo lotto di fornitura e comunque almeno tre saggi per ogni 20 t di ogni singolo profilo.

Tutti i singoli valori sperimentali dovranno rispettare le prescrizioni di cui ai prospetti 2-I e 2-II del DM citato per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e, alle tabelle UNI corrispondenti, per quanto riguarda le caratteristiche chimiche.

3.6.2 Montanti in calcestruzzo armato

I montanti in calcestruzzo armato normalmente sono elementi prefabbricati; essi devono essere realizzati con calcestruzzo rispondente agli stessi requisiti prescritti al paragrafo 3.3.1 per i pannelli in calcestruzzo armato.

I montanti avranno predisposti al proprio interno gli eventuali dispositivi per l'ancoraggio delle pannellature prefabbricate.

3.6.3 Montanti in legno

I montanti in legno devono essere realizzati in legno secondo le specifiche prescritte per i pannelli in legno, seguendo gli stessi trattamenti specificati nel paragrafo 3.4. Per la parte infissa dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti per evitare l'imputrescenza.

3.7 PORTE DI ISPEZIONE E DI SICUREZZA

Le porte di ispezione e di sicurezza devono essere poste ad una distanza non superiore a 300 m l'una dall'altra; la distanza è da considerarsi quale valore massimo e pertanto è lasciato al progettista il corretto distanziamento delle vie d'uscita in relazione al contesto ambientale, morfologico, ecc. in cui viene inserita la protezione acustica.

Le porte dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- Larghezza libera: ≥ 85 cm.
- Altezza libera: ≥ 190 cm.
- Le caratteristiche antifoniche delle porte devono corrispondere a quelle delle pareti. A tal fine le porte devono essere realizzate con un pannello dello stesso tipo di quelli utilizzati per le pareti, montato su opportuno telaio. Particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione delle giunzioni tra parti fisse e parte mobile, facendo in modo che i coefficienti di assorbimento e di isolamento dell'intera parete non siano pregiudicati.
- Le porte devono essere provviste di maniglione di apertura di tipo antipanico, apribile solo dall'interno; dall'esterno l'apertura deve essere possibile solo con apposita chiave in dotazione ai posti di manutenzione.
- La segnalazione delle porte deve essere seguita secondo le norme per le uscite di sicurezza.
- Le porte devono essere facilmente apribili anche in caso di gelo.

Le porte possono essere sostituite da interruzioni della barriera secondo le indicazioni del progettista.

3.8 ACCESSORI

3.8.1 Sigillanti e guarnizioni

Sigillanti e guarnizioni devono garantire nel tempo l'ermeticità acustica e deve quindi resistere all'invecchiamento da agenti naturali (raggi UV, variazioni di temperatura, ecc.).

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento. Inoltre detti materiali dovranno rispettare le seguenti prescrizioni della norma DIN 53571:

Caratteristica	Esigenza minima
Allungamento alla rottura a + 20°C	Almeno 380%
Allungamento alla rottura a - 20°C	Almeno 350%
Resistenza alla rottura a + 20°C	Superiore a 10 N/mm ²

Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione e contemporaneamente ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli in policarbonato o in metacrilato e dovranno essere realizzate con materiale compatibile con tali prodotti.

I sigillanti dovranno anch'essi essere compatibili col policarbonato o col metacrilato e non dovranno contenere acido acetico.

La D.L. avrà la facoltà di eseguire le prove che riterrà opportune per la verifica di tali caratteristiche.

3.8.2 Accessori metallici

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio inossidabile AISI 306 o AISI 430 o in acciaio zincato a caldo per immersione in accordo alle Norme UNI EN 10142/92, 10143/92, 10147/93, per uno spessore non inferiore a 60

µm (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti in acciaio zincato).

Nel caso di pannelli in lega leggera possono essere usati elementi metallici sia in acciaio inox che in alluminio. Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, valgono le seguenti prescrizioni:

- Tirafondi: il materiale dovrà avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe37BkB della Norma UNI 7356/76.
- Piastre di base: saranno realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe 360B secondo la Norma UNI 7070.
- Bulloni: dovranno appartenere alla classe di resistenza 8.8 della UNI 3740 associata nel modo indicato nel prospetto 2 –III della CNR-UNI 10011/85.

4.0 CARATTERISTICHE ACUSTICHE: BARRIERE FONOASSORBENTI E CONTEMPORANEAMENTE FONOSOLANTI

4.1 SPECIFICHE DI ACCETTAZIONE

La fase di accettazione consiste nella certificazione preventiva dei materiali e per quanto riguarda le caratteristiche acustiche è distinta in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio in camera riverberante; il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo aperto ed in condizioni normalizzate.

Le prove sono a carico del costruttore/fornitore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

Le prove di laboratorio hanno lo scopo di omologare preventivamente i materiali: la prova in camera riverberante consente di valutare le caratteristiche intrinseche dei materiali, mentre le prove in campo aperto sono necessarie per valutare l'efficacia delle barriere nel loro complesso.

4.1.1 Prove di laboratorio in camera riverberante

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 30 dB per i pannelli monoassorbenti e a 24 dB per quelli biassorbenti. Il suo valore sarà determinato secondo la norma ISO 140/3-1978 e la ISO 717/1-1982 e successivi aggiornamenti.

Le proprietà fonoassorbenti dei materiali saranno valutate mediante la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico α secondo la norma ISO/R354-1985

I pannelli aventi la capacità di assorbire l'energia acustica incidente sono classificati in due categorie, da scegliersi in base alle condizioni di impiego:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente;
- TIPO II: a medio potere fonoassorbente.

Essi devono garantire, alle varie frequenze centrali di banda d'ottava, i seguenti valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico α , in riferimento alla norma ISO/R 354-1985 e successivi aggiornamenti:

TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente α
125	0.40
250	0.70
500	0.80
1000	0.80
2000	0.80
4000	0.75

TIPO II: a medio potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente α
125	0.35
250	0.40
500	0.50
1000	0.60
2000	0.55
4000	0.50

La Norma ISO 354-1985 se da una parte prevede che le misure siano effettuate in 1/3 di ottava, dall'altra fornisce, invece, le tabelle di confronto con dati in ottave: è chiaro che per il raffronto bisognerà mediare i tre valori dei tre terzi per ottenere il corrispondente valore in ottava.

Nel caso di elementi biassorbenti i campioni saranno provati separatamente sulle due facce.

4.1.2 Prova di attenuazione in campo libero su barriera normalizzata (misura di "insertion loss")

Al fine di valutare il comportamento della barriera dal punto di vista acustico dovrà essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

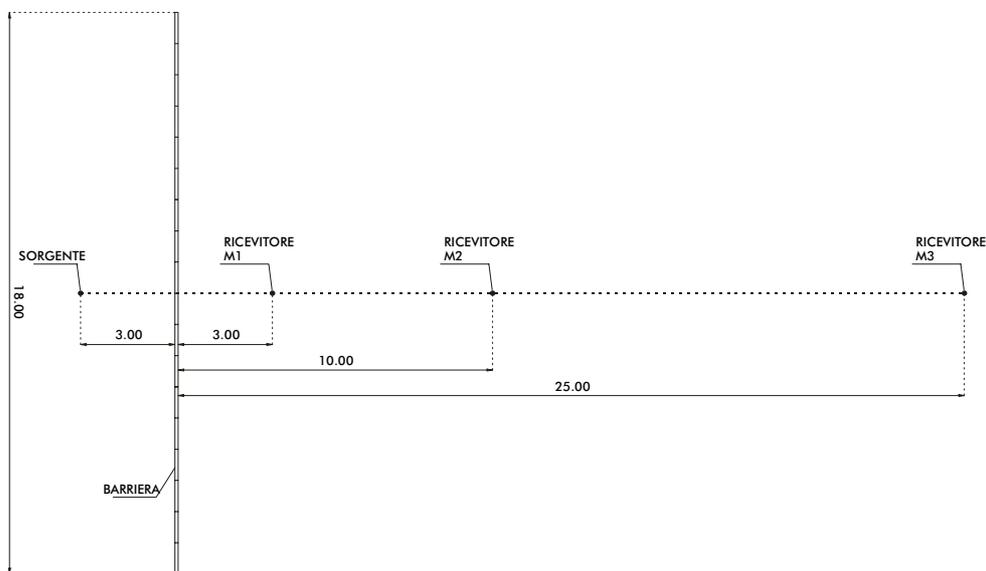
La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m.

I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig.1.
PLANIMETRIA SCHEMATICA



SEZIONE SCHEMATICA

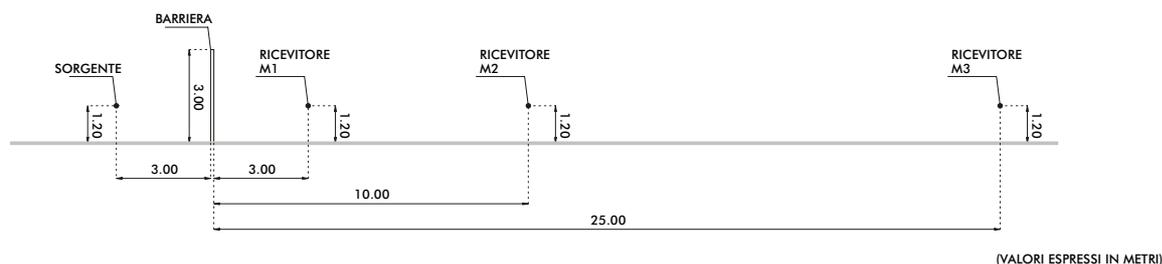


FIGURA 1: SCHEMA DELLA PROVA IN CAMPO LIBERO

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo 125 ÷ 4000 Hz con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

La sorgente di rumore sarà costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

L_{p0} = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

L_p = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Ai fini della misura le letture saranno valide solo se superiori di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato in quel punto per ciascuna banda di frequenza. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

4.1.3 Prova di una barriera tipo secondo la norma AFNOR S 31-089

Questo metodo di prova consente di individuare in campo aperto i coefficienti di fonoisolamento e di valutare il coefficiente di fonoassorbimento della barriera in funzione della frequenza. Consente di valutare sia le caratteristiche dei materiali costituenti lo schermo che la qualità della posa in opera (guarnizioni, giunzioni, montanti).

Permette di determinare le seguenti proprietà fisiche dei pannelli:

- potere fonoisolante (espresso in dB): capacità di un materiale di “opporsi” alla propagazione del rumore attraverso di esso.

Potere fonoisolante (dB) = Livello suono diretto - Livello suono trasmesso

- potere fonoassorbente (espresso in %): capacità di un materiale di “dissipare” l'energia sonora incidente su di esso.

Potere fonoassorbente (%) = $\frac{\text{Energia acustica riflessa}}{\text{Energia acustica incidente}}$

Oltre alla valutazione delle proprietà fonoassorbenti e fonoisolanti degli schermi acustici, questa norma può permettere di identificare l'origine delle principali variazioni delle caratteristiche acustiche dello schermo in prova (fessure ad es.).

Con questa tecnica non è possibile valutare l'attenuazione totale prodotta dalla barriera nei punti disturbati (“insertion loss”), in quanto essa è fortemente influenzata anche dall'altezza, lunghezza e posizione della schermatura.

Si prescrive che la perdita locale di energia acustica per trasmissione, T_{LT} nelle bande di ottava di 1000 e 2000 Hz, deve essere maggiore o uguale a 26 dB con una tolleranza di 5 dB.

4.2 SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA

L'opera dovrà essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato in precedenza. Tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, sarà verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio, senza lasciare quindi fessure o giochi fra pannello e pannello, fra pannelli e montanti e fra pannelli ed elementi di supporto di base. L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati.

La verifica acustica di corretta installazione si esegue secondo i criteri descritti nel capitolo 4.1.3 (prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089) sulla barriera dimensionata in fase di progetto.

La perdita locale di energia acustica per trasmissione, T_{LT} rilevata in opera nelle bande d'ottava di 1000 e 2000 Hz deve risultare maggiore o uguale ai valori riscontrati nella prova AFNOR S 31-089 eseguita per la fase di accettazione, detratti di una tolleranza di 5 dB.

Questa prova sarà a carico del fornitore/installatore ed eseguita da un istituto riconosciuto idoneo dalle parti.

Sarà condotta sotto la responsabilità del direttore dei lavori che provvederà a farla eseguire a spot in vari punti con particolare attenzione a quelle zone con pezzi speciali (porte di ispezione, posti telefonici, ecc.).

I risultati di questa prova saranno confrontati con quelli ottenuti nella fase di prequalifica della barriera per rilevare le eventuali contraddizioni e/o situazioni anomale.

5.0 CARATTERISTICHE ACUSTICHE: BARRIERE FONOIOLANTI

5.1 SPECIFICHE DI ACCETTAZIONE

La fase di accettazione consiste nella certificazione preventiva dei materiali e per quanto riguarda le caratteristiche acustiche è distinta in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio in camera riverberante; il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo aperto ed in condizioni normalizzate.

Le prove sono a carico del costruttore/fornitore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

Le prove di laboratorio hanno lo scopo di omologare preventivamente i materiali: la prova in camera riverberante consente di valutare le caratteristiche intrinseche dei materiali, mentre le prove in campo aperto sono necessarie per valutare l'efficacia delle barriere nel loro complesso.

5.1.1 Prove di laboratorio in camera riverberante

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 30 dB. Il suo valore sarà determinato secondo la norma ISO 140/3-1978 e la ISO 717/1-1982 e successivi aggiornamenti.

5.1.2 Prova di attenuazione in campo libero su barriera normalizzata (misura di "insertion loss")

Al fine di valutare il comportamento della barriera dal punto di vista acustico dovrà essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

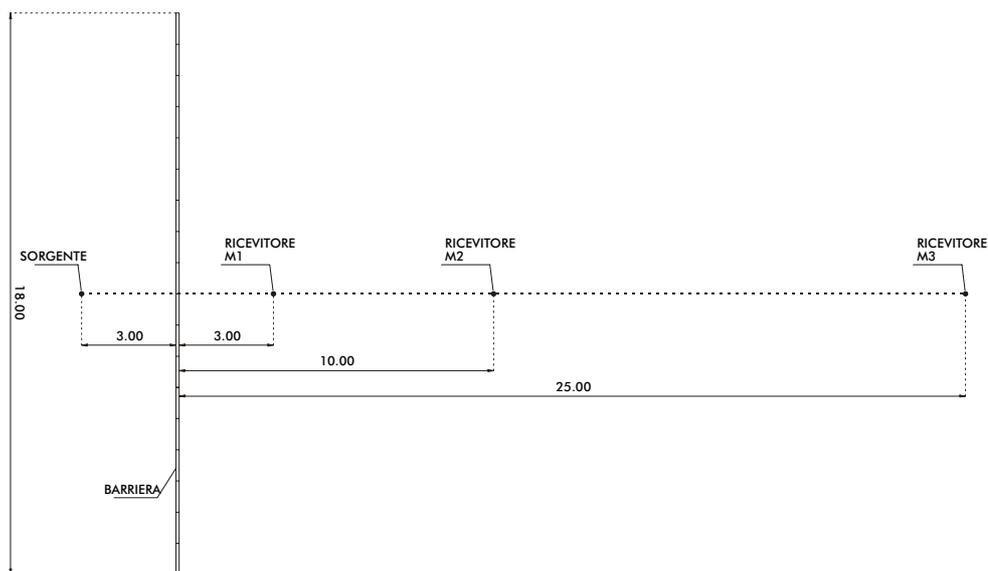
La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m.

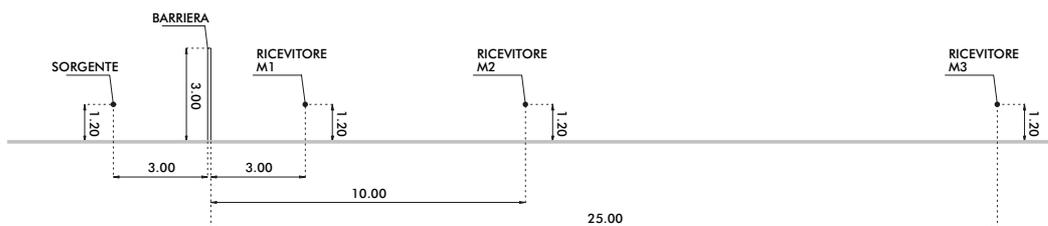
I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig. 1.

PLANIMETRIA SCHEMATICA



SEZIONE SCHEMATICA



(VALORI ESPRESSI IN METRI)

FIGURA 2: SCHEMA DELLA PROVA IN CAMPO LIBERO

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo 125 ÷ 4000 Hz con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

La sorgente di rumore sarà costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

L_{p0} = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

L_p = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Ai fini della misura le letture saranno valide solo se superiori di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato in quel punto per ciascuna banda di frequenza. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente

dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

5.1.3 Prova di una barriera tipo secondo la norma AFNOR S 31-089

Questo metodo di prova consente di individuare in campo aperto i coefficienti di fonoisolamento e di valutare il coefficiente di fonoassorbimento della barriera in funzione della frequenza. Consente di valutare sia le caratteristiche dei materiali costituenti lo schermo che la qualità della posa in opera (guarnizioni, giunzioni, montanti).

Permette di determinare le seguenti proprietà fisiche dei pannelli:

- potere fonoisolante (espresso in dB): capacità di un materiale di “opporsi” alla propagazione del rumore attraverso di esso.

Potere fonoisolante (dB) = Livello suono diretto - Livello suono trasmesso

- potere fonoassorbente (espresso in %): capacità di un materiale di “dissipare” l’energia sonora incidente su di esso.

Potere fonoassorbente (%) = $\frac{\text{Energia acustica riflessa}}{\text{Energia acustica incidente}}$

Oltre alla valutazione delle proprietà fonoassorbenti e fonoisolanti degli schermi acustici, questa norma può permettere di identificare l'origine delle principali variazioni delle caratteristiche acustiche dello schermo in prova (fessure ad es.).

Con questa tecnica non è possibile valutare l’attenuazione totale prodotta dalla barriera nei punti disturbati (“insertion loss”), in quanto essa è fortemente influenzata anche dall'altezza, lunghezza e posizione della schermatura.

Si prescrive che la perdita locale di energia acustica per trasmissione, T_{LT} nelle bande di ottava di 1000 e 2000 Hz, deve essere maggiore o uguale a 26 dB con una tolleranza di 5 dB.

5.2 SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA

L’opera dovrà essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato in precedenza. Tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, sarà verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio, senza lasciare quindi fessure o giochi fra pannello e pannello, fra pannelli e montanti e fra pannelli ed elementi di supporto di base. L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati.

La verifica acustica di corretta installazione si esegue secondo i criteri descritti nel capitolo 4.1.3 (prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089) sulla barriera dimensionata in fase di progetto.

La perdita locale di energia acustica per trasmissione, T_{LT} rilevata in opera nelle bande d'ottava di 1000 e 2000 Hz deve risultare maggiore o uguale ai valori riscontrati nella prova AFNOR S 31-089 eseguita per la fase di accettazione, detratti di una tolleranza di 5 dB.

Questa prova sarà a carico del fornitore/installatore ed eseguita da un istituto riconosciuto idoneo dalle parti.

Sarà condotta sotto la responsabilità del direttore dei lavori che provvederà a farla eseguire a spot in vari punti con particolare attenzione a quelle zone con pezzi speciali (porte di ispezione, posti telefonici, ecc.).

I risultati di questa prova saranno confrontati con quelli ottenuti nella fase di prequalifica della barriera per rilevare le eventuali contraddizioni e/o situazioni anomale.

6.0 BIOMURI: CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ED ACUSTICHE

I biomuri sono costituiti da strutture a sezione trapezoidale o rettangolare, formate da un reticolo portante spaziale tridimensionale, drenante, realizzato mediante sovrapposizione di appositi elementi prefabbricati in c.a.v. o in

legno opportunamente trattato, in modo da formare dei contenitori aventi larghe superfici aperte al cui interno viene insilato del materiale inerte terroso, che permette l'impianto di essenze vegetali rampicanti e/o cespugli. Possono anche essere posati in modo da formare un muro di sostegno, disposto in adiacenza all'infrastruttura stradale, che sostiene un terrapieno che si ricongiunge dal lato opposto, con varie forme e pendenze, al piano campagna.

La realizzazione del muro consiste nella fornitura e posa in opera degli elementi prefabbricati, comprese le basi di appoggio, il riempimento con il terreno, il rinverdimento effettuato con essenze resistenti e sempreverdi, nonché tutte le opere ed i lavori necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

La struttura normalmente risulta composta da spazi aperti o nicchie esposte all'acqua piovana ma deve essere attentamente valutata la necessità di un sistema di irrigazione da alimentare in modo opportuno.

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali che costituiscono l'opera di sostegno del biomuro sono:

1. elementi che formano il reticolo di sostegno, che possono essere:
 - prefabbricati in c.a.v.;
 - in legno trattato;
2. terreno di riempimento.

Gli elementi di sostegno ed il terreno di riempimento occorrente per la costruzione delle opere dovranno risultare rispondenti ai requisiti di cui ai punti seguenti.

6.1.1 Caratteristiche degli elementi prefabbricati

Gli elementi prefabbricati costituenti il muro devono essere modulari e vincolabili, atti a qualsivoglia configurazione planimetrica, comprese le curvilinee, e devono permettere la realizzazione dell'opera con paramento verticale o a scarpa.

Importante è la giusta valutazione della proporzione tra quantità di terreno e di cemento armato; inoltre, visto che il cemento armato riflette l'energia sonora, nel formare il paramento esposto del manufatto si deve fare in modo di ridurre al minimo indispensabile la struttura in cemento armato a vista infittendo quanto più possibile la vegetazione oppure rivestendo le superfici esposte in modo che risultino almeno parzialmente fonoassorbenti.

Le dimensioni e la forma geometrica di questi elementi prefabbricati variano sia per la funzione da loro esplicata nell'ambito della struttura reticolare, sia per le diverse esigenze produttive delle case costruttrici; in ogni caso i singoli elementi dovranno presentare gli appositi alloggiamenti necessari per garantire il loro incastro durante la realizzazione del muro, e dovranno rispettare i requisiti riportati nella specifica e nei disegni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi e le modalità esecutive della struttura dovranno essere tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

La struttura reticolare così formata deve avere una modularità costante, componibile tridimensionalmente, in modo da poter realizzare muri cellulari di sezione anche variabile il cui peso, al netto del materiale di riempimento, dovrà essere non inferiore a 300 Kg/m³.

La configurazione e le dimensioni delle opere da realizzare si uniformeranno ai disegni di progetto allegati o che in corso d'opera saranno forniti dalla D.L.

Gli elementi del muro cellulare sono prefabbricati mediante specifico macchinario che consente la produzione a sforno immediato, ovvero ad immediata scasseratura dell'elemento prefabbricato, subito dopo l'esecuzione delle operazioni di getto e di vibratura.

Particolare cura deve essere adottata nella fondazione degli elementi principali portanti specialmente se si sta operando sui bordi dei rilevati: si potranno utilizzare micropali stabilizzati o fondazioni a platea, a seguito degli opportuni calcoli statici.

Detti elementi prefabbricati, prodotti in dimensioni e forma diverse a seconda delle funzioni esplicitate nell'ambito della struttura, devono avere una adeguata armatura metallica, secondo le norme tecniche costruttive relative alle opere di calcestruzzo armato di cui alla Legge 5.11.1971 n. 1086 e successive modificazioni, e una resistenza caratteristica del conglomerato cementizio a 28 gg $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ al fine di poter sostenere tutte le sollecitazioni derivanti dalle spinte delle terre sia interne che esterne in zona sismica di prima categoria.

I materiali che costituiscono i singoli elementi prefabbricati devono avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristica	Esigenza
Barre e reti elettrosaldate di armatura	Acciaio FeB 38K controllato o FeB 44K controllato.
Tipo di cemento	325 o superiore, dosato a 400 kg/m ³ impasto
Rapporto acqua/cemento	0.45
Vibratura	9000 Hz
Resistenza alla compressione	$R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$ (350 kgf/cm ²)

Prima dell'inizio dei lavori la D.L. si riserva la facoltà di accettare l'idoneità (dimensionale e costruttiva) degli elementi componenti la struttura.

La stessa confermerà e/o preciserà, all'atto esecutivo le caratteristiche dimensionali e costruttive nel loro insieme e le modalità di realizzazione dei lavori.

È facoltà del Committente, infatti la possibilità di apportare ai lavori le variazioni od aggiunte che reputa necessarie nell'interesse della buona riuscita e dell'economia dei lavori, senza che l'Appaltatore possa trarne motivi per avanzare pretesa di compensi od indennizzi di qualsiasi natura e specie non stabiliti nei Capitolati d'Appalto.

6.1.2 Caratteristiche degli elementi in legno trattato

La gabbia in legno deve essere costituita da elementi modulari a incastro trattati con miscela preservante CCA, a carico di ritenzione di 16 l/m³, densità umida di 8 kN/m³.

6.1.3 Caratteristiche del terreno di riempimento

I migliori valori di fonoassorbimento si ottengono con composta completamente matura, terra vegetale ricca di humus o con miscuglio di queste due terre. Un terriccio completamente maturo oltre ad aumentare la caratteristica fonoassorbente permette una vegetazione permanente. La premessa da soddisfare è il tenore di sostanze organiche convertibili e, come già accennato, un elevato tenore di humus.

Le caratteristiche di un terriccio completamente fermentato che determinano la sua particolare attitudine come materiale di riempimento sono le seguenti:

- elevata percentuale di sostanza organica per il bilancio dell'humus;
- elevato volume delle porosità;
- elevato ritenimento idrico;
- elevato contenuto di organismi del terreno;
- quote di elementi principali ed oligoelementi;
- elevata capacità di scambio di ioni (potere di fissare le sostanze nutritive);
- insensibile all'erosione;
- insensibile agli assestamenti del terreno;
- buona ventilazione.

Resta stabilito che tutte le pratiche e gli oneri inerenti al reperimento del materiale, comprese l'eventuale ricerca, occupazione, apertura e gestione cave sono a carico esclusivo dell'Impresa fornitrice, rimanendo il Committente sollevato dalle conseguenze di qualsiasi difficoltà che la stessa potesse incontrare a tale riguardo; questa dovrà indicare, al momento della consegna dei lavori, le cave o i fornitori di cui intende servirsi che, a loro volta, dovranno essere adeguate e capaci a fornire in tempo utile tutto il materiale necessario ai lavori, che soddisfi le prescritte caratteristiche. L'Impresa fornitrice resta responsabile di fornire il quantitativo e di garantire la qualità dei materiali necessari al normale avanzamento dei lavori, anche se, per far fronte a tale impegno dovessero cambiare la natura del materiale oppure la cava o il fornitore; tutto ciò senza che l'Impresa fornitrice possa accampare pretese di speciali compensi o di indennità.

Nessuno speciale compenso od indennità potrà richiedere l'Impresa fornitrice in conseguenza delle maggiori spese o difficoltà che potrà incontrare in questo campo per la completa osservanza delle norme di legge o delle maggiori prescrizioni che potessero dettare le autorità competenti.

6.2 ESSENZE VEGETALI

Le piante in essi contenute possono essere scelte in base ai seguenti criteri (da Stern e Partner, Architetti del paesaggio, Zurigo):

- Tipo di paesaggio circostante:
 - a) nell'area urbana;
 - b) fuori dall'area urbana, cioè in un paesaggio naturale;
 - c) vicino a vegetazione di:
 - piante indigene, cioè piante di naturale/spontanea crescita;
 - piante antropogene esotiche o importate da altre regioni o continenti.
- Condizioni microclimatiche:
 - d) generali condizioni geografiche e climatiche;
 - e) condizioni particolari nel muro;
 - f) posizione del muro (parte superiore, media o bassa);
 - g) tipo di terra, miscuglio di terra;
 - h) esposizione al sole, all'ombra, al vento e influenza della pioggia.
- Limitata possibilità di cubatura:
 - i) luogo trafficato, spazio limitato particolarmente nella parte bassa, molto vento dovuto al passaggio del traffico/auto;
 - j) lato esterno confinante direttamente con la strada.
- Piante raggruppate nelle aree:
 - k) area con piante sempreverdi;
 - l) area di piccoli cespugli;
 - m) area con tipi di piante rampicanti o cascanti;
 - n) aree con piante a crescita bassa che coprono la superficie della terra;
 - o) area con piante grasse di piccola crescita.
- Esposizione rispetto al paesaggio:
 - p) dominante aree di priorità/importanti;
 - q) associato a piante per colmare/riempire il buco/squarcio di frane.

6.3 SPECIFICHE DI ACCETTAZIONE

La fase di accettazione consiste nella certificazione preventiva dei materiali; per quanto riguarda la fornitura degli elementi modulari prefabbricati e in legno, l'Impresa fornitrice è tenuta a produrre adeguata certificazione che ne comprovi le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Per l'accettazione del terreno di riempimento, in considerazione dei requisiti previsti in progetto, la D.L. potrà richiedere l'esecuzione di analisi granulometriche, limiti di Attenberg e prove di taglio diretto con scatola di Casagrande.

Dopo la messa in opera di ogni strato la D.L. potrà richiedere la verifica del grado di costipamento mediante prove di controllo della densità in sito e della densità di riferimento in laboratorio. Le prove geotecniche in sito ed in laboratorio dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale approvato dalla D.L.

6.4 CARATTERISTICHE ACUSTICHE

Dal punto di vista delle caratteristiche acustiche la fase di accettazione è distinta in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio in camera riverberante; il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo aperto ed in condizioni normalizzate.

Le prove sono a carico del costruttore/fornitore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

6.4.1 Prove di laboratorio in camera riverberante

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 24 dB. Il suo valore sarà determinato secondo la norma ISO 140/3-1978 e la ISO 717/1-1982 e successivi aggiornamenti.

Le proprietà fonoassorbenti dei materiali saranno valutate mediante la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico α secondo la norma ISO/R354-1985

I pannelli aventi la capacità di assorbire l'energia acustica incidente sono classificati in due categorie, da scegliersi in base alle condizioni di impiego:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente;
- TIPO II: a medio potere fonoassorbente.

Essi devono garantire, alle varie frequenze centrali di banda d'ottava, i seguenti valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico α , in riferimento alla norma ISO/R 354-1985 e successivi aggiornamenti:

TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente α
125	0.40
250	0.70
500	0.80
1000	0.80
2000	0.80
4000	0.75

TIPO II: a medio potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente α
125	0.35
250	0.40
500	0.50
1000	0.60
2000	0.55
4000	0.50

La Norma ISO 354-1985 se da una parte prevede che le misure siano effettuate in 1/3 di ottava, dall'altra fornisce, invece, le tabelle di confronto con dati in ottave: è chiaro che per il raffronto bisognerà mediare i tre valori dei tre terzi per ottenere il corrispondente valore in ottava.

Nel caso di elementi biassorbenti i campioni saranno provati separatamente sulle due facce.

6.4.2 Prova di attenuazione in campo libero su barriera normalizzata (misura di "insertion loss")

Al fine di valutare il comportamento della barriera dal punto di vista acustico dovrà essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

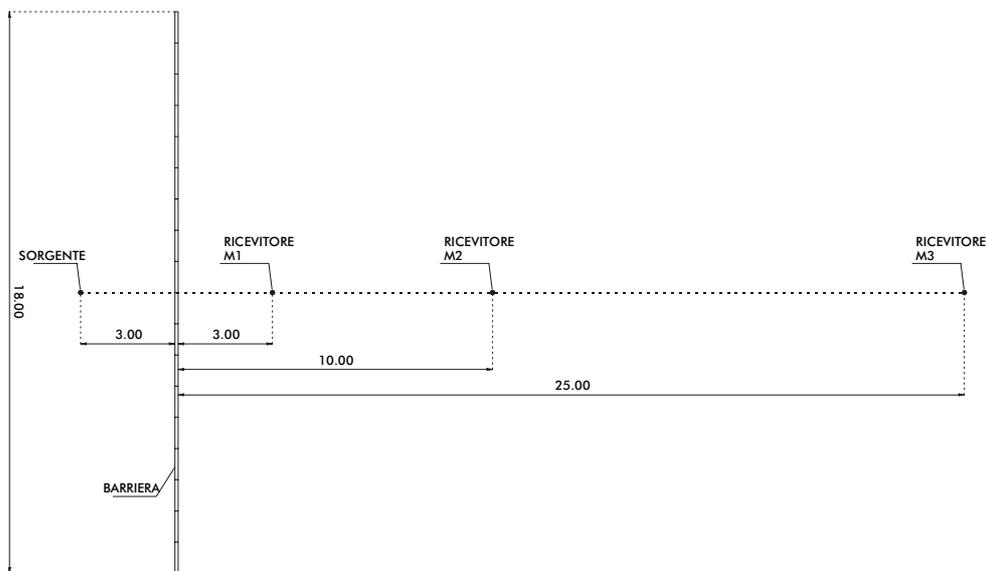
La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m. I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig. 3.

