

PROVINCIA DI SASSARI – NUORO –OLBIA TEMPIO

COD. MOS

SSMR2019078816

PERIZIA N°
del

8816

04/02/2019

CENTRO DI MANUTENZIONE N° 3 – BUDDUSO'

NUCLEI nn. A – B – C – D

Nucleo	N°	A	S.S. n°	128 bis	"Centrale Sarda"	dal km	0+000	al km	86+600
Nucleo	N°	A	S.S. n°	389 dir-a	"Di Buddusò e del Correboi"	dal km	0+000	al km	10+800
Nucleo	N°	B	S.S. n°	389	"Di Buddusò e del Correboi"	dal km	0+000	al km	97+200
Nucleo	N°	C	S.S. n°	125	"Orientale Sarda"	dal km	268+000	al km	313+000
Nucleo	N°	B	S.S. n°	597	"Del Logudoro"	dal km	35+600	al km	68+000
Nucleo	N°	C	S.S. n°	729	"Sassari-Olbia"	dal km	61+450	al km	76+992
Nucleo	N°	C	S.S. n°	131 dcn	"Diramazione Centrale Nuorese"	dal km	129+800	al km	144+000
Nucleo	N°	C	S.S. n°	NSA 319	"Di Monti"	Dal km	37+600	al km	11+800
Nucleo	N°	D	S.S. n°	125	"Orientale Sarda"	dal km	223+800	al km	268+000
Nucleo	N°	D	S.S. n°	131 dcn	"Diramazione Centrale Nuorese"	dal km	50+150	al km	129+800

PERIZIA DEI: LAVORI di MR – Pulizia cunette, opere idrauliche e opere di contenimento scarpate in tratti saltuari F5 sulle strade del Centro Manutentorio "3" di Buddusò

IMPORTO LORDO COMPRENSIVO DI O.S:

€ 200.000,00

Capitolato Speciale d'Appalto
Norme Tecniche

Il Capo Centro
(Geom. Giancarlo Diletti)

Il Responsabile Area
Compartimentale SS
(Ing. Elisa Boni)

**Coordinamento Territoriale Sardegna
Area Compartimentale Sassari**

Via Carlo Felice, 1 - 07100 Sassari T [+39] 079 2830800 - F [+39] 079 2830899
Pec anas.sassari@postacert.stradeanas.it - www.stradeanas.it

Anas S.p.A. - Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane

Società con socio unico soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A.
e concessionaria ai sensi del D.L. 138/2002 (convertito con L. 178/2002)

Sede Legale: Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224

Pec anas@postacert.stradeanas.it

Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 C.F. 80208450587





Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.13 - Rev. 1.0

Movimenti di terra e Demolizioni

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.13 - Rev.1.0
Movimenti di terra e Demolizioni

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

SOMMARIO	3
PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	6
1 A.01 SCAVI	6
1.1 SCOTICO	6
1.2 SCAVI DI SBANCAMENTO	7
1.2.1 Descrizione.....	7
1.2.2 Modalità esecutive.....	8
1.3 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN TRINCEA	10
2 A.02 RILEVATI	11
2.1 SCOTICO	11
2.2 BONIFICA	11
2.2.1 Descrizione.....	12
2.2.2 Modalità esecutive.....	12
2.3 STRATO ANTICAPILLARE	16
2.3.1 Strato granulare anticapillare.....	16
2.3.2 Geocomposito drenante.....	17
2.4 GEOSINTETICI PER RINFORZO DEL PIANO DI POSA	18
2.5 RILEVATI TRADIZIONALI	19
2.5.1 Descrizione.....	19
2.5.2 Modalità esecutive.....	19
2.5.3 Stesa dei materiali.....	23
2.5.4 Condizioni climatiche.....	25
2.6 RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA CON LEGANTI	25
2.6.1 Terra stabilizzata a calce.....	25
2.6.2 Terra stabilizzata a cemento.....	28
2.6.3 Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo).....	30
2.6.4 Resistenza al gelo.....	30
2.6.5 Modalità di lavorazione.....	31
2.6.6 Sistemazione delle scarpate in rilevato.....	32
2.7 RILEVATI IN TERRA RINFORZATA	34
2.7.1 Descrizione e materiali.....	34
2.7.2 Modalità esecutive – Compattazione.....	36
2.8 RILEVATI ALLEGGERITI	37
2.8.1 Rilevati in argilla espansa.....	37
2.8.2 Rilevati in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato).....	38
2.9 RILEVATI SOTTOFONDATI SU PALI	39
2.9.1 Descrizione.....	39
3 E.01 DRENI	39
3.1 DRENI PREFABBRICATI	40
3.1.1 Descrizione.....	40



3.1.2	Modalità esecutive.....	40
3.2	DRENI IN GHIAIA	42
3.2.1	Descrizione.....	42
3.3	DRENI IN SABBIA	43
3.3.1	Descrizione.....	43
3.3.2	Modalità esecutive.....	43
4	A.03 DEMOLIZIONI	45
4.1	PIANO DELLA DEMOLIZIONE	46
4.2	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE DEMOLIZIONI INTEGRALI O PARZIALI DI STRUTTURE COMPLESSE	47
4.3	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI	48
4.4	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LA DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	48
5	CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE	49
5.1	SCAVI DI SBANCAMENTO	50
5.2	PREPARAZIONE PIANO DI POSA DEI RILEVATI	50
5.3	REALIZZAZIONE RILEVATI STRADALI	51
5.4	STABILIZZAZIONE E SISTEMAZIONE DI TERRENI CON USO DI CALCE O CEMENTO	51
5.5	REALIZZAZIONE DI DRENI IN SABBIA	51
5.6	REALIZZAZIONE DI PANNELLI DRENANTI PREFABBRICATI	51
5.7	FORNITURA E STESA DI TELI DI GEOTESSILE	52
5.8	TRASPORTI A DISCARICA O DA CAVA DI PRESTITO	52
5.9	DEMOLIZIONE DI MURATURE	52
5.10	DEMOLIZIONE INTEGRALE DI FABBRICATI E DI STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.	52
5.11	DEMOLIZIONE DI IMPALCATI IN C.A.P. O STRUTTURE SIMILARI IN C.A., SIA TOTALI CHE PARZIALI E/O A SEZIONE OBBLIGATA	53
5.12	IDRODEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE CORTICALE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SULL'INTRADOSSO ED ESTRADOSSO DEGLI IMPALCATI, COMPRESSE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC - PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM	53
5.13	DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE	53
5.14	DEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE GIUNTI E DELLA PAVIMENTAZIONE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI	54
5.15	SPICCONATURA DI INTONACO	54
5.16	RIMOZIONE E DEMOLIZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO	54
6	CONTROLLO	55
6.1	DISPOSIZIONI GENERALI	55
6.2	PROVE DI LABORATORIO	56
6.3	PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA	56
6.4	PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA	57



6.5	<u>CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE</u>	
EDILE	59	
6.5.1	Prove di laboratorio.....	59
6.5.2	Prove in sito.....	60
6.6	<u>CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI – SCORIE</u>	60
6.6.1	Prove di laboratorio.....	60
6.6.2	Prove in sito.....	60
6.7	<u>TELO GEOTESSILE “TESSUTO NON TESSUTO”</u>	60
6.8	<u>CONTROLLO SCAVI</u>	62
6.9	<u>CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI</u>	63
6.10	<u>CONTROLLO DRENI IN SABBIA</u>	63
7	<u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</u>	64



PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Il presente Capitolo contiene le prescrizioni, gli oneri di carattere generale, ed i controlli da eseguire, relativi alle lavorazioni di movimento terra e di demolizione inerenti il corpo stradale, con particolare riferimento a:

- Scavi;
- Rilevati;
- Cunette, fossi di guardia, inalveazioni, ecc.;
- Riempimenti e rinterri;
- Demolizioni di pavimentazioni stradali, fabbricati, murature di qualsiasi genere.

Non sono comprese nella presente sezione, in quanto inserite nei corrispondenti capitoli, le lavorazioni afferenti agli scavi di fondazione delle opere d'arte e delle gallerie, né alle opere minori di consolidamento, reti e protezioni.

Tutte le attività descritte, con particolare riferimento alla definizione delle quantità di scavo, alla stima, all'interno di queste, delle aliquote riutilizzabili nell'ambito dei lavori, al fabbisogno di materie per la formazione dei rilevati e, infine, delle rimanenti quantità di scarto, da conferire in idonei siti di deposito definitivo, sono definite in sede di progettazione definitiva ed esecutiva nell'ambito della "Relazione del Piano di Gestione Materie", parte integrante degli elaborati progettuali.

Con riferimento alle demolizioni, le attività da eseguirsi dovranno essere descritte nel "Piano della demolizione" da redigere a cura dell'impresa appaltatrice.

1 A.01 SCAVI

1.1 SCOTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materie di qualsiasi natura"

Lo scotico consiste, negli scavi in trincea, nella rimozione ed asportazione del suolo, del terreno vegetale di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua, nella rimozione ed asportazione di erba, radici, cespugli, piante e alberi, da effettuarsi preventivamente a tutte le lavorazioni di scavo, avendo cura di rimuovere completamente tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà



essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni sopra descritte, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei. Tali operazioni vengono dettagliatamente descritte al successivo paragrafo A.02 "Rilevati".

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste nel Progetto Esecutivo, o impartite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

1.2 SCAVI DI SBANCAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materia di qualsiasi natura"
- **A.01.003.a** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - di cubatura superiore a mc 1.00"
- **A.01.003.b** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - con microcariche"
- **A.01.003.c** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - con demolizione meccanica (martellone)"
- **A.01.003.d** "Scavo di sbancamento in roccia dura da mina - senza mine con disgreganti"
- **A.01.004** "Scavo a sezione ristretta per trincee, bonifiche, drenaggi e sondaggi"
- **A.01.006** "Scavo continuo a campione a cielo aperto"
- **A.01.007** "Sovraprezzo scavo continuo a campione a cielo aperto"
- **A.01.010** "Sovraprezzo per trasporto a discarica e/o da cava di prestito oltre 5 km"
- **A.02.002.a** "Compattazione del piano di posa nei tratti in trincea - su terreni appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3"
- **A.02.002.b** "Compattazione del piano di posa nei tratti in trincea - su terreni appartenenti ai gruppi A4, A2-6, A2-7, A5"

1.2.1 Descrizione

Riguardano gli scavi inerenti il corpo stradale e comprendono i movimenti terra di grande entità, eseguiti generalmente all'aperto, senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- apertura della sede stradale;
- apertura dei piazzali e delle opere accessorie;
- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;



- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

1.2.2 Modalità esecutive

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi o, laddove previsto in progetto al fine di contenere il disturbo da vibrazioni, di materiali espansivi.

Nell'esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni di seguito elencate, assumendosene l'onere:

- Profilare le scarpate, rifinire il fondo e le pareti degli scavi secondo le indicazioni ed i disegni di Progetto Esecutivo. Qualora il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa provvederà a compattarlo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (UNI EN 13286).
- 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.
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica, diurna e notturna, intorno alle aree di scavo.
- Provvedere, a proprie cure, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo con quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, ecc.) ad 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.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso d'inosservanza a tale norma la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:

- il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità;
- la fornitura di 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;
- il 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;
- il monitoraggio vibrazionale ed acustico, finalizzato a non recare disturbo alle aree circostanti,



secondo norma DIN 4150-3, effettuato a cura ed oneri dell'impresa.

I materiali provenienti dagli scavi, in relazione alle loro caratteristiche geotecniche, dovranno essere preferibilmente reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra nell'ambito del medesimo cantiere. L'aliquota di riutilizzo, per ciascun tratto in scavo individuato e per ogni formazione geologica interessata, verrà puntualmente definita in sede di Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), accertata e verificata nel corso dei lavori, sulla base dell'esito di prove di idoneità, eseguite sotto il controllo della D.L..

Tab.1 Prove di idoneità sui materiali di scavo

Tipo di prova	Obiettivo
Classificazione stradale (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285)	Appartenenza a gruppi idonei al riutilizzo
AASHO mod.	Definizione delle modalità ottimali di costipamento

I materiali ritenuti idonei, nelle quantità e con le modalità descritte in Progetto Esecutivo, nella Relazione del Piano di Gestione Materie, dovranno essere trasportati, a cura dell'Impresa, nelle corrispondenti tratte di previsto reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito temporaneo.

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

I materiali che, invece, in fase progettuale risultassero non idonei al reimpiego, come formalmente verificato dalla D.L., dovranno essere trasportati a cura dell'Impresa, e conferite, o disposte, nelle aree di deposito definitivo indicate nel Progetto Esecutivo.

Classificazione dei materiali di scavo

Lo scavo in roccia è comprensivo degli oneri necessari alla riduzione granulometrica del materiale alle dimensioni, e nelle proporzioni, idonee a consentire la sistemazione in rilevato, di seguito descritte (paragrafo 5.2).

L'utilizzo, per l'abbattimento di roccia di cui alla cat. A di materiali espandenti, dovrà essere previsto in progetto, limitatamente a quelle aree per le quali si renda necessario contenere il disturbo arrecato dalle vibrazioni nei riguardi di beni o edifici sensibili.

Ai fini della corretta definizione delle lavorazioni i materiali di scavo, con riferimento ai valori di resistenza a compressione uniassiale del materiale (UCS) deducibile dalle corrispondenti prove di



laboratorio, vengono classificati, in fase di Progetto Esecutivo, come di seguito, definendone le relative categorie e quantità.

Tab.2 Classificazione dei materiali di scavo

Categoria Materiali di scavo		UCS (MPa)
A	Roccia da mina	≥ 30 MPa
B	Roccia di media resistenza (<i>martellone</i>)	10÷30 MPa
C	Terre e roccia tenera	< 10 MPa

La correttezza applicazione di tale classificazione alle diverse tratte del tracciato, nelle proporzioni definite nel Progetto Esecutivo verrà, quindi, verificata in corso d'opera, in contraddittorio con la D.L.

1.3 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN TRINCEA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"
- **E.01.075** "Geostuoia per il controllo dell'erosione su scarpate"
- **E.01.085** "Grigliato in elementi di cemento vibrato per copertura scarpate"
- **E.01.090** "Rivestimento scarpate a grigliato in geotessile interrato"
- **E.01.092** "Rivestimento di scarpate aride o rocciose con geocelle in materiale sintetico"

La profilatura delle scarpate nei tratti in trincea corrisponderà alla configurazione geometrica stabilita in Progetto Esecutivo, sulla base delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti e delle corrispondenti verifiche geotecniche.

Le scarpate potranno essere ricoperte, in funzione della litologia e della pendenza e, comunque, secondo le previsioni di Progetto Esecutivo, da uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Il terreno vegetale dovrà essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

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



Laddove, sulla base delle caratteristiche litologiche (presenza di terreni granulari sciolti o facilmente erodibili, di terreni coesivi alterati o soggetti ad erosione accelerata – di tipo calanchivo o simile) sia prevista una propensione delle scarpate ad essere soggette a processi erosivi, il Progetto Esecutivo prevedrà le necessarie misure, basate su tecniche di protezione antierosiva (georeti tridimensionali, geostuoie/biostuoie semplici od accoppiate a reti, geocelle e simili).

Qualora lungo le scarpate dovessero manifestarsi erosioni od ammaloramenti, dovuti ad imperizia o a negligenze dell'impresa, questa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

Qualora le particolari caratteristiche geologico-litologiche e climatiche (con eventuale rischio per la circolazione stradale di colate di fango rapide) richiedano un rapido e duraturo inerbimento delle scarpate, il Progetto Esecutivo potrà prevedere l'inerbimento mediante sistemi alternativi ai tradizionali, basati su un più rapido e profondo radicamento.

2 A.02 RILEVATI

2.1 SCOTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.001** "Preparazione del piano di posa"

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni di asportazione del terreno vegetale, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste in Progetto Esecutivo, ovvero fornite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

2.2 BONIFICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materia di qualsiasi natura"
- **A.02.003** "Fornitura materiali per rilevati da cave con distanza < 5 km"



- A.02.005 "Carico, scarico e trasporto di materiale di proprietà dell'amministrazione"
- A.02.007.a "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃"
- A.02.007.b "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇"
- A.02.008 "Sistemazione di materiale ripreso da aree di deposito scavi"
- A.02.009 "Materiali aridi con funzione anticapillare o filtro"
- A.02.015 "Materiali aridi"
- A.02.020.a "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- A.02.020.b "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"
- E.01.030 "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione"
- E.01.031 "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione e rinforzo non strutturale"

2.2.1 Descrizione

Consiste nell'asportazione del terreno posto al di sotto del piano di posa dei rilevati, qualora non idoneo, e nella sua sostituzione con terreni di adeguate caratteristiche. Di norma la bonifica non è prevista nei tratti in trincea a meno che, alla quota di scavo prevista, non permanga la presenza di terreni di non idonee caratteristiche.

2.2.2 Modalità esecutive

La bonifica del terreno di posa dei rilevati, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di Progetto Esecutivo, ed ogniqualvolta nel corso dei lavori si dovesse riscontrare, alla quota posta al di sotto di 20 cm dal piano campagna (fondo scotico), la presenza di volumi di terreno non idoneo.

Terreni idonei: sono quelli che soddisfano, contemporaneamente, i seguenti requisiti:

1. appartenenza ai gruppi A₁, A₂, A₃ (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285);
2. dopo compattazione, al grado di umidità ottima, corrispondente ad una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata, possesso di valori del modulo di deformazione Md, al primo ciclo, determinato con prova di carico su piastra (diametro 30 cm) (rif. CNR 146/92), non inferiori a quelli riportati in tabella 3:

Tab.3 Modulo di deformazione minimo al primo ciclo di carico

Modulo deformazione (MPa)	Intervallo di riferimento
------------------------------	---------------------------



20	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale
15	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori di Md 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 suddette prescrizioni valgono a meno di diverse, e più restrittive, indicazioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato. 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; 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 (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972), nel corpo del rilevato e 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 D.L., sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

Qualora fossero prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano di monitoraggio per il controllo della loro evoluzione. La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti, saranno eseguite a cura dell'impresa, secondo le indicazioni del Progetto Esecutivo ed, eventualmente, della D.L..

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



Qualora i terreni non soddisfino tali requisiti si prevedrà la bonifica con i metodi di seguito descritti.

Bonifica tradizionale

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 (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285):

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

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (UNI EN 13286) (CNR 22-1972).

Per le terre appartenenti ai gruppi A₂₋₄ e A₂₋₅, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dello strato bonificato dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²)).

Nel caso in cui la bonifica 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.

Bonifica con stabilizzazione in posto con leganti

In alternativa al punto precedente, laddove le caratteristiche dei materiali presenti in sito al di sotto della quota di fondo dello scavo soddisfino i requisiti di cui al successivo paragrafo 6, la bonifica potrà essere effettuata in posto mediante stabilizzazione con leganti (calce/cemento).

Le prescrizioni generali sull'idoneità al trattamento e sulle modalità di stabilizzazione di questi materiali sono descritte al citato paragrafo 6.

Il trattamento in posto avverrà per strati di spessore max pari a 30 cm, fino al raggiungimento della profondità prevista in progetto. La stabilizzazione dello strato inferiore avverrà tramite fresatura e miscelazione con idonea attrezzatura (*pulvimixer*) senza asportazione di terreno; gli strati superiori verranno stabilizzati previo accantonamento del materiale scavato e successiva miscelazione in posto, procedendo sempre per strati < 30 cm.

Il trattamento in sito dei terreni di posa del rilevato, stabilizzati, deve essere tale da garantire le seguenti caratteristiche di portanza:



- 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 deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (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 deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (0.05 - 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

Geotessile non tessuto

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto ed avere caratteristiche meccaniche conformi al Progetto Esecutivo.

Le relative caratteristiche prestazionali dovranno corrispondere alle seguenti norme:

- UNI EN ISO 10319
- UNI EN ISO 13433
- UNI EN ISO 12956

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La D.L., 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 geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ad essere antinquinante. Le caratteristiche di resistenza chimica dovranno essere accuratamente valutate in presenza di terreni stabilizzati a calce/cemento.

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

Prima della posa del geotessile, sarà cura dell'Appaltatore preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di



produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Eventuali lacerazioni accidentali saranno coperte da un telo di geotessile intatto, dello stesso tipo e di dimensioni pari a 4 volte più grandi della lacerazione stessa.

Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geotessile in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geotessile da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

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.

2.3 STRATO ANTICAPILLARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.009** "Materiali aridi con funzione anticapillare o filtro"
- **A.02.015** "Materiali aridi"
- **E.01.035** "Geocomposito"
- **E.01.037** "Geocomposito a comportamento isotropo con permeabilità all'acqua di 190 mm/s"

La necessità di realizzazione di uno strato con funzione anticapillare dev'essere prevista in fase di Progetto Esecutivo, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, connesse alla profondità della superficie piezometrica della falda rispetto al piano di posa del rilevato, alla natura dei terreni presenti in sito, ed alla conseguente stima dell'altezza di risalita capillare, che evidenzia possibili interferenze fra la quota di falda ed il corpo del rilevato stesso.