PLANIMETRIA SCHEMATICA



SEZIONE SCHEMATICA

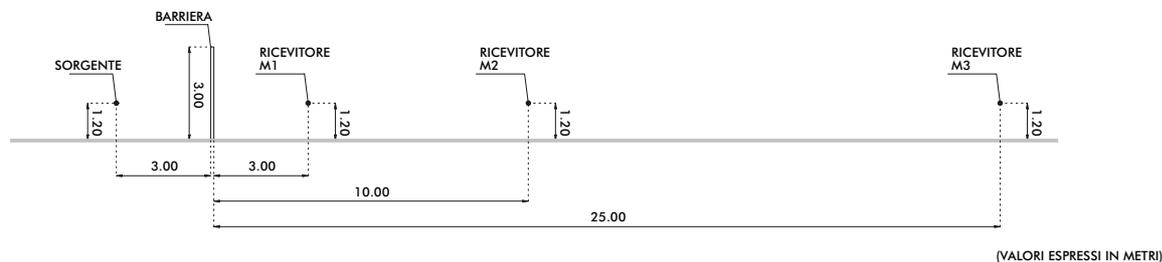


FIGURA 3: SCHEMA DELLA PROVA IN CAMPO LIBERO

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo 125 ÷ 4000 Hz con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

La sorgente di rumore sarà costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

L_{p0} = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

L_p = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Ai fini della misura le letture saranno valide solo se superiori di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato in quel punto per ciascuna banda di frequenza. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

6.5 SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA

L'opera dovrà essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato in precedenza. Tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, sarà verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio degli elementi e un corretto insilaggio del terreno, nonché mediante l'impianto di adeguate essenze vegetali rampicanti e/o cespugli.

L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati.

7.0 ELEMENTI ANTIDIFFRATTIVI: CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ED ACUSTICHE

L'efficacia in sito di uno schermo acustico è, in gran parte, limitata dal fenomeno della diffrazione sullo spigolo superiore: per ridurre questo fenomeno è possibile installare sulla sommità di barriere antifoniche o su manufatti esistenti degli appositi dispositivi antidiffrittivi.

Tali dispositivi consentono, grazie alle loro caratteristiche di fonoassorbimento, di ridurre l'altezza di una qualsiasi barriera con benefici economici e di impatto ambientale.

7.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Gli apparecchi antidiffrittivi sono normalmente realizzati in elementi lineari con le seguenti caratteristiche:

- Elemento esterno: è costituito da componenti in lamiera di acciaio zincato o di alluminio opportunamente sagomati e forati.
- Elemento interno fonoisolante: è costituito un elemento tubolare in acciaio zincato di adeguato spessore.
- Materiale fonoassorbente: interposto tra i due elementi interno ed esterno, è costituito da lana minerale.
- Coprigiunti ed elementi terminali: consentono la giunzione e la chiusura dei dispositivi antidiffrittivi.
- Strutture di sostegno: consentono il fissaggio dei dispositivi antidiffrittivi alle barriere o ad altri manufatti.

I componenti in acciaio zincato e in alluminio, così come i materiali fonoassorbenti devono essere conformi a quanto richiesto per le parti omologhe dei pannelli fonoassorbenti metallici (si vedano i paragrafi ..e..) per quanto riguarda caratteristiche meccaniche, di durezza, di protezione dalla corrosione, ecc.

7.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE

L'importanza del fenomeno della diffrazione dipende dalla localizzazione della sorgente acustica e del punto di misura rispetto allo schermo acustico.

Quindi, contrariamente alla trasmissione e all'assorbimento, la diffrazione non è una caratteristica intrinseca: così le distanze relative sorgente-schermo e schermo-punto di misura, hanno una notevole importanza nei confronti della prestazione del sistema antidiffrittivo provato.

Peraltra è molto importante essere in grado di caratterizzare questo fenomeno in condizioni di riferimento al fine di consentire da una parte la qualificazione in fabbrica e dall'altra il confronto dei prodotti in condizioni similari.

Come è stato detto la diffrazione non è una caratteristica intrinseca del materiale, perciò è necessario analizzare il contesto in cui la barriera sarà messa in opera: inserita come rialzo della barriera (ed esempio su una barriera esistente), mantenendo fissa l'altezza massima oppure ancora dimensionando la barriera di efficacia equivalente nel caso di nuove barriere.

Le tre tipologie di analisi sono mostrate nello schema:

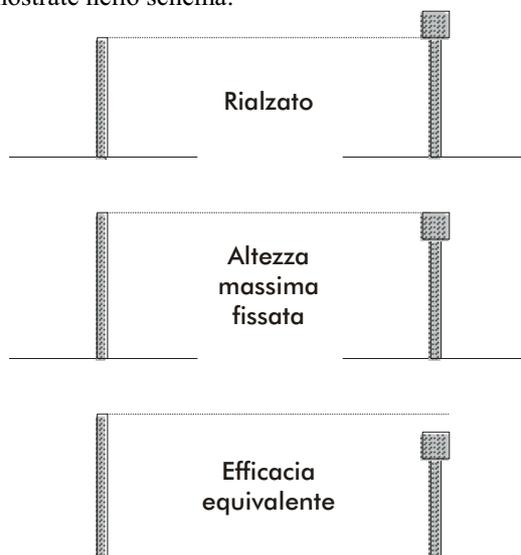


FIGURA 4 TIPOLOGIE DI ANALISI SUGLI ELEMENTI ANTIDIFFRATTIVI

7.2.1 Metodologia di prova

La metodologia di prova descritta segue la prima tipologia di analisi.

La prova consiste nell'adottare il metodo impulsivo (largamente sperimentato in Francia), al fine di determinare il parametro IL (*Insertion Loss*, perdita di energia in diffrazione):

$$IL_{AD} = IL_1 - IL_2$$

dove:

IL_1 = attenuazione della barriera con l'aggiunta dell'elemento antidiffrattivo

IL_2 = attenuazione ottenuta dalla sola barriera

IL_1 e IL_2 sono ottenuti dalla formula:

$$IL = 20 \cdot \log\left(\frac{P_d}{P_i}\right) - 20 \cdot \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

dove:

P_d = pressione acustiche diffratta dallo spigolo superiore

P_i = pressione acustica incidente

d_1, d_2 = distanze sorgente-microfono secondo il seguente schema:

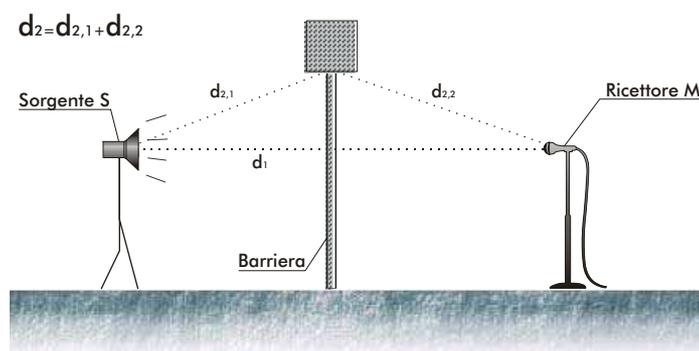


FIGURA 5: SCHEMA PER IL CALCOLO DEI VALORI DI IL

Il parametro IL è di solito positivo: ciò vuol dire che l'inserimento del dispositivo antidiffrattivo permette normalmente di ottenere una diminuzione di livello sonoro al di là dello schermo; può essere negativo in alcuni casi marginali.

La sorgente sonora è costituita da un generatore di rumore rosa in un campo di frequenza compreso fra 100 e 5000 Hz.

L'efficacia in diffrazione dipende fortemente dalla frequenza, come la trasmissione (debole alle basse frequenze e forte alle alte frequenze), e anche dall'altezza del microfono rispetto allo schermo.

7.2.2 Modalità di esecuzione della prova

La prova consiste nel mettere in opera uno o più pannelli preferibilmente in calcestruzzo in modo da formare una barriera lunga 8 m, come indicato sullo schema in Fig. 6.

Lo spazio davanti e dietro dovrà essere libero per permettere il posizionamento dei microfoni.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

L'altezza della barriera deve essere di 3 m al fine di conservare la coerenza con le misure di trasmissione e di assorbimento.

E necessario ripetere l'esperimento per almeno 5 altezze dei microfoni in modo da avere una caratterizzazione completa dell'irraggiamento acustico

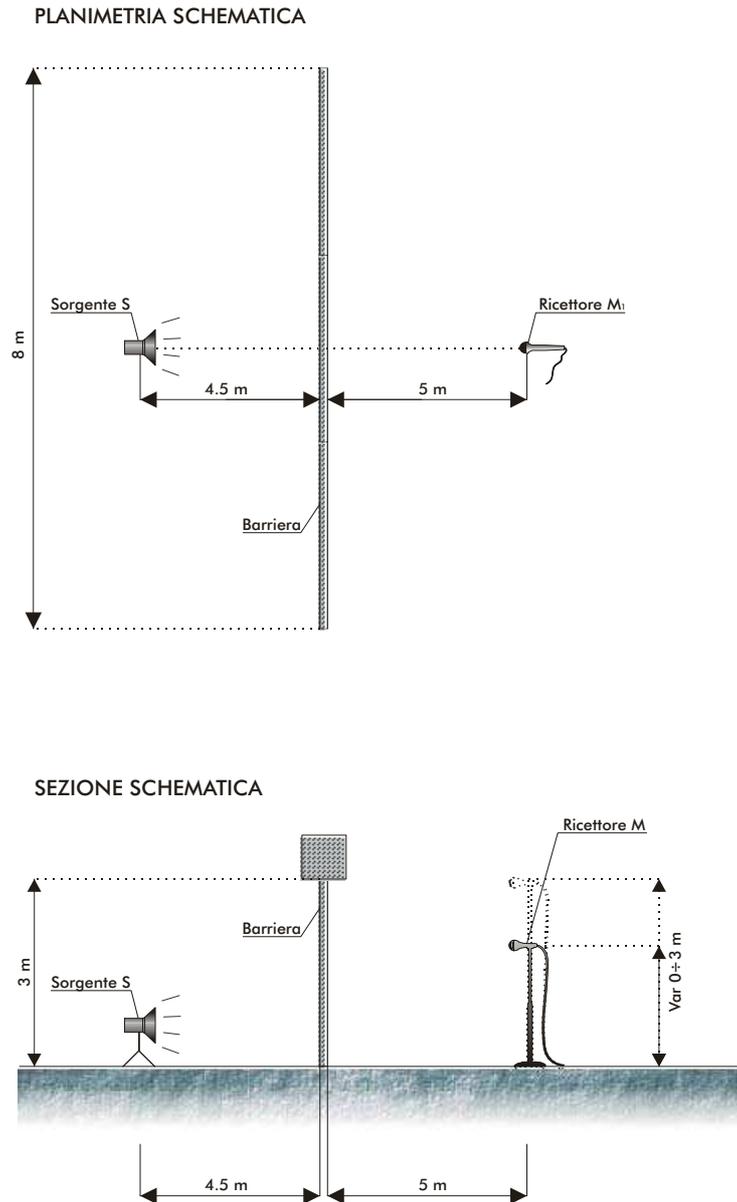


FIGURA 6: SCHEMA DELLA PROVA SU ELEMENTI ANTIDIFFRATTIVI

8.0 ALTRI TIPI DI SCHERMI ACUSTICI

8.1 RIMODELLAMENTI MORFOLOGICI

I rimodellamenti morfologici utilizzati come barriere al rumore emesso dall'infrastruttura stradale possono essere realizzati per mezzo di:

- terrapieni a pendenza naturale;
- strutture in terra rinforzata o geosacchi.

Le barriere di questo tipo sono chiamate anche naturali perché in esse l'elemento naturale (terra, vegetazione, humus) assolve sia al ruolo funzionale che alla funzione estetica.

8.1.1 Terrapieni a pendenza naturale

I terreni a pendenza naturale integrati da vegetazione presentano ottime prestazioni acustiche e di inserimento paesaggistico, ma hanno lo svantaggio di una notevole occupazione planimetrica e di richiedere una grande quantità di materiale: per queste ragioni è una tecnologia conveniente solo se viene prevista fin dalle prime fasi di progettazione dell'infrastruttura.

Il terrapieno deve essere progettato secondo calcoli di stabilità sviluppati sulla base delle caratteristiche geotecniche del terreno da utilizzare per il rilevato e dovrà essere realizzato secondo la conseguente configurazione;

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione di scavi e sbancamenti, di preparazione o sagomatura dei pendii, nonché la eventuale predisposizione di elementi drenanti alla base, il reperimento del materiale costituente il rilevato, il ciclo di idrosemina ed ogni altra categoria accessoria di lavoro si rimanda alle prescrizioni del sezione "opere in verde" del presente Capitolato.

Il terreno di riempimento può provenire sia da scavi precedentemente eseguiti, sia da cave di prestito, e dovrà appartenere ai gruppi A1-a, A3, A2-4 e A2-5 della classificazione UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 25 cm. I gruppi A2-6 A2-7 potranno essere impiegati purché l'indice plastico I_p sia inferiore a 30; per i materiali con passante al setaccio n. 200 (0.0074 mm) maggiore del 35% è necessario che il passante ai 20 micron (0.020 mm) sia inferiore al 40% e l'indice plastico $I_p < 30$.

Qualora siano richiesti particolari capacità drenanti al manufatto, il materiale dovrà appartenere alla classi A1, A3. In ogni caso saranno esclusi i materiali che, presentino angoli di resistenza al taglio minori di quelli previsti in progetto e comunque inferiori a 25° ; il peso di volume del terreno di riempimento dovrà essere superiore a 1.7 t/m^3 .

8.1.2 Strutture in terra rinforzata

Il rimodellamento morfologico consiste nella realizzazione di rilevato o terrapieno a scarpata stabilizzata, con paramento esterno rinverdito, armato mediante manufatti a struttura regolare detti "geogriglie", costituiti da polietilene ad alta densità o polipropilene stabilizzato od altri polimeri, aventi elevata resistenza meccanica, chimica e fisica e stabilizzati all'azione di raggi U.V., con inclinazione fino a 90° rispetto al piano orizzontale.

Il terrapieno deve essere progettato secondo calcoli di stabilità sviluppati sulla base delle caratteristiche geotecniche del terreno da utilizzare per il rilevato e dovrà essere realizzato secondo la conseguente configurazione. La tipologia e le caratteristiche meccaniche delle georeti nonché il loro posizionamento dovranno essere conformi alle risultanze dei calcoli sviluppati.

La realizzazione avverrà mediante formazione di strati successivi con sequenze ripetitive di posa della geogriglia, stesa e compattamento del materiale a strati sovrapposti ognuno di altezza non superiore a 25 cm.

Le geogriglie da impiegarsi dovranno avere una struttura regolare formata dalla stiratura mono-biassiale di un foglio continuo ed avere aperture, geometria, costole e giunzioni nelle sezioni di incrocio tali da permettere un significativo collegamento meccanico con il materiale da rinforzare. Dovranno inoltre avere una elevata rigidità a flessione ed un elevato modulo elastico in relazione al materiale da rinforzare, ed una elevata continuità della resistenza elastica lungo tutte le costole e giunzioni della struttura.

Le geogriglie dovranno essere resistenti al degrado dovuto ai raggi ultravioletti, ai danneggiamenti durante una normale posa in opera, ed a tutte le forme di degrado chimico o biologico normalmente incontrate nel materiale che deve essere consolidato. Il livello di sollecitazione e le caratteristiche delle geogriglie dovranno essere certificate per una vita di oltre 120 anni.

Per le modalità di esecuzione di scavi e sbancamenti, di preparazione o sagomatura dei pendii, nonché per la eventuale predisposizione di elementi drenanti alla base si rimanda alle disposizioni della sezione "Movimenti di Terra" del presente Capitolato.

Il terreno di riempimento può provenire sia da scavi precedentemente eseguiti, sia da cave di prestito, e dovrà appartenere ai gruppi A1-a, A3, A2-4 e A2-5 della classificazione UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 25 cm. I gruppi A2-6 A2-7 potranno essere impiegati purché l'indice plastico I_p sia inferiore a 30; per i materiali con passante al setaccio n. 200 (0.0074 mm) maggiore del 35% è necessario che il passante ai 20 micron (0.020 mm) sia inferiore al 40% e l'indice plastico $I_p < 30$. Qualora siano richiesti particolari capacità drenanti al manufatto, il materiale dovrà appartenere alla classi A1, A3.

In ogni caso saranno esclusi i materiali che, presentino angoli di resistenza al taglio minori di quelli previsti in progetto e comunque inferiori a 25° ; il peso di volume del terreno di riempimento dovrà essere superiore a 1.7 t/m^3 .

Una variante di questo sistema consiste nell'utilizzo dei "geosacchi": si procede alla realizzazione di una parete con sacchi sovrapposti di tessuto non tessuto riempiti di miscela di terreno vegetale e concimi. Il lato della parete rivolto verso l'infrastruttura potrà essere quasi verticale mentre l'altro lato formerà con il piano d'appoggio un angolo acuto.

Le superfici esterne delle pareti saranno adeguatamente trattate al fine di ottenere un rivestimento vegetante in un periodo massimo di 180 giorni.

Le modalità costruttive e la conformazione del terrapieno consentono di considerare questo tipo di barriera come una struttura monolitica appoggiata al suolo, quindi dovranno essere verificate le consuete condizioni di stabilità al ribaltamento, allo scivolamento e allo schiacciamento. La scarpata o il rilevato stradale dovranno essere predisposti alla posa dei geosacchi mediante livellamento e/o gradonatura. Alla base del piano di posa potranno essere realizzati drenaggi longitudinali per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche per impedire il ruscellamento della scarpata.

Il sacco contiene terriccio di alta qualità con l'aggiunta di semi di varie essenze, oligoelementi ed attivanti della flora batterica. L'involucro è costituito da tessuto non tessuto imputrescibile, cucito a forma di sacco e con numerosi tagli per consentire una migliore germinazione e la fuoriuscita delle plantule. Le dimensioni e il peso di ciascun geosacco devono consentire una facile lavorabilità al fine di un'agevole costruzione della barriera.

8.2 BARRIERE VEGETALI (FASCE BOSCADE)

Le barriere vegetali sono schermature costituite da vegetazione specializzata per tipo di essenza e sesto di impianto, le quali, pur in misura modesta, consentono di deviare, assorbire, riflettere e rifrangere il rumore.

Esse sono costituite da uno o più filari di arbusti e/o alberi, preferibilmente della famiglia dei sempreverdi, impiantati ad una distanza tale da consentire una regolare crescita delle stesse.

Per la scelta della tipologia di piante e la modalità di esecuzione e manutenzione si rimanda alle disposizioni riportate nella sezione opere a verde.

9.0 ALTRI TIPI DI INTERVENTO

9.1 INTERVENTI PER RIDURRE IL RUMORE EMESSO DAL TRAFFICO

9.1.1 Pavimentazioni antirumore

Le pavimentazioni antirumore sono classificate secondo le seguenti tipologie:

- 1) microtappeti realizzati con conglomerati bituminosi aventi granulometria fine o molto fine ed inerti porosi, oppure tramite trattamenti superficiali a base di resina epossidica;
- 2) rivestimenti con conglomerati bituminosi drenanti, di spessore sottile (da 3 a 8 cm) e porosità variabile costituiti da una miscela di pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato;
- 3) rivestimenti con conglomerati bituminosi drenanti o conglomerati di calcestruzzo poroso, di spessore medio-alto (da 15 a 50 cm) e porosità crescente dal basso verso l'alto;
- 4) pavimentazioni eufoniche costituite da uno strato di conglomerato bituminoso drenante di spessore 4÷6 cm posto al di sopra di una piastra continua in conglomerato di cemento armato comprendente elementi idonei a migliorare l'assorbimento alle basse frequenze.

Le caratteristiche di assorbimento acustico delle pavimentazioni ad effetto antirumore potranno essere verificate con i seguenti metodi:

- in laboratorio applicando il metodo ad onde stazionarie (attrezzatura denominata "tubo di Kundt") in condizioni di incidenza normale su carote di 10 cm di diametro, prelevate in situ dopo il 15° giorno dalla stesa del conglomerato
- in situ applicando il metodo dell'impulso riflesso (Norme ISO 11819-1 e 2, ISO 13472-1 e 2 per misure in situ) con una incidenza radente di 30°.

9.1.2 Giunti silenziosi

Si definiscono giunti silenziosi i giunti che generano incrementi del livello sonoro equivalente, rispetto ai tratti adiacenti, inferiori ai seguenti valori:

Giunti a piccola escursione (< 50 mm)	
Tipo di veicolo	dB(A)

Giunti a grande escursione (> 50 mm)	
Tipo di veicolo	dB(A)

Leggero	1,5
Pesante	2,0

Leggero	2,5
Pesante	3,0

9.2 RIVESTIMENTI FONOASSORBENTI IN GALLERIA

L'intervento consiste nella posa di pannelli prefabbricati in calcestruzzo con spessore di 10 ÷ 20 cm. Nella parte superiore i pannelli saranno opportunamente sagomati in modo da poter ottenere l'alloggiamento per il corpo illuminante ed una piccola plancia per l'appoggio dei cavi di alimentazione delle lampade stesse e di tutte le apparecchiature elettriche necessarie.

La superficie in vista del pannello dovrà essere finita a calcestruzzo canettato colore naturale, risultante dal getto su matrice in gomma.

L'appoggio del pannello sarà costituito da un cordolo guida in calcestruzzo prefabbricato, da posarsi su letto di compensazione in malta di cemento ed ancorato alla sottostante struttura della sede viaria o del marciapiede mediante la posa di spinotti in acciaio, inghisati con malta antiritiro.

Gli ancoraggi alla parete strutturale della galleria saranno ottenuti con accessori metallici in acciaio inox posti nella parte superiore, costituiti da profili, staffe, barre tirafondo, dadi, rondelle antisvitamento, ecc. in parte gettati nel prefabbricato ed in parte ancorati alle strutture della galleria mediante uso di malte antiritiro e di resine epossidiche.

9.3 INTERVENTI SPECIALI

9.3.1 Schermi totali con grigliati acustici

Si definiscono schermi totali le coperture a cielo aperto con griglia a deflettori (baffles), in grado di garantire riduzioni di rumore anche ai piani alti degli edifici consentendo al tempo stesso una buona illuminazione ed areazione dell'infrastruttura. Lo schermo è costituito da una struttura di supporto principale alla quale sono fissati i pannelli deflettori.

9.3.2 Provvedimenti eccezionali sui locali ricevitori

Qualora non si raggiungano i limiti prefissati con l'adozione di tutti i possibili interventi di cui sopra, potranno essere eccezionalmente adottati provvedimenti di protezione acustica nei singoli locali all'interno delle abitazioni, ricorrendo per esempio a finestre antirumore autoventilate, ad intonaci, cavità o aggetti fonoassorbenti ecc. Tali provvedimenti dovranno essere giustificati e motivati con apposita relazione tecnica in cui risulti comprovata da calcoli e riscontri la compatibilità con normative potenzialmente antagoniste, tra le quali in particolare la legge 46/90, la legge 10/91, il D.P.R. 412/93, le norme UNI-CTI 10339/95 e loro successivi aggiornamenti ed estensioni.

10.0 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E VINCOLI GEOMETRICI DI ESERCIZIO

10.1 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE ARTIFICIALI

10.1.1 Geometria delle barriere

La geometria degli schermi acustici sarà indicata negli elaborati grafici di progetto, redatti secondo gli schemi tipologici allegati, che dovranno essere sottoposti all'approvazione del Committente.

In caso di montaggio scalettato, la distanza da terra del bordo superiore dei pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista per l'attenuazione richiesta.

Le barriere saranno poste ad una distanza dal ciglio stradale così come indicato nei disegni tipologici e tale da consentire un agevole uso delle infrastrutture stradali e da ottimizzare l'abbattimento di energia sonora.

10.1.2 Particolarità costruttive delle barriere

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori che saranno indicati dal progettista. Fra i montanti e i pannelli e tra pannello e pannello devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche da descrivere negli elaborati di progetto mentre tra pannelli e fondazioni in calcestruzzo devono essere previsti elementi sigillanti.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare per i pannelli composti l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli e non ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra pannello inferiore della parete e superficie di appoggio.

Le soluzioni costruttive devono consentire la rimozione senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio dovranno essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato.

Dovranno essere previsti dei dispositivi atti a impedire l'asportazione dei pannelli.

10.1.3 Barriere sui ponti e viadotti

Nella zona di giunto dei ponti e viadotti dovrà essere prevista una doppia parete su due lati degli elementi affiancati ravvicinati il più possibile, ma sempre in modo da permettere le libere dilatazioni dell'opera d'arte. Le due pareti dovranno avere una sovrapposizione pari all'escursione massima del giunto maggiorata di almeno 50 cm e dovranno essere vincolate alle strutture in modo che non sia impedito il movimento di dilatazione del ponte o del viadotto.

Nel caso di insonorizzazione di ponti metallici la struttura portante dei pannelli dovrà preferibilmente essere distinta da quella delle travate metalliche e intorno ad esse e ai relativi apparecchi d'appoggio dovrà essere lasciato spazio sufficiente per l'effettuazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione.

Si dovrà inoltre tenere conto delle deformazioni delle travate metalliche sia per effetto dei sovraccarichi che delle dilatazioni termiche.

Per dilatazioni inferiori a 5 cm, si disporrà un giunto in neoprene tra i due montanti della barriera o un idoneo sistema atto a consentire la libera dilatazione del manufatto.

I vincoli obbligatori quali: interasse dei montanti, tipologia di fondazione, pannelli e parti speciali, saranno indicati sui disegni tipologici.

10.1.4 Barriere su rilevato e trincea

I vincoli obbligatori quali: interasse dei montanti, tipologia di fondazione, pannelli e parti speciali, saranno indicati sui disegni tipologici.

10.1.5 Protezione elettrica

I montanti metallici vanno ancorati al basamento di calcestruzzo proteggendone la parte immersa e, per almeno 10 cm, anche la parte che fuoriesce dal basamento mediante un opportuno mezzo isolante in modo da ostacolare il passaggio di correnti vaganti tra terra e barriera.

I singoli pannelli ed i montanti metallici devono essere collegati attraverso un cavo in rame di opportune dimensioni che corre lungo tutta la barriera.

Per le modalità di messa a terra e per il dimensionamento del suddetto cavo si dovrà fare riferimento alla Norma CEI 9.6 vigente.

Se la barriera viene posta in opera su un viadotto in c.a. la continuità metallica sia della barriera che del cavo in rame deve essere interrotta in corrispondenza dei giunti di dilatazione delle travate del viadotto ed il cavo dovrà essere collegato elettricamente all'armatura metallica del cemento armato in un solo punto per ogni travata.

10.1.6 Caratteristiche di resistenza al fuoco

Tutte le barriere devono garantire il seguente grado di resistenza al fuoco secondo la circolare n° 91 del Ministero dell'Interno e il D.M. 30/11/83:

Esigenza minima: classe REI 30.

10.2 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI BIOMURI

10.2.1 Esecuzione e preparazione del piano di fondazione

Il piano di fondazione sarà di norma realizzato in conglomerato cementizio avente $R'_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$ e dovrà essere livellato per un più agevole posizionamento delle basi di appoggio degli elementi modulari.

10.2.2 Posa in opera degli elementi modulari

Per realizzare in elevazione il muro cellulare inizialmente occorrerà mettere in opera perfettamente in piano le basi di appoggio, quindi si procederà al montaggio sistematico degli elementi modulari incastrandoli tra loro sia longitudinalmente, sia trasversalmente, sfruttando gli appositi alloggiamenti presenti sugli elementi stessi, si otterrà così la caratteristica forma reticolare.

10.2.3 Stesa dei materiali di riempimento

Una volta eseguita la struttura in elevazione occorrerà procedere al riempimento del reticolo così montato, stendendo il materiale di riempimento parallelamente al paramento esterno ed a strati di spessore costante in modo da agevolare la successiva compattazione qualora il riempimento della struttura reticolo venga eseguito con materiale terroso reperibile in loco.

Lo spessore della strato, allo stato sciolto, sarà stabilito di volta in volta dalla D.L. o da quanto riportato nei disegni di progetto, in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione.

Per tale operazione dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L. il tipo, le caratteristiche ed il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza). Per il modesto sviluppo planimetrico dei manufatti e per l'esiguità degli spazi disponibili si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

Ogni strato verrà messo in opera con un grado di Compattazione pari al 90% del valore fornito dalla prova Proctor modificato (ASTM D1557).

Qualora si dovessero manifestare lesioni sugli elementi imputabili a cattiva esecuzione e/o difetto del materiale stesso, l'Impresa fornitrice dovrà provvedere alla sostituzione o al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla D.L..

11.0 MANUTENZIONE

Le scelte costruttive devono consentire di minimizzare gli interventi di manutenzione.

E' inoltre richiesto di fornire una relazione sulle norme di manutenzione a cui l'opera dovrà essere assoggettata per un periodo di almeno 10 anni. Nel corso del primo anno di esercizio non deve essere necessario alcun lavoro manutenzione se non dovuto a cause accidentali.

Il ciclo di manutenzione previsto, così come l'eventuale sostituzione di pannelli danneggiati da incidenti o atti vandalici, devono poter essere effettuati con mezzi semplici senza pregiudicare la statica della struttura, il traffico stradale e senza causare danni a persone o cose.

Una relazione dovrà esporre in forma chiara e schematica le operazioni di manutenzione previste nonché le operazioni occorrenti per la sostituzione facile e rapida dei pannelli o di altri componenti della barriera.

L'Impresa potrà essere chiamata a fornire materiali di riserva per sostituire elementi danneggiati anche dopo il collaudo dei lavori eseguiti; pertanto l'Impresa stessa si impegna a fornire, per un congruo numero di anni, elementi del tutto uguali a quelli messi in opera.

SEZIONE 19

- IMPIANTI ELETTRICI -

INDICE

Art. 1 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	4
1.1 - MATERIALI DI CONSUMO ED ACCESSORI DI MONTAGGIO	4
1.2 - NORME E LEGGI DI RIFERIMENTO	5
1.3 - MATERIALI ELETTRICI	8
Cavi di alimentazione b.t.	8
Cavi telefonici	12
Linee di terra	12
Lampade per illuminazione normale e di sicurezza	13
Interruttori di manovra - sezionatori con o senza fusibili	13
Interruttori automatici differenziali senza sganciatori magnetotermici - modulari	14
Interruttore differenziale con sganciatore magnetotermico	17
Contattori	17
Salvamotori	17
Basi portafusibili - fusibili	18
Prese CEE 17	18
1.4 - MATERIALI FERROSI	19
Acciaio inossidabile	19
Tubi di acciaio	19
1.5 - PRODOTTI DI MATERIE PLASTICHE	20
GENERALITÀ	20
1.5.1 - Tubi e raccordi di cloruro di polivinile (PVC)	20
Cavidotti	21
a) Per posa a vista	21
b) Per posa interrata	21
Art. 2 – PROVE	21
2.1 - CERTIFICATI	22
2.2 - PROVE DEI MATERIALI	22
Marche e modelli	22
2.3 - VERIFICHE E PROVE FUNZIONALI DA PREVEDERE	22
Consegna provvisoria degli impianti	22
Verifiche e prove preliminari	23
Prove in fabbrica	23
Prove in loco	23
Documenti per la denuncia all'ISPESL della rete di terra	24
Note conclusive	24
Art. 3 - IMPIANTI ELETTRICI	24
3.1 – Linee di distribuzione	24
Tubi - condotti - canali	24
Cavi - condutture principali e secondarie	26
Morsetti e terminali cavi	26
3.2- Quadro generale di cabina B.T.	27
3.3 - Quadri di distribuzione primaria	31
a) Interruttori automatici	34
a1) Interruttori di tipo aperto	34
a2) Interruttori di tipo scatolato	35
a3) Interruttori di tipo modulare	35
b) Interruttori magnetotermici differenziali	35
c) Contattori	36
d) Relé termici	36
e) Fusibili	36
f) Sezionatori	36
g) Trasformatori di corrente e di tensione	36
h) Apparecchiature di regolazione	36
i) Analizzatori di grandezze elettriche trifase	36
l) Manipolatori, selettri e pulsanti	37

3.4 - Modalità di posa in opera	37
3.5 - Norme di riferimento	38
3.6 - Schemi elettrici	338
Documentazione	39
3.7 - Parti di ricambio ed attrezzi speciali	39
3.8 - Complessi di rifasamento in bassa tensione	39
3.9 - Impianti di distribuzione in sede "protetta"	41
3.10 - Casette di derivazione	41
Modalità di posa	42
Prescrizioni generali	43
Art. 4 – SEGNALETICA VERTICALE DI EMERGENZA	43
4.1 – Segnali luminosi	43
Cartello indicazione via di fuga	45
4.2 – Verniciatura pareti verticali	46
Art.5 - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	46
5.1 - Galleria	46
- Apparecchi di illuminazione	47
- Caratteristiche degli ausiliari elettrici	48
Caratteristiche del riflettore	49
Caratteristiche fotometriche	49
Linee di alimentazione	50
Quadro elettrico e strumenti di controllo	51
5.2 - Impianto di illuminazione aree esterne	53
Cavi di alimentazione bt	54
Morsetti e terminali cavi	54
Armatura stradale	54
Impianto di terra	55
Sostegni	55
Art. 6 - DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA PER GLI IMPIANTI	56

Art. 1

QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Il presente capitolato ha lo scopo di descrivere le scelte progettuali e di dimensionamento adottate per l'impianto di illuminazione superficiale ed in galleria del tratto dell'Autostrada A24 Roma-L'Aquila-Teramo: viabilità complanare da Via P. Togliatti alla stazione di Roma Est e riqualificazione da Casal Bertone alla stazione Roma Est.

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

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni del Capitolato Generale.