Tale strato potrà essere realizzato:

- con la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- con la posa, in alternativa al punto precedente, di un geocomposito con funzione drenante.

2.3.1 Strato granulare anticapillare



Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 30 e 50 cm; sarà composto da 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.

La stesa di tale strato sarà sempre accompagnata alla posa di uno strato di geotessile non tessuto, con funzione di separazione granulometrica, come da previsioni di Progetto Esecutivo.

Il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 1000 mc di materiale posto in opera, salvo maggiori e più restrittive verifiche disposte dalla D.L.

2.3.2 Geocomposito drenante

In alternativa alla stesa dello strato anticapillare minerale, descritto al punto precedente, potrà essere prevista la posa in opera di un geocomposito drenante, di spessore variabile da 0.6 a 2.0 cm (UNI EN ISO 9863-1), dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001, le cui caratteristiche dovranno risultare conformi alle seguenti norme:

Tab.4 Caratteristiche del geocomposito

Proprietà	Valori ammissibili	Norma di riferimento
Capacità drenante (Pressione = 50 kPa; gradiente idraulico $i = 1$)	1.0÷2.3 l/s*m	EN 12958
Permeabilità	70 mm/s	EN 11058
Apertura dei pori	140.180 micron	EN 12956
Spessore	0.6 mm	EN964-1
Assorbimento di energia (al 5% di allungamento)	80 J/m ²	EN 10319
Resistenza a trazione (al 5% di allungamento in entrambe le direzioni)	3.2 kN/m	EN 10319

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



Nella posa in opera si dovrà porre attenzione a garantire la necessaria sovrapposizione del lembo di nontessuto sporgente fra due rotoli adiacenti e a chiudere tutte le aperture rimaste della struttura drenante con un nontessuto o con nastro adesivo, ad evitare la penetrazione del terreno che potrebbe intasare il filtro. La stesa del terreno di copertura andrà effettuata in avanzamento, evitando il contatto diretto fra ruote/cingoli e geocomposito, garantendo sempre la presenza di uno strato di almeno 30 cm di terreno di rinterro.

Gli schemi geometrici di posa ed ammorsamento dei teli nel corpo del rilevato dovranno corrispondere ai disegni di Progetto Esecutivo.

Prima della posa del geocomposito, sarà cura dell'Appaltatore preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

2.4 GEOSINTETICI PER RINFORZO DEL PIANO DI POSA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.030** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione"
- **E.01.031** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione e rinforzo non strutturale"
- **E.01.032** "Geotessile tessuto a marcatura CE"
- **E.01.040** "Fornitura e stesa di geogriglia con marcatura CE"

Qualora i terreni presenti in sito non siano tali da garantire i necessari requisiti di resistenza, il progetto, sulla base degli esiti di specifiche verifiche geotecniche, potrà prevedere l'interposizione, al di sotto del corpo del rilevato, di geogriglie o altri geosintetici con analoga funzione (geotessili tessuti).

Questi materiali dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001.

Per le geogriglie (in polietilene, poliestere, polipropilene o materiali analoghi) e per i geotessili tessuti le caratteristiche di resistenza a trazione, nella direzione di maggior resistenza, secondo UNI EN 10319, saranno corrispondenti a quelle indicate negli elaborati di Progetto Esecutivo.



Prima della posa del geosintetico, sarà cura dell'impresa preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geosintetico in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geosintetico da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

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 RILEVATI TRADIZIONALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.003** "Fornitura materiali per rilevati da cave con distanza < 5 km"
- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"
- **A.02.005** "Carico, scarico e trasporto di materiale di proprietà dell'amministrazione"
- **A.02.007.a** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃"
- **A.02.007.b** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇"
- **A.02.008** "Sistemazione di materiale ripreso da aree di deposito scavi"

2.5.1 Descrizione

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).

2.5.2 Modalità esecutive

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 argilloscistosa 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 da soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di dimensioni disuniformi 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 costituenti il corpo del rilevato, ad eccezione dello strato terminale, di seguito descritto, 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. (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972) e un valore del modulo di deformabilità Md al primo ciclo non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà, invece, presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95%; 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 50÷150 kPa (0,15 - 0.25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato.

La variazione di detti valori minimi al variare della posizione all'interno del corpo del rilevato, al termine del costipamento del singolo strato, dovrà risultare lineare.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno appartenere allo stesso gruppo. Le scarpate dovranno avere pendenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo ed indicate nei relativi elaborati.

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.



Ogniqualvolta i rilevati siano impostati su pendii con acclività superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche progettuali, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente si dovrà sagomare il terreno, costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, a gradoni orizzontali, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità. Le operazioni andranno condotte procedendo per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

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

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

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

Le terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆ ed A₂₋₇ saranno impiegate, se previsto dal progetto, e solo se provenienti dagli scavi nell'ambito del medesimo cantiere.

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 l'umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati e sottoposti alla approvazione della D.L., 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.

Controlli prestazionali

Se queste terre provengono da formazioni geologiche per le quali la percentuale passante al setaccio ASTM n. 200 non è ritenuta rappresentativa delle reali caratteristiche del materiale, la Direzione Lavori potrà ordinare l'esecuzione di uno specifico campo prove sulla base dei cui esiti, a suo insindacabile giudizio, valutarne le possibilità di riutilizzo, sulla base del possesso dei seguenti requisiti:



- la percentuale di passante al setaccio ASTM n. 200 sia inferiore al 12%;
- sia posta particolare attenzione alla fase di costipamento, soprattutto al contenuto d'acqua nella frazione fine;
- sia utilizzato un rullo con tamburo vibrante e vengano effettuate passate con differente ampiezza della vibrazione (alta inizialmente per il costipamento della parte profonda, più bassa successivamente per gli strati superiori);
- il modulo di deformazione M_d ottenuto da prove di carico su piastra, nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0,05 e 0,15 N/mm²), risulti sempre maggiore di 40 MPa, anche nelle condizioni più sfavorevoli;
- il grado di addensamento determinato con prove di carico a doppio ciclo debba preferibilmente giungere ad un rapporto M_d/M_d' uguale o maggiore di 0,15.

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

In fase di progetto, con le modalità descritte al paragrafo 4, verrà stabilito se le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇ potranno essere riutilizzate previa stabilizzazione a calce e/o cemento, ovvero conferite ad aree di deposito delle terre di scarto.

Tale lavorazione presuppone, obbligatoriamente, l'esecuzione, nell'ambito del progetto, di uno specifico studio sperimentale, supportato da prove di laboratorio, secondo le modalità descritte al par. 4).

Lo spessore degli strati da stabilizzare non dovrà superare i 30 cm.

Il progetto (Relazione del Piano di Gestione Materie) dovrà definire i quantitativi di materie provenienti dagli scavi, riutilizzabili in rilevato. L'Impresa non potrà, quindi, pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco, per la formazione dei rilevati qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di materie idonee provenienti dagli scavi, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a fornitura da cava.

È fatto obbligo all'Impresa di confermare alla D.L. l'utilizzo, per la fornitura di materiali per la costruzione dei rilevati, delle cave indicate in progetto. La D.L. si riserverà la facoltà di far analizzare i materiali provenienti dai siti estrattivi indicati in progetto dal Centro Sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali.

Solo dopo che la D.L. abbia autorizzato l'utilizzazione della cava, l'Impresa sarà autorizzata a sfruttarla per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della D.L. non esime, comunque, l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie, che dovranno corrispondere sempre a quelle di



prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere utilizzata.

2.5.3 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 e delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

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

Per i rilevati delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (UNI EN 13286).

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

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo, un'energia costipante tale da assicurare il raggiungimento del grado di costipamento prescritto. 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 sempre sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo



una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

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

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

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

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

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

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

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

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

A ridosso delle murature dei manufatti il progetto potrà prevedere 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. La D.L., qualora tale lavorazione non fosse stata prevista in progetto e laddove lo ritenesse necessario, ha facoltà di ordinarne l'esecuzione.

Il cemento sarà del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato. La D.L. 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 (UNI 13286), (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 trapezoidale avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.



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

2.5.4 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 D.L., limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

In seguito a precipitazioni intense e concentrate, l'Impresa dovrà verificare le condizioni del rilevato ed eventualmente ripristinare le condizioni iniziali.

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.

2.6 RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA CON LEGANTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.019** "Miscela di inerti per stabilizzazione terre"
- **A.02.020.a** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- **A.02.020.b** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"

Vengono realizzati con terre provenienti dagli scavi del medesimo cantiere i cui materiali soddisfino i requisiti di idoneità al trattamento.

2.6.1 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 chimico-fisiche 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).

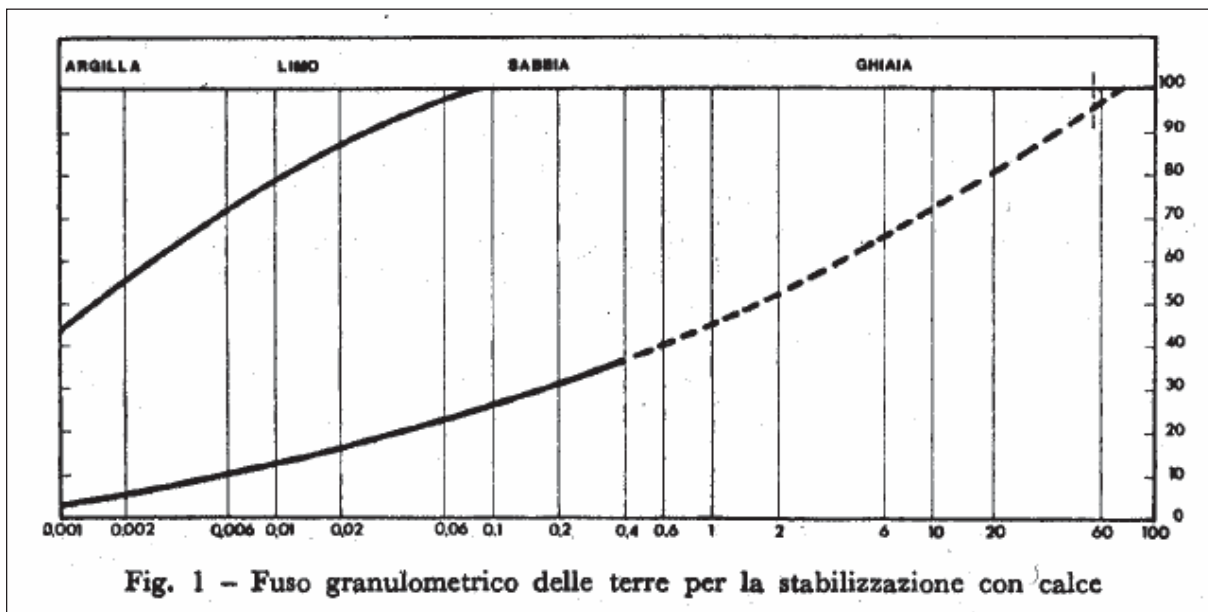
- Affinché risulti idonea alla stabilizzazione a calce, una terra deve essere di tipo limo-argilloso, appartenente ai gruppi A₆- A₇, con valori dell'indice di plasticità compreso tra 10 e 50.

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A₂₋₆ e A₂₋₇) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.



Possono essere trattate con calce anche le “vulcaniti vetrose” costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):



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

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

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

- 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.

- Il valore di VB nella prova del blu di metilene dev'essere > di 200 centimetri cubi di soluzione (10 g/l) di per 100 grammi della frazione di terra passante al setaccio da 0,25 mm UNI 2332, determinato in conformità alla Norma UNI-EN 933-9;



- Il valore CIC, determinato secondo norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'1,5% come verifica di idoneità, dove per CIC, si intende il consumo iniziale di calce ovvero della quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla.

E' indispensabile che, in fase di progetto, la previsione di stabilizzazione con calce di terre sia supportata da uno studio sperimentale, basato su una serie di prove di laboratorio geotecnico, di seguito elencate, per verificare sia l'idoneità al trattamento con calce, sia l'indicazione della miscela di progetto, espressa in tenore percentuale di calce.

Tab.4 **Caratteristiche di idoneità alla stabilizzazione a calce**

Proprietà	Valori ammissibili
Gruppo di appartenenza	A ₆ - A ₇ con $10 \leq IP \leq 50$
	A ₂₋₆ e A ₂₋₇ passante al setaccio 0.4 UNI $\geq 35\%$
S.O.V.	$\leq 2\%$
Contenuto in solfati	$\leq 1\%$
VB	>200
CIC	$> 1.5\%$

A. Prove sul materiale prima del trattamento

Su campione rimaneggiato (da pozzetto geognostico)

- Analisi granulometrica;
- Limiti di Atterberg;
- Valore al Blu di Metilene;
- Tenore in sostanze organiche;
- Tenore in solfati;
- Consumo iniziale di calce (C.I.C.);
- Prova di costipamento Proctor modificata;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR non imbibito;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR dopo imbibizione per 96 ore.

Su campione indisturbato(eventuale)

- Prova di compressione semplice;



- Prova di compressione edometrica.

Una volta verificata l'idoneità del terreno alla stabilizzazione, devono essere eseguite le prove sulle miscele terra-calce, a seguito delle quali, da una valutazione congiunta dei risultati, verrà individuata la miscela ottimale da utilizzare.

B. Prove sulla miscela terra – calce

La percentuale di calce viva va valutata a partite dal CIC + 0.5% in su, per tre diverse miscele.

Per ogni miscela, dopo 1 e 14 gg, almeno, di maturazione, vanno determinati:

- Limiti di Atterberg;
- Analisi granulometrica;
- Classificazione UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285;
- Prova di costipamento Proctor modificata (UNI EN 13286);
- CBR (UNI EN 13286) senza maturazione;
- CBR dopo maturazione a 7 giorni e 28 giorni ed imbibizione per 96 ore (CNR UNI 10009);
- Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera (ELL) (ASTM 2166), dopo maturazione a 7 giorni;
- Prova di compressione edometrica.

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 (UNI EN 13286) 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, verrà definita, 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.

2.6.2 Terra stabilizzata a cemento

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela

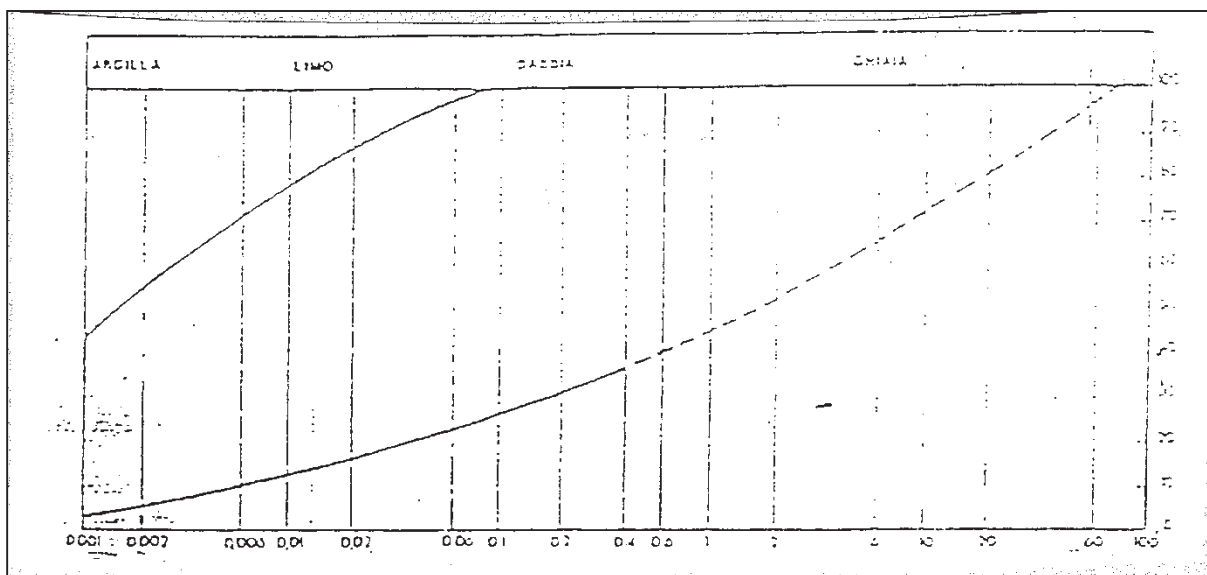


idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

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

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

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:



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

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

- Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.
- Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

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

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



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

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

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

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

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286) 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, verrà definita, 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.

2.6.3 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 deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm².

2.6.4 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.

2.6.5 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 nel progetto della miscela.

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

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

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

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'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.

2.6.6 Sistemazione delle scarpate in rilevato

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"



Si dovrà garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Nel primo caso, si applicherà uno strato di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio. Nel caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, tali gradoni non saranno necessari.

Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

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

Non è consentita l'applicazione, a partire dalle scarpate del rilevato, di elementi vegetali (talee, astoni, specie erbacee a radicamento profondo) che, penetrando all'interno del corpo del rilevato, possano pregiudicarne la stabilità e la necessaria integrità strutturale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, l'Impresa sarà tenuta ad adottare ogni provvedimento volto ad evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo dello stesso. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, dovranno risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

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 precedentemente impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo della compattazione, della deformabilità e delle caratteristiche prestazionali.

Qualora lungo le scarpate dovessero comunque manifestarsi 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 D.L..

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



7. RILEVATI IN TERRA RINFORZATA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.019** "Miscela di inerti per stabilizzazione terre"
- **A.02.020.a** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- **A.02.020.b** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"

2.6.7 Descrizione e materiali

Sono rilevati realizzati, con le configurazioni geometriche rappresentate negli elaborati grafici di progetto, con l'interposizione, nel corpo del rilevato, di rinforzi (geogriglie in PE, bandelle/reti metalliche, ecc.) e paramenti di diversa tipologia. Gli elementi di rinforzo vengono usualmente disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terreno strutturale, che avviene per strati successivi. Lo stato tensionale nel rilevato strutturale all'aumentare dei carichi è tale da mobilitare progressivamente la resistenza a trazione dei rinforzi in virtù dell'aderenza per attrito con il terreno. Pertanto, massima cura andrà posta sia in fase di progetto sia in fase di realizzazione alla opportuna scelta dei materiali (terreno, rinforzi) ed alla relativa posa in opera.

In sede di progetto e di dimensionamento delle opere, dovranno essere garantiti con studi opportunamente approfonditi i seguenti aspetti:

- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio del sito di intervento; in merito alle condizioni idrogeologiche, deve essere individuato con attenzione il regime delle tensioni neutre nel terreno nelle condizioni ex ante e le relative variazioni che le opere in progetto potranno indurre;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni di interesse progettuale, sia dal punto di vista meccanico sia dal punto di vista dinamico, mediante indagini di sito e di laboratorio;
- stabilità globale dell'area vasta di intervento, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche, con particolare riferimento alla sensibilità del sito ai livelli di falda ed alle sue variazioni; tali studi vanno condotti sia sulla condizione ex ante sia sulla condizione finale in presenza delle opere;
- suscettibilità alla liquefazione in condizioni sismiche;
- potenziale dei cedimenti e loro andamento nel tempo, con eventuale progetto di interventi di limitazione dei cedimenti assoluti e/o differenziali od accelerazione del relativo decorso;
- stabilità locale delle opere in relazione alle caratteristiche meccaniche e dinamiche dei terreni di fondazione, alle caratteristiche geometriche del solido stradale ed alle azioni ambientali previste;
- interventi di drenaggio dei terreni di fondazione e del versante (in caso di opere a mezza costa o di controripa) nonché del corpo di rilevato medesimo, studio dei recapiti delle acque drenate, allontanamento delle acque di superficie.



In ogni caso, l'impiego dei rilevati in terra rinforzata per impieghi su versanti deve essere attentamente valutato sulla base di studi di stabilità che prendano in conto, sia mediante calcolazioni analitiche e numeriche basate su dati geotecnici completi ed affidabili, sia sulla base dei risultati di monitoraggi adeguatamente estesi nel tempo (anche su base storica). Gli studi di stabilità non devono limitarsi all'immediato intorno dell'opera ma devono essere estesi ad un'area/volume in accordo alle conclusioni degli studi di carattere geomorfologico ed idrogeologico.

Il progetto di rilevati in terra rinforzata deve tenere conto del rapporto fra altezza netta totale dell'opera in terra rinforzata e la larghezza a terra del solido stradale contestualmente realizzato (in particolare, nel caso di ampliamento di rilevati esistenti si deve tenere conto dell'impronta a terra della sola parte in ampliamento); qualora tale rapporto risultasse maggiore di 1,25 gli studi prima illustrati devono prendere in conto tutte le possibili condizioni di interazione fra i corpi di rilevato esistenti e di nuova realizzazione, con particolare riferimento alla superficie di interfaccia, al regime delle tensioni neutre ed al potenziale di sviluppo di cedimenti differenziali, anche indotti sui rilevati esistenti. Infine, attente valutazioni devono prendere in conto la stabilità del terreno di fondazione delle parti di rilevato in ampliamento, al fine di individuare condizioni per le quali mettere in opera opportuni interventi di presidio, anche strutturali.