In particolare l'impresa, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi a quanto previsto dalla Circolare n.2357 emanata il 16/5/96 dal Ministero dei LL.PP. (pubblicata nella G.U. 125 del 30/5/96) in materia di fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D.L. sulla base delle certificazioni di qualità che le Ditte produttrici dovranno preventivamente rilasciare.

I materiali provverranno da località o fabbriche che l'impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti generali di cui sopra ed a quelli tecnici specifici che verranno di seguito indicati.

Qualora la D.L. abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa impresa.

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

L'appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni momento alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni ai laboratori indicati dalla direzione lavori nonché a quelle per le prove stesse. I campioni verranno prelevati in contraddittorio; degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla direzione dei lavori previa opposizione di sigilli e firme dei direttori dei lavori e dell'appaltatore, e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. In caso di contestazione saranno riconosciuti validi dalla due parti i soli risultati ottenuti presso i laboratori dichiarati ufficiali e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti.

Tutti i materiali che saranno impiegati nei lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia, ed in particolare i materiali per impianti elettrici dovranno essere conformi per metodologia di fabbricazione, per qualità e tipologia dei singoli componenti impiegati, al complesso di Norme CEI, IEC, UNI, UNEL inerenti alle specifiche tipologie di impianto da realizzare.

In particolare tutte le apparecchiature elettriche, indipendentemente che costituiscano parte di un assemblaggio complesso o che siano utilizzate in modo autonomo, dovranno essere omologate CE. Dovranno essere prodotte in regime di qualità EN ISO 9000 per le diverse attività ISO 9001 - ISO 9002 da Ente certificato ai sensi della norma EN 45000 e comunque dovranno essere della migliore qualità reperibile in commercio in relazione alla loro specifica destinazione d'uso.

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

1.1 - MATERIALI DI CONSUMO ED ACCESSORI DI MONTAGGIO

Le forniture in opera devono comprendere tutti i materiali di consumo, e quelli accessori di montaggio, che si renderanno necessari per completare l'installazione degli impianti e delle apparecchiature.

I materiali di consumo e gli accessori di montaggio non saranno contabilizzati separatamente poiché la loro incidenza dovrà intendersi compresa nella voce principale cui si riferiscono.

Per attrezzi la cui dotazione d'uso è compresa nel prezzo s'intendono gli attrezzi portatili e da banco d'uso singolo nonché i cestelli, le autoscale ed i mezzi di movimentazione necessari per la realizzazione dell'opera.

Sono altresì comprese e compensate nelle rispettive voci tutte le seguenti opere:

Pulizia ed ingrassaggio di parti a contatto ed in scorrimento e filettature ossidatesi dal momento della presa in consegna e durante il montaggio, ed eventuali piccole riparazioni derivate da incidenti di trasporto od altro; esecuzione di tutti i collaudi elencati dagli articoli riguardanti il collaudo degli impianti, compresi il trasporto, il montaggio e lo smontaggio di tutte le attrezzature necessarie.

Risarcimento alla Committente per spese che la stessa incontrerà per riparazioni di danni a strumenti, apparecchiature e lo stesso ad opere già eseguite; (tali danni saranno addebitati all'Impresa stessa alle condizioni richieste per il ripristino delle opere danneggiate).

Protezione con mezzi idonei ed approvati dalla Direzione Lavori, delle apparecchiature e strumenti che potrebbero essere danneggiate sia in fase di montaggio sia in fase di normale manutenzione delle tubazioni ed apparecchiature di processo.

Allineamento e taratura degli strumenti.

Esecuzione di tutti i collaudi d'isolamento e funzionamento con l'impiego, il trasporto, il montaggio e lo smontaggio di tutte le attrezzature necessarie che devono essere di fornitura dell'Installatore.

Esecuzione di tutte quelle modifiche e rifacimenti conseguenti al mancato rispetto da parte dell'Impresa delle specifiche, norme disegni e ad errate operazioni di montaggio ed a necessità derivanti dalla mancata osservanza delle istruzioni impartite dall'incaricato della Committente.

L'Impresa è tenuta a demolire e ricostruire a sue spese qualsiasi opera mal posizionata rispetto a quanto indicato nel presente Capitolato, nella documentazione tecnica di fornitura e/o sui disegni.

1.2 - NORME E LEGGI DI RIFERIMENTO

Gli impianti e tutti i componenti elettrici installati, dovranno essere realizzati a regola d'arte in osservanza a quanto dettato dalle Leggi 186/68 e 46/90.

In particolare tutti i componenti e i materiali utilizzati per adeguare l'impianto dovranno essere forniti di Marcatura CE quando richiesto, o comunque certificati a catalogo dal costruttore (marchio IMQ).

Gli stessi devono presentare caratteristiche di idoneità all'ambiente di installazione ed essere conformi alle Norme di Legge e ai Regolamenti vigenti di uso generale, in particolare alle Norme CEI e relative varianti in materia di impianti elettrici, in particolare:

D.P.R. DEL 27/04/55 N. 547 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Legge del 1° MARZO 1968 N. 186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici (regola d'arte).

Legge n. 791 del 18/10/1977 "Attuazione direttiva CEE n.73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro determinati limiti di tensione".

D.M. del 10/4/1984 "Eliminazione dei radio disturbi".

Legge n. 818 del 7/12/1984 "Nulla osta provvisorio per le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi".

D.M. del 08/03/1985 direttive urgenti per la prevenzione incendi.

Legge 46/90 norme per la sicurezza degli impianti.

DPR 447/91 "Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46 in materia di sicurezza degli impianti".

D.M. 20/2/1992 "Approvazione del modello di dichiarazione di conformità previsto dalla Legge 46/90".

D. Lgs 626/96; attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione.

D. Lgs 494/96 "Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili".

D.P.R. n. 302 del 19/03/1956 "Norme generali per l'igiene del lavoro".

D.P.R. n. 320 del 20/03/1956 "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo".

Legge n. 615 del 13/07/1966 "Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico" e regolamento attuazione in vigore.

Circolare M.I. 31/08/1982 n. 31 "Norme di sicurezza per l'installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o macchina operatrice".

D.M. 26/06/1984 "Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi".

D.M. LL.PP. del 12/12/1985 "Norme tecniche per le tubazioni".

Legge 26/10/1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".

D.M. del 10/03/1998 "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro".

D.P.R. n. 554 del 21/12/1999 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11/02/1994 n. 109 e successive modifiche".

Decreto legislativo 12 novembre 1996 n°615 (attuazione della direttiva europea 89/536 CEE - Compatibilità elettromagnetica).

DM del 23 maggio 1992 n°314 "Regolamento recante disposizioni di attuazione della legge 28 maggio 1991 n°109, in materia di allacciamenti e collaudi degli impianti telefonici interni".

DM del 15 ottobre 1993 n°519 "Regolamento recante autorizzazione dell'Istituto superiore di prevenzione e sicurezza del lavoro a esercitare attività omologate di primo o nuovo impianto per la messa a terra e la protezione delle scariche atmosferiche".

DL del 19 settembre 1994 n°626 + DL del 18 marzo 1996 n°242 "...attuazione delle direttive 89/391/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza dei lavoratori sul luogo di lavoro".

Decreto legislativo del 14 agosto 1996 n°496 "Segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro".

Circolare Ministeriale n. 7938 del 06/12/1999 dell'ex Ministero dei Lavori Pubblici, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale del 09/03/2000 n. 57.

Circolare Direzione Generale ANAS protocollo 7735 del 08/09/1999.

UNI 10439 "Requisiti illuminotecnica delle strade con traffico motorizzato".

CIE 88/90 "Guide for the lighting of the road tunnels".

Prescrizioni ANAS.

Norme I.E.C. (Commissione Elettrotecnica Internazionale).

Raccomandazioni ENEL (Ente Nazionale Energia Elettrica).

Tablette di unificazioni UNEL.

Raccomandazioni A.S.L..

Raccomandazioni ISPESL.

Raccomandazioni Telecom.

Prescrizioni e raccomandazioni VV.F..

Prescrizioni U.T.F..

Norme C.E.I. (Comitato Elettrotecnico Italiano).

In particolare l'impianto elettrico è stato progettato e dovrà essere costruito in conformità alle seguenti norme CEI:

CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.

CEI 0-3: legge 46/90 Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati.

Norma CEI 3-1 "Segni grafici per schemi elettrici; elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi e segni di uso generale".

Norma CEI 3-15 "Segni grafici per schemi; conduttori e dispositivi di connessione".

Norma CEI 3-18 "Segni grafici per schemi; produzione trasformazione e conversione dell'energia elettrica".

Norma CEI 3-19 "Segni grafici per schemi; apparecchiature e dispositivi di comando e protezione".

Norma CEI 3-20 "Segni grafici per schemi; strumenti di misura, lampade e dispositivi di segnalazione".

Norma CEI 3-23 "Segni grafici per schemi; schemi e piani di installazione architettonici e topografici".

Norma CEI 3-25 "Segni grafici per schemi; generalità".

Norma CEI 3-32 "Raccomandazioni generali per la preparazione degli schemi elettrici".

Norma CEI 11-1 Ed. 1999-01 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata".

Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.

Norma CEI 11-25 edizione 05/1997 "Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifase a corrente alternata" che costituisce la guida per il calcolo dei cortocircuiti nelle reti b.t. alimentate dalla MT oppure da generatori.

Norma CEI 11-28 edizione 5/1993 "Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione" che costituisce la guida all'applicazione delle direttive contenute nella norma precedente nel caso di rete bt alimentata da rete di distribuzione MT pubblica.

Norma CEI 11-35 edizione 10/1996 "Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente".

Norma CEI 11-37 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria" dove non superate dalle norme CEI 11-1 sopra citate.

Norma CEI 12-15 "Impianti centralizzati d'antenna".

Norma CEI 17-5 "Interruttori automatici per corrente alternata e tensione nominale non superiore a 1000 V e per corrente continua e tensione nominale non superiore a 1200 V".

Norma CEI 17-6 "Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1 a 72.5 kV".

CEI 17-13/1: apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS).

CEI 17-13/2: apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione) - Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.

CEI 17-13/3: apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD).

CEI 17-13/4: apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 4: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC).

Norma CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione per le apparecchiature di assieme di protezione e di manovra per bassa tensione non di serie (ANS).

Norma CEI 20-14 "Cavi isolati con polivinilcloruro di qualità R2 con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi con tensione nominale da 1 a 20 kV)".

Norma CEI 20-19 "Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V".

Norma CEI 20-20 "Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V".

- Norma CEI 20-22 “Cavi non propaganti l'incendio”.
- Norma CEI 20-29 “Conduttori per cavi isolati”.
- Norma CEI 20-32 “Cavi con neutro concentrico isolati con gomma etilpropilenica ad alto modulo, per sistemi a corrente alternata con tensione non superiore a 1 kV”.
- Norma CEI 20-37 “Cavi elettrici: prove sui gas emessi durante la combustione”.
- Norma CEI 20-38 “Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi; parte I - tensione nominale non superiore a 0.6/1 kV”.
- CEI 20-40: guida per l'uso di cavi a bassa tensione.
- Norma CEI 20-45 “Cavi resistenti al fuoco isolati con mescola elastomerica con tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV”.
- CEI 21-6/3: batterie di accumulatori stazionari al piombo - Parte 3: Raccomandazioni per l'installazione e l'esercizio.
- CEI 21-20: guida per l'esercizio e la sicurezza di batterie di accumulatori al piombo per veicolo elettrici.
- CEI 22-13: sistemi statici di continuità (UPS) - parte 1-1: Prescrizioni generali e di sicurezza per UPS utilizzati in aree accessibili all'operatore.
- Norma CEI 23-3 “Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari (per tensione alternata non superiore a 415 V”.
- Norma CEI 23-5 “Prese a spina per usi domestici e similari”.
- Norma CEI 23-8 “Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori”.
- Norma CEI 23-11 “Interruttori e commutatori per apparecchi per usi domestici e similari”.
- Norma CEI 23-12 “Prese a spina per usi industriali”.
- Norma CEI 23-14 “Tubi protettivi flessibili in PVC e loro accessori”.
- Norma CEI 23-18 “Interruttori differenziali per usi domestici e similari e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati, per usi domestici e similari”.
- Norma CEI 23-25 “Tubi per installazioni elettriche; prescrizioni generali”.
- Norma CEI 23-28 “Tubi per installazioni elettriche - parte II: norme particolari per tubi - sez. tubi metallici”.
- Norma CEI 23-29 “Tubi in materiale plastico rigido per cavidotti interrati”.
- Norma CEI 23-31 “Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e porta apparecchi”.
- CEI 23-51: prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- CEI 31-27: guida per l'esecuzione degli impianti elettrici nelle centrali termiche non inserite in un ciclo di produzione industriale;
- Norma CEI 31-30 Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas, “Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi”.
- Norma CEI 31-33 Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas, “Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas”.
- Guida CEI 31-35 – 31-35 A - II edizione “Guida alla Classificazione dei luoghi pericolosi”.
- Norma CEI 33-5 I Ed. 1984: “Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V”.
- Norma CEI 34-21 “Apparecchi di illuminazione. Parte I; prescrizioni generali e prove”.
- Norma CEI 34-22 “Apparecchi di illuminazione. Parte II; requisiti particolari: apparecchi di illuminazione di emergenza”.
- Norma CEI 34-23 “Apparecchi di illuminazione. Parte II; requisiti particolari: apparecchi fissi per uso generale”.
- CEI 64-7: impianti elettrici di illuminazione pubblica.
- Norma CEI 64-8 5°edizione: “Impianti elettrici utilizzatori con tensione nominale fino a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua.
- CEI 64-11: impianti elettrici nei mobili.
- CEI 64-12 “Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario” per quanto riguarda i dispersori ad elementi di fatto.
- Norma CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
- CEI 64-50: edilizia residenziale - Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici.
- Norma CEI C.T. 70 Involucri di protezione. (Riferimenti costruttivi apparecchi).
- Norma CEI 79-2 “Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione; norme particolari per le apparecchiature”.
- Norma CEI 79-3 “Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione; norme particolari per gli impianti antieffrazione e antintrusione”.

CEI 79-4: impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione. Norme particolari per il controllo degli accessi.

CEI 79-10: impianti di allarme - Impianti di sorveglianza CC-TV da utilizzare nelle applicazioni di sicurezza.

Norma CEI 81-1 Protezione di strutture contro i fulmini.

Norma CEI 81-4 Calcoli verifica protezione contro i fulmini.

Norma 103-1 "Impianti telefonici interni".

CEI UNEL 35023 1970: "Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4 - Cadute di tensione".

CEI UNEL 35024/1 1997: "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria."

CEI UNEL 35024/2 1997: "Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria."

CEI 100-7: guida per l'applicazione delle norme riguardanti gli impianti d'antenna per ricezione radiofonica e televisiva.

1.3 - MATERIALI ELETTRICI

Cavi di alimentazione b.t.

I cavi devono:

essere di primaria marca e dotati di Marchio Italiano di Qualità (dove applicabile) IMQ

rispondere alle Norme tecniche e costruttive stabilite dal CEI ed alle Norme dimensionali e di codice colori stabilite dalle tabelle CEI-UNEL.

Norme di riferimento : Principali Norme di riferimento per i cavi

NORMA	DENOMINAZIONE
CEI UNEL 00722	Colori distintivi dei cavi isolati
CEI UNEL 35011	Cavi d'energia e segnalamento – Sigle di designazione
CEI UNEL 35024 (IEC 364-5-523)	Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
CEI 20-11	Caratteristiche tecniche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine dei cavi per energia
CEI 20-13 (IEC 502)	Cavi isolati con gomma butilica con grado d'isolamento superiore a 3
CEI 20-14 (IEC 502)	Cavi isolati con PVC qualità R2 con grado d'isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 20kV)
CEI 20-19	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/740 V
CEI 20-20	Cavi isolati in PVC con tensione nominale non superiore a 450/740 V
CEI 20-21 (IEC 364-5-523)	Calcolo delle portate dei cavi per posa interrata
CEI 20-22 (IEC332)	Prova dei cavi non propaganti l'incendio
CEI 20-27 (HD 361)	Sistema di designazione dei cavi per energia e segnalamento
CEI 20-29 (IEC228-228 A, HD383)	Conduttori per cavi isolati
CEI 20-35 (IEC332-1, HD405.2)	Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco
CEI 20-36 (IEC 331)	Prova di resistenza al fuoco dei cavi elettrici Vedi EN50200
CEI 20-37 (IEC 754.1)	Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici
CEI 20-38	Cavi isolati in gomma non propagante l'incendio a basso sviluppo di fumo e gas tossici e corrosivi
CEI 20-45	Cavi resistenti al fuoco, isolati con miscela elastomerico con tensione nominale U0/U non superiore a 0,6/1kV Vedi EN50200
CEI 20-40 (HD516 S1)	Guida per l'uso dei cavi in bassa tensione
CEI 20-52	Metodi di prova per la determinazione della quantità di piombo nelle mescole isolanti,

	rivestimenti e le guaine
EN 50200	Cavi resistenti al fuoco

Essi dovranno, se interrati, essere posti ad una profondità minima di mt. 0,60 e protetti in tutta la loro lunghezza con tubo pesante in P.V.C. tale che il suo diametro interno sia almeno 1,4 il diametro del cerchio circoscritto ai cavi.

Per tutti i cavi dovrà essere prevista, ogni metro, una stampigliatura della sigla di designazione del cavo e della relativa sezione.

Per quanto concerne la tipologia dei cavi ai fini del loro riconoscimento vale la seguente classificazione.

Tipologia dei cavi ed elementi distintivi esterni per il loro riconoscimento:

Cavi e conduttori per cablaggio interno quadri elettrici sezione normale - colore della guaina: nero.

Cavi e conduttori per cablaggio interno quadri elettrici sezione privilegiata - colore della guaina: rossa.

Cavi e conduttori di terra - colore della guaina: giallo-verde.

Cavi di energia b.t. per impianti in cabina elettrica tipo FG7(O)R/4 – colore della guaina grigia.

Cavi di energia b.t. per impianti in galleria a bassissimo contenuto di gas tossici tipo FG10(O)M1 – colore della guaina verde.

Cavi di energia b.t. per impianti di emergenza e sicurezza – tipo FTG10(O)M1 (cavi CEI 20-36, 20-45) - colore della guaina: azzurro.

La fornitura dei cavi, conduttori e corde, da parte dell'Appaltatore dovrà sottostare a tutte le prove di collaudo previste. Pertanto l'Appaltatore dovrà concordare con la Direzione Lavori, in tempo utile, il collaudo dei cavi presso il costruttore degli stessi o presso altri enti o laboratori di prove. Le caratteristiche dei cavi sono quelle indicate sui documenti di progetto.

I cavi dovranno essere sempre sfilabili; non è ammessa la posa diretta sottotraccia né quella direttamente interrata.

Le giunzioni dei cavi potranno essere eseguite solamente entro apposite cassette.

I cavi di alimentazione dei quadri principali, dei quadri di zona e di singole utenze con circuiti specifici sui quadri dovranno essere privi di qualunque giunzione.

Per tutti i cavi installati sull'impianto dovranno essere fornite le certificazioni delle prove di tipo richieste dalle NORME ed eseguite presso istituti autorizzati, nonché esplicita dichiarazione di corrispondenza tra il materiale certificato e quello posto in opera.

Cavi isolati (per impieghi generali) : dovranno essere a doppio tipo di isolamento isolati in gomma etilpropilenica di qualità G7 sotto guaina di PVC adatti per tensioni fino a 1000 V con grado di isolamento 4 kV, costituiti da conduttori di rame stagnato e rivestiti esternamente con guaina in PVC, rispondenti alle Norme C.E.I. 20-13 e varianti e Tabelle UNEL 35355 sigla di designazione FG7R 0,6/1 kV (unipolare) e FG7OR 0,6/1 kV (multipolare),. A garanzia di ciò, tali cavi dovranno avere incorporato, per tutta la loro lunghezza, il contrassegno del I.M.Q. con l'indicazione della conformità dei cavi stessi alle norme C.E.I.

Dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE	NOTE
Norme di riferimento	IEC 60502.1, IEC 60332.3; UNEL 35375; CEI 20-22 II; CEI 20-13	
Conduttori	corda di rame a sezione circolare	
Tensione d'isolamento	U ₀ /U = 0,6/1kV	
Tensione di esercizio	400/230V	
Tensione di prova	4kV 50Hz	
Temperatura massima di esercizio	90°C	
Temperatura massima di cto. cto.	250°C	
Guaina	PVC di qualità RZ	Colore grigio RAL 7035
Caratteristiche della guaina	anti abrasiva a ridotta emissione di HCl	CEI 20-22 II
Isolante	gomma di qualità G7	
Tipo gomma	Etilenpropilenica EPR	

Designazione	FG7R2	
Designazione per cavi multipolari schermati	FG7 H2 O R o FG7 H1 OR	Schermo con treccia di rame rosso o nastro
Marchio di qualità	IMQ sulla guaina	
Norma di riferimento	CEI - Unel	
DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE	NOTE
Tipo non propagazione dell'incendio	Secondo Norma CEI 20-22 III	
Temperatura minima di posa	0°C	
Raggio minimo di curvatura	4 x D	D = diametro esterno del cavo
Stampigliatura sulla guaina	Cavi a Norma CEI 20-22III Individuazione delle anime a tabella CEI Unel 00722	

Questi cavi sono da impiegare per i circuiti di potenza posati in canalizzazioni interrate: all'interno delle cabine elettriche o all'interno della galleria in sede "protetta" quali cavidotti laterali Sensori all'esterno quali interruttori fotoelettrici ecc.

Per circuiti di segnali questi cavi devono essere schermati

Cavi isolati (per utenze in galleria o in cabina in sede "non protetta") : Per la posa all'interno della galleria se collocati in sede a vista (derivazioni di allacciamento utenze, passerelle porta-cavi ecc.) tutti i cavi saranno di tipo FG100M1-0,6/1KV non propaganti l'incendio, grado di isolamento 4, costituiti da conduttori di rame, rivestiti con guaine e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio, un ridottissimo sviluppo di fumi opachi, la totale assenza di acido cloridrico e un ridottissimo sviluppo di gas e sostanze tossiche. I cavi dovranno essere costruiti secondo le Norme CEI 20-22 III, 20-35, 20-37 I.II.III e 20-38, IEC 754-1 e IEC 332-3.

Dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

DENOMINAZIONE	CARATTEISTICHE	NOTE
Norme di riferimento	UNEL 35 369 CEI 20-22 III CEI 20-38 e 20-37	
Conduttori	corda di rame a sezione circolare	
Tensione d'isolamento	U _o /U = 0,6/1kV	
Tensione di esercizio	400/230V	
Tensione di prova	4kV 50Hz	
Temperatura massima di esercizio	90°C	
Temperatura massima di cto. cto.	250°C	
Guaina	Qualità M1	Colore Nero
Caratteristiche della guaina	termoplastica a basso sviluppo di gas tossici e corrosivi	
Isolante	gomma di qualità M1	
Tipo di isolamento	G10 - Miscela elastomerica reticolata a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi	
Designazione per cavi unipolari	FG10M1	A norme CEI 20-38 e 20-37
Designazione per cavi multipolari	FG100M1	A norme CEI 20-38 e 20-37
Designazione per cavi multipolari schermati	FG10H2OM1 o FG10H1OM1	Schermo con treccia di rame rosso o nastro
Marchio di qualità	IMQ sulla guaina	
Norma di riferimento	CEI - Unel	
Tipo non propagazione dell'incendio	Secondo Norma CEI 20-22 III	

Temperatura minima di posa	0°C	
Raggio minimo di curvatura	4 xD	D = diametro esterno del cavo
Stampigliatura sulla guaina	Cavi a Norma CEI 20-22III Individuazione delle anime a tabella CEI Unel 00722	
Questi cavi sono da impiegare per i circuiti luce di rinforzo con percorso esposto in passerella		

marcatore con stampigliatura ad inchiostro speciale :

CEI 20-22 III (**)

CEI 20-38

IEMMEQU

Cavi isolati (per utenze di “sicurezza” in galleria in sede “non protetta”): Per la posa all’interno della galleria , se collocati in sede non protetta, i cavi destinati all’alimentazione elettrica di utenze destinate alla gestione delle emergenze (quali l’illuminazione permanente/emergenza, la segnaletica luminosa, l’impianto SOS, l’impianto di rilevamento dei parametri ambientali interni, la ventilazione meccanica ecc.) saranno dello stesso tipo dei precedenti ma **del tipo resistenti al fuoco (tipo F(T)G10(O)M1)**, ovvero ad una temperatura di 850°C per 1,5 ore e rispondenti alle norme CEI 20-45, 20-22 III, 20-36, 20-38, IEC 331-1 e IEC 332-3, così come modificati recentemente dalla norma EN50200.

Per “cavi resistenti al fuoco” si intendono quelli che, se coinvolti in un incendio, continuano a prestare servizio per un tempo determinato, assicurando quindi il regolare funzionamento delle apparecchiature di emergenza da essi alimentate. Questo significa che l’isolamento tra le fasi e tra le fasi e terra deve essere assicurato anche dopo l’avvenuta combustione dei materiali costituenti l’isolante e la guaina, mediante un opportuno presidio in grado di resistere, per il tempo stabilito, alle elevate temperature ed agli sforzi meccanici che la dilatazione termiche dei conduttori può indurre nei cavi stessi.

Dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE	NOTE
Conduttori	corda di rame a sezione circolare	
Tensione d’isolamento	U ₀ /U = 0,6/1kV	
Tensione di esercizio	400/230V	
Tensione di prova	4kV 50Hz	
Temperatura massima di esercizio	90°C	
Temperatura massima di cto. cto.	250°C	
temperatura minima di posa	≥ 0°C	
Isolante	Elastomerico reticolato di qualità G10	
Guaina	termoplastica speciale di qualità M1	
Caratteristiche della guaina	a basso sviluppo di fumi, gas tossici e corrosivi	
Designazione per cavi multipolari	Provati secondo EN50200	
Designazione per cavi unipolari	La norma EN 50200 è entrata in vigore, per i paesi del CENELEC, il 1° gennaio 2001, e le norme nazionali in conflitto con tale Norma dovranno essere ritirate a far data dal 1° agosto 2002	
Marchio di qualità	IMQ sulla guaina	
Norma di riferimento	Vedere sotto	
Individuazione delle anime	a tabella CEI Unel 00722	
Tipo non propagazione dell’incendio	Secondo Norma CEI 20-22 II	
Stampigliatura sulla guaina	Cavi a Norma CEI 20-22 Individuazione delle anime a tabella CEI Unel 00722	marcatore con stampigliatura ad inchiostro speciale

Cavo da impiegare per particolari circuiti di sicurezza, luci di sicurezza, ventilazione, SOS, segnaletica luminosa di emergenza e dove prescritto in tabella cavi ecc.

- Normativa di rispondenza:

CEI 20-22 II-III - (Non propagazione dell'incendio)

CEI 20-36 – (Resistenza al fuoco)- prova superata dalla Norma EN50200

CEI 20-37- (ridottissimo sviluppo di fumi opachi e gas tossici e corrosivi)

CEI 20-45 – Cavi resistenti al fuoco

Per circuiti di segnalazione e telecontrollo, invece, dovranno essere adatti per tensione di esercizio fino a 1000 Volt, grado di isolamento 4. Saranno del tipo multipolare ed avranno conduttori di rame stagnato, aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio, un ridottissimo sviluppo di fumi opachi, la totale assenza di acido cloridrico e ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche.

a) sezioni minime e cadute di tensione ammesse:

Le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto), devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL 35024-70 e 35023-70 ed essere inferiore a 1,5 mmq per le derivazioni circuiti illuminazione e 2,5 mmq per le linee forza motrice.

b) sezione minima dei conduttori neutri:

La sezione dei conduttori di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori e, nei circuiti polifase, quando la sezione dei conduttori di fase sia inferiore o uguale a 16 mm². Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm², la sezione dei conduttori di neutro può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm² (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni dell'art. 524.3 delle norme CEI 64-8.

I cavi dovranno essere protetti, durante il trasporto e la posa, contro torsioni, piegature, sforzi di trazione, e, per i cavi non armati, anche di compressione. Il minimo raggio di curvatura dovrà corrispondere, per i cavi a media tensione, a 15 volte il diametro esterno del cavo; per i cavi a bassa tensione, a 12 volte.

Ove occorresse collocare cavi isolati con carta impregnata a temperatura ambiente intorno a 0°C, sarà necessario conservare la bobina, prima di effettuare lo svolgimento, in locale chiuso a 25°C almeno per le 24 ore precedenti la posa.

Le giunzioni, le derivazioni e le terminazioni dei cavi unipolari o multipolari dovranno essere eseguite rigorosamente da personale specializzato, secondo le vigenti norme CEI e le disposizioni delle case costruttrici.

c) grado di isolamento minimo conduttori:

450/750 V per conduttori posati entro canalizzazioni in PVC, 600/1000 V per conduttori posati entro canalizzazioni metalliche e posti a vista o in cunicoli e cavidotti.

Cavi telefonici

Dovranno essere armati conforme alla siglatura TEQ/H5EHAE di tipo non propaganti l'incendio, costituiti da conduttori in rame rosso, rivestiti con guaina in PVC e tamponati negli interspazi con vasellina di petrolio avente temperatura di scioglimento non inferiore a 75°C.

La protezione meccanica dovrà essere costituita da un nastro d'acciaio zincato a struttura ondulata.

Il rivestimento esterno dovrà essere costituito da una guaina isolante della protezione meccanica a base di miscele bituminose e da un secondo rivestimento con guaina di superficie a base di polietilene.

Il cavo dovrà essere costruito in conformità alla normativa IEC.538 e IEC.538A per quanto applicabile alle tecniche costruttive e secondo le Norme CEI 46-5, 20-22 II.

I conduttori avranno diametro nominale minimo pari a 0,9 mm, e le anime saranno cablate a coppie o a quarte.

Il numero di coppie sarà come indicato nei disegni allegati.

Linee di terra

I conduttori con funzione di dispersore longitudinale all'interno degli scavi dovranno essere costituiti da treccia di rame nudo a 6 fili; comunque il conduttore di rete non dovrà essere inferiore a 16 mmq., se esterno, e a 35 mmq. se interrato.

I conduttori di terra dovranno essere costituiti da corda flessibile a semplice isolamento, con conduttore in rame, rivestito con guaina termoplastica avente caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio, un ridottissimo sviluppo di fumi opachi, la totale assenza di acido cloridrico e un ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche.

Queste corde dovranno essere costruite secondo le Norme CEI 20-22 II, 20-37 e 20-38.

Saranno del tipo NO7V-K rispondenti alle Norme CEI 20-22 II ed alla tabella CEI-UNEL 35752, con marchio IMQ. Si utilizzeranno solo entro tubazioni o canalizzazioni di materiale isolante posate a vista.

In ogni pozzetto, verrà infisso, in parallelo alla rete di terra, un dispersore in acciaio ramato circolare della lunghezza minima di ml. 1,50 e del diametro di mm 18, munito di attacco per il collegamento al dispersore lineare.

Nel caso della galleria in oggetto i collegamenti all'impianto di terra, per tutti i cartelli che saranno installati in galleria è prevista l'utilizzazione del terzo conduttore del cavo di derivazione dei singoli cartelli, tale conduttore sarà collegato all'impianto di terra dell'impianto di ventilazione o dall'impianto di illuminazione esistente oppure al conduttore di terra degli stessi impianti di eventuale nuova installazione.

a) sezione dei conduttori di terra e protezione:

La sezione dei conduttori di protezione non deve essere inferiore al valore ottenuto con la formula:

$$Sp = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

con:

Sp = sezione del conduttore di protezione (mm²).

I = valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A).

t = tempo di intervento del dispositivo di protezione (s).

K = coefficiente, il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dall'isolamento e dalle temperature iniziali e finali.

I valori di K possono essere desunti dalle Tabelle 54B, 54C, 54D e 54E delle norme CEI 64-8/5;

Le sezioni minime dei conduttori di protezione, in alternativa alla formula sopra riportata, possono essere desunte dalla Tabella seguente, tratta dalle norme CEI 64-8/5 art. 543.1.2, con le prescrizioni riportate negli articoli successivi delle stesse norme CEI 64-8/5 relative i conduttori di protezione;

Lampade per illuminazione normale e di sicurezza

Nei locali tecnici del nuovo centro di controllo e delle cabine di trasformazione, da illuminare con lampade fluorescenti, a scarica o ad incandescenza, normali o di sicurezza, si devono prevedere apparecchi di illuminazione aventi le seguenti caratteristiche e dei seguenti tipi:

riferimenti normativi:

CEI 34-21

CEI 70-1

CEI 110-2

CEI 64-2

PLAFONIERE PER LAMPADE FLUORESCENTI TUBOLARI:

complete di reattore rifasato, starter rapido e collegamenti, grado di protezione IP65, con protezione a fusibile.

CORPO DIFFUSORE:

diffusori lamellari in alluminio anodizzato.

Le plafoniere per installazione a plafone per ambienti ordinari devono essere del tipo con corpo in acciaio verniciato per anafresi con smalto acrilico, colore bianco, ottico con fissaggio a scatto e dispositivo antiricaduta.

Nei locali speciali ove è richiesto che l'impianto elettrico sia di tipo AD-FT gli apparecchi di illuminazione devono avere grado di protezione almeno IP65, con corpo in materiale termoplastico autoestinguente, diffusore prismaticizzato in policarbonato, riflettore in acciaio, a doppio isolamento, cablate con morsetto di terra.

Interruttori di manovra - sezionatori con o senza fusibili

Nei circuiti particolari ove sia necessario prevedere interruttori di manovra - sezionatori con o senza fusibili si devono impiegare apparecchi modulari e differenziali della gamma degli interruttori automatici magnetotermici e differenziali, aventi le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 17-11

tensione 380 V c.a.

poli 1 ÷ 4

corrente nominale fino a 20 A per l'esecuzione con fusibili, fino a 100 A per l'esecuzione senza fusibili

possibilità di scelta negli accessori quali:

coprimorsetti

calotte
mostrine
Protezione almeno IP20 durante la sostituzione della cartuccia.

Interruttori automatici differenziali senza sganciatori magnetotermici - modulari

Nei circuiti ove si prevedono interruttori automatici differenziali puri si devono impiegare interruttori modulari componibili a completamento della gamma degli interruttori automatici magnetotermici e differenziali aventi le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 23-18

corrente nominale fino a 63 A

montaggio a scatto su profilato

poli 2 ÷ 4

Id 30 - 300 - 500 mA istantanei e con ritardo d'intervento (0,3 s, selettivo CEI EN 61008 / 9)+

protezione da sovracorrente

sensibilità alla forma d'onda: sinusoidale e pulsante

modulo base DIN 17,5 mm

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali fino a 6 kA - Modulari

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali con potere d'interruzione a 6 kA devono avere le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 23-3

CEI 23-18

CEI 17-5

CEI 755

CEI EN 60898

tensione nominale 380 V c.a. 50 ÷ 60 Hz

corrente nominale fino a 100 A

potere d'interruzione fino a 6 kA

caratteristica d'intervento tipo C - B

taratura fissa

intervento automatico segnalato dalla posizione della leva di manovra

poli 1 ÷ 4

montaggio a scatto su profilato

possibilità di avere per la gamma almeno fino a 80 A anche l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale di Id su diversi valori (esempio 0, 03-0, 3-0, 5-1A) e con ritardo d'intervento (0,3 s, selettivo CEI EN 61008 / 9)

sensibilità alla forma d'onda: sinusoidale e pulsante

corrente nominale fino a 32 A - poli 1-2 - modulo 12,5 mm

possibilità di ampia scelta di apparecchi complementari installabili sullo stesso profilato, quali:

interruttori di manovra - sezionatori

interruttori di manovra - sezionatori con fusibili

trasformatori

temporizzatori

interruttori orari

adattatori per serie civile

adattatori per prese UNEL

ronzatori e suonerie

contatti ausiliari

sganciatori a lancio di corrente

sganciatori di minima tensione

contatti di scattato relè

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali fino a 6 kA - Modulo DIN 17,5 mm

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali con potere d'interruzione fino a 6 kA devono avere le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 23-3

CEI 23-18

CEI EN 60898

tensione nominale 380 V c.a. 50 ÷ 60 Hz

corrente nominale fino a 60 A

potere d'interruzione fino a 6 kA

caratteristica d'intervento tipo C - B

taratura fissa

poli 1 ÷ 4

montaggio a scatto su profilato

possibilità di avere per la gamma anche l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale di $I_{\Delta n}$ su diversi valori (esempio 0, 0,3-0, 3-0, 5A) e con ritardo d'intervento (0,3 s, selettivo CEI EN 61008 / 9)

sensibilità alla forma d'onda: sinusoidale e pulsante

possibilità di inserire sul fianco di ciascun apparecchio un elemento ausiliario, larghezza 1 / 2 o 1 modulo contenente uno o più contatti ausiliari, di scattato relè o sganciatori di apertura (solo per interruttori automatici)

possibilità di ampia scelta di apparecchi complementari installabili sullo stesso profilato, quali:

interruttori di manovra - sezionatori

interruttori differenziali puri

relè di priorità (preferenziali)

trasformatori

pulsanti e lampade di segnalazione, suonerie e ronzatori

contatore, prese UNEL, deviatori

relè passo - passo

interruttori orari

relè ritardati e luce scale

relè monostabili

temporizzatori

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali fino a 25 kA - Modulo 25 mm

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali con potere d'interruzione fino a 25 kA devono avere le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 23-3 (fino a 10 kA)

CEI 23-18 (fino a 10 kA)

CEI 17-5

IEC 755

CEI EN 60898

tensione nominale 380 V c.a. 50 ÷ 60 Hz

corrente nominale fino a 125 A

potere d'interruzione fino a 25 kA

caratteristica d'intervento tipo C - B

poli 1 ÷ 4

montaggio a scatto su profilato

possibilità di avere per la gamma anche l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale di $I_{\Delta n}$ su diversi valori (esempio 0, 0,3-0, 3-1-3A) e con ritardo d'intervento (0,3 s, selettivo CEI EN 61008 / 9)

sensibilità alla forma d'onda: sinusoidale e pulsante

possibilità di inserire contatti ausiliari di scattato relè o sganciatori di apertura (solo per interruttori automatici)

possibilità di ampia scelta di apparecchi complementari installabili sullo stesso profilato, quali:

interruttori di manovra - sezionatori

interruttori differenziali puri

relè di priorità

trasformatori

pulsanti e lampade di segnalazione, suonerie e ronzatori
contatore, prese UNEL, deviatori
interruttori orari
relè passo - passo
relè ritardati e luce scale
relè monostabili
temporizzatori

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali fino a 25 kA - Modulo DIN 17,5 mm

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali con potere d'interruzione fino a 25 kA devono avere le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 23-3 (fino a 10 kA)

CEI 23-18 (fino a 10 kA)

CEI 17-5

IEC 755

CEI EN 60898

tensione nominale 380 V c.a. 50 ÷ 60 Hz

corrente nominale fino a 63 A

potere d'interruzione fino a 25 kA

caratteristica d'intervento tipo C - B

taratura fissa

poli 1 ÷ 4

montaggio a scatto su profilato

possibilità di avere per la gamma anche l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale di I_d su diversi valori (esempio 0, 0,3-0, 3-0, 5A) e con ritardo d'intervento (0,3 s, selettivo CEI EN 61008 / 9)

sensibilità alla forma d'onda: sinusoidale e pulsante

possibilità di inserire sul fianco di ciascun apparecchio, un elemento ausiliario larghezza 1 / 2 o 1 modulo, contenente uno o più contatti ausiliari di scattato relè o sganciatori di apertura (solo per interruttori automatici)

possibilità di ampia scelta di apparecchi complementari installabili sullo stesso profilato, quali:

interruttori di manovra - sezionatori

interruttori differenziali puri

relè di priorità

trasformatori

pulsanti e lampade di segnalazione, suonerie e ronzatori

contatore, prese UNEL, deviatori

interruttore orari

relè passo - passo

relè ritardati e luce scale

relè monostabili

temporizzatori

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali fino a 50 kA

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali con potere d'interruzione fino a 50 kA devono avere le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 17-5

IEC 755

CEI EN 60947-2

tensione nominale 500 V c.a. 50 ÷ 60 Hz

corrente nominale fino a 125 A

potere d'interruzione fino a 50 kA

caratteristica d'intervento tipo C - B - E selettivo

poli 1 ÷ 4

possibilità di avere per la gamma anche l'interruttore automatico magnetotermico con protezione differenziale di I_d su diversi valori (esempio 0, 0,3-0, 3-1-3 A) e con ritardo d'intervento (0,3 s, selettivo CEI EN 61008 / 9)

sensibilità alla forma d'onda: sinusoidale e pulsante

possibilità di inserire contatti ausiliari di scattato relè o sganciatori di apertura (solo per interruttori automatici)

Interruttore differenziale con sganciatore magnetotermico

La serie prevede anche interruttori differenziali dello stesso tipo scatolato, fino alla corrente nominale di almeno 630 A con gli stessi accessori della gamma.

Esecuzione con attacchi anteriori e posteriori, 4 poli.

Interruttori differenziali a corrente d'intervento I_d fissa o regolabile su più valori (esempio 0,03A÷ 2, 5A), intervento istantaneo o ritardato (ritardo esempio fino a 2 s).

Il dispositivo differenziale non deve utilizzare alcuna sorgente ausiliaria interna ed esterna per provocare l'intervento del differenziale.

Negli interruttori magnetotermici di portata superiore a 630 a da equipaggiare con dispositivo differenziale possono essere impiegati relè differenziali con caratteristiche di intervento regolabili e toroidi separati.

I relè differenziali avranno caratteristiche prestazionali di classe A, con regolazione della corrente e del tempo d'intervento e segnalazione di preallarme a LED.

I toroidi potranno essere di tipo chiuso o aperto.

Gli interruttori magnetotermici o non automatici da combinare per funzioni di commutatori di rete dovranno essere completi di piastra di supporto, interblocco elettrico e meccanico, automatismo per comando e telecomando di tipo elettronico a funzione programmabile, segnalazione a distanza.

Le caratteristiche prestazionali devono essere identiche a quelle dell'apparecchiatura usata singolarmente.

L'automatismo di comando di tipo elettronico deve essere compatibile con il sistema di comando del quadro di avviamento del gruppo elettrogeno e consentire la selezione e l'esecuzione della manovra sia in automatico che in manuale.

Il collegamento dei toroidi al relè va eseguito con cavo schermato.

Caratteristiche dei relè (di massima):

corrente differenziale nominale I_d : 0,03 ÷ 50 A

tempo di intervento: da istantaneo a 1 s

soglia di preallarme: $I_d / 2$

Contattori

Quando circuiti o apparecchi utilizzatori sono alimentati e / o comandati tramite contattori questi devono avere le caratteristiche seguenti:

riferimenti normativi (contattori di potenza):

CEI 17-3

CEI 17-7

CEI 17-8

tensione d'impiego 660 V c.a.

gamma fino a circa:

250 kW (AC3) a 380 V c.a.

700 kW (AC1) a 660 V c.a.

contattori ausiliari fino a 4 kW circa 380 V c.a. (AC11)

montaggio:

a scatto su profilato guida EN 50022 (DIN 35) per contattori fino a 15 kW circa di potenza

i contattori nel campo della potenza da 4 a 8 kW circa 380 V c.a. (AC3) devono poter essere corredabili, indifferentemente da contatti ausiliari, contatti ausiliari ritardati, aggancio meccanico.

Sono da privilegiare i contattori che possono essere corredati anche successivamente.

manovre meccaniche 10.000.000

manovre elettriche 1.000.000 (AC3) fino 250 kW

accessori installabili a cura dell'Utente

relè termici sensibili a mancanza fase disponibili per tutta la gamma

Salvamotori

Quando circuiti o apparecchi utilizzatori sono alimentati e protetti mediante salvamotori questi devono avere le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 17-7

CEI 70-1

caratteristica d'intervento tipo K (VDE - 0660)
ampia scelta di possibili applicazioni quali:
sganciatori termici sulle tre fasi a regolazione simultanea
posizione di montaggio qualsiasi
possibilità di installazione e gradi di protezione:
in batteria su profilato guida EN 50022 (DIN 35) (almeno IP30)
a parete con custodia (almeno IP44)
da incasso in pannelli (almeno IP44)
possibilità di lucchettare in posizione di aperto
possibilità di applicare sganciatori di apertura e di minima tensione

Basi portafusibili - fusibili

Saranno previsti a protezione di:

contattori

ausiliari

si devono prevedere basi portafusibili e fusibili aventi le seguenti caratteristiche:

riferimenti normativi:

CEI 32-1

CEI 32-4

CEI 32-5

tensione nominale 380 V c.a.

basi portafusibili per fusibili a cartuccia

corpo ceramico o similare

poli 1 ÷ 3

per installazione da quadro

fusibili a cartuccia:

i fusibili per applicazioni domestiche e similari devono corrispondere alla tabella CEI - UNEL 06716

corpo in porcellana o similare

corrente nominale fino a 100 A

potere di interruzione 100 kA

basi portafusibili per fusibili NH grandezze 00-0-1-2-3-4

corpo in steatite o similare

poli 1 ÷ 3

per installazione da parete

fusibili NH:

i fusibili per applicazioni industriali devono corrispondere alla tabella CEI - UNEL 06711

corpo in steatite o similare

corrente nominale fino a 1250 A

potere di interruzione 100 kA

Prese CEE 17

Nei locali speciali o nei locali ove richiesto che l'impianto elettrico sia di tipo AD - FT le prese di sicurezza devono avere le seguenti caratteristiche:

Prese interbloccate con dispositivo di protezione:

riferimenti normativi:

CEE 17

CEI 23-12

CEI 70-1

corrente nominale da 16 a 63 A

poli 2P + T, 3P + T, 3P + T + N

involucro in materiale isolante resistente al calore anormale ed al fuoco secondo Norme CEI 23-12

grado di protezione almeno IP44, garantito sia a spina inserita che disinserita

possibilità di installare le prese direttamente a parete oppure su apposite basi modulari componibili isolate

interuttori di manovra con interblocco atto a rendere impossibile l'inserzione e l'estrazione della spina sotto tensione e l'accesso alle parti in tensione a circuito chiuso

dispositivo di protezione contro le sovracorrenti nelle diverse soluzioni:

con fusibili

Prese

riferimenti normativi:

CEE 17

CEI 23-12

CEI 70-1

corrente nominale da 16 A a 125 A

poli 2P + T, 3P + T, 3P + T + N

involucro in materiale isolante resistente al calore anormale ed al fuoco secondo Norme CEI 23-12

grado di protezione almeno IP44, garantito sia a spina inserita che disinserita

morsetti imperdibili

possibilità di installazione delle prese nelle versioni:

sporgenti

Prese CEE 17 per tensioni minore o uguale 50 V

riferimenti normativi:

CEE 17

CEI 23-12

CEI 70-1

corrente nominale da 16 A a 32 A

poli 2

involucro in materiale isolante resistente al calore ed al fuoco, secondo Norme CEI 23-12

grado di protezione almeno IP44, garantito sia a spina inserita che disinserita

morsetti imperdibili

possibilità di installazione delle prese nelle versioni:

sporgenti

1.4 - MATERIALI FERROSI

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi difetto; essi dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni contenute nel D.M. 9 gennaio 1996.

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

Acciaio inossidabile

Sarà caratterizzato da un contenuto di cromo superiore al 12 % e dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed alla ossidazione rispondendo alle prescrizioni di cui alla seguente normativa di unificazione:

- UNI 6900-71 : Acciai legati speciali inossidabili resistenti alla corrosione ed al calore

Oltre alla classificazione UNI soprariportata si farà riferimento anche alla classificazione AISI (American Iron and Steel Institute), per la quale si riporta di seguito la tabella di corrispondenza approssimativa.

NOMENCLATURA AISI		NOMENCLATURA UNI	GRUPPO UNI
Serie 300	301	X12 CrNi 1707	Austenitico
	302	X 10 CrNi 1809	Austenitico
	304	X 5 CrNi 1810	Austenitico
	316	X 5 CrNiMO 1712	Austenitico
Serie 400	430	X 8 Cr 17	ferritico

Tubi di acciaio

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si farà riferimento alla norma UNI EU 21. I tubi dovranno essere costituiti da acciaio non legato e corrispondere alla normativa generale di unificazione di seguito riportata:

UNI 6363-84 - Tubi senza saldatura e saldati di acciaio per condotte d'acqua

UNI 8863 - Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettabili secondo UNI ISO 7-1

UNI 7091.72 - Tubi saldati di acciaio non legato - Tubi lisci per usi generici (sostituita in parte da UNI 7288-741).

UNI 7287-74 - Tubi con estremità lisce, senza saldatura, di acciaio non legato senza prescrizioni di qualità.

I tubi dovranno risultare ragionevolmente diritti a vista e presentare sezione circolare entro le tolleranze prescritte; saranno privi di difetti superficiali (interni ed esterni) che possano pregiudicarne l'impiego: nel caso, è ammessa la loro eliminazione purché lo spessore non scenda sotto il minimo prescritto.

I tubi ed i relativi pezzi speciali dovranno avere la superficie interna ed esterna protetta con rivestimenti appropriati e specificati in Elenco. Tali rivestimenti saranno essenzialmente del tipo "Zincato": effettuato con zinco ZN A 98,25 UNI 2013 secondo le prescrizioni della norma UNI 5745.

In ogni caso, qualunque fosse il tipo di rivestimento, questo dovrà risultare omogeneo, continuo, ben aderente ed impermeabile.

Tubi gas

Ove non diversamente disposto, saranno impiegati nelle normali installazioni per protezione di linee elettriche di allacciamento alle singole utenze all'interno delle gallerie. I tubi potranno essere senza saldatura o saldati e dovranno corrispondere alle prescrizioni delle seguenti norme di unificazione:

UNI 8863-87 - Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettabili secondo UNI ISO 7-1

Il materiale sarà costituito di acciaio Fe 33 con carico unitario di rottura a trazione di 324 + 520 N/mm² (33+ 53 kgf/mm²).

1.5 - PRODOTTI DI MATERIE PLASTICHE GENERALITÀ

Per la definizione, la classificazione e le prescrizioni sulle materie plastiche in generale, si farà riferimento alla normativa UNI di classifica C.D.U. 678.51.8 (Materie plastiche). Per le prove si farà riferimento alla normativa UNI di classifica C.D.U. 678.51.8:620.1 (Prove sulle materie plastiche). Per i prodotti finiti si farà infine riferimento alla normativa UNI di classifica C.D.U. 678.51.8.002.62/.64 (Prodotti semifiniti e finiti di materie plastiche).

1.5.1 - Tubi e raccordi di cloruro di polivinile (PVC)

Cavidotto serie pesante, CP, sigla U -20, marcatura IMQ - CP - di colore nero, con nastratura per identificazione gialla, in materiale termoplastico a base di cloruro di polivinile rispondente alle Norme CEI 23 - 29 - Fascicolo 126 - Prove allo schiacciamento su cm 5 a 20° di 1250 Newton; autoestinguento entro 30 secondi, in barre da m 3,00 - giunto a bicchiere.

Ogni operazione (trasporto, carico e scarico, accatastamento, ecc.) dovrà essere effettuata in modo da non provocare deterioramento o deformazione nei tubi, particolarmente per urti eccessive inflessioni, ecc. e ciò specialmente alle basse temperature.

L'accatastamento dovrà essere effettuato in luogo riparato dai raggi solari e per altezze non superiori a 1.50 m.

Nel caso di tubazioni interrato, la posa e la prima parte del rinterro verranno eseguiti con l'impiego di materiale arido e granulometria minuta (possibilmente sabbia, per uno spessore di copertura non inferiore a 20 cm), curando opportunamente la protezione delle tubazioni nei riguardi dei carichi di superficie (Dovranno rispettarsi in proposito le prescrizioni della Pubblicazione n.3 dell'Istituto Italiano dei Plastici (IIP)) o di eventuali danneggiamenti accidentali.

Saranno fabbricati con mescolanze a base di cloruro di polivinile, esenti da plastificanti ed opportunamente stabilizzate. Saranno inoltre conformi alle prescrizioni delle seguenti norme di unificazione:

**Tubi di PVC per condotte in pressione.
Diametri esterni, serie di spessori e relative tolleranze.**

D esterni mm	Serie di spessori in mm (tolleranza +)				
	1	2	3	4	5
20	--	--	--	1,6(0,4)	2,4(0,5)
25	--	--	1,6(0,4)	1,9(0,4)	3,0(0,5)
40	--	1,8(0,4)	2,0(0,4)	3,0(0,5)	4,7(0,7)
50	--	1,8(0,4)	2,4(0,5)	3,7(0,6)	5,9(0,8)
75	1,8(0,4)	2,2(0,5)	3,6(0,6)	5,6(0,8)	8,9(1,1)
90	1,8(0,4)	2,7(0,5)	4,3(0,7)	6,7(0,9)	10,6(1,3)
110	2,2(0,5)	3,2(0,6)	5,3(0,8)	8,2(1,1)	13,0(1,5)
125	2,5(0,5)	3,7(0,6)	6,0(0,8)	9,3(1,2)	--

140	2,8(0,5)	4,1(0,7)	6,7(0,9)	10,4(1,3)	--
160	3,2(0,6)	4,7(0,7)	7,7(1,0)	11,9(1,4)	--
180	3,6(0,6)	5,3(0,8)	8,6(1,1)	13,4(1,6)	--
200	4,0(0,6)	5,9(0,8)	9,6(1,2)	14,9(1,7)	--
225	4,5(0,7)	6,6(0,9)	10,8(1,3)	--	--
250	4,9(0,7)	7,3(1,0)	11,9(1,4)	--	--
280	5,5(0,8)	8,2(1,1)	13,4(1,6)	--	--
315	6,2(0,9)	9,2(1,2)	15,0(1,7)	--	--
355	7,0(0,9)	10,4(1,3)	--	--	--
400	7,9(1,0)	11,7(1,4)	--	--	--
450	8,9(1,1)	--	--	--	--
500	9,8(1,2)	--	--	--	--
560	11,0(1,3)	--	--	--	--
630	12,4(1,5)	--	--	--	--

UNI 7441-75 - Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e caratteristiche.

UNI 7443-75 - Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di scarico di fluidi. Tipi, dimensioni e caratteristiche.

UNI 7445-75 - Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte interrato di convogliamento di gas combustibili. Tipi, dimensioni e caratteristiche.

UNI 7447-75 - Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di scarico interrato. Tipi, dimensioni e caratteristiche.

UNI 7448-75 - Tubi di PVC rigido (non plastificato). Metodi di prova.

Cavidotti

Le tubazioni che porteranno i cavi saranno in resine poliviniliche serie media (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N), come prescritto dalla norme CEI 23 - 8 con Marchio Italiano di Qualità (tabella UNEL 37118 72) (sostituita totalmente in data 11-11-1997 da CEI EN 50086-2-1:1996-10 (CEI 23-54) fasc. 288), autoestinguento e a ridotta emissione di gas tossici, piegabili a freddo aventi diametro interno almeno pari ad 1.5 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti.

In alternativa alle tubazioni in PVC rigido potranno essere impiegate tubazioni in PVC in materiale plastico flessibile serie pesante tipo "Dielectrics", a Norma CEI 23-14 (tabella UNEL 3712170), del tipo a doppia parete di cui quella interna liscia e quella esterna corrugata, di tipo pesante con Marchio Italiano di Qualità .

I tubi, di qualunque materiale siano, devono essere espressamente prodotti per impianti elettrici e quindi devono risultare privi di sbavature alle estremità e privi di asperità taglienti lungo le loro generatrici interne ed esterne.

In ogni caso, prima del montaggio, le tubazioni devono essere soffiate con aria compressa o spazzolate.

a) Per posa a vista

Dovranno essere di tipo "conduit" in acciaio inox AISI 304 a caldo secondo le Norme CEI 23-25 – CEI 23-28 – CEI 23-26 e successive norme CEI EM 50086 – 1 ed EM 60423 , con pareti interne completamente lisce e prive di qualsiasi asperità, per facilitare l'infilaggio dei cavi elettrici evitandone possibili abrasioni. Saranno di tipo filettato e fornite complete di manicotto

b) Per posa interrata

Dovranno essere di tipo con elevata resistenza di isolamento con pareti interne perfettamente lisce, bicchierate da un lato, costruite con materiale termoplastico a base di cloruro di polivinile totalmente autoestinguento ed inattaccabile dagli acidi e dai microrganismi, dovranno essere di tipo pesante in grado di sopportare 1250 N allo schiacciamento, conformemente alle norme CEI 23-29.

Art. 2 PROVE

2.1 - CERTIFICATI

Per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali, prescritti dal presente capitolato speciale, l'impresa dovrà esibire prima dell'impiego al direttore dei lavori per ogni categoria di lavoro, quei certificati rilasciati da un Laboratorio Ufficiale che saranno richiesti dal direttore stesso.

Tali certificati dovranno contenere i dati relativi alla provenienza ed alla individuazione dei singoli materiali o la loro composizione, agli impianti o i 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 forniture in rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

2.2 - PROVE DEI MATERIALI

Tutti i materiali impiegati devono rispondere alle norme UNI, CNR, CEI, di prova e di accettazione, ed alle tabelle UNEL in vigore, nonché alle altre norme e prescrizioni richiamate nel presente Capitolato.

Resta comunque stabilito che tutti i materiali, componenti e le loro parti, opere e manufatti, devono risultare rispondenti alle norme emanate dai vari organi, enti ed associazioni che ne abbiano titolo, in vigore al momento dell'aggiudicazione dei lavori o che vengano emanate prima dell'ultimazione dei lavori stessi.

Ogni approvazione rilasciata dalla D.L. non costituisce implicita autorizzazione in deroga alle norme facenti parte degli elaborati contrattuali, a meno che tale eventualità non venga espressamente citata e motivata negli atti approvativi.

In relazione a quanto prescritto nel precedente articolo circa le qualità e le caratteristiche dei materiali, per la loro accettazione l'Impresa è obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio dei campioni ai Laboratori Ufficiali indicati dalla Stazione appaltante, nonché tutte le spese per le relative prove.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nell'Ufficio Compartimentale, previa apposizione di sigillo o firma del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

Marche e modelli

La scelta delle marche e dei modelli delle apparecchiature e dei componenti da impiegare nell'esecuzione degli impianti in oggetto è eseguita dalla D.L. subito dopo la consegna dei lavori in base all'elenco proposto dall'Appaltatore. In particolare per gli impianti speciali, a parità di qualità e rispondenza tecnica, la D.L. avrà facoltà di privilegiare sistemi ed apparecchiature di case costruttrici che garantiscano la presenza di un Centro Assistenza Tecnica (qualificato dal costruttore) più vicino al luogo di installazione degli impianti stessi.

L'Appaltatore deve anche presentare all'approvazione della D.L. i sistemi di ancoraggio, di sospensione ed il mensolame per il sostegno delle tubazioni, delle canalizzazioni e delle varie linee.

Resta inteso che la scelta, di cui viene steso regolare Verbale di Approvazione dei materiali, è vincolante per l'Appaltatore che non può sollevare alcuna pretesa o richiesta di maggior prezzo.

2.3 - VERIFICHE E PROVE FUNZIONALI DA PREVEDERE

L'esecuzione dei lavori richiede una consegna provvisoria e una consegna definitiva degli impianti.

Per la consegna provvisoria, da farsi appena ultimati i lavori, sono previste:

- verifiche in officina
- prove in fabbrica
- verifiche e prove in corso d'opera
- messa a punto e taratura
- verifiche e prove preliminari.

Per la consegna definitiva, da farsi dopo la consegna provvisoria, sono previste:

- verifiche e prove definitive.

Tutte le verifiche e prove devono essere fatte a cura dell'Appaltatore in contraddittorio con la D.L., alla eventuale presenza della Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Consegna provvisoria degli impianti

A montaggi ultimati ha inizio un periodo di funzionamento degli impianti, di durata non inferiore al 10% del tempo di ultimazione dei lavori, durante il quale l'Appaltatore deve provvedere ad effettuare tutte le operazioni di messa a punto, prove e tarature degli impianti registrandone i risultati su schede da concordare con la D.L. (tali schede devono essere corredate di diagrammi, calcoli, curve di intervento e di tutto quanto può servire al controllo dei risultati ottenuti.

Durante tale periodo e fino alla data del Certificato di Ultimazione Lavori, gli impianti sono condotti dal personale dell'Appaltatore che deve assicurare la necessaria manutenzione, la pulizia e la sostituzione dei materiali di consumo acquistati dall'E.A.

Verifiche e prove preliminari

Terminato il periodo sopradescritto, l'Appaltatore comunica alla D.L., a mezzo raccomandata, di aver terminato i lavori, richiedendo l'emissione del Certificato di Ultimazione Lavori.

Entro 10 giorni dal ricevimento di tale lettera la D.L. fissa la data di convocazione dell'Appaltatore per le verifiche qualitative, quantitative e per le prove preliminari degli impianti intese ad accertare che la qualità e la quantità dei materiali forniti, le modalità di esecuzione, l'installazione, la fornitura e le prestazioni provvisorie degli impianti rispondano alle condizioni contrattuali e alle normative vigenti.

Prima dell'inizio delle verifiche e prove preliminari, l'Appaltatore deve aver provveduto affinché:

copie della documentazione di messa a punto e tarature sia presentata in visione alla D.L.

nelle centrali, sottocentrali, locali tecnici, ecc., ci siano tutte le apparecchiature e quei materiali di ricambio necessari per le prove preliminari (es. fusibili, cinghie di motori, ecc.).

Qualora ciò non avvenga, la D.L. non procederà ad alcuna prova e ritornerà soltanto quando tali obblighi siano stati soddisfatti. Ovviamente i ritardi nella consegna degli impianti sono addebitati all'Appaltatore, compresa l'eventuale penale per mancata ultimazione dei lavori.

L'esecuzione e il risultato delle verifiche e prove preliminari formano oggetto di verbali firmati dalla D.L. e dall'Appaltatore. Se durante le verifiche e prove preliminari dovessero risultare manchevolezze o deficienze, esse devono essere indicate sul verbale e viene fissato un termine entro il quale l'Appaltatore dovrà provvedere alla loro eliminazione.

Prove in fabbrica

Vengono effettuate alla presenza di responsabili dell'E.A., sui prodotti finiti.

In particolare vengono provati presso le officine dei costruttori, sottoponendoli alle prove di accettazione previste dalle Norme CEI i seguenti componenti:

quadri di media tensione (Norme CEI 17-6)

quadri di bassa tensione (Norme CEI 17-13)

Prove in loco

Vengono effettuate alla presenza di responsabili dell'E.A. e della D.L. sugli impianti completi o parti di essi.

Le prove per quadri elettrici e per le linee elettriche sono eseguiti durante le prove sugli impianti tecnologici cui si riferiscono.

Le prove devono accertare la rispondenza degli impianti alle disposizioni di legge, alle Norme CEI ed a tutto quanto espresso nelle prescrizioni generali e in quelle particolari, tenuto conto di eventuali modifiche concordate in corso d'opera, sia per quanto riguarda l'efficienza delle singole parti che della loro installazione.

A titolo esemplificativo, elenchiamo le verifiche e/o attività che possono essere richieste senza alcun onere aggiuntivo per l'E.A.:

- protezioni: verifica della loro adeguatezza e del loro coordinamento; misura delle impedenze dell'anello di guasto
- sicurezza: verifica di tutto l'impianto di terra; misura della resistenza dell'impianto di dispersione;
- verifica della inaccessibilità di parti sotto tensione salvo l'impiego di utensili;
- verifica dell'efficienza delle prese di terra degli utilizzatori
- conduttori: verifica dei percorsi, della sfilabilità e del coefficiente di riempimento, delle portate e delle cadute di tensione, prova di isolamento dei cavi fra fase e fase e tra fase e terra in cantiere
- verifica delle sezioni dei conduttori in funzione dei livelli di corto circuito
- quadri: prova di isolamento prima della messa in servizio
- prova di funzionamento di tutte le apparecchiature, degli interblocchi e degli automatismi
- impianti di terra e parafulmine: verifica dell'efficienza dell'impianto
- misura della resistenza verso terra dell'impianto

Documenti per la denuncia all'ISPESL della rete di terra

L'Appaltatore deve produrre la seguente documentazione e le misurazioni necessarie alla denuncia, all'ISPESL, del sistema di messa a terra:

- planimetrie dell'impianto di terra realizzato con le seguenti indicazioni:
 - posizione dei dispersori, loro numerazione e relativo valore della resistenza di terra
 - tipo e sezione dei conduttori di terra e dei conduttori di collegamento ai singoli collettori
 - album con fotografie di alcune zone specifiche dell'impianto
- modello "B" (standard ISPESL) debitamente compilato
- dichiarazione dell'Appaltatore che l'impianto è stato eseguito in conformità alle norme, alle leggi ed ai decreti vigenti
- misura della resistenza di terra del dispersore
- relazione e misura dell'impedenza dell'anello di guasto (Zg)
- relazione e misura delle tensioni di passo e di contatto.

Tutta la documentazione deve essere presentata alla D.L. prima delle prove finali

Note conclusive

Le verifiche e prove preliminari vengono effettuate con personale e mezzi messi a disposizione dall'Appaltatore. Per tale onere non è previsto alcun compenso.

Il Direttore dei Lavori, qualora riscontri dalle prove preliminari imperfezioni di qualsiasi genere relative ai materiali impiegati od all'esecuzione, deve prescrivere con appositi ordini di servizio i lavori che l'impresa deve eseguire per mettere gli impianti nelle condizioni contrattuali e il tempo concesso per la loro attuazione; soltanto dopo aver accertato con successive verifiche e prove che gli impianti corrispondono in ogni loro parte a tali condizioni, redige il verbale delle prove facendo esplicita dichiarazione che da parte dell'Appaltatore sono state eseguite tutte le modifiche richieste a seguito delle prove preliminari.

Resta inteso che nonostante l'esito favorevole di esse l'Appaltatore rimane responsabile delle deficienze di qualunque natura e origine, che abbiano a riscontrarsi fino alla scadenza dei termini di garanzia.