Nei due casi notevoli prima illustrati (opere su versante; opere di altezza significativa) è necessario prevedere un sistema di monitoraggio che sia in grado di registrare l'andamento degli spostamenti di punti notevoli del rilevato (od altre grandezze indice, da stabilire in fase di progettazione) al fine di individuare per tempo il possibile insorgere di condizioni di attenzione o di rischio per la stabilità dell'opera.

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno di riempimento, dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A₁ e A₃; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore a 71 mm, A₂₋₄ e A₂₋₅.

In ogni caso, dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino valori dei parametri geotecnici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere non inferiore a 18 kN/m³.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate direttamente sui materiali in banco a piè d'opera, 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 compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in frequenza (funzione dei volumi dei materiali complessivamente approvvigionati) in modo tale da essere certamente rappresentative delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

2.6.8 Modalità esecutive – Compattazione

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le concentrazioni dei seguenti composti o parametri e la loro rispondenza ai limiti di seguito indicati:

Composto/Parametro	Valori limite
Contenuto in sali	
Solfuri	Assenti
Solfati, solubili in acqua	< 500 mg/kg
Cloruri	< 100 mg/kg
pH	Tra 5 e 10
Resistività elettrica	> 1.000 Ω -cm per opere all'asciutto
	>3.000 Ω -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. (UNI EN 13286), (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.

Le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.



La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% della larghezza del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0,50 m dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento con macchine operatrici di tipo portatile ("rana compattatrice" o piastra vibrante). Questo procedimento garantisce che non possano essere generate deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. In ogni caso, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici durante la costruzione, si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia).

2.7 RILEVATI ALLEGGERITI

2.7.1 Rilevati in argilla espansa

Nei casi in cui il volume geotecnicamente significativo, al di sotto del piano di posa di rilevati, sia costituito, in tutto o in parte, da terreni normalconsolidati ad elevata deformabilità, in grado di manifestare cedimenti fortemente differiti nel tempo (terreni torbosi, argille tenere ad elevato tenore di sostanza organica e simili) il Progetto potrà vantaggiosamente prevedere, nei tratti interessati, la formazione di rilevati alleggeriti, tramite l'impiego di argilla espansa. Questa è formata da granuli di varie dimensioni, assortiti granulometricamente, corrispondenti alle specifiche di seguito indicate:

Granulometria	3 - 8	8 - 20	0 - 30
Densità kg/m ³	380	330	< 450
Resistenza allo schiacciamento dei granuli (UNI 7549/7) N/mm ²	1,5	0,7	> 1,3
Conducibilità a secco W/mK	0,09	0,09	0,09
Resistenza al fuoco	Classe 0 (<i>incombustibile</i>)		



Il piano di posa dovrà risultare regolare, con il geotessuto ben steso ed aderente al piano di imposta, e con teli di geotessuto integri e regolarmente sovrapposti. Si procederà quindi alla formazione dei riporti.

In generale l'argilla espansa è posta in opera in più strati, con interposizione di uno strato di misto granulare il cui spessore, dopo compattazione, dovrà risultare non inferiore a 200 mm. Lo spessore degli strati di argilla espansa varia in relazione al tipo di sezione (60 – 80 cm circa).

La posa degli strati di argilla espansa dovrà avvenire spingendo il materiale in avanzamento con un mezzo cingolato o gommato. Gli strati intermedi di misto granulare verranno stesi con modalità analoghe a quelle sopra scritte per l'argilla espansa, scaricandoli dai mezzi di trasporto in sito o in aree adiacenti e spingendoli poi con mezzi idonei per formare lo strato dello spessore prescritto.

L'addensamento dovrà avvenire agendo sugli strati di misto granulare, utilizzando rulli a tamburo liscio, vibranti e non, con caratteristiche di peso e frequenza da definire in funzione dell'altezza dello strato.

Si tenga in considerazione che il corretto addensamento dell'argilla espansa corrisponde, indicativamente, ad un calo volumetrico pari a circa il 17 % (contro il 25 % circa del misto di cava tradizionale).

La sequenza della lavorazione prevede, dopo la preparazione del piano di posa e la posa del geotessile non tessuto, la posa del primo strato di argilla espansa, quindi la posa di un ulteriore strato di geotessile non tessuto, quindi la posa ed allineamento del primo strato di misto granulare di cava e la sua compattazione, quindi, eseguiti i relativi controlli, la posa del successivo strato di argilla espansa e così via in funzione dell'altezza del rilevato.

Lo strato finale di misto di cava dovrà essere di spessore non inferiore a 300 mm (valore consigliato 400 mm).

2.7.2 Rilevati in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato)

In presenza di terreni recenti ad elevata deformabilità, i cui tempi di consolidazione non siano compatibili con le esigenze di cantiere, il progetto potrà prevedere l'impiego di materiali leggeri ad elevata resistenza, quali i blocchi in EPS.

L'impiego di tali materiali dovrà avvenire a valle di una specifica modellazione 3D dell'interazione terreno-rilevato, che evidenzii i differenti comportamenti con EPS e terre naturali, sia sul sedime d'impasto che sulle eventuali strutture limitrofe (abitazioni, linee ferroviarie, etc). In tale modellazione si dovranno verificare che le deformazioni ammissibili, dovute a carichi permanenti ed accidentali, non superino il 3%. Oltre tale limite il materiale presenta una deformazione permanente e progressiva della struttura cellulare, che potrebbe non essere compatibile con la funzionalità dell'opera.



Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla modellazione sopra citata, le caratteristiche meccaniche dovranno comunque risultare non inferiori a:

- per EPS 150 - Blocchi in EPS idonei alla formazione di rilevati stradali a forma di parallelepipedo, con dimensioni orientative 2000x1000x500 nella tipologia EPS 150 (densità circa 25 kg/mc):
 - Resistenza a trazione 150 KPa
 - Resistenza a flessione 250 KPa
 - Resistenza a taglio 100 KPa
 - Sollecitazione di compressione all'1% di deformazione 0,10 MPa
 - Sollecitazione di compressione al 5% della deformazione 0,12 MPa
 - Reazione al Fuoco Euroclasse E
- Per EPS 120 - Blocchi in EPS idonei alla formazione di rilevati stradali a forma di parallelepipedo, con dimensioni orientative 2000x1000x500 nella tipologia EPS 120 (densità circa 20 kg./mc):
 - Resistenza a trazione 120 KPa
 - Resistenza a flessione 200 KPa
 - Resistenza a taglio 85 KPa
 - Sollecitazione di compressione all'1% di deformazione 0,080 MPa
 - Sollecitazione di compressione al 5% della deformazione 0,100 MPa
 - Reazione al Fuoco Euroclasse E

2.8 RILEVATI SOTTOFONDATI SU PALI

2.8.1 Descrizione

In presenza di terreni fortemente deformabili, con modalità non affrontabili con altri metodi, il Progetto potrà prevedere la realizzazione di un sistema di elementi che consentano la riduzione dei cedimenti attesi sia assoluti sia differenziali.

Tale sistema, i cui dettagli saranno rappresentati negli elaborati di Progetto Esecutivo, sarà costituito da pali di fondazione opportunamente disposti, collegati da uno strato di terreno di ripartizione, rinforzato con interposizione di geogriglie o altri elementi strutturali sui quali realizzare il rilevato.

Per i singoli elementi costitutivi (pali, elementi strutturali, rilevato) si rimanda alle specifiche sezioni del Capitolato.

3 E.01 DRENI

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- - dreni verticali prefabbricati;
- - dreni in ghiaia;



- - 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 D.L..

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

3.1 DRENI PREFABBRICATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.017** "Geodreni verticali a nastro"
- **E.01.021.a** "Pannello drenante prefabbricato - dimensione nominale fino a mc 0,30"
- **E.01.010.b** "Pannello drenante prefabbricato - dimensione nominale da mc 0,31 a mc 0,60"

3.1.1 Descrizione

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili ed arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali simili 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.

3.1.2 Modalità esecutive

Caratteristiche dei nastri prefabbricati

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

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



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

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 D.L..

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

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

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

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.

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.



3.2 DRENI IN GHIAIA

3.2.1 Descrizione

Colonne di ghiaia vibrocompattate (prof. max 20m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 70÷100kW, frequenza operativa 60Hz) dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 50÷70cm. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno (max 200kN). Le colonne, di diametro reso 600÷700mm e profondità massima 20m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando ghiaia di pezzatura 10÷35mm.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento, in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

Colonne di ghiaia vibrocompattate cementate (prof. max 20m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate cementate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 70÷100kW, frequenza operativa 60Hz) dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto del conglomerato cementizio a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 50÷70cm. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno (max 200kN). Le colonne, di diametro reso 500÷600mm e profondità massima 20m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando conglomerato cementizio ottenuto utilizzando ghiaia di pezzatura 4÷32mm, cemento con dosaggio minimo pari a 200kg/mc e acqua nella misura di 100kg/mc.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

Colonne di ghiaia vibrocompattate (prof. max 30m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed" tramite infissione, per peso proprio e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 100÷120kW, frequenza operativa 60Hz) dotato di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 60÷80cm. Il vibroflot è montato su mezzo cingolato a fune. Le colonne, di diametro reso 600÷800mm e profondità massima 30m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando ghiaia di pezzatura 10÷35mm.



Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

3.3 DRENI IN SABBIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.010.a** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 350"
- **E.01.010.b** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 420"
- **E.01.010.c** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 500"

3.3.1 Descrizione

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.

3.3.2 Modalità esecutive

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
-------	----	-----

Attrezzatura

Sarà cura dell'Impresa comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che la stessa 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.

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.

Perforazione e riempimento dei fori

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla D.L., tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazione 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 rappresentate 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, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato, fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.



3.3.2.1 Rinterri

Descrizione

Riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti.

Modalità esecutive

- a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃ 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 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.

3.3.2.2 Sistemazione superficiale

Descrizione

Viene eseguita con o senza apporto di materiale.

Modalità esecutive

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃, con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata, 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.

4 A.03 DEMOLIZIONI

Il presente Capitolato è relativo alle demolizioni di pavimentazioni stradali, fabbricati, murature di qualsiasi genere e strutture in acciaio.

Le demolizioni di opere d'arte, di fabbricati e di strutture di qualsiasi genere (anche in c.a.p. od i carpenteria metallica) potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.



L'Appaltatore dovrà eseguire le demolizioni nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nella Normativa richiamata di seguito e nel presente capitolato. Particolare attenzione dovrà essere posta nel rispetto delle prescrizioni di cui agli articoli dal 150 al 156 del DM81/08.

4.1 PIANO DELLA DEMOLIZIONE

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei macchinari, all'esame ed all'approvazione della direzione Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione il Piano della demolizione.

Il Piano della demolizione descrive:

- l'estensione dell'intervento.
- il tipo di macchine e materiali da utilizzare.
- le procedure che devono essere attuate per la rimozione e demolizione dei vari elementi costruttivi dell'opera.
- le valutazioni dei rischi inerenti sostanze pericolose presenti nel sito ed i relativi metodi di bonifica.
- la valutazione dei rischi ambientali, in particolare polvere e rumore, e le misure di controllo ed attenuazione.
- le misure di sicurezza, collettiva ed individuale degli operatori, con l'individuazione e prescrizione degli appropriati DPI.
- I punti da trattare nel un Piano della demolizione sono:
 - Descrizione del sito e delle condizioni al contorno (vincoli fisici, recettori sensibili ecc).
 - Individuazione dei vincoli normativi (presenza materiali inquinanti, gestione dei residui di demolizione ecc.).
 - Pianificazione delle operazioni (sequenza operazioni, tipologie di macchine e tecnica di demolizione ecc.).
 - Individuazione di apposite misure di protezione collettiva.
 - Verifiche sulla stabilità delle strutture nelle fasi transitorie.
 - Progetto (calcoli e disegni) delle opere provvisorie di rinforzo e puntellamento.
 - Individuazione di apposite misure di protezione ambientale (polveri, vibrazioni, rumore ecc.).
 - Individuazione di apposite misure di sicurezza in cantiere.
 - Valutazione dei rischi.
 - Redazione di apposite procedure di informazione e comunicazione.
 - Redazione di apposite procedure di emergenza.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature, l'Appaltatore è tenuto 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.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di demolizione potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

4.2 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE DEMOLIZIONI INTEGRALI O PARZIALI DI STRUTTURE COMPLESSE

L'Appaltatore dovrà effettuare i lavori di demolizione procedendo in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento, impiegando eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento delle zone interessate, in caso di demolizione parziale, o della struttura nel suo complesso, in caso di demolizione totale. Di regola questo tipo di demolizioni, più propriamente dette decostruzioni, avvengono con procedimenti inversi alla costruzione. Per esse potrà essere previsto anche l'impiego di esplosivi, nel rispetto della vigente normativa in materia.

L'Appaltatore dovrà prevedere ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture residuali e le proprietà di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali, o in qualunque altro caso ritenuto opportuno dalla D.L., potrà essere richiesto:

- l'impiego di attrezzature speciali quali seghe circolari, fili diamantati, pinze idrauliche o qualsiasi altra tecnica, in modo da realizzare tagli netti e puliti e contestualmente evitare l'insorgere di vibrazioni e conseguenti danni alle strutture eventualmente da conservare.
- il trattamento con getto di vapore e pressione tale da ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Il tutto senza alcuna maggiorazione del prezzo in quanto già compreso negli oneri da tenere in considerazione a carico dell'Appaltatore.

Per le demolizioni da eseguirsi su sede stradale in esercizio, l'Appaltatore dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la D.L., coerentemente con i piani di sicurezza, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione di travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su sede stradale in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione



dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni integrali.

4.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione e portata modulabile.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e alla pulizia finale del sito.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L., coerentemente con i piani di sicurezza; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo. Le attività in parola dovranno prevedere idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

4.4 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LA DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE 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.

Tali attrezzature dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L. relativamente a caratteristiche meccaniche, dimensioni e capacità produttiva.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto, o prescritti dalla D.L., 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.

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 dispositivi 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.

5 CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE

Resta stabilito che, per i lavori compensati sia a corpo che a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, e di sottoporre alla Direzione Lavori per il necessario controllo, tutti i disegni contabili delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti ecc.) delle quantità, parziali e totali, nonché della computazione delle relative quantità di ogni singola categoria di lavoro.

Si precisa che:

I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati di progetto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la D.L. provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

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.



5.1 SCAVI DI SBANCAMENTO

Comprendono:

- apertura della sede stradale e relativo cassonetto;
- bonifica del piano di posa dei rilevati oltre la profondità di 20 cm;
- apertura di gallerie in artificiale;
- formazione o l'approfondimento di cunette, fossi e canali;
- impianto di opere d'arte;
- regolarizzazione o approfondimento di alvei in magra;

essi sono eseguiti anche a campioni di qualsiasi lunghezza, a mano o con mezzi meccanici, in materie di qualunque natura e consistenza salvo quelle definite dai prezzi particolari dell'Elenco, asciutte o bagnate, compresi i muri a secco od in malta di scarsa consistenza, compreso le rocce tenere da piccone, ed i trovanti anche di roccia dura inferiori a mc 1,00 ed anche in presenza d'acqua, escluso l'onere di sistemazione a gradoni delle scarpate per ammorsamento di nuovi rilevati; compreso l'onere della riduzione del materiale dei trovanti di dimensione inferiore ad 1 mc alla pezzatura di cm 20 per consentirne il reimpiego a rilevato, compresi il carico e l'allontanamento del materiale di risulta.

La misurazione degli Scavi di Sbancamento e dei Rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. All'atto della consegna dei lavori l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la D.L., il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti.

Resta inteso che, sia in trincea sia in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e del piazzale, come risulta dalla sezione tipo.

Unità di misura **MC**

5.2 PREPARAZIONE PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Preparazione Piano di posa dei Rilevati compreso lo scavo di scorticamento per una profondità media di cm 20, previo taglio degli alberi e dei cespugli, estirpazione ceppaie carico, trasporto a rifiuto od a reimpiego delle materie di risulta anche con eventuale deposito e ripresa, compattamento del fondo dello scavo fino a raggiungere la densità prescritta, il riempimento dello scavo ed il compattamento dei materiali all'uopo impiegati fino a raggiungere le quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto compreso ogni onere. Con l'impiego di materiali idonei provenienti da cave di prestito e/o dagli scavi.



La misurazione verrà effettuata, calcolando l'impronta geometrica effettiva del rilevato sul terreno.

Unità di misura **MQ**

5.3 REALIZZAZIONE RILEVATI STRADALI

Sistemazione in Rilevato o in Riempimento utilizzando materiali idonei provenienti sia dagli scavi che dalle cave di prestito, realizzata secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche;

Comprese la sagomatura e profilatura dei cigli, delle banchine e delle scarpate, rivestita con terra vegetale, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato a perfetta regola d'arte.

La misurazione verrà effettuata, secondo il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilievi eseguiti, prima e dopo i relativi lavori.

Unità di misura **MC**

5.4 STABILIZZAZIONE E SISTEMAZIONE DI TERRENI CON USO DI CALCE O CEMENTO

Stabilizzazione e Sistemazione di terreni con uso di Calce o Cemento compreso l'onere della fornitura del legante da dosare, secondo quanto prescritto nelle Norme Tecniche.

La misurazione verrà effettuata calcolando con metodo geometrico le opere realizzate oggetto del trattamento.

Unità di misura **MC**

5.5 REALIZZAZIONE DI DRENI IN SABBIA

Realizzazione di Dreni in Sabbia mediante esecuzione di fori, senza asportazione di materiale, fornitura e posa in opera nei fori di sabbia lavata, vagliata ed omogenea, fornitura stesa e compattamento, al di sopra dei dreni, di uno strato di sabbia dello spessore minimo di cm50.

La misurazione verrà effettuata calcolando l'effettivo sviluppo in metri lineari del dreno (o palo), misurato dalla quota inferiore del foro fino alla quota risultante in corrispondenza di ciascun dreno dopo l'asportazione dello strato superficiale, compreso la sabbia ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere.

Unità di misura **ML**

5.6 REALIZZAZIONE DI PANNELLI DRENANTI PREFABBRICATI

Fornitura e posa in opera di pannello drenante ad alte prestazioni idrauliche e meccaniche. Il pannello sarà posato in profondità in uno scavo a sezione ristretta con sponde verticali e sub-verticali fino a raggiungere la quota prevista per la base del pannello.



Non sono compresi lo scavo di sbancamento per la creazione del piano, lo scavo a sezione obbligata di adeguata larghezza per l'inserimento dei pannelli drenanti, il successivo rinterro con materiale disponibile in loco e lo smaltimento del materiale non utilizzato.

La misurazione verrà effettuata calcolando l'effettivo sviluppo in metri lineari del pannello, misurato dalla quota prevista per la base del pannello fino al piano campagna per una larghezza nominale di 1 mt.

Unità di misura **ML**

5.7 FORNITURA E STESA DI TELI DI GEOTESSILE

Fornitura e stesa di geotessile a marchiatura CE con funzione di separazione, filtrazione dei piani di posa dei rilevati o in opere in terra, (escluso l'utilizzo nella realizzazione di manufatti in terra rinforzata e muri verdi), mediante l'inserimento alla base o in strati intermedi di geotessili, nella direzione di sforzo prevalente.

La misurazione verrà effettuata calcolando con metodo geometrico, l'effettiva superficie del materiale posto in opera.

Unità di misura **MQ**

5.8 TRASPORTI A DISCARICA O DA CAVA DI PRESTITO

I trasporti a Discarica o da Cava di Prestito sono inclusi nei singoli articoli di Elenco Prezzi, fino ad una distanza massima di 5 km dal perimetro del lotto.

Oltre tale distanza viene applicato il relativo sovrapprezzo da Elenco Prezzi, valutato per ogni metro cubo e per ogni km eccedente i primi 5 km.

5.9 DEMOLIZIONE DI MURATURE

Demolizione di Murature di qualsiasi genere, entro e fuori terra e delle strutture in C.A.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente l'effettivo volume dei manufatti interessati dalla demolizione, senza conteggiare i vuoti di area maggiori di 1,00 mq.

Unità di misura **MC**

5.10 DEMOLIZIONE INTEGRALE DI FABBRICATI E DI STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.

Demolizione Integrale di Fabbricati e di Strutture in C.A. e C.A.P. di qualsiasi genere, entro e fuori terra.



La misurazione verrà computata conteggiando i volumi, calcolati vuoto per pieno, misurati geometricamente dal filo delle pareti esterne e della copertura, con esclusione di balconi, aggetti, sporgenze o simili.

Unità di misura **MC**

5.11 DEMOLIZIONE DI IMPALCATI IN C.A.P. O STRUTTURE SIMILARI IN C.A., SIA TOTALI CHE PARZIALI E/O A SEZIONE OBBLIGATA

Demolizione di opere d'arte da suddividersi in elementi, quali le travi, da eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità delle parti di struttura sottostante.