Art. 3 IMPIANTI ELETTRICI

3.1 – Linee di distribuzione

Tubi - condotti – canali

I tubi da prevedere nelle varie condizioni impiantistiche devono essere:

-Tubo da installare sotto traccia nei tratti di collegamento tra gallerie a “cielo aperto” e/o nel marciapiede o banchina laterale, interrato e/o annesso nel calcestruzzo :

PVC rigido classe media (CEI 23-14), in grado di sopportare 750 N allo schiacciamento conforme le norme CEI 23-29, nei tratti non soggetti al transito diretto di carichi pesanti (ciglio banchina e/o pertinenza stradali) o di tipo pesante, in grado di sopportare 1250 Newton allo schiacciamento, qualora posati sulla sede stradale per esempio nei tratti di attraversamento. In esterno dovranno essere dotati di banda gialla tracciata a spirale sulla superficie esterna in modo da evidenziare la presenza della rete. Le bande di segnalazione dovranno essere presenti anche su tubi di piccolo diametro.

-Tubo da posare in vista (ambienti ordinari):

PVC rigido pesante (CEI 23-8)

-Tubo da posare in vista (interno galleria):

Acciaio inox AISI 316

guaina flessibile in acciaio inox a doppia graffatura, con rivestimento esterno liscio in resina di polivinile, ad alto coefficiente di invecchiamento, resistente agli olii e autoestinguente

-Canale da posare in vista (ambienti ordinari):

in metallo acciaio zincato

-Canale da posare in vista all'esterno:

in vetroresina

-Canale da posare in vista (interno galleria):

in metallo acciaio inox

I canali in particolare dovranno essere con bordo rinforzato arrotondato antitaglio, senza coperchio, spessore non inferiore a 1,5 mm, giunti completi di bulloni zincati a caldo, con le seguenti caratteristiche generali:

- Canaline rispondenti alle norme CEI 23-31
- Canaline in lamiera di acciaio inox AISI 304, con spessore di 15/10 mm;
- Continuità elettrica delle canalizzazioni realizzata ad ogni giunzione;
- Giunti, curve e diramazioni non ad angolo retto;
- Cavi posati ordinatamente affiancati su massimo due strati, altrimenti più piani di passerelle o canaline con interdistanza minima di 30 cm;
- Nei tratti inclinati o verticali fissaggio dei cavi alla passerella o canaline tramite collari plastici autobloccanti;
- Morsetti di serraggio completi di sella di appoggio alle parti metalliche e adatti per la interconnessione di materiali conduttori di diversa natura; bulloni zincati a caldo;
- Contrassegni per l'individuazione immediata dei cavi realizzati con targhette in PVC indicanti il tipo di impianto o di servizio; passo targhette: 30 m; fissaggio: con collare plastico;
- Tutte le derivazioni realizzate con pressacavi.

Le passerelle passa-cavi devono essere posate in modo da consentirne la dilatazione termica.

La continuità metallica nei giunti sarà assicurata da appositi cavallotti di terra.

Le passerelle sono fornite e poste in opera complete di staffe e mensole di sostegno; queste ultime sono costruite con lamiera di acciaio inox AISI 304 con spessore minimo 2,5 mm.

Tutti i pezzi speciali (curve, incroci, derivazioni, riduzioni, setti separatori, ecc.) devono essere di tipo prefabbricato con le stesse caratteristiche delle passerelle portacavi.

I canali destinati a contenere conduttori facenti parte di servizi diversi (forza motrice, telefono, impianti speciali) devono essere provvisti di setti di separazione continui anche in corrispondenza di cambiamenti di direzione e all'imbocco delle cassette di derivazione e delle scatole portafrutti.

Nell'installazione si deve prestare particolare cura al serraggio delle viti di giunzione tra gli elementi di passerella e di fissaggio di questi alle mensole di sostegno in modo da garantire sia la stabilità sia la continuità elettrica per il collegamento a terra.

Le staffe e le mensole di sostegno sono anch'esse in acciaio inox e fornite complete di bulloneria ed accessori di fissaggio, in numero totale da soddisfare, con il massimo carico ammissibile secondo le tabelle del costruttore, la seguente formula :

$$f = (1/300) D$$

dove : f = freccia della passerella in mm

D = interdistanza tra due fissaggi della passerella.

Il sistema di fissaggio alla volta della galleria dovrà essere dimensionato per un carico pulsante che, oltre al fenomeno della trazione, considerata anche la presenza delle vibrazioni dovute ai mezzi in transito.

Il dimensionamento dei tasselli dovrà essere fatto in base al peso della struttura del sistema di cavidotti attrezzato delle linee in cavo e delle apparecchiature corredate degli accessori di dotazione, maggiorato di un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2.

Il sistema di fissaggio alla volta dovrà essere realizzato in acciaio austenico con percentuale di cromo non inferiore al 18% e del 12% di nichel in modo da favorire una naturale passivazione propria delle materie inossidabili.

I tubi in PVC dovranno essere del tipo autoestinguente.

La giunzione delle tubazioni in PVC rigido pesante vanno realizzate con raccordi; per esecuzione con grado di protezione uguale o superiore a IP44, i raccordi dovranno essere in polimero anti urto.

I collegamenti dei tubi alle cassette vanno realizzate con raccordi IP66 e pressacavo, indipendentemente dal grado di protezione richiesto.

Il fissaggio dei tubi rigidi a vista va eseguito con collari in metallo, indipendentemente dal grado di protezione richiesto, posti ad idonea distanza l'uno dall'altro, e comunque a distanza non superiore a 2 m.

Curve e deviazioni dovranno essere realizzate con accessori di caratteristiche analoghe ai raccordi.

È consentito l'impiego di tubo PVC pesante piegabile a freddo.

Eventuali raccordi in tubazione flessibile per installazioni a vista dovranno essere eseguite con tubi spirali tipo merleto similare.

Le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Per l'infilaggio dei cavi si dovranno avere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate ed apposite cassette sulle tubazioni non interrate; il distanziamento fra tali pozzetti e cassette sarà stabilito in rapporto alla natura ed alla grandezza dei cavi da infilare e mediamente in 30 m se in rettilineo ed in 15 m se in curva.

Le giunzioni, le derivazioni e gli incroci saranno esclusivamente ubicati nei pozzetti per le tubazioni interrate e nelle cassette per quelle non interrate. Per le modalità esecutive si rimanda a quanto rispettivamente prescritto nelle precedenti lettere; sarà inoltre necessario prevedere nella posa una ricchezza dell'ordine di 1 + 2 m a seconda della sezione e tensione di esercizio del cavo, allo scopo di permettere l'eventuale rifacimento del giunto. Criterio analogo sarà adottato per i terminali.

I tubi in acciaio saranno forniti completi di manicotto di accoppiamento con attacco a tenuta con grado di protezione IP55.

Cavi - condutture principali e secondarie

La distribuzione deve essere eseguita con cavi e tipo di posa come di seguito indicato.

MONTANTE

In apposita sede, cavi in canali o conduit in acciaio

CEI 20-20 CEI 20-22 II CEI 20-13 CEI 20-37 P1

DORSALI PRINCIPALI IN PARTENZA DAL QUADRO

Cavi in tubo in centrale: qualità N07V-K

Cavi in cunicolo o passerella in cabina o tubo interrato: qualità FG7R e N07V-K se non attraversano la galleria

Cavi in tubo interrato per illuminazione esterna: qualità G10M1 e N07G9-K se attraversano la galleria

Cavi su passerella in acciaio inox in galleria: tipo R/FG10(0)M1- 0.6/1 kw non propagante l'incendio, isolato in gomma G10 a bassa emissione di gas corrosivi, assenza di fumi opachi e a bassa tossicità rispondenti alle norme CEI 20-35, 20-22 III, 20-37, 20-38, IEC 754-I e IEC 332-3

Cavi su passerella in acciaio inox in galleria alimentanti servizi di sicurezza: tipo R/FG10(0)M1- RF non propagante l'incendio, isolato in gomma butilica G10 a bassa emissione di gas corrosivi, assenza di fumi opachi e a bassa tossicità, resistente alla fiamma per 3 ore a 750° C , rispondenti alle norme CEI 20-45, 20-22 III, 20-36, 20-38, IEC 331-I e IEC 332-3

Il raggio di curvatura dei cavi deve tenere conto di quanto specificato dai costruttori.

Nell'infilare i conduttori entro tubi si deve fare attenzione ad evitare torsioni o eliche che ne impedirebbero lo sfilamento.

Sono ammesse giunzioni di conduttori solamente nelle cassette e nei quadri e con appositi morsetti di sezione adeguata; non sono accettate giunzioni nelle passerelle portacavi.

E' ammesso derogare a queste prescrizioni, soltanto per le linee dorsali, limitatamente ai casi in cui il loro sviluppo superi i 50 metri; in tal caso è consentita la giunzione nella cassetta prossima ai 50 metri.

La sezione dei conduttori delle linee principali e dorsali deve rimanere invariata per tutta la loro lunghezza.

In corrispondenza dei punti luce i conduttori devono terminare su blocchetti con morsetti a vite.

I cavi devono essere siglati ed identificati con fascette segnacavo come segue:

su entrambe le estremità

in corrispondenza di ogni cassetta di derivazione

ogni 20 m lungo le passerelle e scale porta cavi

in corrispondenza di ogni cambio di percorso.

Su tali fascette deve essere precisato il numero di identificazione della linea e la sigla del quadro che la alimenta.

Devono essere siglati anche tutti i conduttori degli impianti ausiliari in conformità agli schemi funzionali costruttivi.

Per ogni linea di potenza facente capo a morsetti entro quadri elettrici o cassette la siglatura deve essere eseguita come segue:

siglatura della linea sul morsetto e sul conduttore

siglatura della fase (RSTN), sul singolo conduttore e sul morsetto.

Morsetti e terminali cavi

Le giunzioni e le derivazioni devono essere effettuate solo ed esclusivamente all'interno di quadri elettrici o di scatole di derivazione a mezzo apposite morsettiere e morsetti aventi le seguenti caratteristiche:
riferimenti normativi:

CEI 23-20
CEI 23-21
CEI 17-19

Morsetti multipli in ottone isolati in policarbonato trasparente con sistema di fissaggio a cassetta.

Morsetti per derivazioni volanti a cappuccio e passanti.

I morsetti in materiale isolante componibili su guida DIN 32 e DIN 35 devono preferibilmente comprendere:

- morsetti in policarbonato ad attacco rapido su guida DIN
- piastrine di separazione e terminali
- siglatura dei circuiti con etichette

L'attacco dei terminali cavi alle morsettiere componibili su guida DIN deve avvenire mediante connettori preisolati in rame elettrolitico stagnato sia per i circuiti di potenza che per i circuiti ausiliari.

L'attacco dei cavi ai sistemi di barratura in rame, ad attacchi fissi di apparecchiature elettriche scatolate, a morsettiere di arrivo cavi in barra di rame, va eseguito mediante capicorda e bulloni.

Gli attacchi dei cavi a morsettiere a vite di apparecchiature elettriche di manovra, protezione, comando e ausiliari, vanno realizzati mediante terminali con connettori preisolati in rame elettrolitico stagnato.

Tutte le connessioni ai morsetti o attacchi delle apparecchiature elettriche devono essere dotate di copri morsetti, calotte o mostrine di protezione (protezione almeno IPXXB).

3.2- Quadro generale di cabina B.T.

Nel locale componente la cabina di trasformazione, si deve prevedere per la distribuzione principale in BT, immediatamente a valle dei trasformatori MT/BT, il quadro generale di cabina B.T. avente le seguenti caratteristiche: riferimenti normativi:

CEI 17-13
CEI 70-1
IEC 439/1 / CEI EN 60439-1

grado di protezione a porte chiuse almeno IP30

Dovrà inoltre ottemperare alle richieste antinfortunistiche contenute nel DPR 547 del 1955 e alla legge 1/3/1968 n° 168.

Tutti i componenti in materiale plastico devono rispondere ai requisiti di autoestinguibilità a 960 °C (30/30s) in conformità alle norme IEC 60695.2.1 (CEI 50-11).

Il quadro deve essere formato da scomparti prefabbricati affiancati costruiti in serie (tipo AS)

Per i quadri Power Center, ogni scomparto sarà suddiviso nelle seguenti parti.

- Celle modulari per il contenimento di interruttori estraibili ed accessori.
- Celle modulari per il contenimento di interruttori modulari (più interruttori nella stessa cella).
- Celle modulari per il contenimento della strumentazione per misure generali.
- Struttura per l'alloggiamento delle sbarre collettore e delle sbarre di deviazione agli interruttori.
- Struttura per l'alloggiamento dei cavi di potenza.
- Struttura per l'alloggiamento dei cavi ausiliari e relative morsettiere.
- Zoccolo posto nella parte inferiore dello scomparto.

Il quadro dovrà quindi essere costituito da scomparti indipendenti e modulari suddivisi in cubicoli, facilmente componibili, in modo da poter essere ampliabile da ambo i lati.

Ogni scomparto deve essere costituito da una struttura di base realizzata con lamiera di acciaio pressopiegata di spessore non inferiore a 15-20/10 e composto da 4 zone completamente segregate tra di loro.

Trattasi di un quadro da pavimento ad armadio tipo "PC" (Power Center) a scomparti completamente segregati FORMA 4 per apparecchiature di protezione e manovra e per barrature in rame accessibili posteriormente, per l'allacciamento dei cavi e per verifiche, tramite apertura di una porta incernierata, unica per tutta l'altezza di ogni scomparto; cubicoli interruttori e apparecchiature chiuse su tutti i lati con diaframmi metallici e sul fronte da portella incernierata; carpenteria ad armadi modulari componibili; aerazione idonea con feritoie; messa a terra della struttura dimensionata in rapporto alla corrente di c.c. dell'impianto; verniciatura con polvere epossidica colore grigio RAL 7030. In ogni scomparto devono essere realizzate in particolare, le seguenti celle o zone tipiche:

a) Celle interruttore

Le celle interruttore devono essere ubicate nella parte frontale degli scomparti.

Ogni cella deve contenere un solo interruttore di potenza completo di accessori, accessibile tramite apertura di una porta individuale posta sul fronte; la porta deve essere adeguatamente messa a terra ed essere dotata di serratura a chiave.

Particolare attenzione deve essere posta nella composizione delle celle per la realizzazione degli scomparti, in modo da non superare la corrente totale di 5000 A per ciascuno di essi.

Gli interruttori con portata inferiore ai 100 A possono essere raggruppati in unica cella purché la portata complessiva non superi i 150 A.

b) Celle ausiliari

Le celle ausiliari possono essere posizionate indifferentemente sopra le corrispondenti celle interruttore o a fianco di esse, in apposito pannello laterale, sul fronte degli scomparti. La scelta dell'una o dell'altra soluzione deve comunque essere omogenea per tutto il quadro.

All'interno delle celle devono essere previste, in accordo agli schemi elettrici, le seguenti apparecchiature:

strumenti di misura;

commutatori e selettori di misura e controllo;

relé ausiliari per comando, segnalazione e allarme;

dispositivi di protezione dei circuiti ausiliari;

lampade di segnalazione;

morsettiere per circuiti ausiliari.

c) Zona sbarre

La zona sbarre, situata nella parte centrale del quadro tra il fronte e il retro, deve contenere, montato su morsettoni isolanti, il sistema di sbarre principali e le sbarre di derivazione e distribuzione agli interruttori di potenza.

Le sbarre devono essere accessibili dal retro dello scomparto, mediante l'asportazione delle lamiera di protezione utilizzando adatti attrezzi.

Le connessioni tra le sbarre di derivazione e gli interruttori devono essere segregate metallicamente dal resto dello scomparto.

d) Zona cavi di potenza

La zona cavi di potenza deve essere posizionata nella parte posteriore del quadro e deve essere accessibile. La zona deve essere chiusa da una portella unica per tutto lo scomparto, dotata di serratura a chiave.

Le uscite cavi relative ai singoli interruttori devono risultare segregate individualmente, tramite pannelli asportabili, in modo da permettere l'accesso a ciascuna di esse senza pericolo di contatti con altre in tensione.

I quadri devono essere dotati di tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre che possano compromettere, oltre che l'efficienza e l'affidabilità delle apparecchiature, la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

Devono in particolare essere previsti almeno i blocchi e le sicurezze indicati di seguito.

- non deve essere possibile estrarre o inserire un interruttore in posizione di chiuso;
- con interruttore sezionato o estratto, non deve essere possibile aprire gli otturatori di sicurezza della cella interessata;
- deve essere impedita la manovra degli interruttori che si trovino in una posizione intermedia fra inserito e sezionato;
- non deve essere possibile inserire in cella un interruttore con caratteristiche elettriche inferiori a quelle previste.

A cella aperta deve essere garantito un grado di protezione IP2X: non devono essere accessibili parti in tensione e i terminali di uscita di ciascuna utenza devono essere accessibili solo ruotando le relative lamiera di chiusura individuali con adatti attrezzi.

La parte superiore e quella inferiore degli scomparti devono essere chiuse con lamiera asportabili, per permettere l'ingresso/uscita dei cavi indifferentemente dal basso o dall'alto.

Le estremità laterali dei quadri devono essere chiuse con pannelli asportabili in lamiera di acciaio, per renderne agevole l'ampliamento.

Il quadro sarà composto da:

-elementi componibili

-montanti e telaio

-zoccolo più coperchio

-barrature in rame

-morsettiere e accessori

-il quadro deve essere integralmente e facilmente ispezionabile dal fronte senza richiedere l'interruzione dell'alimentazione generale

Ampia possibilità di scelta dei pannelli:
portapparecchi (con telai)

- fissi
- a cerniera
- interni
- per strumenti di misura
- pieni
- forati

In particolare il quadro, a seconda delle specifiche esigenze, deve poter contenere gli interruttori automatici e / o differenziali, i contattori, ecc.

Il quadro deve corrispondere allo schema allegato.

Il quadro deve di massima contenere i seguenti apparecchi:

- strumenti di misura
- protezione dei trasformatori lato B.T.
- circuito ausiliario per il comando, controllo e segnalazione della cabina M.T. / B.T.
- protezione delle linee di partenza
- rifasamento a vuoto, di tipo fisso, dei trasformatori, della potenza di circa 30 kVAR con relativo dispositivo di sezionamento e protezione a fusibili, o sole linee di partenza con protezioni.

Il quadro dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- tensione nominale di servizio UE 690 V
- tensione di isolamento 1000 V c.a. e 800 V c.c.
- tensione di esercizio 400 V
- frequenza nominale 50 Hz
- sbarre tetrapolari a norma CEI - UNEL
- sbarre di terra
- tensione di prova a 50 Hz per un minuto: 3500 V
- tensione nominale di tenuta a impulso: 4 kV
- tensione ausiliare: 110 V c.c. (48-24 V c.c.)
- corrente di c.c. nominale condizionata: var. come da dati progettuali
- tensione di prova a 50 Hz per un minuto (circuito ausiliario): 2000 V

Accessori:

-dispositivo di emergenza da installare all'esterno che agisce sulla bobina della protezione generale MT, estrattore d'aria con termostato di ambiente e fioretto di messa a terra. Data in opera compreso ogni altro onere per dare l'opera completa, funzionante ed eseguita a regola d'arte.

-Portello (apertura a mezzo attrezzo o chiave) con cerniere:
in lamiera
trasparente

Particolare cura deve essere posta nello studio e nella realizzazione delle canalizzazioni per la circolazione naturale dell'aria in modo da garantire:

- il mantenimento delle temperature interne, entro i limiti imposti dalle norme CEI/IEC applicabili
- la compartimentazione delle celle o zone dei singoli scomparti, per evitare che l'eventuale sviluppo di aria ionizzata all'interno di una cella vada ad interessare altre parti in tensione.

Gli interruttori scatolati di corrente nominale superiore a 100 A devono essere di tipo estraibile o sezionabile.

Il quadro deve essere collegato:

- in morsettiera per cavi entranti ed uscenti e cablaggi interni
- in barratura in rame elettrolitico per connessioni interne di distribuzione di potenza.

La funzione degli apparecchi deve essere contraddistinta da apposite targhette in policarbonato inciso o serigrafato.

Il quadro deve corrispondere allo schema allegato e alle altre indicazioni contenute nel presente capitolato e nella relazione tecnica.

Avanquadro

L'avanquadro deve essere in lamiera metallica con o senza portello, con le seguenti caratteristiche: riferimenti normativi:

- CEI 17-13
- CEI 70-1
- grado di protezione almeno: IP30
- pannelli modulari componibili in lamiera d'acciaio spessore 20 / 10 ciechi o preforati verniciati con polvere epossidica di colore grigio RAL 7030
- singoli portelli incernierati con possibilità di apertura con attrezzo
- targhette di identificazione dei circuiti in policarbonato serigrafato
- apparecchiature di protezione e di manovra
- strumentazione e dispositivi di segnalazione secondo lo schema allegato
- Dimensioni indicative: come da schema unifilare

Messa a terra

Il quadro deve montare una barra di terra in rame da collegare al circuito di terra esterno. La sezione della sbarra di terra deve essere di 250 mmq. Ogni struttura deve essere direttamente collegata alla sbarra di terra. Le porte devono essere collegate alla struttura tramite una connessione flessibile in rame.

Nella cella di collegamento dei cavi di potenza deve essere montata una sbarra per l'allacciamento degli eventuali conduttori di protezione incorporati nei cavi.

Collegamenti

Tutti i collegamenti interni ausiliari dovranno essere eseguiti con filo flessibile di isolamento 450/750 V e così pure la sezione degli stessi risulterà non inferiore a 1,5 mmq.

La posa dei conduttori dovrà essere fatta a mezzo di canaline in PVC autoestinguente ed il loro grado di riempimento non eccederà il 70%. I conduttori per il comando delle utenze avranno la sezione adeguata ai carichi.

Le modalità di posa sono identiche a quanto descritto sopra. Si terrà presente, per quanto possibile, di avere la separazione fisica tra i conduttori aventi funzioni diverse. I tratti di cavo o gruppi di cavi esterni alle canaline dovranno essere protetti con spirale di plastica.

Tutti i conduttori dovranno essere facilmente identificabili a mezzo di segnafile con diciture indelebili.

Tali segnafile saranno posti alle due estremità del conduttore e non potranno essere sfilati (se non usando mezzi meccanici).

Ai capi dei conduttori saranno posti dei puntalini preisolati di forma adatta. Tutte le viti saranno protette contro l'oscillazione e munite di rondelle elastiche contro l'allentamento eventuale del conduttore ad asse collegato. Ogni punto di collegamento all'apparecchiatura interessata non avrà più di due conduttori.

Morsettiere

Il morsetto componente la morsettiera dovrà essere in melanina. Sarà facilmente compatibile con gli altri e facilmente estraibile, senza dover spostare i morsetti adiacenti. Ogni morsetto sarà numerato per facilitare il suo reperimento con segnalini da applicare a pressione (senza uso di mastici).

La composizione dei morsetti (morsettiera) dovrà essere razionale, ossia divisa per gruppi di funzione (ausiliari - potenza - allarme - appoggio - ecc.) dei vari collegamenti facenti corpo ad essi.

La sezione dei morsetti dovrà essere come minimo da 2,5 mmq. Il tipo di morsetto sarà unificato, mentre saranno unificate le sezioni degli stessi, per quanto possibile. L'imboccatura del filo al morsetto sarà facilitata dalla sua particolare forma ed inoltre ogni morsetto sarà munito del dispositivo contro l'allentamento accidentale del filo e la chiusura del filo nel morsetto sarà indiretta.

Nel quadro dovrà essere prevista una scorta pari ad almeno il 10% dei morsetti utilizzati.

Fusibili

Saranno, del tipo ritardato per la protezione dei motori e rapido per la protezione degli ausiliari e delle elettrovalvole. Le cartucce fusibili fino ad un massimo di 63 A (In del fusibile) saranno del tipo a tappo nelle varie grandezze, per intensità di corrente superiore si passerà al tipo ACR ovvero NH.

Le basi per i fusibili tipo a tappo saranno munite di coperchio e l'insieme avrà un dispositivo contro l'allentamento dovuto a vibrazioni o a cause accidentali. Per i fusibili NH (di varie grandezze, ove non sia possibile l'unificazione), sarà fornita una maniglia di estrazione per ogni grandezza di fusibile usato.

Le basi per i fusibili del tipo NH, non unipolare, saranno munite di separatori antifiamma. Il fissaggio dei cavi sarà fatto con appositi capicorda alle basi portafusibili e fissati a viti cadmate con rondelle elastiche.

Teleruttori

Premesso che dovranno essere scelti delle primarie marche nazionali o estere con criteri di facile reperibilità per quanto riguarda i pezzi di ricambio, particolare cura dovrà essere posta nella scelta e nel dimensionamento degli stessi. La categoria di impiego prevista è l'AC3 per i motori ed AC6 per i condensatori.

Ogni teleruttore dovrà essere facilmente identificabile a mezzo di targhette con diciture indelebili, poste su di esso e fissate in modo tale che con il tempo sia impedita la perdita dovuta a caduta. Il materiale delle targhette sarà plastificato.

Rele' Termici

Saranno del tipo bimetallico per piccole potenze ed elettronici per grosse potenze ed assicureranno la protezione per mancanza di fase, con tempi brevi di intervallo. Tutti dovranno essere predisposti per il reinserimento manuale o automatico.

L'allacciamento al proprio teleruttore dovrà essere eseguito con collegamento rigido. I valori di taratura dovranno essere facilmente leggibili e modificabili con i normali mezzi (cacciavite). I termici dovranno essere della stessa casa costruttrice dei teleruttori.

La protezione termica e da corto circuito a mezzo fusibile sarà coordinata con il teleruttore scelto, secondo i consigli della casa costruttrice.

Se l'avviamento risultasse di tipo pesante si provvederà a fornire termici idonei a questo tipo di carico sullo spunto in fase di avviamento.

Amperometri e voltmetri

Sono stati previsti del tipo elettromagnetico. Per gli amperometri le scale dovranno essere ristrette al fondo con valore finale di fondo scala di 2 In o 5In (per motori). A seconda dell'intensità di corrente, saranno inseriti tramite TA.

Il voltmetro, protetto dai fusibili o da magnetotermico, avrà il fondo scala fino a 500 V e sarà munito di commutatore per la misura delle tensioni sulle tre fasi e con la posizione di "zero".

Per gli arrivi dai trafi sono previsti analizzatori elettrici con interfaccia seriale RS485 collegati al sistema di automazione, tutti i principali dati della rete elettrica saranno riportati su apposita pagina grafica del sistema di supervisione.

Trasformatori di corrente

Saranno del tipo a barra passante e dovranno essere fissati al pannello interno e non sostenuti dai cavi passanti. La classe dovrà essere coordinata con gli strumenti indicatori.

3.3 - Quadri di distribuzione primaria

Quanto detto nel presente paragrafo vale per tutti i quadri di distribuzione previsti in progetto all'interno delle cabine elettriche, salvo diverse precisazioni contenute nel presente documento e nel resto del progetto in argomento.

I quadri saranno realizzati, assiemati e collaudati in totale rispetto delle seguenti normative:

- CEI EN 60439.1 (CEI 17.13.1)
- CEI EN 50102

riguardanti l'assieme di quadri prefabbricati AS e ANS.

Si dovranno inoltre adempiere le richieste antinfortunistiche contenute nel DPR 547 del 1955e alla legge 1/3/1968 n° 168.

Tutti i componenti in materiale plastico dovranno rispondere ai requisiti di autoestinguitività a 960 °C (30/30s) in conformità alle norme IEC 60695.2.1 (CEI 50.11).

Tutti i componenti elettrici ed elettronici devono essere contraddistinti da targhette di identificazione, conformi a quanto indicato dagli schemi funzionali.

Deve essere garantita una facile individuazione delle manovre da compiere, che debbono pertanto essere concentrate sul fronte dei vari scomparti.

All'interno deve essere possibile una agevole ispezionabilità ed una facile manutenzione.

Le distanze, i dispositivi e le eventuali separazioni metalliche devono impedire che interruzioni di elevate correnti di corto circuito o avarie notevoli possano interessare l'equipaggiamento elettrico montato in vani adiacenti.

Deve essere previsto uno spazio pari al 20 % dell'ingombro totale, che consenta eventuali ampliamenti senza intervenire sulla struttura di base ed i relativi circuiti di potenza.

I quadri devono essere chiusi su ogni lato e posteriormente; i pannelli perimetrali devono essere asportabili a mezzo di viti. I pannelli posteriori devono essere di tipo incernierato, con cerniere a scomparsa.

I quadri o elementi di quadro costituenti unita' a se' stanti debbono essere completi di golfari di sollevamento a scomparsa. Anche se prevista la possibilita' di ispezione dal retro del quadro, tutti i componenti elettrici debbono essere facilmente accessibili dal fronte mediante pannelli avvitati o incernierati.

Sul pannello anteriore vanno previste feritoie per consentire il passaggio degli organi di comando.

Per quanto riguarda la struttura si utilizza viteria antiossidante con rondelle auto graffianti al momento dell'assemblaggio; per le piastre frontali è necessario assicurarsi che i sistemi di fissaggio comportino una adeguata asportazione del rivestimento isolante.

Per garantire una efficace resistenza alla corrosione, la struttura ed i pannelli devono essere opportunamente trattati e verniciati. Il trattamento di fondo deve prevedere il lavaggio, il decapaggio, la fosfatazione e la elettrozincatura delle lamiere. Le lamiere trattate vengono verniciate con polvere termoindurente a base di resine epossidiche, mescolate con resine poliesteri colore a finire RAL1019 (od altro richiesto dalla D.L.) liscio e semi lucido con spessore minimo di 70 µm.

Tutte le apparecchiature sono fissate su guide o su pannelli fissati su specifiche traverse di sostegno.

Per l'alimentazione delle varie utenze in galleria si devono quindi prevedere dei quadri generali di distribuzione di "zona", ciascuna individuata dalla funzione svolta dalle apparecchiature ad essa facenti capo (Impianti speciali, Illuminazione, Ventilazione e Ausiliari), da ubicarsi in cabina in lamiera di acciaio aventi le seguenti caratteristiche:

- grado di protezione a porte chiuse almeno IP55 in armadio modulare componibile di lamiera pressopiegata, spessore 15+20 / 10, verniciata con resine epossidiche, con separazione e segregazione delle barre e delle diverse sezioni di energia.

Ogni quadro sarà composto da:

- elementi componibili
- montanti e telaio
- zoccolo più coperchio
- barrature in rame, morsettiere e accessori

il quadro deve essere integralmente e facilmente ispezionabile con portello (apertura a mezzo attrezzo o chiave) a cerniere in lastra di cristallo di tipo temprato

Sono, di norma, forniti pre-assiati con tutti i componenti di potenza, controllo, comando e segnalazione, pre-montati in officina.

Quando ciò non fosse possibile, per particolari esigenze di trasporto, possono essere forniti in sezioni (pannelli) separati.

I quadri dovranno essere completi di telaio di base (o di fondo) con i fori predisposti per il fissaggio a pavimento (o a parete).

Il contro telaio di base dei quadri fissati a pavimento deve essere previsto quando il pavimento non è perfettamente in piano o quando il quadro è posizionato sopra cunicoli di dimensioni superiori alla profondità del quadro stesso.

Il contro telaio deve essere costruito dall'Appaltatore rispettando le dimensioni e forature previste sulla base del quadro e impiegando profilati in acciaio zincato a caldo.

L'installazione del contro telaio o del quadro, deve essere eseguita dopo aver verificato la rispondenza delle feritoie praticate nelle solette o le dimensioni dei cunicoli.

Le sezioni staccate di uno stesso quadro devono essere accoppiate fra loro a mezzo bulloni e fissate al telaio di base.

I quadri devono avere in linea di massima, salvo prescrizioni diverse contenute nelle tavole di progetto, le seguenti caratteristiche prestazionali:

Tensione nominale di impiego	400 V+N
Frequenza di rete	50 Hz
Tensione nominale di isolamento dei circuiti principali :	660 V
Tensione di prova per 60 sec.	2500 V
tensione di esercizio:	400 V
sistema elettrico:	3 F+N+T
tenuta al c.to c.to simm. per 1" (riferita alle sbarre omnibus):	valore non inferiore ai dati progettuali
apparecchiature dimensionate per una corrente di c.to c.to pari a:	valore non inferiore ai dati progettuali

Ogni quadro deve essere corredato di apposita tasca porta-schemi, dove sono contenuti i disegni degli schemi di potenza e funzionali, rigorosamente aggiornati.

I quadri devono corrispondere agli schemi allegati e alle altre indicazioni contenute nel presente capitolato e nella relazione tecnica.

Ampia possibilità di scelta di pannelli quali:
portapparecchi (con telai)

- fissi
- a cerniera
- interni

per strumenti di misura

- pieni
- forati

In particolare il quadro, a secondo delle specifiche esigenze, deve poter contenere gli interruttori automatici e / o differenziali, i contattori, ecc. e gli apparecchi complementari previsti negli schemi unifilari.

Il quadro deve essere collegato:

- in morsettiera per cavi entranti, uscenti e cablaggi interni
- in barratura in rame elettrolitico per connessioni interne di distribuzione di potenza

Le barrature in rame devono essere dimensionate per una portata maggiorata di almeno il 65% della corrente di esercizio prevista, per consentire eventuali integrazioni e ampliamenti del sistema elettrico (riferimento UNEL 01433-72).

Le barrature devono essere idoneamente ancorate su supporti isolanti atti ad assicurare la tenuta alle sollecitazioni elettrodinamiche, come da caratteristiche prestazionali richieste; vanno evitate giunzioni; le derivazioni vanno eseguite a mezzo di bulloni assicurando una idonea superficie di contatto.