Demolizione a sezione obbligata di qualsiasi dimensione eseguite anche in breccia, a qualsiasi altezza, di porzioni di strutture in conglomerato cementizio armato e/o precompresso, di impalcati di opere d'arte e di pile esistenti, per modifiche od allargamenti della sede stradale, per rifacimento di parti di strutture per creare ammorsamenti, per formazione di incavi per l'incastro di travi, per l'alloggiamento di particolari attrezzature, per variazioni della sezione dei cordoli di coronamento ecc.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente i volumi effettivamente interessati dalle demolizioni.

Unità di misura **MC**

5.12 IDRODEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE CORTICALE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SULL'INTRADOSSO ED ESTRADOSSO DEGLI IMPALCATI, COMPRESE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC – PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM

Idrodemolizione superficiale di strutture in Cemento Armato su superfici sia verticali che orizzontali, sia per l'asportazione delle parti ammalorate che per la preparazione delle zone di attacco tra vecchi e nuovi getti.

Compresa l'eventuale scalpellatura di rifinitura, mediante demolitori leggeri e l'approvvigionamento dell'acqua.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore medio del materiale da rimuovere mediante rilievo su un reticolo di 1,00 mt di lato

Unità di misura **MQ fino a 3cm**

Unità di misura **MQxCM per ogni cm in più**

5.13 DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE



Demolizione di Sovrastruttura Stradale comprese le pavimentazioni, da eseguirsi anche in presenza di traffico, la frantumazione del materiale demolito per poterlo adoperare per altri usi stradali, quali le fondazioni e sottofondazioni.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore del materiale da rimuovere misurato per la superficie interessata alla demolizione.

Unità di misura **MC**

5.14 DEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE GIUNTI E DELLA PAVIMENTAZIONE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI

Demolizione e asportazione di pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione di impalcati di opere d'arte, in presenza o meno degli stessi per qualsiasi larghezza e qualsiasi spessore, fino a raggiungere l'estradosso della soletta.

Demolizione e/o asportazione di esistente struttura e/o apparecchio di giunto di dilatazione su impalcati di opere d'arte, di qualsiasi tipo e dimensione, fino a raggiungere l'estradosso della soletta.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente l'effettivo sviluppo lineare del giunto stesso.

Unità di misura **ML**

.

5.15 SPICCONATURA DI INTONACO

Spicconatura di intonaco mediante l'utilizzo di mezzo meccanico e/o manuale, comprensivo di ogni mezzo provvisorio.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente la superficie da rimuovere misurata vuoto per pieno, salvo la detrazione dei vani di superficie superiori a 2,00mq.

Unità di misura **MQ**

5.16 RIMOZIONE E DEMOLIZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO

La rimozione, demolizione e/o smontaggio di strutture dovrà procedere in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento. Sono comprese eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento, tutte le attrezzature necessarie alla demolizione, il trasporto del materiale fino ad area da concordarsi.

La misurazione verrà effettuata misurando geometricamente i vari elementi componenti i manufatti di acciaio rimossi, suddivisi per tipologia di profilato, o la dimensione e lo spessore nel caso di lamiere, moltiplicato per il peso specifico di 7,85 kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008

Unità di misura **KG**



6 CONTROLLO

6.1 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 e comunque secondo quanto prescritto dalla Circ. ANAS n° 14/1979.

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.

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	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 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	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 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	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 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

6.2 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 (UNI 13286);

la caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 2.

6.3 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 nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

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

La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 2.

6.4 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 D.L. 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 4.3.3.

Tabella 1 Formazione del Rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali

Prospetto I - Classificazione delle terre													
Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332> 35%				Torbe e terre organiche palustri	
	A 1		A 3	A 2			A 4	A 5	A 6	A 7			A 8
Sottogruppo	A 1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.13 - Rev.1.0
Movimenti di terra e Demolizioni

Analisi granulometrica. Frazione passante allo staccio 2mm 0,4mm 0,063	≤50 ≤30 ≤15	≤50 ≤25	>50 ≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	≤35	>35	≤35	>35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332 Limite liquido Indice di plasticità	≤6	N.P.	≤40 ≤10	>40 ≤10max	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 ≤10	>40 ≤10	≤40 ≤10	>40 ≤10	>40 ≤10 (IP ≤ IL-30)	>40 ≤10 (IP > LL-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	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Argille fortemente compressibili 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	Nulla	Nulla 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							

* 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.

TABELLA 2 Frequenza delle prove

Tipo di prova	Rilevati Stradali				Terre Rinforzate	
	Corpo del rilevato		Ultimo strato di cm 30		primi 5000 m ³	successivi m ³
	primi 5000 m ³	successivi m ³	primi 5000 m ³	successivi m ³		
Classificazione	500	10000	500	2500	500	5000



UNI 13242						
UNI 14688						
UNI 13285						
Costipamento AASHO Mod. UNI 13286	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volu- mica in sito 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						

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

6.5 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.

6.5.1 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 (UNI 13286);
- 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.

6.5.2 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.

6.6 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.

6.6.1 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 (UNI 13286);
- 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.

6.6.2 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.

6.7 TELO GEOTESSILE "TESSUTO NON TESSUTO"



Le normative di riferimento UNI EN maggiormente impiegate per l'esecuzione delle prove sui geotessili sono:

Campionatura CARATTERISTICA	RIFERIMENTO
Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti	UNI EN 13252
Prova di punzonamento statico (metodo CBR)	UNI EN ISO 12236
Prova di trazione a banda larga	UNI EN ISO 10319
Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno	UNI EN 13251
Identificazione in sito	UNI EN ISO 110320
Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in conglomerati bituminosi)	UNI EN 13249
Massa Areica	UNI EN ISO 9864
Spessore	UNI EN ISO 9863-1
Apertura dei pori	UNI EN ISO 12956
Permeabilità perpendicolare all' acqua indice VH2050	UNI EN ISO 11058

Tra le prove eseguite rientrano anche quelle che il CSS svolge in veste ufficiale (campioni inviati dai Compartimenti).

Queste norme aggiornano e sostituiscono le CNR 110-111 del 1985 e le CNR da 141 a145 del 1992 oltre alle norme UNI (gruppo UNITEX).

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La D.L., 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.



6.8 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.

6.9 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, alla D.L. 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 rotopercussione, la D.L. 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.

6.10 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.

7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.Lgs. 81/08 e s.m.i. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. "Norme in materia ambientale".

Norme Tecniche per le costruzioni (semplicemente chiamate NTC).



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.19- Rev. 1.0

Opere d'arte minori

Opere accessorie di difesa

del corpo stradale

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.19 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere accessorie di difesa del corpo stradale

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



PREMESSA	8
1 CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE	8
1.1 OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI	8
1.1.1 Ispezione delle pareti rocciose e Disgaggio	8
1.1.2 Demolizioni di volumi rocciosi in equilibrio precario	9
1.1.3 Sistemi di rivestimento delle pareti e scarpate	9
1.1.3.1 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica	10
1.1.3.2 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio	11
1.1.3.3 Realizzazione del reticolo di contenimento in fune	11
1.1.3.4 Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili	11
1.1.3.5 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato	12
1.1.4 Barriere paramassi ad assorbimento di energia	12
1.1.5 Sistema di ancoraggi	13
1.1.6 Rilevati per il contenimento dei massi	14
1.1.6.1 Rilevati propriamente detti	14
1.1.6.2 Rilevati in terra rinforzata	14
1.1.6.3 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi	14
1.2 GABBIONATE	15
1.2.1 Gabbioni metallici	15
1.3 OPERE DI SOSTEGNO	16
1.3.1 Opere di sostegno a gravità	16
1.3.1.1 Muri in muratura	16
1.3.1.2 Muri in gabbioni	16
1.3.1.3 Muri cellulari o a cassone	17
Strutture di sostegno a scomparti cellulari	17
Muri di sostegno a gravità con elementi prefabbricati scatolari	17
1.3.1.4 Strutture di contenimento in elementi scatolari prefabbricati	17
1.3.2 Opere di sostegno in c.a.	18
1.3.2.1 Muri a mensola	18
1.3.2.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.	18
1.3.3 Opera di sostegno in terra rinforzata	19



1.3.3.1	Struttura di sostegno in terra rinforzata in materiale sintetico e con rete in acciaio con paramento rinverdibile	19
1.3.3.2	Struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in cls o paramento rinverdibile	20
1.4	OPERE DI DIFESA SPONDALE	21
1.4.1	Prismi in conglomerato cementizio	21
1.4.2	Massi di roccia	21
1.4.3	Materassi in pietrame	22
1.4.4	Soglie di fondo	22
1.5	MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE	23
1.5.1	Tubazioni	23
1.5.1.1	Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato	23
1.5.1.2	Tubazioni in grès	24
1.5.1.3	Tubazioni in PVC rigido	24
1.5.1.4	Tubazioni in polietilene (PEAD) corrugate	24
1.5.1.5	Tubazioni in polipropilene corrugate	25
1.5.1.6	Tubazioni in polietilene (PE) spiralato con profili metallici	25
1.5.1.7	Tubazioni in polietilene (PEAD) spiralato	26
1.5.2	Pozzetti e chiusini	26
1.5.3	Canalette	27
1.5.3.1	Canalette in acciaio	27
1.5.3.2	Canalette ad embrici	27
1.5.4	Rivestimenti per cunette e fossi di guardia	27
1.5.4.1	Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato	28
1.5.4.2	Rivestimenti in conglomerato cementizio gettato in opera	28
1.5.4.3	Rivestimenti in muratura di pietrame	28
1.5.5	Cordonature	29
1.6	MANUFATTI LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA	29
1.6.1	Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a piastre multiple	29
1.6.2	Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a giunzione continua perforati	31
2	ACCETTAZIONE E CONTROLLI	32



2.1	OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI	33
2.1.1	Disgaggi e demolizioni di massi e volumi di roccia pericolosi	33
2.1.2	Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica	34
2.1.3	Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio e realizzazione del reticolo di contenimento in fune	34
2.1.4	Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato	35
2.1.5	Barriere paramassi	35
2.1.6	Rilevati per il contenimento dei massi	36
2.1.6.1	Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi	36
2.1.6.2	Geogriglie in fibra sintetica	37
2.2	GABBIONATE	37
2.3	MURI DI SOSTEGNO	39
2.3.1	Muri di sostegno in muratura	39
2.3.2	Muri di sostegno in calcestruzzo	39
2.3.3	Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. e c.a.p.)	39
2.3.4	Opere di sostegno in terra rinforzata	40
2.4	OPERE DI DIFESA SPONDALE	40
2.4.1	Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento	40
2.4.1.1	Prismi in conglomerato cementizio	41
2.5	MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE	42
2.5.1	Tubazioni	42
2.5.2	Cunette	43
2.6	MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA	44
2.7	LABORATORI ACCREDITATI	45
3	MODALITÀ DI ESECUZIONE	45
3.1	DISGAGGIO	45
3.2	DEMOLIZIONI DI VOLUMI ROCCIOSI IN EQUILIBRIO PRECARIO	46
3.2.1	Demolizioni con l'impiego di attrezzature idrauliche	46
3.2.2	Demolizioni con l'impiego di agenti chimici non esplosivi	47
3.2.3	Demolizioni con l'impiego di esplosivi	47
3.3	PERFORAZIONE	48
3.4	SISTEMI DI RIVESTIMENTO DELLE SCARPATE	49
3.4.1	Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica	49



3.4.2	Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio	50
3.4.3	Realizzazione del reticolo di contenimento in fune	51
3.4.4	Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili	52
3.4.5	Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato	53
3.5	BARRIERE DI CONTENIMENTO MASSI	55
3.5.1	Rilevati per il contenimento dei massi	55
3.5.1.1	Modalità di costruzione del rilevato	55
3.5.1.2	Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi	56
3.6	GABBIONATE	56
3.7	OPERE DI SOSTEGNO	56
3.7.1	Muri in gabbioni	56
3.7.2	Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.	57
3.7.3	In terra rinforzata	57
3.7.4	Strutture di sostegno a scomparti cellulari	57
3.7.5	Strutture di contenimento in elementi scatolari	58
3.8	OPERE DI DIFESA SPONDALE	58
3.8.1	Prismi in conglomerato cementizio	58
3.8.2	Massi di roccia	59
3.8.3	Materassi in pietrame	59
3.8.4	Soglie di fondo	60
3.9	MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE	60
3.9.1	Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato	61
3.9.2	Tubazioni in gres ceramico	61
3.9.3	Tubazioni in PVC rigido	61
3.10	MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA	61
3.11	CANALETTE	63
3.11.1	Canalette ad embrici	63
3.12	CUNETTE	64
3.12.1	Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato	64
3.12.2	Rivestimenti in muratura di pietrame	64
3.13	CORDONATURE	64
4	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	64



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.19 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere accessorie di difesa del corpo stradale

4.1.1	Criteri di misura	65
5	NON CONFORMITÀ E SANZIONI	67
6	COLLAUDO	68
7	APPENDICE	70
7.1	NORMATIVE E RIFERIMENTI	71



1 PREMESSA

Il presente Capitolato è relativo alle opere di difesa e di sostegno del corpo stradale che vengono di seguito elencate:

- opere di protezione dalla caduta massi (rilevati e barriere paramassi);
- gabbionate;
- opere di sostegno;
- opere di difesa spondale;
- manufatti per lo smaltimento delle acque dal corpo stradale;
- manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

Tale Capitolato Speciale specifica i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali che compongono le opere di difesa e di sostegno del corpo stradale da realizzare lungo le infrastrutture stradali della rete di competenza ANAS S.p.A. Le tipologie di materiali e strutture elencati costituiscono l'insieme delle soluzioni tecniche che ANAS considera tecnicamente adeguate ed economicamente convenienti allo scopo.

Questo implica che soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati e/o la convenienza economica per ANAS, nell'adozione del sistema innovativo.

1 CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE

1.1 OPERE DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE DALLA CADUTA MASSI

1.1.1 Ispezione delle pareti rocciose e Disgaggio

- **E.03.003** Perlustrazione, disgaggio e bonifica di scarpate e pendici rocciose
- **E.03.005** Esplorazione di pareti rocciose ed abbattimento di volumi di roccia

Tale lavorazione, eseguita da personale specializzato rocciatore provvisto di attrezzatura adeguata, nonché dei requisiti di legge richiesti, consiste nell'abbattimento sistematico dei volumi rocciosi pericolanti e/o in equilibrio precario e nell'eventuale taglio delle piante e delle ceppaie, nonché nell'eventuale asportazione di coltri di detrito sciolto.



Prima della realizzazione degli interventi di protezione del corpo stradale, il versante dovrà essere accuratamente ispezionato, allo scopo di poter effettuare sia un rilevamento di dettaglio dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso interessato, che l'accertamento della presenza e della disposizione di masse instabili.

1.1.2 Demolizioni di volumi rocciosi in equilibrio precario

- **E.03.007** Demolizione di spuntone o placche di roccia dura

Tale lavorazione che consiste nella demolizione e nell'abbattimento di elementi di roccia in equilibrio precario potrà essere eseguite tramite:

- attrezzature idrauliche
- impiego di agenti chimici non esplosivi
- cartucce pirotecniche per uso tecnico classificate P2
- impiego di esplosivo

1.1.3 Sistemi di rivestimento delle pareti e scarpate

Le caratteristiche tecniche dei prodotti finiti che comportano impiego di rete metallica a doppia o semplice torsione debbono, in generale, fare riferimento a quelle del materiale di base (filo metallico), a quelle della rete che ne deriva ed a quelle dei materiali ad essa associati (pietrame e terra di interposizione e rinfilanco; elementi di cucitura e collegamento; chiodature ed ancoraggi, ecc.) nonché a quelle al manufatto nel suo insieme.

Il rivestimento di pareti e scarpate, in relazione alle caratteristiche dell'ammasso roccioso, potrà essere realizzato con:

- Rotoli in rete in filo d'acciaio a doppia torsione;
- Rotoli in rete in filo d'acciaio a doppia torsione rinforzata in funi;
- Pannelli di rete in fune in acciaio;
- teli in rete metallica a semplice torsione.

Caratteristiche tecniche

Il **filo di acciaio** impiegato per la costruzioni delle reti deve essere:

- del tipo a basso tenore di carbonio costituito da vergella utilizzata nei processi di trafilatura a freddo di cui alla UNI EN ISO 16120-2.
- Il filo deve avere al momento della produzione una resistenza a trazione compresa fra i 350 ed i 550 N/mm² ed un allungamento minimo a rottura superiore o uguale al 10%.
- Per le tolleranze ammesse sui valori del diametro del filo, per i limiti di ovalizzazione ed altre caratteristiche tecniche si fa riferimento alle indicazioni della UNI-EN 10218-2.



La **protezione del filo in acciaio** dalla corrosione è affidata ad un rivestimento appartenente ai seguenti consolidati tipi:

- - Rivestimento con leghe di zinco-alluminio Zn95Al5 oppure Zn90Al10
- - Rivestimenti in materiali polimerici.

Per lo spessore minimo di rivestimento si fa riferimento alla norma UNI EN 10244-2 ed alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 riportate in appendice.

Per le caratteristiche geometriche della **rete metallica a doppia torsione**, la denominazione della maglia tipo, le dimensioni e le relative tolleranze, si può fare riferimento alle specifiche della norma UNI EN 10223-3 e quanto riportato nelle "*Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione*", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 ed allegate in appendice

1.1.4 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica

- **E.03.027** Rafforzamento corticale di pendice rocciosa
- **E.03.026** Rivestimento di scarpate e pareti con rete metallica

Caratteristiche tecniche

Rete metallica a doppia torsione, realizzata secondo le indicazioni progettuali in conformità alle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 ed allegate in appendice

La rete metallica sarà bloccata:

- in sommità e al piede della scarpata mediante la stesura, attraverso le asole degli ancoraggi, di fune d'acciaio zincato di diametro $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN
(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 1)

Il Reticolo di contenimento a forma romboidale, con dimensioni massime (base) x (altezza) 3,0 m x 6,0 m e comunque in grado di permettere la migliore aderenza possibile della rete alla parete rocciosa, deve essere realizzato con funi d'acciaio $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura ≥ 161 kN e funi d'acciaio di diametro $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN;

NOTA Tutte le parti metalliche esposte dovranno essere protette con vernici epossidiche o zincatura a caldo (UNI ISO 2232) o elettrolitica (quest'ultima obbligatoria per i morsetti).



1.1.5 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio

- **E.03.033** Pannelli di rete in fune per rivestimento di pareti rocciose
- **E.03.040** Realizzazione di ancoraggi passivi idonei al consolidamento di volumi rocciosi con barre di acciaio classe B450C
- **E.03.035** Formazione del reticolo di contenimento

Caratteristiche tecniche

Il pannello di rete metallica è formato da **funi realizzate con un unico trefolo** di diametro $\phi \geq 8,0$ mm, e carico di rottura del trefolo $\geq 40,6$ kN, conformato in maglie romboidali o anelli di area massima 1600 cm².

(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 1)

Struttura di rinforzo costituita da **reticolo di contenimento** costituito da funi d'acciaio $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura ≥ 161 kN. in sommità e $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN **tutte le altre**

NOTA Tutte le parti metalliche esposte dovranno essere protette con vernici epossidiche o zincatura a caldo (UNI ISO 2232) o elettrolitica (quest'ultima obbligatoria per i morsetti).

1.1.5.1 Realizzazione del reticolo di contenimento in fune

- **E.03.035** Formazione del reticolo di contenimento

Caratteristiche tecniche

Reticolo di contenimento a forma romboidale con dimensioni massime (base) x (altezza) 3,0 m x 6,0 m e comunque in grado di permettere la migliore aderenza possibile della rete alla parete rocciosa, realizzato con funi d'acciaio $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura ≥ 161 kN e funi d'acciaio di diametro $\phi \geq 12$ mm e carico di rottura $\geq 90,7$ kN;

NOTA Tutte le parti metalliche esposte dovranno essere protette con vernici epossidiche o zincatura a caldo (UNI ISO 2232) o elettrolitica (quest'ultima obbligatoria per i morsetti).

1.1.5.2 Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili

- **E.3.030** Rete con resistenza a trazione longitudinale $50 \leq \text{kN/m} < 100$
- **E.3.031** Rete con resistenza a trazione longitudinale $100 \leq \text{kN/m} < 150$
- **E.3.032** Rete con resistenza a trazione longitudinale $\text{kN/m} \geq 150$



Caratteristiche tecniche

I rivestimenti delle scarpate in roccia o in terra saranno realizzati mediante rete metallica, realizzate con differenti caratteristiche costruttive e comunque tensionabili (in filo d'acciaio a singola torsione, geocomposito in filo e fune d'acciaio, ecc), posizionata in parete di qualsiasi altezza con l'ausilio di rocciatori, attrezzatura idonea e mezzi meccanici. Il cerchio inscritto nella maglia costitutiva della rete non dovrà essere maggiore di 80 mm (con una tolleranza max di + 10 mm). La rete, provvista di certificazione CE, sarà caratterizzata da una resistenza a punzonamento e deformazione massima dichiarata e documentata, testata in accordo a UNI 11437

La galvanizzazione dovrà essere in lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme alla EN 10244, con grammatura non inferiore alla classe A della EN 10244.