Dovrà essere prevista una barra di terra in rame elettrolitico, sezione minima 250 mmq, opportunamente identificata.

L'attacco dei cavi alle barrature e alle apparecchiature elettriche scatolate va eseguito con capicorda.

Particolare cura deve essere posta nella realizzazione delle giunzioni, per ridurre la resistenza di contatto e contenere le conseguenti sovratemperature.

La sbarre saranno così dimensionate:

- per le principali, in base alla corrente nominale del quadro
- per le derivazioni agli interruttori posizionati su singoli pannelli (sbarre verticali) per la sommatoria delle correnti nominali degli interruttori alimentati moltiplicando per un coefficiente di riduzione pari a 0,8
- per le derivazioni alle apparecchiature in base alla corrente massima del calibro delle stesse.

Le connessioni in cavo devono essere limitate al minimo indispensabile; in tutti i casi in cui sia possibile devono essere utilizzate sbarre.

I cavi utilizzati all'interno dei quadri per le connessioni di potenza devono essere unipolari in rame, con isolamento in gomma non propagante l'incendio e a ridotta emissione di fumi e gas tossici, tipo N07G9-K.

Le sbarre e le connessioni principali e di derivazione devono sempre costituire un sistema trifase con neutro e conduttore di protezione separati (sistema TN-S).

La sequenza delle fasi deve essere, guardando il fronte del quadro, RSTN da sinistra a destra, dal fronte verso il retro e dall'alto verso il basso.

La funzione degli apparecchi deve essere contraddistinta da apposite targhette in policarbonato inciso o serigrafato.

Sono previsti interruttori di tipo aperto per correnti nominali uguali o maggiori a 800 A.

Tutti gli interruttori scatolati o aperti saranno equipaggiati con relè a microprocessore.

Saranno previsti in esecuzione sezionabile tutti gli interruttori con corrente nominale maggiore o uguale a 100 A. Gli interruttori scatolati con corrente nominale inferiore a 800 A saranno in esecuzione fissa.

Il comando a motore è previsto per tutti gli interruttori aperti.

La protezione differenziale sarà prevista per tutti i circuiti terminali.

Gli interruttori in versione estraibile devono poter assumere le seguenti posizioni rispetto alle relative parti fisse:

INSERITO: circuiti principali di potenza e circuiti ausiliari collegati

SEZIONATO IN PROVA: circuiti principali sezionati e circuiti ausiliari collegati

SEZIONATO: circuiti principali e circuiti ausiliari sezionati

ESTRATTO: circuiti principali e ausiliari sezionati; interruttore fuori cella.

Gli interruttori in versione rimovibile ad innesto possono assumere le sole posizioni di INSERITO ed ESTRATTO.

In tutte le posizioni deve essere possibile la chiusura delle porte frontali.

Il sistema di innesto dei contatti di potenza, fissi e mobili, deve essere di tipo autoallineante: deve essere assicurato il perfetto accoppiamento tra i contatti fissi e quelli mobili anche nel caso di non preciso allineamento dell'interruttore durante la manovra di inserimento.

Dovranno essere previsti pulsanti di sgancio indipendenti per:
utenze normali e privilegiate

-sicurezza.

Il pulsante di sgancio di emergenza utenze normali e privilegiate dovrà:

-sganciare tutti gli interruttori sottesi alla barratura F.M. normale;

-sganciare gli interruttori di alimentazione circuiti.

Il pulsante di sgancio di emergenza utenze sicurezza dovrà:

-sganciare gli interruttori M.T.

-sganciare gli interruttori a valle degli inverter degli UPS

-inibire il funzionamento degli UPS

-sganciare l'interruttore generale gruppo elettrogeno sul quadro di comando e controllo

-chiudere l'elettrovalvola di alimentazione gasolio.

Nelle cabine dovrà essere previsto cartello indicante i comandi effettuati dai pulsanti di emergenza

Gli strumenti di misura hanno dimensione 72 x 72 mm, sono di tipo elettromagnetico per corrente alternata, a magnete permanente e bobina mobile per corrente continua, ferrodinamici per i registratori e ad induzione per i contatori.

Gli amperometri di lettura degli assorbimenti dei motori hanno il fondo scala ristretto, in modo da eccedere la corrente nominale dei relativi TA.

a) Interruttori automatici

Gli interruttori automatici impiegati all'interno dei quadri di BT possono essere di tipo aperto, scatolato o modulare, a seconda del tipo di utilizzazione previsto e dalla corrente nominale delle utenze da proteggere.

Gli interruttori devono essere in esecuzione bipolare, tripolare o tetrapolare in funzione del tipo di utenza, dei vincoli normativi e del sistema di neutro utilizzato.

Gli interruttori devono sempre essere dotati di dispositivi di protezione magnetotermici su tutte le fasi. Gli interruttori utilizzati per l'avviamento di motori devono essere dotati preferibilmente di sola protezione magnetica coordinata con i contattori e i relé termici posti a valle.

Il conduttore di neutro deve essere interrotto e protetto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 64-8; è da tenere presente che nel caso di adozione di un sistema tipo TN-C, il conduttore PEN non deve in alcun caso venire sezionato, né protetto.

I dispositivi di protezione magnetotermica devono essere scelti in modo da proteggere le condutture e le apparecchiature poste a valle e rendere selettivo l'intervento tra gli interruttori posti a monte e quelli posti a valle. Dove ciò non sia richiesto o realizzabile, può essere adottato il criterio della protezione di sostegno (back-up) in ottemperanza a quanto previsto dalle norme CEI 64-8.

Il potere di interruzione deve essere almeno pari alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione, salvo i casi in cui sia accettata la protezione di sostegno, con i limiti imposti dalle norme CEI 64.8.

Tutti gli interruttori di uguale portata e pari caratteristiche devono essere tra loro intercambiabili.

Gli interruttori in versione estraibile devono poter assumere le seguenti posizioni rispetto alle relative parti fisse:

INSERITO: circuiti principali di potenza e circuiti ausiliari collegati

SEZIONATO IN PROVA: circuiti principali sezionati e circuiti ausiliari collegati

SEZIONATO: circuiti principali e circuiti ausiliari sezionati

ESTRATTO: circuiti principali e ausiliari sezionati; interruttore fuori cella.

Gli interruttori in versione rimovibile ad innesto possono assumere le sole posizioni di INSERITO ed ESTRATTO.

In tutte le posizioni deve essere possibile la chiusura delle porte frontali.

Il sistema di innesto dei contatti di potenza, fissi e mobili, deve essere di tipo autoallineante: deve essere assicurato il perfetto accoppiamento tra i contatti fissi e quelli mobili anche nel caso di non preciso allineamento dell'interruttore durante la manovra di inserimento.

a1) Interruttori di tipo aperto

Il loro impiego è previsto tipicamente all'interno dei quadri tipo Power Center (AS-Forme 2/3/4), nella versione estraibile su carrello, per portate superiori ai 1250/1600 A o nei casi in cui sia necessario realizzare la selettività di tipo cronometrico.

Il comando di apertura e chiusura deve essere, salvo diversa prescrizione, di tipo manuale con dispositivo di precarica delle molle di chiusura e a sgancio libero (trip free), assicurando l'apertura dei contatti principali anche se l'ordine di apertura viene dato dopo l'inizio di una manovra di chiusura.

Le manovre di sezionamento ed inserimento devono essere possibili solo con interruttore aperto; apposite sicurezze devono sganciare l'interruttore che si trovasse chiuso all'inizio di una manovra.

La manovra di sezionamento deve essere possibile con porta chiusa, per garantire all'operatore un grado di sicurezza più elevato.

Gli interruttori estraibili devono, in particolare, essere equipaggiati con otturatori sulle parti fisse, azionati automaticamente dal movimento dell'interruttore durante la manovra di sezionamento, per garantire un grado di protezione IP2X con interruttore estratto e/o sezionato.

Gli eventuali circuiti ausiliari devono inserirsi automaticamente nelle relative parti fisse con l'introduzione degli interruttori nelle celle; non sono accettate soluzioni a presa e spina inseribili a mano dall'operatore.

a2) Interruttori di tipo scatolato

Il loro impiego è normalmente previsto in versione rimovibile per portate fino a 250 A ed estraibile per portate superiori, nei quadri tipo Power Center (AS-Forme 2/3/4); in versione fissa per tutti gli impieghi.

La parte fissa degli interruttori rimovibili deve garantire un grado di protezione IP2X con interruttore rimosso.

Il comando deve essere di tipo manuale con leva a scatto rapido.

a3) Interruttori di tipo modulare

Con questa denominazione vengono individuati gli interruttori automatici con modulo 17,5 mm rispondenti alle norme CEI 23-3, per usi domestici e similari.

Devono essere tipicamente impiegati nei quadri secondari di distribuzione per portate uguali o inferiori ai 50A nei circuiti trifase e 32A in quelli monofase e/o all'interno dei quadri per la protezione dei circuiti ausiliari.

L'esecuzione deve essere adatta per montaggio su profilato DIN da 35 mm.

La curva di intervento magnetotermico deve avere caratteristica B o C, in funzione della lunghezza della linea da proteggere.

Gli interruttori di tipo modulare devono essere dotati di marchio IMQ.

b) Interruttori magnetotermici differenziali

Gli interruttori differenziali devono essere costituiti da un dispositivo ad intervento differenziale per guasto a terra, alimentato da un trasformatore toroidale entro cui devono essere fatti passare tutti i conduttori attivi del circuito da proteggere, accoppiato ad un interruttore automatico a cui è demandata la protezione magnetotermica dell'utenza.

Le protezioni differenziali devono risultare:

protette contro gli scatti intempestivi

adatte per funzionamento con correnti alternate, pulsanti e con componenti continue.

Deve essere garantita la selettività di intervento differenziale tra gli interruttori posti a monte e quelli posti a valle; a tale scopo la protezione differenziale dell'interruttore a monte deve avere una corrente di intervento almeno doppia di quella dell'interruttore a valle e tempo di ritardo superiore al tempo totale di apertura del dispositivo a valle.

Devono essere previste protezioni differenziali a media sensibilità, con intervento di 300 mA; fanno eccezione le applicazioni per le quali sono prescritte dalle norme CEI 64-8 protezioni ad alta sensibilità, con intervento uguale o inferiore a 30 mA, quali locali da bagno in zona 3 o altri.

Per portate fino a 250A il dispositivo differenziale e l'interruttore automatico devono essere integrati in un unico apparecchio, senza necessità di alimentazione ausiliaria esterna.

Per portate superiori ai 250A il dispositivo differenziale deve agire sullo sganciatore di apertura o di minima tensione dell'interruttore automatico a cui risulta accoppiato.

Gli interruttori differenziali con portata superiore ai 50A devono sempre essere in versione tetrapolare, preferibilmente in esecuzione estraibile se montati all'interno di quadri tipo Power Center (AS-Forme 2/3/4).

Le caratteristiche di protezione magnetotermica devono essere scelte come specificato per gli interruttori automatici.

Oltre ai casi previsti dalle norme CEI applicabili e indicati sugli schemi di progetto, gli interruttori differenziali devono anche essere previsti in tutti i circuiti in cui la protezione contro i contatti indiretti non sia realizzata con le protezioni passive indicate dalle norme CEI 64-8 o tramite interruzione automatica del circuito con intervento delle protezioni magnetotermiche anche per guasto a terra.

Gli interruttori differenziali possono essere impiegati come protezione addizionale contro i contatti diretti.

Nei quadri secondari possono essere utilizzati interruttori differenziali puri, senza protezione magnetotermica, a monte di gruppi di interruttori automatici relativi ad utenze omogenee; tali differenziali devono avere portata nominale non inferiore a 25A e devono risultare protetti dal dispositivo magnetotermico previsto a monte.

Tutti gli interruttori differenziali devono essere dotati di pulsante per la prova del circuito di scatto.

c) Contattori

I contattori devono essere adatti per categoria di impiego AC3, se utilizzati per avviamento di motori o AC1 negli altri casi.

I contattori devono essere tripolari, adatti per montaggio fisso all'interno di cassette estraibili o cubicoli fissi o entro quadri secondari e ad armadio, dotati di tutti gli accessori e contatti ausiliari necessari per la realizzazione degli schemi elettrici richiesti. Quando impiegati per avviamento motori, le loro caratteristiche elettriche devono essere coordinate con quelle dei motori da comandare, con quelle degli interruttori automatici o fusibili posti a monte e con i relé termici accoppiati.

d) Relé termici

I relé termici per la protezione contro il sovraccarico, tipicamente utilizzati in esecuzione fissa tripolare in serie ai contattori e agli interruttori automatici, con i quali devono essere coordinati, per i circuiti di avviamento motori.

I relé termici devono avere ampio campo di regolazione della corrente di intervento ed essere dotati di contatti ausiliari di scambio.

Il riarmo dei relé deve essere di tipo manuale.

I relé di tipo bimetallico devono essere compensati contro le variazioni di temperatura ambiente.

Per la protezione da motori con tempi di avviamento particolarmente lunghi devono essere impiegati relé termici per avviamento pesante.

e) Fusibili

I fusibili impiegati nei circuiti di potenza devono essere di tipo a coltello ad alto potere di interruzione, con elevate caratteristiche di limitazione della corrente di corto circuito presunta; la caratteristica di intervento deve essere adeguata al tipo di utenza da proteggere (motore o altro).

La corrente nominale dei fusibili deve essere scelta in base alle caratteristiche del motore o del carico da proteggere.

Se utilizzati in serie a contattori o a sezionatori, i fusibili devono essere coordinati con essi.

f) Sezionatori

I sezionatori possono essere sottocarico o a vuoto e devono essere in grado di resistere termicamente e dinamicamente alle correnti di guasto previste.

g) Trasformatori di corrente e di tensione

I trasformatori di corrente e di tensione devono avere prestazioni e classi di precisione adeguate ai carichi da alimentare.

I trasformatori di corrente e tensione, devono avere custodia in termoplastico autoestinguento (TA) o metallica messa a terra (TV) ed essere adatti per installazione fissa all'interno dei quadri.

Tutti i trasformatori devono avere un morsetto secondario collegato a terra.

h) Apparecchiature di regolazione

Ogni quadro deve comprendere, oltre ai cubicoli di potenza, una colonna, o un cubicolo, o comunque lo spazio sufficiente per il contenimento delle apparecchiature di regolazione, che sono escluse dalla presente sezione.

i) Analizzatori di grandezze elettriche trifase

Dovrà essere prevista la fornitura e relativo cablaggio di un sistema di analisi delle grandezze elettriche inserito a mezzo di TA e TV ed inserzione diretta sul circuito trifase nel box ausiliari del quadro QMT o sui quadri generali di Bassa Tensione a 400/230V; tali apparecchi dovranno fornire su display le misure sia di ciascuna fase che quelle relative al sistema trifase delle seguenti grandezze elettriche, tenendo conto del senso di confluenza del carico (in ingresso od in uscita):

- Tensione.
- Corrente.
- Potenza Attiva istantanea e di punta nel periodo di 15".
- Potenza reattiva istantanea.
- Frequenza.
- Fattore di potenza.
- Energia Attiva.
- Energia reattiva.

Tale apparecchio dovrà essere del tipo a tre sistemi, dotato di memoria interna tamponata per l'eventuale programmazione; esso dovrà essere già predisposto per una connessione seriale remota per la lettura a distanza di tutte le grandezze, al fine di consentire l'interfacciamento diretto con la rete del PLC per la visualizzazione delle misure nell'ambito dell'interfaccia operatore e al sistema di supervisione centralizzato. Assieme all'uscita seriale, dovrà essere disponibile anche un'uscita di tipo analogico 4-20mA parametrizzabile a piacere su una delle grandezze elettriche misurate (Potenza, corrente, Tensione, ecc.).

D) Manipolatori, selettri e pulsanti

Tutti i manipolatori, i pulsanti e le spie di segnalazione dovranno essere del tipo a sezione rotonda, adatti per il posizionamento ed il fissaggio sui pannelli o sul fronte quadro; le misure previste per tali apparecchi, sono lo standard a 16 e 22mm di diametro.

Le categorie di impiego dei manipolatori e dei pulsanti è AC11; la loro tensione di isolamento è 250 Vca.

Le correnti nominali di impiego (I_e) saranno almeno di 1 A a 120 V c.c. o 5 A a 250 V c.a. e comunque adatti alle caratteristiche di impiego; i pulsanti saranno posizionati e colorati in relazione alla loro funzione.

Salvo diversamente indicato di volta in volta o nelle norme di riferimento, saranno usati i seguenti colori in conformità con la pubblicazione IEC 73:

- ROSSO: arresto in condizioni di servizio
- ROSSO: arresto di emergenza con bottone a fungo.
- BIANCO, VERDE: marcia o chiusura.
- BLU: pulsante di ripristino

I colori grigio e nero potranno essere usati anche per comandare azionamenti reversibili.

Le lampade di segnalazione dovranno funzionare con tensione di alimentazione pari a quella utilizzata per i circuiti ausiliari di comando, utilizzando una tensione nominale superiore onde allungarne la durata di funzionamento. Tutte le lampade di segnalazione saranno del tipo con spia a led ad alta emissione e resistore integrato, di un unico tipo e caratteristiche.

Salvo diversamente indicato di volta in volta o nelle norme di riferimento, saranno usati i seguenti colori in conformità con la Pubblicazione IEC 73; nel caso di impiego di segnalazioni luminose realizzate con diodi led, i colori dovranno essere il più possibile riconducibili a quelli qui di seguito elencati:

- Lampada VERDE: interruttore o contatore chiuso (in posizione di servizio).
- Lampada ROSSA: interruttore o contatore aperto per intervento protezioni e bloccato.
- Lampada BIANCA: interruttore o contatore aperto pronto per la chiusura (utilizzabile anche per indicare condizioni normali di esercizio).
- Lampada GIALLA: preallarme od indicazione anormale di funzionamento
- Lampada BLU: richiesta intervento operatore.

La lampada rossa sarà azionata dai relè di protezione o dai relè di blocco che, quando ripristinati, faranno spegnere la lampada rossa ed accendere quella verde.

Nel caso di segnalatori luminosi per indicazione di uno stato operativo per il quale è richiesta la massima allerta ed attenzione, dovranno essere impiegati dei lampeggiatori con lampade a scarica (XENON).

3.4 - Modalità di posa in opera

I quadri e tutti i componenti di essi devono essere installati in modo tale da evitare reciproche influenze con altre apparecchiature, che possono determinare declassamenti.

I conduttori devono essere adeguatamente fissati alla struttura del quadro in modo che il loro peso non gravi sulle apparecchiature e possano sopportare le elevate sollecitazioni elettrodinamiche delle correnti di corto circuito.

I conduttori vanno collegati alle apparecchiature con appositi capicorda a pressione.

I circuiti ausiliari e di potenza, per quanto possibile, devono essere posti entro canaline in PVC, traforate e con coperchio.

Il capo di ogni conduttore fissato a morsetti o ad apparecchiature va numerato mediante anellino segnafile.

Tutti i circuiti, sia di potenza che ausiliari che entrano od escono dal quadro devono far capo ad apposite morsettiere di tipo componibile, sezione adeguata, e con cartellini di numerazione.

Naturalmente questi conduttori in arrivo e partenza devono essere saldamente ancorati con collari ad appositi profilati per evitare che il loro peso gravi sulle apparecchiature o sui morsetti terminali.

Tutti i conduttori devono essere contraddistinti alle due estremità da appositi anellini segnafile in plastica con idoneo portacartellino. I collegamenti principali ed ausiliari devono essere riportati su apposita morsettiera numerata ed i morsetti devono essere di sezione adeguata ai conduttori.

Nei locali contenenti apparecchiature derivate da più di un quadro, la siglatura delle linee deve riportare, oltre al numero della linea, la sigla del quadro relativo.

Le sigle sui quadri vanno proposte dalla ditta e concordate con la D.L., comunque analoghe a quelle eventualmente già esistenti.

Tutti i segnali in arrivo da apparecchiature fuori quadro devono far capo a relé ausiliari con zoccolo in esecuzione estraibile e morsetti di collegamento anteriori.

Gli strumenti indicatori possono essere elettromagnetici o a bobina mobile in esecuzione 96 x 96 mm o di tipo digitale. I circuiti ausiliari di comando, segnalazione allarme e regolazione sono alimentati a 24 V c.a., tramite doppio trasformatore in parallelo ridondante.

I quadri si intendono sempre dotati di pulsante (o interruttore, a scelta della D.L.) per consentire la prova contemporanea di tutte le lampade di segnalazione esistenti sui quadri stessi.

Ogni quadro deve essere predisposto in modo che al mancare ed al successivo ritorno della tensione di rete, le utenze prima alimentate possano riprendere in modo automatico il loro regolare funzionamento.

In particolare le utenze di potenza uguale o superiore a 10 HP devono essere dotate di opportuni ritardatori in modo che il loro reinserimento avvenga in sequenza.

3.5 - Norme di riferimento

La progettazione, la costruzione e le verifiche dei quadri elettrici devono essere conformi alle prescrizioni delle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e/o IEC (International Electrotechnical Commission) in vigore all'atto della stipula del Contratto di Appalto, tenendo conto delle eventuali varianti emesse.

In particolare devono essere rispettate le seguenti norme, per quanto applicabili:

CEI	IEC		
Quadri di bassa tensione di serie	17-13/1	439-1	
Quadri di bassa tensione per distribuzione	17-13/3	439-3	
CEI	IEC		
Interruttori per tensione < 1000 V c.a. e < 1200 V c.c	17-5	157-1	
Interruttori automatici per usi domestici e similari per tensione < 415 V c.a	23-3		23-3
Interruttori differenziali per usi domestici e similari	23-18	23E	
Interruttori di manovra e sezionatori per tensione < 1000 V c.a. e 1200 V c.c	17-11	408	
Fusibili per tensione < 1000 V c.a e 1500 V c.c	32-1	269-1	
	32-4	269-2	
Contattori per tensione < 1000 V c.a. e 1200 V c.c	17-3	158-1	
Trasformatori di corrente	38-1	185	
Trasformatori di tensione	38-2	186	
Misura delle scariche parziali nei trasformatori di misura	38-3	44-4	
Gradi di protezione degli involucri	70-1	529	
Impianti elettrici utilizzatori	CT64	TC364	
Colori degli indicatori luminosi e dei pulsanti	16-3	73	
Canalette portacavi di materiale plastico per quadri elettrici	23-22		
Cavi non propaganti l'incendio	20-22	332-3	
Condensatori statici di rifasamento	33-5	70-70A	
Relé elettrici ausiliari	41-1	255	
Strumenti di misura	13-10	414	
Contatori	13-13	514	
	13-15	521	

In caso di discordanza tra norme CEI e IEC, prevarranno le prescrizioni di quelle nazionali.

3.6 - Schemi elettrici

L'impresa esecutrice deve fornire, ove mancanti, gli schemi completi degli impianti elettrici con indicato il percorso delle dorsali, delle cassette di derivazione dei punti luce, con indicata la posizione di tutti i quadri elettrici ed il collegamento unifilare con i quadri elettrici di cabina o generale.

Il quadro elettrico deve essere provvisto del proprio schema unifilare e funzionale indicante le principali caratteristiche degli apparecchi, nonché la sezione delle linee in partenza e la loro destinazione.

Negli impianti TN, nel locale cabina deve essere esposto lo schema del quadro di cabina M.T./B.T. su apposito pannello protetto.

Riferimenti normativi dei segni grafici nei quadri e piani di installazione: CEI CT3.

Tutti i quadri devono essere certificati conformi alle norme CEI EN 60439/1 - CEI 17.13/1 con verbale di collaudo del costruttore.

Documentazione

A corredo dei quadri dovrà essere fornita la seguente documentazione:

- disegno di ingombro del quadro
- disegno della sezione tipica
- cataloghi illustrativi
- schemi elettrici unifilari e multifilari
- schemi elettrici funzionali
- schemi dei circuiti ausiliari
- schemi delle morsettiere di interno
- manualistica di manutenzione ordinaria e straordinaria
- elenco apparecchiature di dotazione
- certificati ufficiali attestanti la rispondenza dei quadri alle Norme CEI 17-6 e/o IEC 298 e DPR 547 nonché delle prove di tipo eseguite
- documentazione delle prove di tipo
-

3.7 - Parti di ricambio ed attrezzi speciali

Per ogni quadro dovranno essere fornite le seguenti parti di ricambio ed attrezzature:

- n. 3 portalampade completi di coppetta colorata per ogni tipo
 - n. 3 divisori capacitivi
 - n. 1 gruppo motore di manovra interruttore
 - n. 1 terna di fusibili per protezione lato primario TV
- tutti gli attrezzi speciali necessari per l'operazione di inserzione-estrazione apparecchiature e di manovra delle stesse.

3.8 - Complessi di rifasamento in bassa tensione

I complessi per il rifasamento possono essere inseriti in appositi armadi completamente indipendenti dal quadro di bassa tensione a cui sono associati, oppure integrati nel quadro, entro scomparti dedicati, segregati completamente dal quadro principale.

Devono essere dimensionati per garantire un fattore di potenza non inferiore a 0,92 in ritardo, in tutte le condizioni di carico.

Ciascun complesso di rifasamento deve essere inserito in un armadio di tipo prefabbricato in serie (AS) in lamiera di acciaio verniciata, adatto per installazione all'interno, con grado di protezione non inferiore a IP3X.

Per le caratteristiche costruttive dell'armadio, dei cablaggi interni e dei componenti si deve fare riferimento a quanto prescritto per i quadri elettrici di bassa tensione.

Devono essere previsti dispositivi che limitino le correnti di inserzione dei condensatori ai valori massimi definiti nelle relative norme di riferimento.

Per la determinazione di tali dispositivi si deve tener conto:

- delle condizioni più gravose di esercizio
- di eventuali ampliamenti
- di altri complessi eventualmente collegati in parallelo.

I complessi di rifasamento devono essere provvisti di resistenze di scarica incorporate.

I complessi di rifasamento devono essere completi di:

- trasformatori di misura
- protezioni
- dispositivi di comando e di controllo per l'inserzione e lo stacco dei condensatori
- cosfmetro
- voltmetro con commutatore
- amperometro (valore efficace della corrente) con commutatore.

Norme di riferimento:

- CEI 17.13 per gli armadi
- CEI 33-5 per i condensatori

- altre norme CEI applicabili per i componenti.

Tipo ad inserzione fissa

I complessi ad inserzione fissa devono essere ad inserimento manuale, costituiti da:

- un organo di protezione in ingresso
- eventuale reattanza limitatrice della corrente di inserzione
- batteria di condensatori
- dispositivo di scarica
- lampade di segnalazione presenza tensione.

Tipo ad inserzione automatica

Devono essere costituiti da più unità o batterie di condensatori, inseribili o disinseribili tramite regolatore automatico in funzione della potenza reattiva assorbita dal sistema, completi di:

- organo di protezione in ingresso
- batterie di condensatori, per costituire i vari gradini di inserzione (almeno 5)
- sezionatore, fusibile e contattore per ciascun gradino
- regolatore automatico
- dispositivi per il controllo automatico e per il comando dei gradini
- sistema di ventilazione interno (se richiesta negli elaborati di progetto)
- induttanze di blocco di determinate armoniche (se richiesto dalle caratteristiche circuitali).

Deve essere possibile inserire il primo gradino in modo autonomo dal processo automatico selezionato dal regolatore automatico tramite un selettore automatico/manuale.

La potenza della batteria di condensatori del primo gradino deve essere tale da avvicinarsi alla potenza a vuoto dissipata dal trasformatore o dai trasformatori, inseriti in parallelo, di alimentazione in modo da realizzare, con tale gradino, il condensatore fisso di rifasamento.

Il regolatore deve essere completo di:

- circuito amperometrico
- circuito voltmetrico
- moltiplicatore corrente-tensione
- regolatore di sensibilità
- amplificatore di segnale
- dispositivo elettronico per la gestione delle batterie di condensatori
- comandi: automatico-manuale e inserzione-disinserzione dei condensatori.

Le caratteristiche principali del regolatore devono essere:

- tensione di esercizio 400 V
- corrente amperometrica 5 A
- tempo di risposta 20 secondi circa.

Caratteristiche delle batterie di condensatori

Le singole batterie di condensatori devono avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di dimensionamento 550 V
- tensione di esercizio 400 V
- frequenza nominale 50 Hz
- collegamenti a stella o triangolo
- tensione di prova tra i terminali in c.a. per 10 secondi 700 V
- tensione di prova tra i terminali e la cassa per 10 secondi 3 kV
- categoria di temperatura C

I condensatori devono essere costruiti con dielettrico di tipo autorigenerabile, non inquinante e non contenente liquido.

Le perdite devono essere inferiori a 0,5 W/kVAR.

Se installati all'interno di un quadro di bassa tensione i condensatori devono risultare segregati dal resto del quadro.

I condensatori devono essere dotati di dispositivo anticoppio.

Armoniche o risonanza

Le componenti armoniche presenti in rete o generate da dispositivi inseriti nel progetto non devono causare riduzioni della vite media dei condensatori o causare anomalie nel funzionamento dei complessi di rifasamento.

I complessi di rifasamento devono in particolare essere adatti a coesistere con gruppi statici di continuità, inseriti nel sistema elettrico.

Modalità di posa

La disposizione delle apparecchiature deve essere scelta in modo che:

- il calore dei componenti sia smaltito senza danneggiarne altri adiacenti
- vi sia possibilità di ispezione visiva degli apparecchi di manovra
- siano facilmente accessibili i componenti interni, quali: relé, sganciatori, fusibili, indicatori luminosi, ecc..

Le apparecchiature di protezione, le linee di collegamento, i dispositivi di manovra e più in generale i circuiti di potenza devono essere dimensionati per una corrente pari a 1,5 volte le correnti nominali delle batterie dei condensatori alimentate.

3.9 - Impianti di distribuzione in sede “protetta”

Per gli attraversamenti o distribuzione di impianti all'esterno si devono praticare degli scavi (profondità non inferiore a 0,5 m) seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi.

Ad intervalli di circa 25 / 30 m e ad ogni derivazione si devono interporre dei pozzetti rompitratta (in muratura o prefabbricato) per agevolare la posa delle condutture e consentire l'ispezione ed il controllo dell'impianto.

I cavi, anche se del tipo per posa direttamente interrata, devono essere protetti meccanicamente mediante tubi “guaina”.

Le tubazioni che porteranno i cavi saranno in resine poliviniliche serie media (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N) per i tratti non soggetti al transito diretto di carichi pesanti, ad esempio lungo il ciglio di banchina e/o le pertinenze stradali, serie pesante, invece, (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 1250 N) per i tratti su sede stradale.

Dette tubazioni saranno autoestinguenti e piegabili a freddo, e dovranno essere interrate annegate in un getto di cls “magro” dello spessore minimo di 7 cm e sovrastante strato di sabbia per cm 10, ed aventi diametro interno almeno pari ad 1.5 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti; in alternativa alle tubazioni in PVC rigido potranno essere impiegate tubazioni in PVC flessibili serie pesante tipo “Dielectrics”, tipo a doppia parete di cui quella interna liscia e quella esterna corrugata, nel qual caso in corrispondenza degli attraversamenti dei pozzetti antispandimento dovranno essere raccordati con spezzoni di tubo in PVC passanti attraverso la flangia flessibile di tenuta.

Tutte le tubazioni “guaina” utilizzate per la rete di distribuzione elettrica dovranno riportare visibilmente la marchiatura IMQ ed essere dotate di filo “pilota” in acciaio zincato.

Il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa; le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi e le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange tali da evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Il percorso interrato deve essere segnalato, ad esempio colorando opportunamente i tubi (si deve evitare il colore giallo, arancio, rosso).

Devono essere sigillati gli ingressi delle tubazioni nei pozzetti.

I pozzetti devono essere posati a regola d'arte lungo i cavidotti. Tutti i pozzetti dei conduit sono di tipo con chiusino in c.l.s., a tenuta.

Nei pozzetti si deve prevedere un apposito sistema di drenaggio per eventuali infiltrazioni di acqua.

3.10 - Cassette di derivazione

Tutte le cassette per gli impianti in vista, a parete o in cunicolo, devono essere metalliche del tipo in pressofusione di alluminio per le derivazioni a “vista” in galleria o in materiale isolante autoestinguento molto robusto (resine termoplastiche a base di tecnopolimeri) per le derivazioni in sede “protetta” o per quelle all'interno dei manufatti esterni di galleria, con un grado di protezione IP adeguato alla loro ubicazione, con imbocchi ad invito per le tubazioni, con passacavi o con pressacavi.

Le cassette in lega leggera di alluminio pressofuso (UNI 5076 – con spessore minimo delle pareti di 3 mm) saranno verniciate internamente ed esternamente a polvere con vernice antigraffio polimerizzata a 180°C, dopo un preventivo

speciale trattamento galvanico al cromo, applicato prima della verniciatura, a garanzia di una maggiore protezione alla corrosione.

Devono avere imbocchi filettati UNI-ISO 7/1, oppure 6125 AD.PE, per connessioni a tubi in acciaio zincato e saranno fornite di pressacavi in acciaio inox ed avere un morsetto per la loro messa a terra.

Devono soddisfare le seguenti caratteristiche:

- grado di protezione IP 67
- autoestinguenza secondo le Norme IEC 695-2-1, CEI 50:11 e V2 secondo le Norme UL 94
- elevata termostabilità
- elevata resistenza al calore anormale
- isolamento contro i contatti accidentali
- elevate caratteristiche dielettriche
- elevata resistenza meccanica
- elevata resistenza agli agenti atmosferici e chimici

Devono poter essere installate a parete o ad incasso con sistema che consenta planarità e parallelismi.