1.1.5.3 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato

Per quanto riguarda le caratteristiche dei calcestruzzi proiettati, dovranno essere rispettate le indicazioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

1.1.6 Barriere paramassi ad assorbimento di energia

- **G.04.015** Fornitura e posa in opera di barriera paramassi con assorbimento di energia in conformità alla norma ETAG 027

Caratteristiche tecniche:

I sistemi o barriere paramassi ad assorbimento di energia dovranno essere forniti marcati CE in accordo con ETAG 027 e prodotti in regime di qualità ISO 9001.

La certificazione deve contenere esito di prove in vera grandezza "crash test", effettuate da laboratorio indipendente accreditato presso EOTA e che esegua le prove in conformità alla Linea Guida di Benestare Tecnico Europeo ETAG 027.

La barriera paramassi dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche prestazionali riportate nella Tabella 1.

- Classe energetica con assorbimento energetico \geq MEL kJ
- Categoria non inferiore a CAT A di cui al punto 2.4.3.2. della ETAG 027 (altezza residua \geq 50% dopo impatto alla massima energia)

L'altezza della barriera, adeguata all'altezza di intercettazione richiesta, e comunque superiore o uguale a H metri (vedi seguente Tabella 1) è da intendersi quella riportata nel rapporto di prova e nel manuale di installazione tenuto conto dei limiti di tolleranza di cui al punto 4.3 della ETAG 027.



Tabella 1: Prestazioni delle barriere con assorbimento di energia secondo ETAG 027/2013

Classe energetica	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEL Kj	-	85	170	330	500	660	1000	1500	>1500
MEL Kj \geq	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500
Categoria h residua	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	$\geq A$	>A

NOTA La struttura dovrà impiegare materiali nuovi e di primo impiego ed accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative UNI EN 10025 (montanti in acciaio), UNI ISO 2408 (funi d'acciaio), UNI EN 10244-2 (zincatura fili e funi), UNI 1461 (zincatura carpenteria metallica), nonché dalla dichiarazione CE.

1.1.7 Sistema di ancoraggi

- **E.03.040** Realizzazione di ancoraggi passivi idonei al consolidamento di volumi rocciosi con barre di acciaio classe b450c
- **E.03.041** Chiodature per ancoraggio del reticolo di contenimento
- **E.03.042** Bullonatura di consolidamento in parete a qualsiasi altezza
- **G.04.027** Formazione di ancoraggi d'attacco della barriera paramassi in pannelli di rete in fune

Gli ancoraggi dovranno essere realizzati con:

- **barre in acciaio**, con diametro $\phi \geq 24$ mm secondo EN 10080, con caratteristiche non inferiori al tipo B450C.
(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 2)
- **barra in acciaio** con resistenza minima caratteristica allo snervamento di 500 N/mm² e a rottura di 550 N/mm² del diametro minimo di 25 mm, iniezione di sigillatura con malta cementizia dosata a 250 kg/mc di impasto e piastra di ancoraggio delle dimensioni min. di cm15x15 cm sp.1,0 cm o golfaro;
- **barre di acciaio tipo Diwidag** pretensionate a 5 tonn. min, di diametro compreso tra $\phi=24$ mm e $\phi=28$ mm, dotate di testa espansiva di pretensionamento, iniezione cementizia o con resina bicomponente, piastre di bloccaggio, dado e quant'altro occorra per dare il lavoro finito;



- **doppia fune spiroidale in fili d'acciaio** marcata CE, galvanizzati con Zinco secondo la Classe A in conformità a UNI EN 10244-2, formante sull'estremo esterno un asola, diametro $\phi \geq 16$ mm e carico di rottura a trazione assiale d'ancoraggio ≥ 400 kN,
(riferimenti tecnici e normativi vedi Appendice p.to 4)

La scelta della tipologia e il dimensionamento degli ancoraggi e delle eventuali funi costituenti il reticolo di contenimento, dovrà essere oggetto di studio dettagliato in rapporto alla situazione sito specifica e documentato in una relazione tecnica.

La realizzazione e l'installazione degli ancoraggi e funi d'acciaio, può comprendere anche l'inserimento di piastre di ripartizione. Per tutte le lavorazioni può essere concesso l'utilizzo di elicottero.

1.1.8 Rilevati per il contenimento dei massi

1.1.8.1 Rilevati propriamente detti

I rilevati propriamente detti saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e secondo le indicazioni riportate nel Capitolato ANAS specifico "Movimenti di Terra".

1.1.8.2 Rilevati in terra rinforzata

- **E.01.045** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo sintetiche

I rilevati in terra rinforzata sono intesi come tutte quelle strutture in terra all'interno delle quali siano inseriti elementi prevalentemente resistenti a trazione (rinforzi). Gli stessi saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e secondo le indicazioni riportate nel Capitolato ANAS specifico "Movimenti di Terra".

1.1.8.3 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi

- **E.01.040** Fornitura e posa in opera di geogriglia con marcatura CE

Caratteristiche tecniche

Per il rinforzo dei rilevati da realizzare come valli paramassi, potranno essere utilizzate le geogriglie, ovvero altra tipologia opportunamente testata e validata, definite dal progettista ed accettata dalla Direzione Lavori.

Le geogriglie, dotate di marcatura CE, realizzate in fibre di poliestere o polietilene o polipropilene



e altro, proveniente da aziende qualificate e certificate, devono essere resistenti o protette ai raggi UV.

La resistenza massima a trazione, secondo la norma EN ISO 10319, dovrà essere non inferiore ai valori di seguito riportati per le varie classi di altezza:

- da 45 a 60 kN/m per altezze fino a 3 m;
- da 45 a 90 kN/m per altezze comprese da oltre 3 m fino a 6 m;
- da 45 a 120 kN/m per altezze comprese da 6 m fino a 9 m;
- da 45 a 160 kN/m per altezze oltre i 9 m

Le geogriglie dovranno rispettare le prescrizioni indicate nel NTC 2008.

1.2 GABBIONATE

1.2.1 Gabbioni metallici

- **E.01.027** Gabbioni in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10
- **E.01.025** Gabbioni cilindrici (a sacco)

Caratteristiche tecniche

I gabbioni metallici devono essere marcati CE in accordo con il Regolamento UE n.305/2011, dovranno avere forma prismatica ed essere in:

rete metallica a doppia torsione, con maglia esagonale, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 e UNI-EN 10218, in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013.

Il **rivestimento del filo** per la protezione dalla corrosione sarà in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013, e specificatamente:

- con leghe di zinco-alluminio Zn95Al5 oppure Zn90Al10
- in materiali polimerici che costituiscono una protezione aggiuntiva ed integrativa da adottare in ambienti fortemente aggressivi e/o per opere di elevata vita nominale.

Il **riempimento** dei gabbioni e materassi è costituito da materiale litoide proveniente da cava (*in conformità alla UNI EN – 13383-1*) o da materiale d'alveo, non friabile né gelivo e quindi non deteriorabile dagli agenti atmosferici, di elevato peso specifico (≥ 22 kN/m³) e di pezzatura diversifica-



ta, in modo da minimizzare la presenza di vuoti, e superiore alla dimensione della maglia ($\geq 1,5 D$) in modo da non permettere alcuna fuoriuscita del riempimento, né in fase di posa in opera, né in esercizio.

Nel caso dei gabbioni cilindrici a sacco dovranno avere lunghezza $L \geq 2,00$ m e diametro $\geq \phi 0,95$ m.

1.3 OPERE DI SOSTEGNO

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, oltre che 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.

Le Opere di sostegno si dividono in:

- 1) Opere di sostegno a gravità (muri, gabbionate, muri cellulari, ecc)
- 2) Opere di sostegno in c.a. (muri a mensola, a contrafforti, ecc.)
- 3) Opere di sostegno in terra rinforzata

1.3.1 Opere di sostegno a gravità

1.3.1.1 Muri in muratura

Questa tipologia di muri di sostegno viene realizzata mediante l'impiego di muratura di pietrame a secco e/o di pietrame e malta.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera, si rimanda alle indicazioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Murature" di ANAS S.p.A..

1.3.1.2 Muri in gabbioni

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni costituenti la gabbionata, parallelepipedi di rete metallica affiancati e appoggiati l'uno sopra l'altro, saranno saldamente collegati tra loro mediante legature con caratteristiche non inferiori a quanto riportato nel paragrafo 1.2 sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità ai sensi del DM 14/01/2008.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei gabbioni, si rimanda a quanto riportato nel precedente paragrafo 1.2 ed alle indicazioni specifiche, compatibilmente a quelle delle maglie, allo scopo di ottenere una densità quanto più possibile uniforme.



1.3.1.3 Muri cellulari o a cassone

Strutture di sostegno a scomparti cellulari

- **B.08.035** Muri di sostegno cellulari con aste o contenitori in c.a.v.

Caratteristiche tecniche:

Le strutture di sostegno a scomparti cellulari, marcati CE, sono 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 $\geq 1,9 \text{ t/m}^3$.

Gli elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato, di sagomatura come da progetto, dovranno avere Classe 35/45 ed armatura in barre di acciaio B450C.

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 delle apposite vaschette (fioriere) riempite di terreno vegetale, in modo da favorire l'attecchimento di piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti nella struttura, in ragione di quattro piante per metro di vaschetta.

Muri di sostegno a gravità con elementi prefabbricati scatolari

- **B.08.040** Muri di sostegno a elementi prefabbricati a cucchiaino

Caratteristiche tecniche:

Costituiti da elementi modulari scatolari prefabbricati in c.a.v. di Classe $\geq C35/45$ autobloccanti, autodrenanti, con riempimento a tergo della muratura con misto di cava e quello dei "cucchiaini" con idoneo terreno vegetale con relativa semina per il rinverdimento.

1.3.1.4 Strutture di contenimento in elementi scatolari prefabbricati

- **B.08.008** Strutture contenimento scarpate a elementi scatolari prefabbricati



Caratteristiche tecniche

Tali strutture di contenimento sono costituite da:

elementi scatolari in c.a.v. prefabbricati, disposti su file perfettamente orizzontali, tra loro interval-
lati 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.

Gli elementi scatolari ed i relativi pezzi speciali in c.a.v., di forma, dimensioni e finitura come da
progetto, dovranno avere Classe $\geq 28/35$ ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di
acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento.

1.3.2 Opere di sostegno in c.a.

1.3.2.1 Muri a mensola

Si tratta di muri di sostegno realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato gettati in opera.

Relativamente alle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera, deve essere fatto riferimento
alle indicazioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai
per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

1.3.2.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

- **B.08.033** Muri di sostegno prefabbricati in c.a. RCK >40 N/mm²
- **B.08.005** Sovrapprezzo ai muri prefabbricati per paramento in pietra o disegnato

Caratteristiche tecniche:

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati prodotti in serie in regime di marcatura CE, di classe
C35/45, ed acciaio di armatura del tipo B450C, con spessore ai bordi ≥ 10 cm e dovranno presen-
tare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati.

I pannelli dovranno essere disposti verticalmente o con scarpa secondo le previsioni di progetto,
irrigiditi nella parte interna da costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello collegati
alla platea di base in conglomerato cementizio armato, gettata in opera.

Il collegamento alla platea di base potrà essere eseguito secondo le indicazioni progettuali. Nel
caso in cui il collegamento venga realizzato mediante tiranti prefabbricati in c.a.v., lo stesso deve
essere effettuato con la medesima classe di resistenza (in questo caso la cerniera tra tirante e co-
stolatura del pannello dovrà essere sigillata con malta reoplastica premiscelata a ritiro compensa-
to).



1.3.3 Opera di sostegno in terra rinforzata

1.3.3.1 Struttura di sostegno in terra rinforzata in materiale sintetico e con rete in acciaio con paramento rinverdibile

- **E.01.045** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo sintetiche
- **E.01.050** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo a rete in acciaio

Caratteristiche tecniche:

La struttura di sostegno dovrà essere eseguita, secondo gli elaborati di progetto esecutivo della struttura, con la tecnologia dei terrapieni rinforzati in conformità alla norma EN14475, ed è costituita da terrapieno armato con 2 possibili tipologie di rinforzo:

- **armature strutturali in geogriglie** monorientate o fortemente orientate a marchio CE. Queste dovranno avere maglia rettangolare, quadrata o comunque di altra forma idonea all'impiego e alla tipologia di terreno, e dovranno essere in materiale sintetico di qualunque tipo (ad es.: fibre di poliestere o polietilene o polipropilene o aramide o polivinilalcol ecc) resistenti o protetti ai raggi u.v.
- **rete metallica a doppia torsione** in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013. Il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale $\geq 0,5$ mm ed in conformità a quanto indicato nelle norme EN14475.

Le armature (geogriglie o rete metallica) dovranno essere poste nel terreno in strati successivi con distanza tra i piani di posa rispettivamente non superiore a 60 cm e a 80 cm, in ogni caso secondo le prescrizioni progettuali, e dovranno essere connesse ad un paramento flessibile in rete metallica.

Nel caso di geogriglia ogni strato di rinforzo dovrà essere risvoltato esternamente la cassatura di almeno 1,50 m in prossimità del paramento, per evitarne lo sfilamento.

La resistenza di progetto delle geogriglie, al netto di tutti i fattori di sicurezza, dovrà essere calcolata e dimensionata attraverso una progettazione che tenga conto delle caratteristiche geometriche del manufatto, delle caratteristiche meccaniche dei terreni, dei carichi esterni agenti sul manufatto e delle sollecitazioni sismiche secondo la normativa vigente.

I livelli di sollecitazione e le caratteristiche meccaniche delle geogriglie dovranno essere certificate per una vita superiore a 120 anni.



Il **terreno da impiegare** dovrà essere appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3. Ogni strato di terreno dovrà essere compattato con appositi macchinari in modo da ottenere una densità non inferiore al 95 % dello AASHTO Mod.

Il **paramento** dovrà essere composto da pannelli in rete elettrosaldata con maglia non superiore a 15x15 cm e diametro $\phi \geq 8$ mm, posti in opera con un sistema di irrigidimento (tiranti) idoneo a ottenere inclinazioni del paramento variabili a seconda delle esigenze progettuali, tra i 45° e gli 80°.

Il paramento sarà corredato in facciata, nella parte interna, di **ritentore di fini** in fibre vegetali e/o sintetiche idoneo ad accogliere l'idrosemina e ad assicurare una rapida crescita della vegetazione ed uno sviluppo in profondità delle radici.

Per consentire il rinverdimento della scarpata si dovrà inoltre prevedere la sistemazione di uno strato di **terreno vegetale** idoneo ad accogliere l'idrosemina lungo tutto il fronte e per uno spessore di circa 30 cm.

Tutte le ditte produttrici dei materiali impiegati dovranno essere in certificazione di sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO-EN 9001.

1.3.3.2 Struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in cls o paramento rinverdibile

- **E.01.055** Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in cls o rete metallica rinverdibile ed armature di rinforzo lineari o planari in acciaio o materiale sintetico

Caratteristiche tecniche

La **struttura di sostegno** dovrà essere eseguita, secondo gli elaborati di progetto esecutivo della struttura, con la tecnologia dei terrapieni rinforzati realizzata da un terrapieno con tre possibili tipologie di **rinforzi**:

- **lineari in acciaio laminato** e sagomato a caldo del tipo S355JO zincato a caldo con spessore min 70 μ ;
- **in fibre di poliestere** ad alta tenacità o polietilene o polipropilene;
- **in geogriglie** monorientate o fortemente orientate strutturali in materiale sintetico - poliestere, polietilene, polipropilene, aramide, polivinilalcol - a marchio CE, resistenti o protetti ai raggi u.v., posti nel terreno in strati successivi e connessi ad un paramento flessibile in calcestruzzo o in rete metallica rinverdibile.

La tipologia di **paramento** potrà essere di due tipi:

- Costituito da pannelli prefabbricati in cls di spessore ≥ 14 cm, sagomati e disposti come da progetto, i quali dovranno avere Classe $\geq 28/35$ con tutti gli angoli retti e armati secondo le esigenze progettuali con ferri ad aderenza migliorata del tipo B450C controllato in stabilimento.



- Costituito da pannelli in rete elettrosaldata con maglia non superiore a 15x15 cm e diametro $\phi \geq 8$ mm, posti in opera con un sistema di irrigidimento (tiranti) idoneo a ottenere inclinazioni del paramento variabili a seconda delle esigenze progettuali, tra i 45° e gli 80°. In questo caso il paramento sarà corredato in facciata, nella parte interna, di ritentore di fini in fibre vegetali e/o sintetiche idoneo ad accogliere l'idrosemina e ad assicurare una rapida crescita della vegetazione ed uno sviluppo in profondità delle radici.

1.4 OPERE DI DIFESA SPONDALE

Il tipo di rivestimento da utilizzare per proteggere dall'erosione le sponde, dipende dai 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 e muri di sponda.

1.4.1 Prismi in conglomerato cementizio

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente Classe Rck ≥ 25 MPa, in elementi di forma cubica delle dimensioni previste in progetto.

1.4.2 Massi di roccia

- **E.06.005** Massi naturali provenienti da cave
- **E.06.002** Massi artificiali per formazione scogliere in conglomerato cementizio

Caratteristiche tecniche

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, con peso di volume $P \geq 25$ kN/m, peso specifico $p \geq 26$ kN/m ed grado di compattezza $C=P/p \geq 0.95$.

Vengono di seguito elencate le categorie di massi da utilizzare:

- 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, relative all'accettazione delle pietre naturali da costruzione.

1.4.3 Materassi in pietrame

- **E.01.065** Materassi metallici tipo Reno o similari in opera

Caratteristiche tecniche

I materassi in pietrame sono costituiti da:

- struttura metallica avente forma parallelepipedica, 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. La rete metallica a maglia esagonale e doppia torsione sarà realizzata in accordo alle "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore LL.PP., con parere n. 69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013.
- telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1 m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete, in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza $2\text{ m} < L < 3\text{ m}$, lunghezza ed altezza secondo le indicazioni progettuali. In particolare, il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento ed 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.

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 del materiale di riempimento varierà tra 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 $\geq 20\text{ KN/m}^3$.

1.4.4 Soglie di fondo

- **E.06.001** Formazione di scogliere per argini o fondo di alvei di pietrame naturale



Le soglie di fondo sono strutture trasversali all'alveo e poco emergenti dal fondo, destinate ad evitare l'approfondimento in quanto costituenti un livello inderodibile nell'alveo stesso.

Le soglie di fondo potranno essere realizzate con pietrame di grossa pezzatura o con platee in calcestruzzo o con gabbioni e/o materassi, le cui caratteristiche tecniche sono descritte nei rispettivi paragrafi .

1.5 MANUFATTI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAL CORPO STRADALE

1.5.1 Tubazioni

Le tipologie di tubazioni da utilizzare per lo smaltimento delle acque piovane sono quelle di seguito riportate:

- tubazioni in conglomerato cementizio vibrato;
- tubazioni in grès;
- tubazioni in PVC rigido
- tubazioni in polietilene (AD)
- tubazioni in polipropilene

1.5.1.1 Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato

- I.01.002 Tubazioni in cls vibrocompresso

Caratteristiche tecniche

Le tubazioni realizzate in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- 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 essere sigillato in opera con malta di cemento

Le tubazioni in cemento armato prefabbricate a sezione circolare potranno essere con:

- innesto a mezzo spessore (L = 1 mt) Classe $\geq 28/35$ secondo UNI EN 206-1



- innesto a mezzo bicchiere esterno ($L \geq 2$ mt) con o senza piano d'appoggio prodotti in conformità alla norma UNI EN 1916:2004 (marcatura CE). Classe $\geq 35/45$ con guarnizioni di tenuta in gomma posizionate sul giunto maschio dovranno essere conformi alle norme UNI EN 681-1/97.

1.5.1.2 Tubazioni in grès

- **I.01.007** "Tubazioni in gres ceramico"

Caratteristiche tecniche

Le tubazioni e pezzi speciali in Gres ceramico, ottenuti da impasto omogeneo, verniciati internamente ed esternamente con giunto a bicchiere - sistema C ed F dovranno essere in conformità alle norme UNI EN 295 parti 1 - 2 - 3 e dotati di marcatura CE in base al rispetto dei requisiti essenziali di prestazione contenuti nella norma europea EN 295-10 / 2005.

La giunzione, di tipo C, sarà composta da elementi di tenuta in poliuretano applicati sulla punta ed all'interno del bicchiere che, sottoposti alle prove di cui alla UNI EN 295/3 punto 15, dovranno soddisfare i limiti riportati nel prospetto VII della UNI EN 295/1 punto 3.1.2 e garantire gli aspetti di tenuta idraulica indicati dalla norma UNI EN 295/1 punto 3.2.

Per le tubazioni con giunzione di tipo F, questa sarà composta dall'elemento di tenuta in gomma applicato all'interno del bicchiere che, sottoposto alle prove di cui alla UNI EN 295/3 punto 15, dovrà soddisfare i limiti riportati nel prospetto VII della UNI EN 295/1 punto 3.1.2 e garantire gli aspetti di tenuta idraulica indicati dalla norma UNI EN 295/1 punto 3.2. Inoltre le caratteristiche dell'anello in gomma devono essere conformi a quanto richiesto nella norma UNI EN 681.

1.5.1.3 Tubazioni in PVC rigido

- **I.02.115** Scarichi acqua per impalcati

Caratteristiche tecniche

I tubi e i pezzi speciali dovranno avere caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 1401-1/98 tipo SN, contrassegnati con il marchio IIP che ne assicura la conformità alle norme UNI. Su ogni singolo tubo 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.

1.5.1.4 Tubazioni in polietilene (PEAD) corrugate



- **I.01.011** Tubazione in polietilene (AD) per condotte di scarico non in pressione

Caratteristiche tecniche

Le tubazioni per condotte di scarico interrato non in pressione, sono realizzate a doppia parete, lisce internamente e corrugate esternamente, prodotte in PEAD e testate secondo norma EN 13476-3 (tipo B), dotate di sistema di giunzione a bicchiere o manicotto e rispettive guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

1.5.1.5 Tubazioni in polipropilene corrugate

- **I.01.014** Tubazione in polipropilene per condotte di scarico non in pressione - SN16 KN/mq

Le tubazioni per condotte di scarico interrato non in pressione, sono realizzate a doppia parete, lisce internamente e corrugate esternamente, prodotte in PP e testate secondo norma UNI 10968-1 (traduzione della EN 13476-3 tipo B), dotate di sistema di giunzione a bicchiere o manicotto e rispettive guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

La classe di rigidità anulare deve essere misurata secondo metodo UNI EN ISO 9969.

1.5.1.6 Tubazioni in polietilene (PE) spiralato con profili metallici

- **I.01.020** Tubazioni in PE (AD) del tipo spiralato

Le tubazioni per condotte di scarico interrato non in pressione, sono realizzate con profilo liscio internamente di PE e strutturato, esternamente composto da costolatura in acciaio avvolta a spirale e ricoperta di PE, prodotte e testate secondo norma UNI 11434, dotate di sistema di giunzione a bicchiere ad elettrofusione o con guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

Classe di rigidità anulare (PS) misurata secondo norma UNI 11434 a deflessione 3%

NOTA La nota al Prospetto 4 della norma UNI 11434 chiarisce che il valore di rigidità anulare S (Stiffness), al 3% di deformazione diametrale, delle classi A - B - C corrisponde a quella dei tubi strutturati in materiale termoplastico con rigidità anulare SN (Nominal Stiffness) rispettivamente 8 - 12 - 16 secondo la norma EN ISO 9969. accettano tutte le tre classi di ASI



Per l'equivalenza fra i valori di rigidità anulari definiti dalle tre norme (UNI 11434, EN 13476, DIN 16961) si rimanda alla TAB . 1 in Appendice.

1.5.1.7 Tubazioni in polietilene (PEAD) spiralato

Le tubazioni per condotte di scarico interrate non in pressione, sono realizzate lisce internamente e profilate esternamente senza profili di supporto metallici, prodotte e testate secondo norma DIN 16961, dotate di sistema di giunzione a bicchiere ad elettrofusione o con guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM.

Classe di rigidità anulare (SN) misurata secondo metodo UNI EN ISO 9969.

1.5.2 Pozzetti e chiusini

- **I.02.080** FpO di pozzetti prefabbricati vibrocompressi in Cls di classe C25/30
- **I.02.085** FpO di elementi di prolunga per pozzetti prefabbricati in Cls di classe C25/30
- **I.02.090** FpO di soletta prefabbricata carrabile in cls per pozzetti prefabbricati in Cls o gettati in opera
- **I.02.095** FpO di chiusino carrabile in cls

Caratteristiche tecniche

I pozzetti ed i chiusini, la cui tipologia e dimensioni saranno indicate negli elaborati di progetto, realizzati in c.a.v. secondo la norma UNI-EN 1917:2004 e soggetti a marcatura CE.

dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Classe minima C25/30;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni

I chiusini dovranno essere conformi alla norma UNI - EN 124 "Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature";

I chiusini avranno chiusura battentata e saranno posti su pozzetti e/o canalette, ancorati agli stessi.

Relativamente ai pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo del chiusino non dovrà essere inferiore a 600 mm.

Tutti i chiusini, le griglie ed i telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante: la norma di riferimento; la classe corrispondente; la sigla e/o nome del fabbricante.

.



1.5.3 Canalette

Le canalette saranno in elementi prefabbricati in lamiera di acciaio ondulata e zincata, oppure in conglomerato cementizio o fibrocemento.

1.5.3.1 Canalette in acciaio

- **I.02.015.a** FpO di canalette e fossi di guardia
- **I.02.020** FpO di canalette in lamiera zincata

Caratteristiche tecniche

Le canalette in lamiera ondulata saranno realizzate con acciaio avente qualità di cui alle norme AASHTO M. 167-70 e AASHTO M. 36-70, con contenuto di rame $\geq 0,20\%$ e $\leq 0,40\%$ spessore $\geq 1,5$ mm con tolleranza UNI, carico unitario di rottura $\geq 34 \text{ Kg/mm}^2$ e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo, in quantità $\geq 305 \text{ g/m}^2$ per faccia.

1.5.3.2 Canalette ad embrici

- **I.02.001** FpO di canalette costituite da embrici

Caratteristiche tecniche

Le canalette ad embrici dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 25$ MPa, in elementi di 50/40 x 50x20 cm e spessore 5 cm, secondo i disegni tipo di progetto.

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 ≥ 80 cm, infissi nel terreno per almeno 60 cm, in modo che sporgano almeno di 20 cm.

1.5.4 Rivestimenti per cunette e fossi di guardia

I rivestimenti per le cunette ed i fossi di guardia possono essere realizzate con i seguenti materiali:

- elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato;
- conglomerato cementizio gettato in opera;
- muratura di pietrame



1.5.4.1 Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato

- **I.02.025** Elementi prefabbricati per rivestimento cunette
- **I.02.030** Cunettoni trapezoidali

Caratteristiche tecniche

Si tratta di elementi prefabbricati da realizzare in conglomerato cementizio vibrato, avente Classe $\geq 25/30$, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo B450C, in fili del diametro ≥ 6 mm. Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale od a L, secondo i disegni tipo di progetto, il cui spessore è ≥ 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza pialla; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/m^3 di cemento.

1.5.4.2 Rivestimenti in conglomerato cementizio gettato in opera

- **I.02.050** Rivestimento di cunette e fossi di guardia

Caratteristiche tecniche

Questa tipologia di rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguita 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.

1.5.4.3 Rivestimenti in muratura di pietrame

- **I.02.045** Rivestimento di platee di ponticelli, cunette, fossi di guardia
- **B.06.007** Rivestimento di platee con pietrame e malta cementizia spess. > 15 cm

Caratteristiche tecniche

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia può essere eseguito in muratura di pietrame e malta dosata a 350 kg/m^3 di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti



1.5.5 Cordonature

- **E.02.001** Cordolo in calcestruzzo vibrato, prefabbricato, dosato a ql 3,50 di cemento normale della sezione minima di cmq 300
- **E.02.008** FpO di cordonatura
- **E.02.010** Costruzione di cordonatura stradale

Caratteristiche tecniche

Le cordonature dovranno essere realizzate in conglomerato cementizio vibrato, avente Classe $\geq 25/30$, in elementi della lunghezza di 1 m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto.

1.6 MANUFATTI LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA

Le prescrizioni che seguono si riferiscono ai seguenti **manufatti in lamiera d'acciaio ondulata**, dei tipi:

- **a piastre multiple**, unite tra loro mediante giunzioni bullonate (per la realizzazione di strutture portanti di ponti, tombini, sottopassi, gallerie artificiali, alleggerimento rilevati e casseforme a perdere e manufatti idraulici quali condotte e canalette);
- **a giunzione continua perforati** tubolari (per la realizzazione di drenaggi)

1.6.1 Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a piastre multiple

I manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a piastre multiple, unite tra loro mediante giunzioni bullonate, si prestano alla realizzazione di strutture portanti chiuse e condotte aventi sezione:

- circolare (con eventuale preformazione ellittica);
- ribassata, ellittica o policentrica

ovvero alla realizzazione di strutture portanti aperte aventi sezione:

- ad arco (a tutto sesto o semicircolare, ribassato o rialzato)

ovvero alla realizzazione di canalette aventi sezione:

- semicircolare;
- trapezoidale

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza a norma UNI EN 10051; dovrà essere del tipo S235JR, secondo la norma UNI EN 10025-2. Sarà pro-



tetto su entrambe le facce da zincatura applicata per immersione a caldo, secondo la norma UNI EN ISO 1461, dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento, con spessori richiesti da ANAS indicati nella tabella seguente:

Tabella2: Valori minimi di spessore di zincatura.

Caratteristica	Metodo di prova	Spessore locale del rivestimento	Massa del rivestimento Locale g/m ²	Spessore medio del rivestimento	Massa media del rivestimento
Zincatura a caldo	UNI EN 1461 UNI EN 14713-1	≥ 70 µm	505 g/m ²	≥ 85 µm	610 g/m ²

Le lamiere finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ruvidità, punte, ecc.

Per la zincatura sui bulloni, si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN ISO 10684.

I bulloni di giunzione utilizzati saranno del tipo ad alta resistenza, dovranno appartenere alla classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nelle norme UNI EN ISO 898-1 (viti) e UNI EN ISO 898-2 (dadi).

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, dei bulloni 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 secondo le NTC 2008.

Le piastre standard si identificano in relazione al tipo di ondulazione e per il numero d'intervalli (ovvero la distanza in asse tra due fori adiacenti lungo la giunzione circonferenziale).

In generale, risultano disponibili i seguenti tipi di ondulazione:

T70

Ampiezza dell'onda 67,7 mm, profondità di 12,7 mm.

Il tipo sarà costituito da una o più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti (ovvero piegate nel solo caso della sezione trapezoidale per canalette) ed imbullonate.

T100

Ampiezza dell'onda 100 mm, profondità di 20÷22 mm.

Il tipo sarà costituito da una o più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti ed imbullonate.

T150

Ampiezza dell'onda 152,4 mm, profondità di 50,8 mm.



Il tipo sarà costituito da una o più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti ed imbullonate.

T200

Ampiezza dell'onda 200 mm, profondità di 55 mm.

Il tipo sarà costituito da più piastre ondulate curvate ai raggi prescritti ed imbullonate.

Il tipo di ondulazione è unico per l'intero manufatto mentre il numero di intervalli (forature per le giunzioni con i bulloni), mentre è invece variabile da piastra a piastra in relazione alla configurazione.

1.6.2 Manufatti tubolari in lamiera d'acciaio ondulata a giunzione continua perforati

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 sinusoide.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 0,8 mm, con tolleranza a norma UNI EN 10051.

La lamiera dovrà essere del tipo S235JR secondo la norma UNI EN 10025-2; nel qual caso, sarà protetta su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo la norma UNI EN ISO 1461, dopo l'avvenuta piegatura ed aggraffatura o saldatura a spirale dell'elemento, con spessori richiesti da ANAS indicati nella tabella seguente:

Tabella 3: Valori minimi di spessore di zincatura.

Caratteristica	Metodo di prova	Spessore locale del rivestimento	Spessore medio del rivestimento
Zincatura a caldo	UNI EN 1461 UNI EN 14713-1	$\geq 45 \mu\text{m}$	$\geq 55 \mu\text{m}$

Owero, la lamiera potrà essere del tipo Fe P02 G Z275 secondo la norma UNI EN 10346, prezin-
cata prima della piegatura ed aggraffatura a spirale dell'elemento.

Le suddette protezioni sono idonee ad assicurare la durata del prodotto in condizioni ambientali ordinarie.



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, dei bulloni 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 secondo le NTC 2008.

In generale, risultano disponibili i seguenti tipi di ondulazione e diametri:

- ampiezza dell'onda 38 o 62 mm, profondità di 6 mm; diametri da 0,08 a 0,50 m;
- ampiezza dell'onda 67,7 mm, profondità di 12,7 mm; diametri da 0,30 a 1,20 m;
- ampiezza dell'onda 76 mm, profondità di 25 mm; diametri da 1,2 a 2,50 m

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 9 mm (tolleranza ± 1 mm), che verranno distribuiti in serie longitudinali, con interasse di 38, 43 o 78 mm, tutti disposti in un quarto di tubo.

I singoli tronchi, la cui lunghezza standard sarà di 6 m, saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione ovvero elementi di raccordo (quali ad esempio curve, innesti, riduttori di sezione, ecc.) da fissare con bulloni.

Gli eventuali bulloni di giunzione utilizzati saranno del tipo ad alta resistenza, dovranno appartenere alla classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nelle norme UNI EN ISO 898-1 (viti) e UNI EN ISO 898-2 (dadi).

Come per le lamiere, anche i bulloni saranno protetti da adeguata zincatura applicata per immersione a caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461 (oppure meccanicamente secondo la norma EN ISO 12683).

2 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

La Direzione Lavori dovrà eseguire i **controlli** per l'accettazione preventiva completa del materiale consegnato.

La **Direzione Lavori** si riserva comunque, ogni volta che lo ritenga opportuno, la facoltà di svolgere **ispezioni in officina/stabilimento**, nonché di richiedere le certificazioni/attestazioni che riterrà opportune, sia per constatare la rispondenza dei materiali impiegati, che le attestazioni di regolarità delle lavorazioni.

Durante la fase di realizzazione delle opere, la Direzione Lavori ha la facoltà di richiedere l'esecuzione di **prove di laboratorio** su campioni rappresentativi della fornitura allo scopo di verificare l'effettiva rispondenza dei dati riportati nelle schede tecniche di prodotto.

I **risultati** delle prove effettuate dovranno essere riportati in appositi verbali.



L'Appaltatore ha la facoltà - qualora lo richieda all'atto della presentazione dei campioni, ovvero prima della data comunicata dalla Direzione Lavori per l'esecuzione delle verifiche in opera - di assistere alle prove o di farsi rappresentare.

L'esito delle prove farà fede a tutti gli effetti.

Nei successivi paragrafi vengono riportate le specifiche che dovranno essere rispettate nella fase di accettazione dei materiali e di realizzazione delle opere, per ciascuna delle diverse tipologie di interventi di sostegno e di difesa del corpo stradale precedentemente descritti.

2.1 Opere di protezione del corpo stradale dalla caduta massi

2.1.1 Disgaggi e demolizioni di massi e volumi di roccia pericolosi

Le attività di rimozione dei massi e/o volumi di roccia pericolosi dovranno essere precedute dalla verifica della documentazione e delle informazioni di seguito elencate:

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: <ul style="list-style-type: none">✓ planimetria e sezioni della zona oggetto del lavoro, con l'indicazione delle masse da disaggiare;✓ breve relazione sulle modalità di rimozione;✓ documentazione fotografica;✓ data o periodo di esecuzione delle attività.
A FINE LAVORI	ACCERTARE CHE: <ul style="list-style-type: none">✓ tutte le masse identificate come pericolose siano state rimosse;✓ non siano stati provocati danni a manufatti preesistenti;✓ non siano state poste in instabilità ulteriori masse;
A FINE VERIFICHE	<ul style="list-style-type: none">✓ Relazione redatta dall'Impresa che riporti l'esito delle verifiche (controfirmata dalla Direzione Lavori)
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra che un qualsiasi materiale non sia adatto all'impiego DEVE chiederne la sostituzione.</i>

Qualora dovrà essere previsto l'impiego di esplosivi, dovranno anche essere riportate le misure di sicurezza adottate.



Nel caso di impiego di esplosivi, varranno i controlli indicati nelle specifiche relative al loro impiego riportate nel presente Capitolato, oltre che nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Gallerie" di ANAS S.p.A..

2.1.2 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<p>RICOGNIZIONE A VISTA:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ controllo che nei punti di torsione della rete lo zinco non presenti sollevamenti o screpolature <p>VERIFICA DOCUMENTAZIONE:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Per ogni partita di rete giunta in cantiere dichiarazione di conformità/prestazione CE e dalla relativa marcatura CE oppure dal Certificato di Idoneità tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale così come indicato nelle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013 ;
ULTERIORI VERIFICHE	<p>PROVE SU CAMPIONI DI FILO:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ (a discrezione della D.L.) prelievo di campioni di filo, ciascuno della lunghezza di almeno 40 cm, in ragione di almeno un campione ogni 300 mq di rete (e, comunque, almeno 1 campione), oltre a 1 campione ogni 10 matasse di filo per cucitura.✓ VERIFICHE DELLA LUNGHEZZA DEGLI ANCORAGGI attraverso la misura dei fori predisposti e la misura delle barre/funi presenti in cantiere predisposte per l'inserimento nei fori
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione CE la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.</i>

2.1.3 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio e realizzazione del reticolo di contenimento in fune

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI



FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ per ogni partita di rete giunta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione dei Lavori la certificazione che accerti come tutti i materiali impiegati debbano provenire da fornitori che operano con un sistema qualità certificato, in conformità alle norme UNI EN ISO 9001 in vigore;
ULTERIORI VERIFICHE	PROVE SU CAMPIONI DI FILO: ✓ (a discrezione della D.L.) prelievo di campioni di cavo della lunghezza di almeno 50 cm, in ragione di almeno un campione ogni 200 mq di pannelli posti in opera e, comunque almeno 1, allo scopo di definire la resistenza dell'elemento
NOTA <i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.</i>	

La Direzione dei Lavori procederà alla verifica di ogni partita del materiale utilizzato.

2.1.4 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Appaltatore alla preventiva approvazione della Direzione Lavori e comprovata da idonea qualificazione e comunque dovrà rispettare quanto riportato nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda

2.1.5 Barriere paramassi

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: ✓ Tutti i materiali e/o componenti (profilati in acciaio, cavi funicolari, reti metalliche, lamiere lisce e sagomate, ecc.) devono essere nuovi di fabbrica ed accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative applicabili, ad esempio UNI EN 10025 (mon-



	<p>tanti in acciaio), UNI EN 12385 (funi d'acciaio), UNI EN 10264-2 (zincatura funi), UNI 1461 (zincatura carpenteria metallica), nonché, ove prevista, della attestazione della marcatura CE, ai sensi del Regolamento UE n.305/2011.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Le barriere ad assorbimento di energia dovranno essere accompagnate da certificazione CE, in conformità alla Linea Guida di Benestare Tecnico Europeo ETAG 027. ✓ Il certificato dovrà riportare le specifiche tecniche delle barriere testate, che dovranno essere conformi a quelle di progetto. ✓ L'Appaltatore dovrà preventivamente fornire le sollecitazioni sulle fondazioni corrispondenti a quelle di progetto, la deformata massima della barriera verso valle, nonché adeguata relazione di calcolo per il dimensionamento di tutti gli elementi di fondazione (sottofondazione dei punti di sostegno, ancoraggi di monte e laterali, ecc.). ✓ La DI, sulla base delle sollecitazioni sulle fondazioni desunte dalle prove di crash test, potrà effettuare delle prove di efficienza degli ancoraggi ai sensi delle norme AGI-AICAP 2012 a conferma dei calcoli dimensionali forniti. ✓ Elaborati grafici della barriera conformi a quelli di progetto, manuale di installazione e montaggio, manuale di manutenzione di ripristino funzionale. ✓ Copia dell'originale comprovante che il sistema di qualità del produttore dei componenti del sistema barriera paramassi, è conforme alla UNI ISO 9001/2008 ✓ Copia dell'originale comprovante che il produttore dei componenti della struttura è un centro di trasformazione ai sensi delle NTC 2008
DURANTE LA POSA IN OPERA	La D.L., all'inizio delle attività e/o durante il corso dei lavori, potrà ordinare tutte le prove di verifica dimensionale, di resistenza e di zincatura dei vari materiali che riterrà necessario effettuare, nonché della verniciatura protettiva dei profilati metallici.
ULTERIORI VERIFICHE	La DI, sulla base delle sollecitazioni sulle fondazioni desunte dalle prove di crash test, dovrà effettuare delle prove di efficienza degli ancoraggi ai sensi delle norme AGI-AICAP 2012
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i>

2.1.6 Rilevati per il contenimento dei massi

2.1.6.1 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi



I rinforzi devono essere Certificati da Istituto o Ente accreditato per la loro idoneità alla realizzazione di valli, tomi e barriere paramassi in terra rinforzata, in base a prove in vera grandezza realizzate secondo normativa UNI 11167-2006 ed attestanti la loro capacità di assorbire impatti con energia ≥ 4.500 kj.