Nella versione da parete le cassette devono avere grado di protezione almeno IP56.

I coperchi devono essere rimossi solo con attrezzo; sono esclusi i coperchi con chiusura a pressione per cui saranno dotati di viti imperdibili di chiusura in acciaio inox e guarnizione di tenuta sono in elastomero antinvecchiante.

DIMENSIONI DI MASSIMA:

- Da parete 185 x 185 x 95 mm
- Da incasso 250 x 250 x 70 mm

Tutte le cassette devono contenere morsettiera modulare con morsetti a mantello del tipo a sella con doppia vite di chiusura in acciaio inox e gli eventuali separatori fra circuiti appartenenti a sistemi diversi, fissati su di una piastra di fondo in lamiera zincotropicalizzata .

Il loro fissaggio alle strutture murarie dovrà avvenire tramite tasselli ad espansione;

Le cassette per l'impianto di trasmissione dati dovranno essere distinte e separate da quelle degli altri sistemi.

Potranno essere comuni, ma dotati di separatori interni, le cassette appartenenti a sistemi di energia alimentati da fonti diverse (ordinaria, preferenziale, sotto continuità), o con livelli di tensione diversa (sistemi di I categoria o in bassa tensione di sicurezza).

Limitatamente agli impianti destinati a gestire eventuali situazioni di emergenza con derivazioni a "vista" (Illuminazione permanente/sicurezza), allo scopo, infine, di garantire la continuità elettrica del cavo di dorsale anche in caso estremo di incendio, le cassette di derivazione adottate saranno del tipo resistenti al fuoco, assicurando la continuità elettrica a 920°C per 20minuti (curva di temperatura di 75 min) in conformità alle condizioni termiche ed elettriche della norma NFC 32-070 (IEC 60331), realizzate in materiale termoplastico caricato fibra di vetro e Acciaio inox, esente da alogeni ed a bassissima emissione di gas tossici e fumi opachi. La caratteristica principale di tale cassetta è rappresentata dal fatto che il cavo principale (dorsale) viene collegato, senza essere sezionato, su una morsettiera in acciaio tropicalizzato equipaggiata di viti autopercoranti , montata su un supporto in steatite di elevato spessore.

Saranno inoltre caratterizzate da un grado di protezione IP65 in modo da resistere anche ai lavaggi ad alta pressione richiesti in fase di manutenzione e gestione della galleria per preservare la chiarezza delle pareti.

Anche queste cassette, in caso di avaria dell'utenza servita in derivazione dovuta a un qualsiasi fattore (fuoco, cortocircuito, ecc.), garantiscono, grazie alle protezioni in esse installate (la cassetta comprende infatti una o più base portafusibile in porcellana con fusibili I=1A fissata con 2 viti d'acciaio inox su un risalto del fondo della scatola), la continuità elettrica della linea ad elevata temperatura stabilizzata per oltre 20 minuti, in conformità alla norma NFC 32-070.

I cavi resistenti al fuoco attraverseranno quindi la cassetta per mezzo di pressacavi in acciaio inox in funzione del diametro del cavo (un morsetto di terra in acciaio inox M5 passante è montato sulla cassetta stessa). All'interno della cassetta, il cavo sarà fissato ad una morsettiera con morsetti d'acciaio inossidabile e trattamento di tropicalizzazione fissata su di un supporto in resistente al fuoco, fissato da 2 viti d'acciaio inox su di un sovrasspessore del fondo della cassetta.

Le derivazioni sono previste attraverso pressacavi M20 oppure M25 montati sul lato inferiore della cassetta mentre due guarnizioni di tenuta cosiddette a "lumaca" garantiscono la tenuta stagna della dorsale che attraversa la cassetta stessa, senza essere interrotta, la quale ha Grado di protezione IP65

Modalità di posa

Le cassette devono essere di tipo modulare, con altezza e metodo di fissaggio uniformi.

Nella posa deve in ogni caso essere allineato il filo inferiore di tutte le cassette installate nel medesimo ambiente. Devono avere idonei raccordi di giunzione alle tubazioni e idonee guarnizioni, onde ottenere il grado di protezione richiesto.

Particolare cura deve essere posta per l'ingresso e l'uscita dei tubi, in modo da evitare strozzature e consentire un agevole infilaggio dei conduttori.

Le cassette e le scatole di derivazione devono essere munite di morsettiere di derivazione in materiale ceramico, nei casi in cui siano interessati circuiti con cavi resistenti al fuoco secondo CEI 20-36 e autoestinguenti nei rimanenti casi.

Prescrizioni generali

Non è ammesso collegare o far transitare nella stessa cassetta conduttori anche della stessa tensione, ma appartenenti ad impianti o servizi diversi (luce, FM, ausiliari, telefono).

In alcuni casi, dove espressamente citato, una cassetta può essere utilizzata per più circuiti; devono essere previsti in tal caso scomparti separati. Il contrassegno sul coperchio viene applicato per ogni scomparto della cassetta.

Sul corpo e sul coperchio di tutte le cassette deve essere applicato un contrassegno da stabilire con la D.L. per indicare l'impianto di appartenenza (luce, FM, ecc.) e per precisare le linee che l'attraversano.

E' tassativamente proibito l'impiego di morsetti di tipo autospellante.

I morsetti di terra e di neutro devono essere contraddistinti con apposite targhette.

Art. 4

SEGNALETICA VERTICALE DI EMERGENZA

4.1 – Segnali luminosi

Per completare l'informazione agli utenti delle gallerie in caso di emergenza, si predisporrà all'interno di tutte le gallerie una conveniente segnaletica di emergenza rispondente alla Circ. ANAS 7735/99 ed avente lo scopo di fornire ai viaggiatori diverse segnalazioni di sicurezza quali:

Direzione vie di fuga con relativa distanza dalle uscite all'aperto e dai luoghi "sicuri" ogni 75 m (alternativamente sui due piedritti della galleria) .

Tutta la segnaletica di emergenza prevista in galleria sarà composta da un certo numero di segnali verticali bifacciali di tipo retroilluminato realizzati con cassonetto in acciaio inox AISI316 o alluminio semicrudo puro al 99% (nel primo caso avranno spessore non inferiore a 10/10 di mm e di 12/10 nel caso di dimensione minima libera superiore a 1,20 m, nel secondo caso avranno spessore non inferiore a 25/10 di mm e di 30/10 nel caso corrispondente), e pannello frontale in materiale autoestinguento, ad elevata resistenza meccanica, alle escursioni termiche, agli agenti corrosivi, agli idrocarburi e all'invecchiamento ai raggi UV ; tale schermo sarà costituito da lastra in policarbonato (LEXAN) sp. 3-4 mm, completo di idonee guarnizioni in gomma siliconica a cellula chiusa in modo da garantire un grado di protezione IP 65.

Essi saranno installati all'interno della galleria e tali da fornire le indicazioni di emergenza all'utenza stradale anche in presenza di condizioni di scarsa visibilità per fumi (distanze e direzioni delle uscite all'aperto o luoghi sicuri) .

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola oppure, secondo le dimensioni del cartello, mediante opportuni profilati saldati posteriormente. Qualora le dimensioni dei segnali dovessero superare la superficie di 1,25 m², i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento saldate secondo le mediane o le diagonali. Qualora poi i segnali fossero costituiti da due o più pannelli contigui, questi dovranno essere perfettamente accostati mediante angolari, in metallo resistente alla corrosione, opportunamente forati e muniti di un sufficiente numero di bulloni zincati.

Ad evitare forature, tutti i segnali dovranno essere forniti di attacco standard (adatto a sostegni in ferro tubolari Ø 48 o Ø 60) composto da staffe a corsoio della lunghezza utile di 12 cm saldate al segnale, da controstaffe in acciaio inox di spessore non inferiore a 3 mm nonché da bulloni e relativi dadi sempre in acciaio inox .

L'altezza di posa dei segnali dovrà essere compresa tra 1,50 e 1,80 m, misurati tra il bordo inferiore dei cartelli ed il piano stradale; ove comunque speciali motivi di visibilità non dovessero consigliare altrimenti, tale altezza dovrà essere di 1,80 m.

La segnaletica luminosa oggetto del presente appalto verrà realizzata utilizzando, per la retro illuminazione, un sistema di diffusione della luce che dovrà consentire l'interazione di due sistemi di illuminazione: uno attivo ed uno passivo.

I segnali luminosi, che dovranno essere conformi alle Norme del Nuovo Codice della Strada e del relativo Regolamento di esecuzione, dovranno essere omologati presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti o comunque dovrà essere dimostrata la loro omologazione in corso mediante presentazione di richiesta al Ministero e della documentazione attestante il superamento, presso laboratori accreditati, almeno delle seguenti prove:

prove di resistenza alle alte e basse temperature da effettuare in conformità a quanto previsto ai punti 9.2.8 e 9.2.9.2 della norma tecnica CEI 214-2/1;

- prove fotometriche, colorimetriche e tecnologiche da effettuare sul segnale retroilluminato secondo la EN 12899-1;
- prova di tenuta all'acqua ed alle polveri (grado da raggiungere IP 65) da effettuare secondo la norma EN 60529 (1999) – EN 60598 (2000);
- prova di sicurezza elettrica secondo la norma EN 60598-1 e EN 60598 - 2-1;
- prova di compatibilità elettromagnetica secondo la norma EN 50081-1 e EN 50082-2;
- prova in nebbia salina secondo la norma CEI 214;
- prova di resistenza all'impatto secondo le norme EN 12899-1 , EN 60598-1 , CEI 214-2/1:1998-10;
- prova in ambiente con anidride solforosa e acido solfidrico secondo le norme IEC 60068-2-42-1982-01 ; IEC 60068-2-43-1976-01 ; CEI214-2/1:1998-10;
- prove di resistenza ai raggi UV, adesività e shock termico della pellicola retroriflettente.

La norma EN 12899-1 dovrà essere tenuta come riferimento per tutte le altre caratterizzazioni dei dispositivi e relative modalità di misura.

Al fine di ridurre al minimo gli interventi di pulizia o manutenzione ai componenti ottici interni la struttura (cassonetto), dovendo contenere all'interno il sistema di diffusione della luce, dovrà garantire l'ermeticità del vano ottico mediante la corrispondenza al fattore di protezione alla penetrazione delle polveri e dell'acqua pari a IP 65.

Al fine di consentire inoltre una facile manutenzione del segnale senza alterare il grado di protezione, la eventuale sostituzione delle lampade dovrà essere possibile mediante apertura parziale del cassonetto con idonei accessi laterali o inferiori, comunque, senza dover assolutamente smontare le facce anteriori o posteriori la cui rimozione potrebbe compromettere il sistema ottico interno.

Il segnale dovrà essere infatti retroilluminato mediante un sistema di diffusione della luce attivato, a seconda delle dimensioni, da una o più lampade fluorescenti al neon ad alta luminosità e lunga durata abbinata ad appositi diffusori di luce.

In particolare dopo l'apertura della portella di accesso si dovrà poter accedere ad uno o più carrelli portalamпада estraibili realizzati in alluminio e dotati di un dispositivo inferiore antivibrazione e di un dispositivo di bloccaggio fine corsa a carrello aperto che, sganciato completamente, consenta lo smontaggio del carrello stesso per un'agevole eventuale sostituzione di tutti i componenti elettrici interni.

All'atto dell'apertura inferiore/laterale, un microswitch magnetico dovrà consentire l'immediato stacco dell'alimentazione a tutto il segnale e, successivamente, nella parte inferiore del carrello estraibile si dovrà trovare installato un ulteriore connettore elettrico il quale, una volta sganciato, potrà consentire in piena sicurezza l'estrazione ed eventuale totale rimozione del carrello contenente lampade ed apparecchiature elettriche.

Le lampade dovranno essere fissate al portalamпада mediante ghiere di protezione ed idonee clips di fissaggio aventi anche la funzione antirotazione ed antivibrazione.

Al fine di consentire un elevato grado di uniformità della luminosità interna oltre ad essere adottati adeguati criteri di tamponamento delle pareti interne della struttura costituente il cassonetto mediante applicazione di apposita pellicola bianca, dovranno essere impiegati dei particolari diffusori di luce applicati direttamente sui singoli neon mediante idonee mollette di aggancio.

La/le faccia/e rappresentanti il messaggio segnaletico dovranno essere realizzate mediante l'impiego di apposite pellicole retroriflettenti e semitrasparenti di Classe 2[^] Speciale, tipo SCOTCHLITE DIAMOND GRADE traslucida tipo 3990T che saranno, a loro volta, ricoperte da particolare pellicola protettiva antigraffiti.

Le caratteristiche colorimetriche, fotometriche e di durata delle pellicole retroriflettenti e semitrasparenti dovranno rispondere ai requisiti previsti per la Classe 2 come prescritto nel Disciplinare Tecnico approvato con D.M. 31/3/95 del Ministero dei LL.PP.

La Ditta aggiudicataria dovrà precisare, prima della consegna dei lavori, le garanzie di durata dei prodotti offerti e dovrà garantire la perfetta conservazione della segnaletica verticale, sia con riferimento alla sua costruzione, sia in relazione ai materiali utilizzati, per tutto il periodo di vita utile, secondo quanto di seguito specificato:

- Segnali luminosi con pellicola semitrasparente e retroriflettente ad elevata efficienza - Classe 2 e Classe 2 speciale: mantenimento dei valori fotometrici entro l'80% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 10 anni in condizioni di normale esposizione verticale all'esterno.

Nell'installazione dei segnali si intendono compresi tutti i collegamenti elettrici al pozzetto di derivazione più vicino. Questi segnali dovranno rimanere sempre accesi e pertanto saranno alimentati da una unica linea di alimentazione in cavo di tipo F-G100M1-0,6/1KV a doppio isolamento, non propagante l'incendio, a bassa emissione di gas corrosivi, assenza di fumi opachi e a bassa tossicità, rispondenti alle norme CEI 20-22III, 20-36, 20-38, IEC 33/1 e 332-3 posati su tubazione in PVC ubicata in sede "protetta" all'interno del bauletto in cls retrostante l'elemento marginale redirettivo di carreggiata.

I cavi di derivazione ad ogni segnale saranno dello stesso tipo ma resistenti al fuoco (tipo FTG10), protetti da tubo in acciaio inox graffettato a muro a mezzo di accessori in acciaio inox, a norme CEI 20-22II, 20-45, 20-36,, 20-38, IEC 332-3, di sezione 3x2,5 mmq, terzo conduttore giallo/verde per il collegamento di terra dei singoli segnali.

Il circuito di alimentazione dei segnali sarà sotto UPS e gruppo elettrogeno in quanto circuito di sicurezza.

Cartello indicazione via di fuga

Con riferimento alla succitata circolare, ogni 75 m, alternativamente sui due piedritti della galleria, andrà inoltre posto il segnale luminoso di fig. 7 oppure di fig. 8, secondo le indicazioni degli schemi in fig. 9 ed in fig. 10, in modo da indicare le vie di fuga più vicine e la relativa distanza. In particolare, il segnale verde di fig. 7 indicherà la distanza dalle uscite all'aperto (imbocchi, finestre, ecc.); il segnale di fig. 8 indicherà, invece, la direzione e la distanza dall'eventuale luogo sicuro (camere pressurizzate, by-pass, ecc.) più vicino.

Sarà costituito da un cassonetto luminoso bifacciale a tutto schermo, a forma di parallelepipedo con base triangolare di dimensioni 600x600x1000 mm e altezza 110 cm; il supporto dovrà garantire elevata visibilità all'utente sia in condizioni ordinarie di guida sia in caso di abbandono del veicolo per condizioni di emergenza; dovrà inoltre conferire notevole stabilità e robustezza alla struttura rivelandosi particolarmente invulnerabile agli urti provocati dagli oggetti proiettati dal traffico veicolare (oggetti, lacci e teli degli autocarri, spazzoloni per pulizia pareti)

Il cartello sarà provvisto di:

- doppio attacco posteriore in barra omega od equivalente per fissaggio dello stesso alla parete o al rivestimento della galleria;
- impianto di illuminazione interna realizzato con due lampade fluorescenti 18W montate in posizione tale da garantire una luce uniformemente distribuita su tutto il segnale;
- apparecchiature elettriche e relativo impianto in classe di isolamento II;
- staffe regolabili ed accessori per l'installazione.

Per la protezione meccanica del cavo di collegamento e della relativa derivazione sarà presente una protezione metallica alla base del cartello costituita da lamiera in acciaio INOX AISI 316 spessore 10/10, altezza 100 mm.

Composizione del cartello:

n.	1	Cartello in acciaio a base triangolare di dimensioni 600x600x1050 mm ed altezza 1100 mm
n.	1	Parallelepipedo a base triangolare in policarbonato (Lexan) dim.600x600x1050 h 1000mm sp. 3mm
n.	2	Pellicola adesiva Scotchlite Diamone Grade
m.	1,15	Profilo ad Omega in acciaio 41x21 mm
n.	2	Plafoniera 1x18 W IP 65 e classe di isolamento II
n.	1	Cassetta di derivazione Dim. 120x80 mm completa di morsetti e fusibili n° 1 pressacavo PG 13.5 e n° 2 pressacavo PG 11

Composizione sistema di fissaggio a parete

m.	1	Barra filettata 10MA in acciaio
n.	4	Dado in acciaio 10MA
n.	4	Rondella in acciaio 10X40

In corrispondenza di ciascun luogo sicuro all'interno della galleria andrà posto a bandiera il segnale luminoso di fig. II 177 art. 125 del DPR 495/92.

4.2 – Verniciatura pareti verticali

Qualunque operazione di tinteggiatura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accurata preparazione delle superficie con le modalità ed i sistemi piu' atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro, e che, nel caso in questione, potrà essere realizzata mediante applicazione a spruzzo di specifico prodotto detergente .

In ogni caso l'onere relativo si intende compensato con la voce di elenco prezzi relativa alla tinteggiatura.

Questa dovrà essere realizzata, anche a spruzzo, mediante ciclo di pitturazione eseguita a piu' mani con prodotto non infiammabile a base di copolimeri epossiacrilici a due componenti esente da solventi e diluibile in acqua,, previa pulizia e preparazione della parete mediante rotolavaggio a pressione, una mano di imprimitura acrilica e tre mani di pittura epossiacrilica bicomponente del colore bianco RAL 9010 ed arancio RAL 2002, avente la seguente composizione:

- residuo non volatile: 65-70 % in peso;
- pigmento biossido di titanio 40 % in peso su residuo secco;
- massa volumica 1.250 - 1.300 g/l.

La miscelazione dei prodotti monocomponenti con i diluenti e dei bicomponenti con l'indurente ed il relativo diluente dovrà avvenire nei rapporti indicati dalla scheda tecnica del fornitore della pittura. Per i prodotti a due componenti sarà necessario controllare che l'impiego della miscela avvenga nei limiti di tempo previsti alla voce "Pot-life".

Le opere ed i manufatti da sottoporre a trattamento di verniciatura dovranno essere asciutti sia in superficie che in profondità; il tenore di umidità, in ambiente al 65% di U.R. non dovrà superare il 2%.

Dovrà accertarsi ancora che il grado di alcalinità residua dei supporti sia a bassissima percentuale (l'accertamento del grado di alcalinità verrà effettuato, previa scalfitura delle superfici ed inumidimento con acqua distillata, con una soluzione di fenolfaleina all'1% mediante tamponamento. La comparsa di colorazione violetta e la tonalità della stessa sarà indice del grado di alcalinità), viceversa si dovrà ricorrere all'uso di idonei prodotti onde rendere neutri i supporti stessi od a prodotti vernicianti particolarmente resistenti agli alcali.

Si intende compreso tra gli oneri d'opera il trattamento preliminare del supporto di calcestruzzo con lavaggio di acqua in pressione fino a 200 bar, stuccatura di eventuali irregolarità con stucco epossidico, nonché i maggiori oneri per la rifinitura dei bordi superiore ed inferiore che dovranno presentarsi netti e rettiline.

Le operazioni di verniciatura non dovranno venire eseguite, di norma, con temperatura inferiori a 5°C o con U.R. superiore all'85% (per pitture monocomponenti, a filmazione fisica) e con temperature inferiori a 10°C ed U.R. superiore all'80% (per pitture bicomponenti, a filmazione chimica).

La temperatura ambiente non dovrà in ogni caso superare i 40°C, mentre la temperatura delle superfici dovrà sempre essere compresa fra 5 e 50°C.

Art.5

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

5.1 - Galleria

In relazione alla sezione trasversale tipologica all'interno della galleria, disponendo di un minimo franco verticale interno tra altezza della sagoma limite da rispettare ed intradosso del controsoffitto, nonché nel tentativo di trovare una soluzione uniforme per l'intero sviluppo della galleria stessa, si è optato per un sistema di illuminazione di tipo trasversale, installando cioè i corpi illuminanti su entrambe le pareti verticali laterali al di sopra dell'ingombro dell'elemento marginale redirettivo in modo da non ingombrare la sezione utile, ad un'altezza tale da ottimizzare sia il flusso luminoso che il conseguente assorbimento di energia impiegata e, nel contempo, tale che l'allineamento dei centri luminosi possa risultare utile anche come "guida ottica" per gli utenti stradali.

Tutti i corpi illuminanti vanno presentati alla Direzione Lavori che potrà a suo avviso accettare o richiedere la loro sostituzione con modelli più appropriati.

Tutti i corpi illuminanti dovranno possedere i requisiti di conformità alle CEI 34-21 ed essere provvisti di idonea certificazione di conformità alle normative relative (IMQ o equivalenti).

Vengono utilizzate lampade ai vapori di sodio alta pressione, in linea con quanto suggerito dalla circolare ANAS.

Nel progetto si prevedono più circuiti indipendenti, in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema di illuminazione.

Gli apparecchi illuminanti non dovranno essere installati a portata di mano del pubblico (< 2.5 m da terra) e dovranno essere fissati in modo sicuro, protetti da urti od altre azioni meccaniche.

- Apparecchi di illuminazione

Gli apparecchi di illuminazione ed i relativi componenti (alimentatori, ecc.) devono essere conformi alla Legge 791/77 ed alle norme CEI relative, emesse da Organismi riconosciuti (CEI, ecc.); l'apposizione del Marchio Italiano di Qualità (IMQ) o altro Marchio equivalente ne attesta la conformità. Devono inoltre essere provviste di documentazione e fotometrica conforme al pr. UNI U29000100, che può essere rilasciata dal costruttore, se dotato di adeguato laboratorio, o da un laboratorio esterno riconosciuto.

L'illuminazione della galleria farà uso di adeguati corpi illuminanti in pressofusione d'alluminio con grado di protezione IP65 che montano lampade al sodio ad alta pressione per l'illuminazione "corrente" (rinforzi e permanente) e lampade fluorescenti lineari per l'illuminazione di sicurezza.

Per tutta la galleria si farà uso di proiettori a di illuminazione con ottica simmetrica a disposizione bilaterale affacciata, disposti sulle pareti verticali laterali con angolo di inclinazione di 45° realizzabile a mezzo di apposite staffe da fissare nel rivestimento cementizio, ciascuno composto da un corpo in estruso di alluminio, due coperchi in lega di alluminio pressofuso, un vetro di protezione piano e temperato.

Si tratterà di apparecchi ad apertura frontale con IP65 in modo da consentire agevoli operazioni di manutenzione all'interno del corpo illuminante.

Tutti i corpi illuminanti dovranno presentare una totale assenza di spigoli vivi, di elementi avvitati con viti autofilettanti e di elementi rivettati con funzione portante; le cerniere e gli elementi di chiusura e fissaggio dovranno essere esclusivamente in acciaio inox AISI 316L.

Sono obbligatori trattamenti superficiali contro la corrosione, ad eccezione dei particolari in inox passivati.

-Per tutti i materiali di cui sopra si richiede la verniciatura completa, anche internamente, con polveri poliesteri (spessore medio 100 mm, minimo 60 mm) previo trattamento di sgrassaggio e preparazione delle superfici. Il ciclo di verniciatura sarà considerato accettabile quando superi positivamente le prove in nebbia salina (CEI 50-15) con una esposizione di almeno 500 ore.

-Sono considerati preferenziali, ma non necessariamente sufficienti, pretrattamenti di cromatazione e fosfocromatazione.

Per gli estrusi e le lamiere in alluminio, imbutite o saldate, è richiesta in alternativa alla verniciatura, l'ossidazione anodica con spessore medio di 20 micron.

-I particolari in acciaio non inox sono ammessi solo interamente all'apparecchio e devono essere zincati.

Viterie, perni, ganci ed analoghi particolari esterni sono esclusivamente in acciaio inox AISI serie 304 classe A2.

Nell'accoppiamento dei materiali si deve evitare la formazione di coppie elettrolitiche (ad esempio rame e le sue leghe a diretto contatto con alluminio)

La parte traslucida dell'apparecchio deve essere in vetro temperato di sicurezza garantito conforme alla Norma UNI 7142, satinato trasparente antishock con guarnizione ai siliconi di tenuta antinvecchiamento; l'intera struttura dell'apparecchio sarà dimensionata per permettere liberamente la dilatazione termica del vetro, conseguente al funzionamento della lampada di massima potenza prevista.

Il vetro dovrà avere spessore minimo di almeno 8 mm se non intelaiato e spessore pari ad almeno 4 mm se intelaiato, con spigoli e vertici smussati, bloccato da 4 dispositivi scrocchi-cerniere/chiusura in acciaio inossidabile AISI 316L V4A, spessore 2/3mm, a scatto rapido, impedibili che ne consentono l'apertura, il ribaltamento e la sospensione nelle operazioni di manutenzione e realizzate altresì per impedire l'accidentale apertura dell'armatura durante l'eventuale lavaggio automatizzato a rullo.

In nessuna condizione deve potersi verificare il contatto, con parti accessibili, taglienti o abrasive.

Le testate del corpo possono essere fisse o mobili: in questo ultimo caso si disimpegnano senza uso di utensili e rimangono comunque vincolate alla parete principale.

Si verificano i seguenti casi:

-vetro inamovibile, con testate mobili: l'accesso viene attraverso la testata con estrazione diretta della lampada o mediante traslazione parziale del gruppo ottico verso l'esterno. In questi casi si deve garantire che nessuna parte del gruppo ottico si deformi o che vengano alterate le condizioni di sicurezza.

-Vetro inamovibile con testate fisse: il gruppo lampada – porta lampada è montato su un supporto isolante, che si applica a tenuta stagna e senza uso di utensili attraverso un foro ricavato nella testata; esso deve essere facilmente impugnabile, in materiale isolante resistente alla fiamma e all'accensione secondo CEI 34-21, sezione 13 e non aggredibile da agenti chimici presenti nella galleria.

-Vetro mobile su telaio, testate fisse: si accede direttamente alle lampade e, se presenti, anche agli accessori elettrici.

Per il dispositivo di chiusura sarà preferibile un azionamento rapido del tipo a scrocco, in acciaio inox AISI 316L, azionato a mano senza l'ausilio di attrezzi o utensili da lavoro, di tipo imperdibile.

In ogni caso valgono le seguenti regole generali:

- Si deve accedere alle lampade esclusivamente senza l'uso di utensili.

- Le operazioni, per il ricambio delle lampade non devono obbligare all'uso contemporaneo delle due mani

- In considerazione del particolare inquinamento per queste applicazioni e con i vincoli proposti dalla natura dell'impianto, sono da preferire soluzioni che espongono l'interno del vano ottico al minimo contatto con l'esterno (es. aperture più piccole, tempi di intervento più brevi).

- La posizione delle lampade a manutenzione completata deve ripristinare la condizione iniziale, senza interventi di controllo.

- Per il ricambio delle lampade non deve essere necessario rimuovere, o spostare dalla posizione originaria, gli accessori elettrici ed i collegamenti interni all'apparecchio; qualora siano previste allo scopo connessioni a mezzo di connettori (CEI 23-13), il percorso dei cavi deve essere vincolato, fatta eccezione per il tratto immediatamente prossimo alla connessione.

- In fase di chiusura del vano ottico, il grado di protezione IP 65 dello stesso deve essere ripristinato senza particolari accorgimenti da parte dell'operatore.

- Gli ausiliari elettrici, con eventuale eccezione del porta lampada, devono essere fissati su una unica piastra, all'occorrenza rimovibile senza utensili, collegata alla linea di alimentazione e alla lampada esclusivamente con connettori. La configurazione del prodotto, la natura e lo spessore del materiale devono garantire il corretto supporto, senza deformazioni, degli ausiliari necessari al funzionamento della lampada di potenza massima ammissibile, e nelle condizioni di funzionamento più gravose.

- La piastra può essere:

- di metallo protetta contro la corrosione

- di plastica resistente al filo incandescente a 850° C secondo CEI 50-11, con temperatura di rammollimento > 200° C

Gli accessori elettrici dovranno essere installati all'interno dell'apparecchio illuminante in un apposito scomparto segregato o in cassetta porta-accessori elettrici addizionale.

In entrambi i casi il grado di protezione del vano non deve essere inferiore a IP 55 e l'ingresso delle linee di alimentazione deve avvenire con pressacavo antistrappo.

-L'accesso all'interno deve avvenire con queste modalità:

l'apertura non può essere casuale o conseguenza volontaria delle operazioni di manutenzione ordinaria, se esistono parti mobili, esse dovranno restare montate alle parti fisse;

-deve essere evidente la non corretta funzionalità del sistema se il vano non viene richiuso;

-la possibilità di manutenzione in loco degli accessori elettrici, così come la rimozione dell'intera piastra, è consentita solo previo sezionamento della linea di alimentazione. Ciò può avvenire in modo automatico (sezionatore) all'apertura del vano: in caso contrario con connettore conforme alle norme CEI 23-13 che deve essere accessibile prima di ogni altro accessorio;

-l'accesso al vano e l'eventuale manutenzione sugli accessori stessi non devono causare mutamenti alla configurazione del vano ottico.

- **Caratteristiche degli ausiliari elettrici**

-

Dovranno essere installati all'interno dell'apparecchio illuminante in un apposito scomparto segregato o in cassetta porta-accessori elettrici addizionale, i seguenti accessori:

- alimentatore del tipo rispondente alle dimensioni massime previste dalle tabelle UNEL 66013; tensione di alimentazione 230 V; deve consentire due diverse posizioni di fissaggio; sovra temperatura t

massima descritta 70° C, temperatura massima degli avvolgimenti (tw) 130° C; le perdite devono essere contenute entro il limite del 10% della potenza nominale di lampada.

- accenditore del tipo a tre poli a sovrapposizione, rispondente alle norme CEI 34-47 (per le prestazioni) ed alle norme CEI 34-46 (per la sicurezza); la temperatura sull'involucro deve essere inferiore a 85° C.
- condensatore di rifasamento tensione di lavoro minima 250 V, temperatura sull'involucro < 85° C; rispondente alle norme CEI 34-26 di tipo corazzato in esecuzione IP55 costruiti in metfilm. La capacità del condensatore e la sua inserzione devono garantire il rifasamento a cosfi 0,95 o superiore.
- fusibile di tipo ceramico o equivalente, tensione di lavoro 250 V, corrente nominale adeguata al tipo di lampada, con segnalazione di avvenuto intervento e dimensioni di 8,5x31,5 mm.
- le morsettiere devono poter ricevere un cavo di sezione minima di 2,5 mmq. ed essere posizionate in modo che la temperatura del cavo di alimentazione nel suo percorso interno non superi i 90° C.
- cavetteria: sezione minima 1 mmq; la qualità e la natura d'isolamento del cavo deve essere tale da resistere alla temperatura massima dei componenti nel vano ausiliari. Per le lampade a scarica i cavi di alimentazione del portalampe devono poter resistere alla temperatura di almeno 180° C. i cavi devono essere opportunamente ancorati. Nel caso in cui i cablaggi interni abbiano a muoversi durante le operazioni di manutenzione dell'apparecchio di illuminazione, dovranno essere dotati singolarmente di guaina supplementare.
- Lampade: dovranno essere a vapori di sodio ad alta pressione, tubolari a bulbo chiaro (2000°K), attacco E 40 per funzionamento orizzontale con le seguenti caratteristiche minime:
 - durata di vita media = 12.000 ore
 - emissione non inferiore per:
 - Lampada da 150 W di potenza per l'illuminazione di base con flusso di 17.000 lm;
 - Lampada da 400 W di potenza per l'illuminazione di soglia con flusso di 55.500 lm;
 - Lampada da 250 W di potenza per l'illuminazione di rinforzo in transizione con flusso di 33.300 lm;
 - Lampada da 100 W di potenza per l'illuminazione di rinforzo in transizione con flusso di 10.000 lm;
- rispondenti alle Norme C.E.I. 34/24. Il cablaggio degli accessori elettrici interni alla cassetta dovrà essere in classe 2 come per gli apparecchi illuminanti.

Caratteristiche del riflettore

Il riflettore deve essere realizzato in lastra di alluminio placcato 99.8 UNI 4509, spessore minimo 0,5 mm per i tipi fissi e 0,7 mm per i tipi mobili o regolabili, ossidato anodicamente con spessore minimo di 3 micron; il profilo del riflettore deve essere tale da non incrementare la tensione delle lampade a vapori di sodio alta pressione oltre i limiti previsti dalla relativa norma CEI 34-24, completo di guarnizioni in silicone antinvecchiante

Caratteristiche fotometriche

Apparecchi con ottica controflusso

Sono utilizzati preferibilmente in gallerie unidirezionali a due o più corsie per realizzare i tratti di rinforzo all'entrata.

Gli apparecchi sono installati a volta con l'asse della lampada orizzontale e perpendicolare all'asse della galleria; la direzione della massima intensità è orientata in senso contrario a quello di marcia e si colloca nel piano verticale longitudinalmente alla galleria.

L'inclinazione dell'apparecchio rispetto all'orizzontale deve essere di 0°.

Le potenze previste sono 70, 100, 250 e 400 W.

Gli apparecchi sono disposti su due file normalmente sopra la mezzeria di ciascuna corsia.

Il rendimento totale dell'apparecchio non deve essere inferiore al 75%. La percentuale di flusso emessa dall'apparecchio nel semipiano 180° non deve superare il 10% del flusso totale di lampada.

L'intensità massima dovrà essere inferiore a 750 cd/klm; la direzione della massima intensità dovrà essere compresa tra 45° e 60°.

Apparecchi con ottica simmetrica ed asimmetrica

Sono utilizzati in galleria uni o bidirezionali in doppia fila.

Costituiscono un'ottima guida ottica.

Sono impiegati sia per il rinforzo (ottica asimmetrica) che per l'illuminazione di base (ottica simmetrica).

In quest'ultimo caso l'abbagliamento deve essere contenuto a valori di TI inferiori al 10%.

Gli apparecchi vengono installati a canalina con inclinazione 0°, su due file normalmente sulla mezzeria delle corsie con asse lampada parallelo all'asse della galleria. Le potenze previste sono 150,250 e 400 W per i rinforzi, 100 e 150 W per l'illuminazione permanente.

La distribuzione dovrà essere tale da poter illuminare uniformemente l'intera galleria anche in caso di spegnimento di una fila.

Il rendimento totale dell'apparecchio non deve essere inferiore al 70%

Linee di alimentazione

L'alimentazione elettrica dei circuiti di illuminazione avverrà mediante specifici quadri elettrici di distribuzione in BT ("QIL") disposti all'interno della cabina di trasformazione posta in prossimità degli imbocchi, ciascuna delle quali alimenterà tutti i circuiti di illuminazione permanente e di rinforzo della rispettiva semi-galleria di competenza .

Dal punto di vista "circuitale" l'impianto di illuminazione artificiale a servizio delle gallerie (tutte unidirezionali) è stato organizzato in n°.2 sezioni "energetiche" con i seguenti criteri conformemente a quanto previsto nelle recenti "Linee guida" elaborate dall'ANAS:

l'illuminazione "ordinaria" costituita dall'illuminazione "permanente" e dall'illuminazione di "rinforzo agli imbocchi" in condizioni diurne/notturne,

illuminazione di emergenza costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica (**illuminazione di riserva**) e, per le sole gallerie di lunghezza superiore ai 500 ml, dall'illuminazione delle vie di fuga (**illuminazione di sicurezza**).

Entrambe le sezioni energetiche di cui sopra saranno comunque alimentate, in caso di guasto o black-out prolungato in cabina, da apposito **gruppo elettrogeno** comune anche ad altri impianti ed in grado di alimentare per almeno 24 h tutte le utenze elettriche installate in galleria.

Occorre però tener presente che in caso di interruzione, anche brevissima, della tensione di rete, le lampade a scarica si spengono immediatamente e richiedono poi un tempo di riaccensione abbastanza lungo per tornare a regime (in media 2/3 minuti). La mancanza improvvisa di illuminazione all'interno della galleria in caso di black-out può quindi costituire un grave pericolo per la circolazione stradale, da cui appunto scaturisce l'esigenza di poter disporre di circuiti **di emergenza in continuità assoluta** così come impostato progettualmente e sopra descritto, tale da assicurare il mantenimento di un illuminamento minimo dell'intera galleria nel caso di un guasto alle linee di alimentazione o nel caso di assenza di erogazione per "black-out".

Infatti l'improvvisa mancanza della luce all'interno **della galleria**, da un lato, in condizioni di esercizio ordinario, potrebbe indurre qualche conducente a rallentare improvvisamente e drasticamente la propria velocità con conseguente pericolo di tamponamenti a catena, dall'altro, in condizioni di emergenza per incendio, potrebbe venire a mancare qualsiasi riferimento ottico agli utenti rimasti bloccati per consentire un'agevole allontanamento dalle zone a rischio

A tal fine per tutte le gallerie in caso di fuori servizio dell'alimentazione elettrica normale si garantirà, tramite intervento dell'alimentazione di sicurezza in continuità assoluta (**sotto UPS**), il funzionamento in continuo del 50% dei circuiti d'illuminazione permanente, che fungono in pratica anche da illuminazione di emergenza/riserva, per un periodo di almeno 30 minuti.

Ciò ha significato pertanto, nel caso specifico in trattazione, la predisposizione di alimentazione, per le linee di illuminazione permanente/emergenza predette, da parte un gruppo di continuità (UPS), che tramite batterie di accumulatori possa garantire il funzionamento dei servizi di emergenza in continuo salvo commutare automaticamente le utenze servite sul gruppo elettrogeno quando l'interruzione di rete si protrae per più di 30 minuti.

Ad ulteriore maggiore garanzia di un corretto funzionamento, tutte le linee di illuminazione permanente delle gallerie saranno alimentate da una doppia dorsale per ciascun canale, da cui derivare alternativamente i corpi illuminanti posti su una stessa linea, per cui in caso di scatto intempestivo di una protezione il disservizio sarà notevolmente limitato.

Le linee di alimentazione dei circuiti di "rinforzo" saranno organizzate e dimensionate per alimentare da ciascun lato i vari tratti di rinforzo in modo unifilare dal rispettivo quadro delle cabine di estremità, raggruppando in N°.2 circuiti distinti su ciascun lato, posti sotto regolazione di flusso, i corpi illuminanti di rinforzo in ingresso che saranno derivati da questi alternativamente e in un unico circuito per lato i corpi illuminanti costituenti i rinforzi in uscita che non necessitano di regolazione del flusso luminoso durante le ore della giornata.

I rispettivi cavi di alimentazione saranno posati senza soluzione di continuità dal quadro di distribuzione alle singole utenze entro passerella portacavi in acciaio inox completa di ogni accessorio e pezzi speciali idonei per la posa in galleria. La passerella avrà dimensioni di mm 300x75 e sarà completa di staffe di sostegno anch'esse in acciaio inox.

Dal punto di vista impiantistico tutti i circuiti di alimentazione elettrica che attraversano la galleria all'interno di vie-cavi posate a "vista" (passerelle porta-cavi) faranno uso di cavi a doppio isolamento non propaganti l'incendio, a bassissima emissione di fumi o gas tossici del tipo G10 o similare, con isolamento elastomerico reticolato a base poliolefinica, grado di isolamento 4, costituiti da conduttori di rame, rivestiti con guaine e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio, un ridottissimo sviluppo di fumi opachi, la totale assenza di acido cloridrico e un ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche.

I cavi dovranno essere costruiti secondo le Norme CEI 20-11 V2 20-35, 20-22 III, 20-37 I-II-III e 20-38.

Per tutti i circuiti di illuminazione si adotteranno per l'alimentazione elettrica di ciascun corpo illuminante cassette di derivazione in lega di alluminio pressofuso in esecuzione stagna IP65 verniciati a polvere con vernice antigraffio polimerizzata a 180°C fornite di pressacavi in acciaio inox e morsettiera modulare con morsetti a mantello del tipo a sella con doppia vite di chiusura in acciaio inox.

Si tratta di cassette che in caso di avaria dell'utenza servita in derivazione dovuta a un qualsiasi fattore (fuoco, cortocircuito, ecc.) garantiscono, grazie alle protezioni in esse installate (la cassetta comprende infatti una base portafusibile precablata alla derivazione, con fusibili I=1A idonei alla protezione della fase di alimentazione, fissata con 2 viti d'acciaio inox su un risalto del fondo della scatola), la continuità elettrica della linea.

Per i circuiti di illuminazione permanente/riserva si adotteranno, invece, cavi del tipo F(T)G10 OM1 che, oltre alle proprietà anzidette per gli FG10, sono caratterizzati dall'essere resistenti al fuoco (per 90' a 850° secondo la norma EN50200), in modo di garantire la continuità di alimentazione anche in caso di emergenza per incendio.

Per le linee permanenti di emergenza anche le cassette di derivazione adottate saranno del tipo senza sezionamento della dorsale principale certificate per garantire la continuità elettrica della dorsale stessa anche alla temperatura di 850 ° per 90'.

Si tratta di cassette realizzate in materiale termoplastico caricato fibra di vetro e Acciaio inox, esente da alogeni ed a bassissima emissione di gas tossici e fumi opachi. La caratteristica principale di tale cassetta è rappresentata dal fatto che il cavo principale (dorsale) viene collegato, senza essere sezionato, su una morsettiera in acciaio tropicalizzato equipaggiata di viti autopercoranti, montata su un supporto in steatite di elevato spessore.

Saranno inoltre caratterizzate da un grado di protezione IP66 in modo da resistere anche ai lavaggi ad alta pressione richiesti in fase di manutenzione e gestione della galleria per preservare la chiarezza delle pareti.

Anche per cassette, in caso di avaria dell'utenza servita in derivazione dovuta a un qualsiasi fattore (fuoco, cortocircuito, ecc.), garantiscono, grazie alle protezioni in esse installate (la cassetta comprende infatti una o più base portafusibile in porcellana con fusibili I=1A fissata con 2 viti d'acciaio inox su un risalto del fondo della scatola), la continuità elettrica della linea ad elevata temperatura stabilizzata per oltre 20 minuti, in conformità alla norma NFC 32-070.

I cavi resistenti al fuoco attraverseranno quindi la cassetta per mezzo di pressacavi in acciaio inox in funzione del diametro del cavo (un morsetto di terra in acciaio inox M5 passante è montato sulla cassetta stessa). All'interno della cassetta, il cavo sarà fissato ad una morsettiera con morsetti d'acciaio inossidabile e trattamento di tropicalizzazione fissata su di un supporto in resistente al fuoco, fissato da 2 viti d'acciaio inox su di un sovrasspessore del fondo della cassetta.

Quadro elettrico e strumenti di controllo

Il quadro elettrico di protezione e comando dell'impianto sarà in armadio metallico da interno, sarà suddiviso in due sezioni, una alimentata dalla rete normale, alla quale sono collegati i circuiti dell'illuminazione di rinforzo, l'altra alimentata dalla rete di sicurezza, alla quale sono collegati i circuiti di illuminazione permanente, che fungono anche da illuminazione di sicurezza. Entrambe le sezioni saranno alimentate tramite variatori di tensione che regolano il flusso luminoso emesso dalle lampade.

Ogni regolatore è stato dimensionato ovviamente per la potenza totale assorbita dal tratto da alimentare considerando il necessario sovradimensionamento per le perdite di macchina; in particolare a progetto sono previsti i seguenti regolatori di flusso luminoso posti all'interno delle cabine di zona, ed avrà cablate e connesse le apparecchiature indicate negli schemi elettrici relativi.

L'accensione e lo spegnimento dei circuiti di rinforzo, nonché la regolazione dei circuiti permanenti, sarà assoggettata al rilevatore di luminanza che, in funzione della luminosità esterna, impartirà i comandi necessari, secondo le soglie di intervento prefissate.

Trattasi di un rilevatore del valore di luminanza esterna di "velo" per comando e controllo di impianti di illuminazione in galleria.

Il dispositivo per la determinazione della luminanza di velo comprende obiettivo, atto a riprendere un'immagine di un oggetto posto di fronte ad esso, in particolare il fornice d'ingresso della galleria, e a focalizzarla su sensori fotometrici (PIXEL) compresi in una matrice CCD.

L'uscita di detti sensori è proporzionale alla luminanza esterna nella direzione individuata dalla semiretta che origina in ogni singolo sensore e contiene il secondo punto principale dell'obiettivo.

Tipicamente tale uscita corrisponde ad un valore di illuminamento, misurato in lux.

La sonda comprende quindi un microprocessore atto a ricevere valori di illuminamento misurati dai pixel, e a calcolare i corrispondenti valori di luminanza, che vengono utilizzati per il calcolo di un valore di luminanza di velo.

La finestra è dotata di vetrocamera per evitare che la formazione di condensa alteri la misura.

Per raggiungere risultati di misura soddisfacenti e poter valutare correttamente per ogni direzione l'angolo è di cui alla

formula della UNI11095, la sonda comprende mezzi, ottici e/o elettronici, per correggere la geometria dell'immagine dagli errori di distorsione dell'obiettivo, inevitabili a causa dell'ampio campo di osservazione di circa 60° sul piano orizzontale.

Inoltre, la scelta dei sensori, del software di taratura e gestione e degli elementi del sistema ottico è tale per cui la sensibilità di detto dispositivo è sostanzialmente uniforme in tutte le direzioni di misura, determinando se necessario opportuni fattori di correzione per ciascun pixel.

Sia la correzione delle distorsioni, sia l'uniformità della sensibilità del dispositivo viene ottenuta in fase di taratura iniziale del dispositivo. In tale fase viene infatti calcolata e memorizzata una matrice di correzione i valori dei cui elementi permettono di correggere i valori di misura per raggiungere gli obiettivi sopra indicati.

Dovrà essere dotato di blocchi di fondazione con pozzetto incorporato, di montanti di sostegno zincati a caldo per i singoli componenti, di caviddotti in acciaio zincato del diametro di 1" di raccordo tra i pozzetti dei blocchi di fondazione ed i singoli componenti.

L'elemento fotosensibile sarà inserito in un contenitore in nylon a tenuta stagna, con le seguenti principali caratteristiche:

- Ottica con fuoco predeterminato e possibilità di centratura automatica del campo visuale con il centro dell'area di misura.
- Elaborazione dell'immagine rilevata, in conformità alle caratteristiche dell'occhio umano.
- Sensore d'immagine CCD a colori ad alta risoluzione dotato di matrice di 1280 x1024 pixel per un totale di 1,3 Megapixel.
- Determinazione dei valori di luminanza a partire dai segnali RGB.
- Tempo di esposizione variabile.
- Convertitore A/D a 10 bit.
- Calcolo della luminanza di velo secondo le prescrizioni della norma UNI11095 per angoli compresi all'interno del diagramma di Adrian.
- Campo di sensibilità dei pixel compreso tra 50 cd/m² e 20000 cd/m².
- Campo di uscita (luminanza di velo) del rilevatore compreso tra 4 cd/m² e 400 cd/m².
- Obiettivo con lenti asferiche ed apertura 60°, dotato di filtro infrarosso.
- Compensazione via SW delle distorsioni ottiche dell'obiettivo
- Compensazione via SW delle eventuali differenze di sensibilità dei pixel
- Microprocessore ad alta velocità.
- Trasmissione dati, da e verso il modulo di controllo, mediante porta seriale a tre conduttori con protocollo proprietario.
- Collegamento con PC, tramite linea seriale RS232, per centratura iniziale, taratura e determinazione dell'area sotto controllo.
- Alimentazione 10÷30 Vdc con ingresso protetto dall'inversione di polarità (fornita dal modulo di controllo SDL TC).

La regolazione della intensità luminosa dei circuiti di illuminazione diurna/notturna di rinforzo, sarà infine assoggettata ad un controllore elettronico di potenza di tipo a microprocessore basato su tecnologia a trasformatore booster, combinata con l'utilizzo di autotrasformatore a rapporto variabile, che consente di variare con continuità il valore efficace della tensione d'uscita, avente le seguenti caratteristiche:

Alimentazione:	trifase 400/230 Vac (± 10%) – 50Hz (± 6%)
Variazione tensione:	175-242V
Fattore di potenza:	0,9
Precisione tensione d'uscita:	1%;
Velocità di regolazione della tensione:	6 Volt/min
Squilibrio del carico ammesso:	0-100%
Esecuzione:	da interno
Grado di protezione:	minimo richiesto IP44
Distorsione armonica:	<0,2%
Rendimento:	>97%
Temperatura di funzionamento:	-20-35°C
Raffreddamento:	naturale (eventuale integrazione con ventilazione forzata)
Schede interfaccia:	RS232 o RS485 (compresa nella fornitura)

Il regolatore dovrà essere dotato di interruttore magnetotermico di ingresso, con bobina di sgancio, protezione circuiti ausiliari e di controllo, protezioni da sovratensioni in ingresso ed in uscita, by-pass manuale ed automatico, morsettiere con contatti puliti di ingresso/uscita per segnalazioni e/o comandi; interfaccia RS232 per telegestione, display con indicazione dei principali parametri di funzionamento; segnalazioni a led.

Il regolatore dovrà essere fornito con una propria carpenteria in modo da poterlo inserire all'interno dell'edificio di cabina in adiacenza al quadro di bassa tensione che comanda l'illuminazione di piazzale.

5.2 - Impianto di illuminazione aree esterne

Il progetto per l'illuminazione delle aree esterne, attualmente prevede:

per i tratti di complanare a due corsie si prevede l'utilizzo di punti luce stradali con lampade al sodio alta pressione da 150 W, montate su pali h=9,00 mt sul piano viabile ed attacco a "pipetta" cima palo da 20 cm, poste ad interasse di 28 ml;

per i tratti di complanare a tre corsie si prevede l'utilizzo di punti luce stradali con lampade al sodio alta pressione da 150 W, montate su pali h=9,00 mt sul piano viabile ed attacco su sbraccio a squadra da 1,50 m, poste ad interasse di 22 ml;

per i tratti di raccordo autostrada/complanare a quattro corsie complessive si prevede l'utilizzo di punti luce stradali con lampade al sodio alta pressione da 250 W, montate su pali h=12,00 mt sul piano viabile ed attacco su sbraccio a squadra da 2,00 m, poste ad interasse di 24 ml;

per i tratti infine di immissione/diversione autostrada/complanare a tre corsie complessive si prevede l'utilizzo di punti luce stradali con lampade al sodio alta pressione da 250 W, montate su pali h=10,00 mt sul piano viabile ed attacco su sbraccio a squadra da 2,00 m, poste ad interasse di 23 ml;

per le rampe monodirezionali di svincolo ad una corsia si prevede l'utilizzo di punti luce stradali con lampade al sodio alta pressione da 150 W, montate su pali h=8,00 mt sul piano viabile ed attacco a "pipetta" cima palo da 20 cm, poste ad interasse di 28 ml ;

per le rampe bidirezionali di svincolo a due corsie si prevede l'utilizzo di punti luce stradali con lampade al sodio alta pressione da 150 W, montate su pali h=11,00 mt sul piano viabile ed attacco su sbraccio a squadra da 1,00 m, poste ad interasse di 22 ml;

Le configurazioni sopra indicate definiscono le prestazioni illuminotecniche minime da rispettare in fase di progettazione esecutiva.

La scelta di utilizzare lampade a vapori di sodio alta pressione, di tipo tubolare chiara, è dovuta all'ottima resa (circa 110 lumen/watt sia per la 250 W che per la 150W); tali lampade, inoltre, assicurano un'ottima resa cromatica ed un ottimo rapporto lumen/costo.

Non sono state prese in considerazione lampade al sodio bassa pressione in quanto, pur presentando una migliore resa, sono ormai universalmente riconosciute non idonee per le loro inferiori caratteristiche di resa cromatica.

Nella definizione dei gruppi ottici piu' efficaci ai fini del progetto, si è ricercato il miglior equilibrio tra il comfort visivo (abbagliamento), la migliore risposta all'inquinamento atmosferico ed al rendimento luminoso (armature con ottica del tipo "cut-off" di classe II), che nel caso di utilizzo di punti luce su palo, associati a lampade al sodio alta pressione ha permesso, a parità di illuminamento, una maggiore interdistanza fra i punti luce stessi (pari a circa 3 volte l'altezza da terra), ottenendo di conseguenza un minor costo di primo impianto.

L'intero impianto sarà caratterizzato, infine, da una tonalità di colore (UNI 10380) "W" ed una resa di colore (UNI 10380) "4".

Per i sostegni si è previsto di impiegare pali conici laminati a caldo in acciaio zincato con armature stradali applicate in testa palo o su sbraccio a squadra da 1,00 mt.

L'applicazione sulla cima del palo sarà a mezzo di anella di battuta saldata sullo sbraccio, fissando lo stesso tramite tre bulloni disposti a 120° previa predisposizione sulla cima del palo di altrettanti dadi saldati (tale applicazione non consente la rotazione del braccio sotto l'azione del vento sulla armatura stradale).

L'alimentazione elettrica dei circuiti di "P.I." avverrà in B.T. a 380/220 V a partire da quadri "locali" di distribuzione e comando disposti entro armadi di contenimento in acciaio inox per esterno su basamento di appoggio in cls Rbk 200 a porte "cieche" dotate di serrature di chiusura dei vani, completi di basamento e tettuccio "parapioggia", in modo da garantire un IP65.

I cavi che saranno utilizzati, generalmente quadripolari trifasi per l'alimentazione dei singoli circuiti, sono del tipo FG7OR 0.6-1Kv non propaganti l'incendio a norme CEI 20-13, CEI 20-22, UNEL 35375, IEC 50502.1 e IEC 60332.3. conformi al Marchio IMQ, con colorazioni dei singoli conduttori blu chiaro - marrone - nero - nero.

Nei tratti a vista, saranno protetti da tubi in acciaio zincato a caldo con filettatura metrica.

Tutte le tubazioni "guaina", utilizzate per la rete di distribuzione elettrica, dovranno riportare visibilmente la marchiatura IMQ ed essere dotate di filo "pilota" in acciaio zincato.

Cavi di alimentazione bt

Saranno in treccia di rame ed isolati in gomma etilenpropilenica (HEPR) qualità G7 ad alto modulo e guaina esterna in PVC qualità RZ, colore grigio – a norme CEI 20-13 e 20-22, UNEL 35375 e IEC 50502.1 - 60332.3, conformi al Marchio IMQ, con colorazioni dei singoli conduttori blu chiaro - marrone - nero - nero. Essi dovranno, se interrati, essere posti ad una profondità minima di mt. 0,60 e protetti in tutta la loro lunghezza con tubo in PVC tale che il suo diametro interno sia almeno 1,3 il diametro del cerchio circoscritto ai cavi. La sezione del cavo di ciascun circuito deve essere rapportata al carico elettrico del circuito stesso in modo da limitare la caduta di tensione a fondo linea ad un massimo del 5% della tensione nominale; per alimentazioni a 220/380 V la caduta di tensione massima è pari a 15.2 V.

Morsetti e terminali

Le giunzioni devono essere effettuate preferibilmente all'interno di quadri elettrici o di scatole di derivazione a mezzo apposite morsettiere e morsetti aventi le seguenti caratteristiche:

- riferimenti normativi:

CEI 23-20

CEI 23-21

CEI 17-19

Morsetti multipli in ottone isolati in policarbonato trasparente con sistema di fissaggio a cassetta.

Morsetti per derivazioni volanti a cappuccio e passanti.

I morsetti in materiale isolante componibili su guida DIN 32 e DIN 35 devono preferibilmente comprendere:

morsetti in policarbonato ad attacco rapido su guida DIN

piastrine di separazione e terminali

siglatura dei circuiti con etichette

Per le derivazioni verso i punti luce sono da impiegare entro i pozzetti, in alternativa alla cassetta, il tipo rapido in gel ad isolante estruso fino ad 1 KV del tipo riaccessibile, comprensivo di connettori a pressione in rame stagnato, nastro isolante autoagglomerante ed accessori vari.

La giunzione comprendente l'involucro plastico, dovrà garantire la classe II secondo le definizioni della Norma CEI 64-8

Descrizione	dati
Norme di rispondenza	CEI 20-33
Giunto completo di involucro	In materiale isolante
Comportamento ai fini dell'incendio	Autoestinguente e non propagante l'incendio secondo CEI 20-35 e IEC 332-1, CENELEC HD 405-1, UL-94
Prestazioni elettriche	secondo le Norme CEI 20-33 e AINSI C119
Classe d'isolamento II	Secondo le definizioni CEI 64-8
Stagno	all'immersione in acqua
Certificati di prova	Da presentare
Connessioni	Riaccessibili anche dopo lunghi periodi di esercizio

L'attacco dei terminali cavi alle morsettiere componibili su guida DIN deve avvenire mediante connettori preisolati in rame elettrolitico stagnato sia per i circuiti di potenza che per i circuiti ausiliari.

L'attacco dei cavi ai sistemi di barratura in rame, ad attacchi fissi di apparecchiature elettriche scatolate, a morsettiere di arrivo cavi in barra di rame, va eseguito mediante capicorda e bulloni.

Gli attacchi dei cavi a morsettiere a vite di apparecchiature elettriche di manovra, protezione, comando e ausiliari, vanno realizzati mediante terminali con connettori preisolati in rame elettrolitico stagnato.

Tutte le connessioni ai morsetti o attacchi delle apparecchiature elettriche devono essere dotate di copri morsetti, calotte o mostrine di protezione (protezione almeno IPXXB).

Armatura stradale

Armatura stradale totalmente in alluminio pressofuso o con corpo in alluminio pressofuso e copertura in polipropilene rinforzato e stabilizzato anti UV (raggi ultravioletti), per lampade al sodio alta pressione da 150/250 W.

Attacco a cima-palo diametro 60 mm con dispositivo di regolazione dell'armatura.

Piastra porta accessori elettrici asportabile senza l'ausilio di utensili, in nylon rinforzato con fibra di vetro, cavi al silicone resistenti alle alte temperature.

Gruppo ottico: riflettore in lastra di alluminio di elevata purezza, spessore medio 0.9 mm, brillantato ed ossidato anodicamente del tipo "cut-off" a vetro piano. Regolazione del portalamпада in senso assiale e verticale, vetro piano temperato spessore 5 mm.

Grado di protezione IP 55 per il gruppo ottico e IP 44 per il vano accessori elettrici, entrambi tali da garantire l'impianto in classe 2.

Verniciatura a polveri poliesteri, colore Ral a scelta della Direzione Lavori.

Impianto di terra

Sarà realizzato secondo la norma CEI 11-8 fasc.1285 in treccia di rame nudo, direttamente interrata, con funzione di dispersore orizzontale collegato a tutte le masse metalliche, pali, torri in acciaio e quant'altro.

La sezione della corda di rame nudo non deve essere, se a contatto diretto del terreno, inferiore a 35 mmq in quanto deve garantire, oltre alla resistenza elettrica, anche la resistenza meccanica.

Il collegamento con le masse metalliche avverrà all'interno dei pozzetti di ispezione e derivazione ai corpi illuminanti, con l'impiego del conduttore di terra che non dovrà essere inferiore a 16 mmq.

Le giunzioni tra i vari elementi dell'impianto disperdente dovranno essere ridotte, come numero, al minimo indispensabile, ed essere realizzate con utilizzo della saldatura forte o alluminio termico, oppure con idonei morsetti in rame successivamente verniciati o catramati se ad intimo contatto con il terreno.

[Gli impianti di illuminazione delle aree esterne potranno comunque essere realizzati in Classe II rendendosi quindi non necessaria la posa della treccia di rame lungo lo sviluppo dei pali di illuminazione secondo quanto sopra descritto .](#)

Il collettore principale di terra sarà costituito da una barra di rame preforata installata nel quadro elettrico di distribuzione principale a cui faranno capo i conduttori di protezione che collegano a terra le masse, il conduttore di terra che proviene dai dispersori ed i conduttori equipotenziali che collegano le masse estranee.

Il collettore farà capo ad un dispersore verticale in acciaio ramato o zincato di opportuna sezione e della lunghezza minima di ml. 1,50 posato nel pozzetto ed infisso nel terreno, di diametro non inferiore ai 18 mm completa di capocorda terminale, prolungabile con innesto a vite.

Le puntazze da utilizzare dovranno avere una ramatura di spessore non inferiore a 100µm, se depositata per via elettrolitica, 500µm, se applicata per trafilatura.

Sostegni

Pali

Palo di sostegno delle armature stradali, troncoconico a stelo diritto, ottenuto, mediante procedimento di laminazione a caldo, da tubi in acciaio saldati E.R.W. UNI 7091/72.

Il processo di laminazione a caldo dei pali deve essere del tipo automatico a controllo elettronico ad una temperatura di circa 700° c.

La saldatura longitudinale dei tubi deve essere almeno della II° classe (DM 14/02/92) a completa penetrazione, la stessa deve soddisfare le prove di qualifica mediante la certificazione della Casa Produttrice del tubo, che ne attesti la conformità alle Norme UNI 7091/72.

I sostegni devono essere realizzati impiegando esclusivamente tubo in acciaio calmato del tipo Fe 430 UNI EN 10025 con le seguenti caratteristiche minime :

Carico unitario di resistenza a trazione : $\geq 410/560$ N/mmq.

Carico unitario di snervamento : ≥ 275 N/mmq.

Allungamento dopo rottura : ≥ 22 %

Saranno bitumati e verniciati con n. due mani di smalto previa mano di sottofondo antiruggine, completi delle seguenti lavorazioni:

- asola per passaggio cavo di alimentazione
- piastrina o dado di messa a terra
- asola per alloggiamento portello da palo, portello e relativa morsettiera
- eventuale manicotto di riduzione per attacco apparecchio illuminante
- caratteristiche dimensionali secondo necessità di progetto.

I sostegni saranno forniti completi delle lavorazioni accessorie, compresa guaina termorestringente in polietilene.

I sostegni dovranno essere protetti esclusivamente mediante zincatura a caldo internamente ed esternamente per immersione in bagno di zinco fuso in accordo con la Norme UNI EN 40/4.

Nella zona mediana di incastro del palo , per prevenirne la corrosione , si dovrà prevedere la posa in opera di una guaina termorestringente in poliolefina dalla lunghezza almeno di 40 cm. (da applicare a caldo dopo la Zincatura).

I basamenti saranno realizzati in c.a. o su piastra di ancoraggio

Sbracci

Sulla sommità del palo andrà installato uno sbraccio a squadro costituito da un tubo in acciaio Fe 360 diametro 60,3 mm. spessore 2,9 mm. della lunghezza di 1.000/1.500/2.000 mm. ed inclinazione rispetto al piano orizzontale di +/-15°.

L'applicazione sulla cima del palo sarà a mezzo di anella di battuta saldata sullo sbraccio , fissando lo stesso tramite tre bulloni disposti a 120° previa predisposizione sulla cima del palo di altrettanti dadi saldati (tale applicazione non consente la rotazione del braccio sotto l'azione del vento sulla armatura stradale).

Per i bracci si eseguirà la stessa Protezione che si adotta per i pali (Zincatura a Caldo).

Art. 6

DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA PER GLI IMPIANTI

L'Impresa deve consegnare all'Amministrazione la documentazione elencata nel seguito prima dell'inizio del collaudo e comunque non oltre la data di messa in marcia e consegna degli impianti.

La documentazione richiesta è :

- 3 copie ed 1 copia radex di disegni aggiornati e corretti "as built" firmati, con la chiara e completa rappresentazione grafica di tutte le opere eseguite, compresi i necessari schemi funzionali. Di tali disegni e schemi funzionali deve inoltre essere consegnata una copia su supporto magnetico, eseguita con il programma Autocad ultima versione;
- 3 copie della relazione tecnica finale descrittiva degli interventi realizzati con dati di progetto, dimensioni e caratteristiche delle apparecchiature installate;
- certificazione degli impianti elettrici eseguita da professionista abilitato con inserita la descrizione dei lavori e l'elenco allegato degli elaborati;
- dichiarazione di conformità secondo la Legge 46/90 e DPR 447/91 con allegati richiamati;
- tabelle di calcolo verifiche protezione cavi e tabelle di calcolo verifiche delle misure di isolamento, firmate da professionista abilitato;
- schema blocchi dell'impianto con indicate le sezioni dei cavi ed i valori di ICC;
- curve caratteristiche degli interruttori con i tempi di intervento;
- elenco materiali utilizzati con descritto il tipo di certificazione od omologazione (IMQ, REI, ANCC, etc.);
- certificazioni e/od omologazione dei materiali che lo richiedono;
- certificazione di rispondenza alle norme CEI 17-13 da parte del costruttore dei quadri elettrici;
- dichiarazione della Ditta di conformità dei materiali installati a quelli omologati con indicazione specifica del luogo di installazione.

L'Impresa deve inoltre fornire all'Amministrazione un manuale per la manutenzione e l'esercizio degli impianti, contenente :

- le istruzioni per la messa a punto degli impianti;
- le istruzioni per l'avviamento e l'esercizio delle apparecchiature e degli impianti;
- le istruzioni per i lavori di manutenzione, compresi gli eventuali accorgimenti particolari per la manutenzione e sostituzione degli apparecchi e loro parti;
- la definizione della periodicità dei controlli;
- le istruzioni per diagnosticare le principali disfunzioni che si possono verificare;
- onde facilitare le riparazioni, le istruzioni devono permettere una veloce localizzazione delle parti difettose, eventualmente mediante strumentazioni di misura apposite.

Le istruzioni per la manutenzione delle apparecchiature devono contenere tutte le informazioni necessarie per l'installazione, la taratura e la messa a punto di tutti i dispositivi o sistemi ed i relativi strumenti necessari.

Se durante le riparazioni si possono correre rischi per le persone e per le apparecchiature non evidenti, questi devono essere menzionati nelle istruzioni corrispondenti.