2.1.6.2 Geogriglie in fibra sintetica

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: <ul style="list-style-type: none">✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi)✓ Oltre alla verifica della documentazione in accordo con il Capitoli 11.1 delle NTC 2008, la D.L. può ordinare prove specifiche di accettazione, da eseguirsi presso laboratori di cui all'art.59 del DPR 380/2001.
DURANTE LA POSA IN OPERA	In corso d'opera, saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali.
NOTA	<i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i>

2.2 Gabbionate

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	VERIFICA DOCUMENTAZIONE: <ul style="list-style-type: none">✓ Manuale di installazione e montaggio, manuale di manutenzione di ripristino funzionale.✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi) rilasciate sulla base di un ETA (indicare il riferimento), per ogni fornitura di rete metallica in cantiere✓ Oltre alla verifica della documentazione in accordo con il Capitoli 11.1 delle NTC 2008, la D.L. può ordinare prove



	<p>specifiche di accettazione, da eseguirsi presso laboratori di cui all'art.59 del DPR 380/2001, su campioni di filo ed elementi di rete, secondo le indicazioni di prova descritte nelle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dal Consiglio Superiore di LL.PP. con parere n.69 del 2 luglio 2013</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La D.L., durante il corso della fornitura, potrà far eseguire prove (di seguito elencate) sulle caratteristiche dei materiali di riempimento su lotti quantitativamente definiti dalla D.L., in funzione delle caratteristiche della cava e del materiale e delle dimensioni del massi e delle opere da realizzare: <ul style="list-style-type: none"> non gelivo (norma R.D. n.2232 del 16/11/39) friabilità, dilavabilità, durezza, peso specifico ($> 22\text{KN/m}^3$ per i materassi) ✓ Prova per la verifica dell'indice di porosità ($0.3 < p < 0.4$) su un campione per ogni tipo di gabbione o materasso da utilizzare. ✓ Certificato di analisi della pezzatura del pietrame per ogni lotto della fornitura (prova eseguita in cava)
DURANTE LA POSA IN OPERA	<p>In corso d'opera, saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:</p> <ul style="list-style-type: none"> – verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature dei gabbioni e dei materassi a quanto prescritto dal presente Capitolato, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo – 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
NOTA	<p><i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i></p>

NOTA Ciascun prodotto, nella confezione fornita dal fabbricante, deve chiaramente e costantemente essere riconoscibile attraverso idonea etichettatura dalle quale risultino, in modo inequivocabile, il riferimento al fabbricante, allo stabilimento di produzione ed al lotto di produzione, alle caratteristiche tecniche tipologiche e prestazionali del materiale ed il riferimento della marcatura CE .



2.3 Muri di sostegno

Le strutture di sostegno e contenimento dovranno essere realizzate secondo gli elaborati esecutivi di progetto, redatti nel rispetto delle norme vigenti.

La Direzione Lavori, dopo che il Progettista avrà preso visione dei documenti di cui all'art. 9 della legge n.1086 e s.m.i ed avrà verificato la previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato ed il suo organico inserimento nel progetto, autorizzerà l'Impresa a porre in opera la struttura prefabbricata.

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 al "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

Per le caratteristiche dei geotessili si rimanda al "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Movimenti di terra" di ANAS S.p.A.

Qualora previsto in progetto, i muri potranno avere paramento a faccia vista realizzato con lastre in pietra inglobate nel getto.

2.3.1 Muri di sostegno in muratura

Per quanto concerne le opere di sostegno in muratura di pietrame, si dovrà verificare che la posa in opera e il materiale impiegato soddisfino le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Murature" di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

2.3.2 Muri di sostegno in calcestruzzo

Per quanto riguarda i calcestruzzi e gli acciai di armatura, valgono le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

2.3.3 Muri di sostegno in elementi prefabbricati (c.a.v. e c.a.p.)

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'Impresa dovrà fare riferimento ai documenti di progetto, che dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14-01-2008), nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse Norme.



Al § 4.1.10 del D.M. 14-01-2008 sono riportate le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e/o controllata.

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione dei Lavori, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al § 11.8.5 del D.M. 14-01-2008. In particolare, la Direzione Lavori controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata dal citato decreto siano stati rispettati.

Le eventuali forniture non conformi alle succitate disposizioni saranno rifiutate.

Si precisa che a tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei punti A) oppure C) del § 11.1 del D.M. 14-01-2008. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art.9 della Legge 05.11.71 n.1086 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 02.02.74 n.64. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i §§ 11.8.2, 11.8.3.4 ed 11.8.5 del D.M. 14-01-2008, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Ai fini della verifica di quanto sopra, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

2.3.4 Opere di sostegno in 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 nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Movimenti di terra" di ANAS S.p.A., al quale si rimanda.

2.4 Opere di difesa spondale

Vengono di seguito riportate le specifiche relative ai controlli da effettuare per le opere in pietrame da realizzare per la difesa spondale; per quanto riguarda i gabbioni da porre in opera per gli stessi scopi, si rimanda a quanto riportato nel precedente paragrafo 2.2.

2.4.1 Opere in pietrame: controlli dei massi e loro posizionamento

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	✓ Classificazione mediante pesatura a spot, con la bascula disponibile in cantiere e suddivisione dei massi in base alle categorie riportate al paragrafo 1.4.2 del presente Capitolato. Ogni mucchio dovrà riportare chiare indicazioni sulla classe dei massi in esso contenuti



	<ul style="list-style-type: none">✓ 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.
DURANTE LA POSA IN OPERA	<p>In corso d'opera, potranno essere eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 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.✓ Provvedere all'eliminazione incondizionata di tutti i massi che, durante la posa, dovessero cadere fuori sagoma.
PROVE SUI MATERIALI	<p>Accertamento delle caratteristiche dei massi:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 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, oltre che da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione, dovranno essere indicate 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.

NOTA Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui al paragrafo 1.4.2, l'Impresa dovrà disporre di:

- una bascula tarata, della portata non inferiore a 20 tonnellate, per la pesatura dei massi che verranno approvigionali con mezzi terrestri; tale bascula 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 di appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun masso

2.4.1.1 Prismi in conglomerato cementizio

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA



PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none">✓ l'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dovrà procedere al picchettamento della difesa, riportando fedelmente sul terreno il tracciato indicato in progetto✓ I prismi dovranno presentare facce piane, avere aspetto compatto e regolarità di forma; la Direzione Lavori rifiuterà quelli che non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra.✓ controllo della resistenza del conglomerato: si procederà secondo le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche "Calcestruzzi ed acciai per c.a. e c.a.p." al quale si rimanda, 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
----------------------------	--

NOTA Il trasporto in cantiere dei prismi non potrà aver luogo prima che siano trascorsi 30 giorni dalla data del loro confezionamento ed, in ogni caso, solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

2.5 Manufatti per lo smaltimento delle acque dal corpo stradale

2.5.1 Tubazioni

Affinché il lotto di materiale possa essere accettato da parte della Direzione Lavori deve sottostare ai seguenti requisiti:

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none">✓ essere prodotto e fornito da una Ditta che possieda un Sistema Qualità aziendale conforme alla norma UNI EN ISO 9001:2000,✓ riportare impresso indelebilmente su ogni elemento costituente il lotto:<ul style="list-style-type: none">• Nome del fabbricante o il suo codice di riferimento• Diametro nominale• Classe di riferimento• Data di produzione• Norma di riferimento



	<ul style="list-style-type: none"> • Simbolo di identificazione dell'Ente di certificazione, attestante la conformità alla norma di settore; ✓ Essere corredato del certificato di collaudo del fabbricante con i relativi risultati dei test di fabbrica. ✓ Essere dotato di marcatura CE riportata su ogni elemento del lotto.
ULTERIORI VERIFICHE	<p>Prima di procedere alla posa in opera, si dovrà procedere ad una Ispezione Visiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ i tubi dovranno essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti. ✓ Le code, i bicchieri, le guarnizioni devono essere integre. <p>La DL potrà effettuare controlli dimensionali nonché prove di tenuta idraulica. La Direzione Lavori si riserva in ogni caso il diritto di far effettuare in stabilimento, verifiche e prove di accertamento della qualità delle forniture</p>
NOTA	<p><i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i></p>

2.5.2 Cunette

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<p>VERIFICA DOCUMENTAZIONE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ per ogni partita di cunette giunta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione dei Lavori la certificazione che accerti come tutti i materiali impiegati debbano provenire da fornitori che operano con un sistema qualità certificato, in conformità alle norma UNI EN ISO 9001 in vigore; ✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi)
ULTERIORI VERIFICHE	<p>PROVE SU CAMPIONE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ (a discrezione della D.L.) prelievo di almeno un campione per ogni partita posti in opera allo scopo di definire la resistenza dell'elemento
NOTA	<p><i>Se il Direttore Lavori riscontra la mancanza della certificazione la partita sarà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese;</i></p>



2.6 Manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	
FASI DI CONTROLLO	AZIONI DI VERIFICA
PRIMA DELLA MESSA IN OPERA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Controllo della produzione in stabilimento ✓ L'Impresa, per ogni singolo manufatto, dovrà richiedere al produttore la certificazione attestante il regime di assicurazione di qualità. Inoltre, secondo quanto stabilito dall'art. 58 del DPR 6 giugno 2001, n. 380 e s.m.i., dovrà fornire la seguente certificazione e documentazione: <ul style="list-style-type: none"> • documentazione, di cui all'art. 58 lett. a), b), c), d) del DPR 6 giugno 2001, n. 380 e s.m.i.; • 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; il suddetto progetto dovrà essere corredato del Piano di Manutenzione; • 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 previsti nelle NTC 2008. ✓ Verifica dell'assenza di soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ecc.. ✓ Prelevo campioni (elementi della fornitura ad es. lamiere o tubiperforati) all'arrivo in cantiere. 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; ✓ Dichiarazione di conformità/prestazione CE e relativa marcatura CE (con i relativi estremi)
DURANTE LA POSA IN OPERA	<p>verifica 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 presente Capitolato</p>
PROVE SUI MATERIALI	<p>Accertamento delle caratteristiche della fornitura attraverso prove chimiche e meccaniche:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistenza a rottura acciaio, spessore elemento, peso e spessore rivestimento zinco su entrambe le facce (UNI 11406), presenza del rame nell'acciaio nelle prescritte quantità;



	<ul style="list-style-type: none">✓ Nel caso in cui 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 $\pm 5\%$ ($\pm 4\%$ per i manufatti tubolari perforati in lamiera ondulata)
--	--

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla posa in opera degli elementi componenti i manufatti (lamiere o tubi perforati) allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni indicate nel presente CSA.

2.7 Laboratori accreditati

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano - ANAS.

3 MODALITÀ DI ESECUZIONE

3.1 Disgaggio

Nel caso siano presenti reti addossate sulla parete, è necessario prevedere il loro taglio parziale e la creazione di aperture, che dovranno essere ripristinate al termine dei lavori.

Le lavorazioni verranno svolte essenzialmente con attrezzi a mano, da parte di un operatore in parete che provvederà, durante la calata, alla rimozione di tutti gli elementi instabili individuati in progetto.

Dopo la rimozione della porzione di roccia, la nicchia dovrà essere accuratamente ripulita dagli elementi lapidei più piccoli eventualmente presenti.

Durante la fase di discesa, si dovranno rimuovere tutti gli elementi instabili che potrebbero essere mobilitati dalle oscillazioni della corda.



Le leve manuali e gli altri attrezzi occorrenti, nonché tutta l'attrezzatura necessaria per le lavorazioni, verranno collegati all'operatore mediante cordini di sicurezza, per evitare la loro caduta accidentale.

Per il taglio della vegetazione, l'operatore, calato lungo la parete con le medesime modalità delle operazioni di disaggio, giunto in corrispondenza dell'elemento vegetale da rimuovere, provvederà al taglio "a raso" dello stesso, utilizzando a tale proposito l'apparecchiatura più appropriata.

Si dovrà inoltre procedere alla verifica se l'apparato radicale avrà causato l'eventuale instabilità di porzioni lapidee; ove necessario, si procederà quindi alle operazioni di disaggio, secondo le modalità precedentemente enunciate.

La ceppaia restante dovrà essere trattata con opportuna sostanza antivegetativa, al fine di impedire l'ulteriore azione dell'apparato radicale.

Nella fase preliminare all'esecuzione dei lavori, si dovranno predisporre tutti gli accorgimenti atti alla messa in sicurezza della sede stradale (eventuale barriera provvisoria di protezione, segnaletica, eventuale chiusura al traffico o traffico alternato, ecc.).

Gli operatori dovranno essere dotati di tutte le attrezzature alpinistiche di progressione (discensore, bloccanti, ecc.) e le procedure operative dovranno rispondere ad adeguati standard di sicurezza secondo i disposti legislativi (D.Lgs. 81/08 e s.m.i.).

La posizione e l'estensione di tali dispositivi di protezione e sicurezza dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione dei Lavori.

3.2 Demolizioni di volumi rocciosi in equilibrio precario

Le operazioni di demolizione dovranno predisporre la pendice all'accoglimento in sicurezza degli interventi di rete e rinforzo corticale, nonché ad una diminuzione del rischio potenziale, nel caso di opere paramassi o qualsiasi altra struttura che non sia adagiata sulla parete rocciosa.

Nella fase preliminare all'esecuzione dei lavori, si dovranno predisporre tutti gli accorgimenti atti alla messa in sicurezza della sede stradale e di opere adiacenti (eventuale barriera provvisoria di protezione, segnaletica, chiusura strada o traffico alternato, eventuali assicurazioni ed evacuazioni, ecc.).

La posizione e l'estensione di tali dispositivi di protezione e sicurezza dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione dei Lavori.

Le modalità di calata, le modalità di lavoro e le attrezzature impiegate saranno le stesse di quelle già viste per il disaggio.

3.2.1 Demolizioni con l'impiego di attrezzature idrauliche

La demolizione ed l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito con l'utilizzo di attrezzature idrauliche ad alta pressione, quali martinetti ed allargatori.



I martinetti verranno azionati da pompa manuale, dotata di deviatori, al fine di poter azionare il martinetto successivo senza asportare il precedente.

I martinetti, così come gli utensili impiegati, verranno assicurati all'operatore con cordini di sicurezza.

Dopo l'asportazione del masso la nicchia di distacco verrà ripulita accuratamente.

3.2.2 Demolizioni con l'impiego di agenti chimici non esplodenti

La demolizione e l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito mediante l'impiego di agenti chimici non esplodenti.

Il volume roccioso da demolire verrà predisposto all'accoglimento di tali agenti non esplodenti, realizzando, con perforatrice a rotopercussione, dei fori del diametro non superiore a 45 mm.

I fori, prima del colamento al loro interno della sostanza, dovranno essere accuratamente puliti con aria compressa.

Quando esiste il pericolo di distacchi improvvisi, il volume roccioso dovrà essere, se necessario, rivestito con rete metallica posta in aderenza ed accuratamente ancorata all'intorno.

La spaziatura dei fori dovrà essere stabilita in base alla profondità delle perforazioni, ai volumi da demolire ed al tipo di sostanza chimica impiegata, secondo una maglia il più possibile regolare, generalmente avente lato non superiore ai 35 cm circa e, comunque, secondo le indicazioni progettuali.

La sostanza chimica dovrà essere maneggiata seguendo le norme di sicurezza riportate sulla confezione, avendo cura di formularne la composizione, tenendo conto dei fattori ambientali (temperatura e umidità) e dei tempi di reazione richiesti.

Trascorso il tempo necessario per la reazione chimica e dopo aver constatato il crollo della parte principale del masso roccioso in demolizione, si dovrà procedere alla accurata pulizia di tutti gli elementi lapidei rimasti nella nicchia di distacco, con l'impiego delle attrezzature più idonee.

3.2.3 Demolizioni con l'impiego di esplosivi

La demolizione e l'abbattimento di porzioni di roccia in equilibrio precario viene eseguito mediante l'impiego di esplosivi.

Il volume roccioso da demolire verrà predisposto all'accoglimento dell'esplosivo realizzando, con idonea perforatrice, dei fori del diametro non superiore a 45 mm.

Prima della posa in opera dell'esplosivo, i fori dovranno essere accuratamente puliti con aria compressa.

La spaziatura e la profondità dei fori, nonché l'entità delle cariche ed il tipo di esplosivo, dovranno essere accuratamente valutati in funzione del tipo di intervento da effettuare, questo in funzione anche del grado di comminuzione richiesto, al fine della salvaguardia delle opere di presidio della



strada (muri, opere di drenaggio, ecc.), che potrebbero non tollerare l'impatto con massi di grosse dimensioni; le suddette indicazioni dovranno essere riportate negli elaborati di progetto.

Quando esiste il pericolo di distacchi improvvisi, il volume roccioso dovrà essere, se necessario, rivestito con rete metallica e/o altro artificio, posti in aderenza e accuratamente ancorati all'intorno.

Nella bonifica di interi versanti, si dovrà operare in maniera tale da operare per trincee orizzontali, a partire dall'alto verso il basso.

E' fatto divieto di utilizzare, in parete, detonatori a fuoco con micce a lenta combustione.

Si rende obbligatorio l'impiego di inneschi elettrici e, nel caso di lavori montani, si dovrà fare uso di inneschi elettrici ad alta intensità o nonel.

Gli esplosivi dovranno viaggiare separati dagli inneschi.

E' fatto divieto di lasciare, durante il brillamento, delle corde srotolate in parete.

Dopo il brillamento, si dovrà procedere ad una accurata pulizia di tutti gli elementi lapidei rimasti nella nicchia di distacco, operando con gli strumenti idonei.

Saranno a carico dell'Appaltatore:

- Rispetto delle leggi e delle normative vigenti, oltre alla richiesta ed all'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità
- Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, ecc.
- 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
- Eventuali assicurazioni ed evacuazione di fabbricati

3.3 Perforazione

Le attrezzature, del tipo idraulico o pneumatico, dovranno essere facilmente trasportate, spostate e posizionate nei punti di perforazione.

La perforatrice dovrà essere generalmente fissata alla parete rocciosa mediante tasselli ad espansione o ancoraggi preventivamente scelti o realizzati appositamente, al fine di garantire la voluta inclinazione.

Dovrà essere predisposta una opportuna controventatura con tirfor o funi.

Lungo i pendii acclivi, la macchina potrà essere collocata su idonea attrezzatura che verrà movimentata lungo il pendio con motoverricelli.

Raggiunta la profondità richiesta, il perforo dovrà essere ripulito dai detriti con aria compressa.



Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione, questi saranno di acciaio, le cui dimensioni (spessore tubo, diametro interno, diametro esterno e lunghezza spezzoni) saranno funzione del diametro del perforo e delle caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione.

La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno incontrato e, comunque, dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione all'attrezzatura di lavoro scelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Nel caso si preveda la realizzazione di ponteggi per la messa in sicurezza alle operazioni di perforazione, questi potranno essere realizzati a parete ovvero appoggiati direttamente alla base della parete stessa. I ponteggi sospesi verranno assicurati alla parete mediante l'impiego di tasselli ad espansione o fittoni resinati, collocati in fori allo scopo realizzati e, inoltre, dovranno essere adeguatamente progettati e dimensionati. All'estremità opposta del tassello dovrà essere predisposto un manicotto sagomato, che costituisce il contrasto con l'espansione e permette l'aggancio con i morsetti dei ponteggi tubolari.

E' fatto divieto di fissare le apparecchiature di perforazione direttamente al ponteggio.

Le lavorazioni dovranno essere tassativamente sospese durante le manifestazioni temporalesche.

3.4 Sistemi di rivestimento delle scarpate

3.4.1 Rivestimento di scarpate in roccia con rete metallica

Dopo le operazioni di pulizia e disgaggio, lungo il bordo superiore verranno realizzati degli agganci provvisori in ferro sagomato.

Nel caso siano presenti reti addossate sulla parete, è necessario prevedere il loro taglio parziale e la creazione di aperture, che dovranno essere ripristinate al termine dei lavori.

Si procederà, quindi, alla stesa di un cavo metallico passante per gli agganci, con diametro $\phi \geq 6$ mm, al quale verranno fissate provvisoriamente i teli di rete.

I rotoli di rete, preparati e catalogati in funzione dell'area da rivestire, verranno sollevati con l'impiego di mezzi opportuni (autogru, camion gru, elicottero, verricelli, ecc.) fino al bordo superiore, dove dovranno essere fissati, con funi o moschettoni, al cavo provvisorio.

I rotoli verranno stesi secondo le linee di massima pendenza e guidati da due operatori in parete, con l'intento di rivestire con continuità la parete.

Nell'eventualità che siano presenti degli elementi aggettanti, verranno stesi dei cavi di acciaio orizzontali, fissati ad ancoraggi provvisori, al fine di consentire l'aderenza della rete alla parete.



I teli di rete, una volta stesi lungo la scarpata, dovranno essere collegati tra loro ogni 20 cm con idonee cuciture (non meno di due giri di filo) eseguite con filo avente le stesse caratteristiche di quello della rete e diametro pari a 2,20/3,00 mm o con punti metallici meccanizzati di diametro $\geq 3,00$ mm e carico di rottura ≥ 1770 N/mm².

Nella esecuzione dei fori, l'Appaltatore dovrà avere cura di posizionarli nei punti dove la roccia si presenta più sana e compatta.

La rete verrà ripiegata intorno all'armatura del cordolo, realizzata con tondino per c.a. ad aderenza migliorata. Nelle asole degli ancoraggi di sommità e di piede viene steso un cavo in acciaio zincato. Il cavo, dopo essere stato tesato con attrezzo di trazione da 800 kg, viene fissato agli ancoraggi perimetrali, con coppia di idonei morsetti (tipo a cavallotto).

I bordi sommitali e di piede della rete dovranno essere adeguatamente collegati ai cavi di acciaio.

Lungo la fune di contenimento al piede, almeno ogni 10 m, dovrà essere predisposta un'asola con diametro minimo di 1 m, attrezzata con una morsa in semigusci di fusione, avente la funzione di consentire il rapido scarico dei materiali eventualmente trattenuti a tergo della stessa rete.

Sulla rete potrà essere predisposto un rafforzamento, mediante la formazione di un reticolo di funi di contenimento costituito da un'orditura romboidale ed, eventualmente, anche da un'orditura verticale, entrambe in fune metallica del diametro previsto negli elaborati di progetto e comunque $\phi \geq 12,0$ mm

La fune, che sarà fatta passare in corrispondenza degli incroci all'interno degli ancoraggi, verrà tesata e bloccata con relativi morsetti in conformità alla norma UNI EN 13411-5.

I cavi posti in opera dovranno essere tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla normativa, ovvero in funzione del diametro del cavo.

All'altra estremità verrà posizionato l'attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà quindi al bloccaggio del cavo con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità.

3.4.2 Rivestimento di scarpate o pareti rocciose con pannelli di rete in funi di acciaio

I pannelli di rete in trefolo saranno ancorati alla parete con disposizione e frequenza indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia e, comunque, con densità pari ad almeno n. 1 ancoraggio per ogni angolo del pannello e, in ogni caso, con interasse non superiore a 3 m, mediante ancoraggi in barra di acciaio zincato.

Gli incroci delle funi devono essere idoneamente vincolati.

Il carico di rottura a strappo minimo del nodo di giunzione degli incroci fra le funi dovrà essere ≥ 22 kN.



Nella esecuzione dei fori, l'Appaltatore dovrà avere cura di posizionarli nei punti dove la roccia si presenta più sana e compatta, oltre che secondo la predisposizione prevista in progetto.

Il collegamento fra i pannelli rete in fune e gli ancoraggi predisposti sarà realizzato con fune di acciaio della stessa tipologia e diametro di quella costituente l'orditura della maglia, in modo da creare una idonea cucitura fra gli stessi. Tali funi saranno tesate e bloccate con i relativi morsetti, in conformità alla norma UNI EN 13411-5.

Si provvederà all'ancoraggio dei pannelli di rete alla parete con opportuni ancoraggi, la cui disposizione e frequenza, funzione delle caratteristiche della roccia, è indicata negli elaborati di progetto.

Sui pannelli, potrà essere predisposto un rafforzamento mediante la formazione di un reticolo di contenimento

Tale rafforzamento verrà realizzato predisponendo, sulla parete, l'ubicazione dei punti di perforazione secondo il reticolo previsto in progetto.

Predisposti gli ancoraggi, realizzati con cavo metallico ad anima tessile o con barre di metallo, si procederà alla loro cementazione ed alla loro stesura, facendoli passare all'interno delle asole terminali degli ancoraggi di attacco precedentemente realizzati.

I cavi posti in opera verranno tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla Normativa ovvero in funzione del diametro del cavo. (UNI EN 13411-5)

All'altra estremità, verrà posizionato l'attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà quindi al bloccaggio del cavo, con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità.

3.4.3 Realizzazione del reticolo di contenimento in fune

L'intervento consiste nel sovrapporre ad uno dei sistemi di protezione semplice (rete metallica in aderenza, pannelli in aderenza, rete ad anelli in aderenza), un reticolo di funi a disposizione romboidale ed eventualmente verticale.

la fune viene fatta discendere dall'alto verso il basso collegando obliquamente due serie di ancoraggi adiacenti secondo una linea a zig-zag, passando in corrispondenza agli incroci all'interno degli ancoraggi, sarà tesata e bloccata con relativi morsetti in conformità alla norma UNI EN 13411-5;



sulla sommità ed alla base, le funi del reticolo di contenimento sono bloccate sulle asole degli ancoraggi precedentemente realizzati per il posizionamento del sistema di protezione; altri ancoraggi devono essere posizionati sui bordi laterali dell'intervento e sugli incroci del reticolo romboidale in fune

- le barre di ancoraggio sono infisse nel terreno previa formazione di fori di diametro non inferiore a $\varnothing = 32.0$ mm ed iniettati con boiacca di cemento additivata con prodotti antiritiro;
- il collegamento delle funi del reticolo agli ancoraggi si realizza con un asola e morsetti (tipo DIN741 $\varnothing 12$ mm, in quantità di 3 per ogni asola)

Tale rafforzamento verrà realizzato predisponendo sulla parete l'ubicazione dei punti di perforazione secondo il reticolo previsto in progetto.

Predisposti gli ancoraggi realizzati con cavo metallico ad anima metallica o con barre di metallo, si procederà alla loro cementazione ed alla loro stesura, facendoli passare all'interno delle asole terminali degli ancoraggi di attacco precedentemente realizzati.

I cavi posti in opera verranno tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla Normativa ovvero in funzione del diametro del cavo. (UNI EN 13411-5)

All'altra estremità verrà posizionato attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà, quindi, al bloccaggio del cavo con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità.

3.4.4 Imbragaggio di grossi volumi rocciosi instabili

L'imbragaggio di volumi rocciosi instabili può essere effettuato con l'impiego di una fasciatura in funi metalliche

Dopo aver tracciato i punti di perforazione degli ancoraggi, si procederà alla loro esecuzione con l'impiego di idonea macchina perforatrice.

All'interno dei fori, dopo la cementazione, verranno posti in opera gli ancoraggi

Le barre di ancoraggio sono infisse nel terreno previa formazione di fori di diametro non inferiore a $\varnothing = 45.0$ mm, iniettati con boiacca di cemento additivata con prodotti antiritiro.

La cementazione verrà eseguita a gravità prima dell'inserimento degli ancoraggi, con le metodologie descritte nel precedente paragrafo relativo alla perforazione.

I cavi posti in opera saranno tagliati con idonea cesoia dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.



I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto") in numero conforme alla normativa, ovvero in funzione del diametro del cavo - UNI EN 13411-5

All'altra estremità verrà posizionato l'attrezzo di trazione manuale, per la tesatura del cavo fino alla massima trazione.

Si procederà quindi al bloccaggio del cavo con morsetti di caratteristiche analoghe a quelle viste in precedenza e con le medesime modalità, ovvero con altri accorgimenti tecnici che garantiscano le medesime prestazioni.

Le modalità di calata, le modalità di lavoro e le attrezzature impiegate saranno le stesse di quelle già viste per il disaggio.

3.4.5 Rivestimento mediante impiego di calcestruzzo spruzzato

Prima dell'applicazione, la superficie dovrà essere preparata eseguendo i lavori preliminari di seguito descritti.

Nel caso di supporto costituito da terreno o ammasso roccioso:

- rimozione di blocchi instabili o materiale incoerente;
- preumidificazione della superficie, se questa è assorbente;
- captazione e/o controllo preventivo delle venute d'acqua

Nel caso di ripristino di strutture esistenti:

- rimozione dello strato incoerente o fortemente degradato

Si procederà alla stesa ed al fissaggio sulle pareti sub-verticali di idonea armatura, così come prevista negli elaborati di progetto.

Le eventuali reti di armatura dovranno essere posate e fissate in modo da consentire sia il loro corretto ricoprimento, che di impedire la formazione di vuoti a tergo.

Le reti di armatura dovranno essere fissate con almeno 3 chiodi/m², su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora il progetto preveda uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri, ovvero le condizioni operative di fatto producano spessori maggiori di 15 cm, dovrà essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m², sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Il fissaggio dell'armatura avverrà a mezzo di staffe in acciaio aventi, di norma, il diametro di 10 mm e la lunghezza non inferiore a 40 cm, preventivamente trattate con antiruggine.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati dovrà essere compresa fra 30 e 50 mm, in relazione al diametro massimo degli aggregati.



La distanza fra le reti dovrà essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato, ovvero mediante presagomature delle reti stesse.

Gli inserti, quali ad esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere ed altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, dovranno essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento dovrà superare i 4 cm.

I costituenti per la realizzazione della miscela base (cemento, aggregati, aggiunte, acqua, eventuali additivi e fibre) dovranno essere mescolati per il tempo sufficiente a fornire una miscela omogenea, secondo le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p." di ANAS S.p.A.

Sulle pareti sub-verticali, dopo un'accurata bagnatura, si procederà all'esecuzione del rivestimento con malta di cemento.

Lo spessore reso di tale strato di rivestimento non dovrà mai essere inferiore a 3 cm.

Durante la stesa dell'armatura metallica, l'Appaltatore dovrà provvedere a riquadrare la 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 a tale proposito verranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

Qualora i lavori venissero eseguiti in presenza di traffico, durante la loro esecuzione l'Appaltatore 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.

In particolare, si dovrà curare l'aderenza del getto alla pareti, al fine di evitare vuoti a tergo del getto.

La proiezione dovrà avvenire ad umido, attraverso un procedimento in cui una pompa spinge la miscela, composta da aggregati, cemento ed acqua senza accelerante, in sospensione in un getto d'aria compressa, nel condotto, mentre l'accelerante viene introdotto e mescolato nella lancia.

Il dosaggio dell'accelerante dovrà avvenire esclusivamente a mezzo di dosatori sincronizzati con la pompa e regolati con il flusso di miscela cementizia, in modo da mantenere sempre costante il dosaggio di additivo.

La distanza fra la lancia e la superficie da trattare è funzione della velocità di uscita della miscela da proiettare; in generale questa distanza dovrà essere compresa tra 0,50 e 1,50 m.

Il numero di passate per ottenere lo spessore previsto sarà il più basso possibile, in relazione alla tecnica di proiezione prevista ed al tipo di accelerante impiegato.

La distanza fra l'armatura e la parete da rivestire dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 centimetri.

Il controllo della finitura è indispensabile per garantire il necessario copriferro, l'uniformità dello spessore ed un regolare supporto all'eventuale impermeabilizzazione.

La finitura della superficie del calcestruzzo proiettato, nel caso di superficie a vista o di supporto all'impermeabilizzazione, dovrà essere tale che il rapporto tra il diametro (anche equivalente) della



singola irregolarità e la sua profondità/sporgenza non sia maggiore di 0.10. Tutti gli eventuali spigoli dovranno essere arrotondati con raggio maggiore di 0.30 m.

L'eventuale finitura della superficie dovrà essere eseguita immediatamente dopo il completamento dello strato.

Nel caso l'opera richieda l'esecuzione di giunti di costruzione, questi dovranno risultare ortogonali alla superficie del supporto e dovranno essere realizzati sino a una profondità non minore di un terzo dello spessore dello strato.

3.5 Barriere di contenimento massi

La struttura di fondazione dovrà rispondere alle forze che si prevede agiscano durante l'impatto e, inoltre, dovrà avere dimensioni adeguate alle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito, che dovranno essere indagate in maniera specifica da tecnici abilitati

Il piano di posa del basamento del montante, qualora costituito da un getto di calcestruzzo, deve essere eventualmente armato, avere dimensioni in pianta min 0,5x0,5 m ed altezza minima 20 cm e, comunque, tale da portare il basamento al livello necessario per il montaggio della barriera.

Le perforazioni nel terreno di fondazione per la realizzazione delle strutture di sottofondazione dei puntoni di sostegno e degli ancoraggi di fondazione di monte ed alle estremità sono di diametro finale non inferiore a 85 mm oltre che della profondità adeguata a contenere le barre o le funi di ancoraggio della lunghezza prevista in progetto.

La cementazione verrà eseguita a gravità, con le metodologie descritte nel punto relativo alla perforazione.

Tutti gli ancoraggi vengono cementati con boiaccia acqua/cemento additivata con antiritiro, pompando la miscela dal fondo del foro fino a rifiuto.

I cavi posti in opera verranno tagliati con idonea cesoia, dopo aver nastrato accuratamente il tratto interessato dal taglio.

I cavi saranno fissati ad una estremità con idonei morsetti (tipo a "cavallotto"), in numero conforme alla normativa, ovvero in funzione del diametro del cavo. (UNI EN 13411-5)

Alla rete principale potrà essere sovrapposta, ove prescritto, una rete a maglia esagonale, di dimensione max cm 8 x 10 a doppia torsione con filo con diametro non inferiore a Ø 2,2. mm

3.5.1 Rilevati per il contenimento dei massi

3.5.1.1 Modalità di costruzione del rilevato

Per quanto riguarda le modalità di costruzione del rilevato si rimanda alle indicazioni riportate nel Capitolato ANAS specifico "Movimenti di Terra".



3.5.1.2 Elementi per il rinforzo dei rilevati per il contenimento dei massi

Geogriglie in fibra sintetica

Il materiale deve essere conservato in luogo asciutto e ben ventilato protetto dall'esposizione ai raggi solari e, per nessun motivo, deve essere stoccato in prossimità di materiali infiammabili e fonti di calore.

Una volta installato, dovrà necessariamente essere ricoperto con il materiale da rilevato entro 2 mesi.

3.6 Gabbionate

Preliminarmente, l'Impresa dovrà procedere alla regolarizzazione del piano di posa e, quindi, al posizionamento degli elementi metallici collegandoli tra loro mediante idonee cuciture, eseguite con filo avente le stesse caratteristiche di quello della rete.

Le cuciture dovranno essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere.

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.

Qualora previsto in progetto, è possibile riempire i gabbioni per faccia vista ad opera incerta, ottenuta con sistemazione a mano di pietrame tagliato ed assestato, previa idonea rinzeppatura.

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 di riempimento dovrà essere messo in opera con operazioni meccanizzate e/o manuali, in modo da consentire un riempimento uniforme ed omogeneo del pietrame e raggiungere sempre una porosità del 30-40% per ottenere un idoneo peso di volume, nel rispetto delle ipotesi di progetto e comunque in modo tale da avere il minor numero di vuoti possibile senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento.

Sarà escluso il pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera verrà a contatto.

3.7 Opere di sostegno

3.7.1 Muri in gabbioni



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.

Allo scopo di 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; per motivi statici, sarà evitata la disposizione a faccia-vista del pietrame sulla facciata esterna, adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

3.7.2 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.

Nel caso dei muri di controripa, la platea gettata in opera è posta in posizione rialzata rispetto alla base dei pannelli; pertanto, in questa tipologia di muri, rispetto a quelli di sostegno, non vi sono tiranti di collegamento tra pannelli e platea.

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.

In assenza di giunti verticali fra i pannelli (tipo "a sella" maschio-femmina, ecc) si dovranno inserire dei profilati in PVC o altro 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 cm² per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

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; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a sua cura e spese.

3.7.3 In terra rinforzata

Nella formazione del rilevato costituente il terrapieno armato, dovranno essere applicate le norme e le prescrizioni riportate nel "Capitolato Speciale di Appalto, Norme Tecniche: Movimenti di terra" di ANAS S.p.A..

L'Impresa dovrà porre particolare cura alla selezione dei materiali costituenti il rilevato; inoltre, dovrà effettuare il costipamento in spessori ridotti per la presenza delle armature e con particolari cautele a ridosso del paramento esterno.

3.7.4 Strutture di sostegno a scomparti cellulari



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.

3.7.5 Strutture di contenimento in elementi scatolari

Ad avvenuto completamento 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, in modo da agevolare l'attecchimento della vegetazione.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in conglomerato cementizio vibrato e le modalità esecutive della struttura dovranno essere comunque tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento

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 n.3 piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti e, infine, dovrà essere sistemato il terreno a monte del coronamento della struttura.

3.8 Opere di difesa spondale

3.8.1 Prismi in conglomerato cementizio

I prismi dovranno presentare facce piane, avere aspetto compatto e regolarità di forma e dovranno essere costruiti in file rettilinee e parallele.

Nell'eventualità che la casserratura interessi solo le quattro facce laterali del prisma, al fine di assicurare la regolare conformazione dello stesso anche per la faccia a diretto contatto con il terreno, prima del montaggio delle casseforme sarà necessario provvedere 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 ore dal getto.

La rimozione ed il trasporto dei prismi non potrà aver luogo prima che siano trascorsi 30 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 procedere al picchettamento della difesa, riportando fedelmente sul terreno il tracciato indicato in progetto. terminate le operazioni di tracciamento, 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, nonché permettere uno stretto contatto tra gli elementi adiacenti

3.8.2 Massi di roccia

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 completati secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati 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.

3.8.3 Materassi in pietrame

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; ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano di posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegarli 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 ed 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.

Si procederà quindi alle 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.

Verranno eseguite 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, prevedendo 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, vale a dire secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente.

Questa disposizione non è tassativa; a volte, potrà 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 di posa in opera o ragioni costruttive di varia natura.

La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

3.8.4 Soglie di fondo

Per la loro realizzazione, saranno preferibilmente scavate sezioni trapezie e la soglia sarà costituita da pietrame di grossa pezzatura, ovvero si potranno realizzare come platee in calcestruzzo o in gabbioni e/o materassi di pietrame, soprattutto per la difesa di opere particolari (come ad esempio pile di ponti o altro), nel qual caso la soglia si prolungherà a monte e a valle dell'opera.

3.9 Manufatti per lo smaltimento delle acque dal corpo stradale



Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, ove necessario, deve essere prevista la sistemazione e la costruzione di collettori di scolo, canalette, cunette e cunicoli.

3.9.1 Tubazioni in calcestruzzo cementizio vibrato

La posa sarà preceduta dall'applicazione sull'imbocco femmina del tubo di apposito lubrificante compatibile con la gomma stessa

Le suddette tubazioni dovranno essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio, eventualmente rinfiancate; il conglomerato per la platea ed i rinfianchi sarà del tipo di fondazione avente $R_{ck} \geq 25$ MPa.

Tra la tubazione e la platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a 400 Kg/m^3 di cemento.

3.9.2 Tubazioni in gres ceramico

Le operazioni di movimentazione, carico e scarico, di posa ed installazione, di ricopertura devono avvenire nel rispetto della normativa per la prevenzione degli infortuni e secondo le prescrizioni del P.O.S di cantiere.

Indicazioni sulla posa, sulla geometria delle trincee di installazione, sui materiali per il letto e per il rinfianco possono essere riscontrate nella norma UNI EN 1610 sulla "Costruzione e collaudo dei collettori di fognatura".

3.9.3 Tubazioni in PVC rigido

I giunti di tipo rigido verranno impiegati secondo le indicazioni di progetto.

I tubi ed i raccordi dovranno essere sistemati sul letto di posa in modo da avere un contatto continuo con il letto stesso. Tale tubazione verrà interrata in un cavo delle dimensioni indicate nel 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.

3.10 Manufatti in lamiera d'acciaio ondulata

Tassativamente si prescrive che il trasporto, lo scarico e la movimentazione delle lamiere, dei tubi per drenaggio e dei relativi elementi di collegamento e raccordo in cantiere dovranno essere fatti con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto superficiale (bituminoso o epossidico).

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: è assolutamente da evitare il ricorso a materiali di pezzatura superiore a 10 cm.

In ogni caso, si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare (diametro max. 5 mm) asciutta e pulita dello spessore di 20 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

Le teste dei bulloni e i dadi dovranno assicurare una perfetta aderenza. La coppia dinamometrica di serraggio dovrà risultare, al termine del serraggio stesso ed in funzione delle dimensioni e dell'impiego, come da relazione di progetto.

Nella seguente tabella 4 si riportano le indicazioni relative ai tipi commercialmente in uso:

Tabella 4: **Coppie di serraggio minime e massime**

Tipo di ondulazione	Diametro bullone (minimo) Classe 8.8	Coppia serraggio minimo (Nm)	Coppia serraggio massima (Nm)
T70	M12	45	160
T100	M12	45	220
T150	M20	180	440
T200	M20	220	440

Valori superiori dei diametri dei bulloni e della coppia di serraggio sono ammissibili sulla base delle indicazioni progettuali e, previa verifica sperimentale, che il serraggio applicato non determini la rottura dei bulloni.

I tubi per drenaggio saranno posti in opera in modo da presentare i fori nella parte inferiore, al fine di impedire all'acqua di trascinare detriti e materiali sabbiosi all'interno.

Il materiale di rinfiacco 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.

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 rinterro ed il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 20-30 cm massimo, utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, utilizzando materiale da rilevato stradale in conformità alle norme UNI EN 13242:2013 e UNI EN 13285:2010 e le specifiche indicazioni di progetto.

Il rinterro avverrà a strati orizzontali 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.

Nelle parti immediatamente adiacenti alle strutture, per uno spessore di 20 cm tutt'attorno, si interporrà uno strato di sabbia monogranulare (diametro max. 5 mm) asciutta e pulita il cui costipamento verrà fatto con pestelli pneumatici o a mano.

In generale, occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino a "contatto" della struttura metallica, si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura 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.

Le parti terminali dei manufatti dovranno essere munite di testate metalliche prefabbricate, oppure in muratura in conformità dei tipi adottati.

3.11 Canalette

3.11.1 Canalette ad embrici

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. Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni n.3 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.



3.12 Cunette

3.12.1 Rivestimenti con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato

I suddetti elementi prefabbricati saranno posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato, avendo cura che in nessun punto restino vuoti, che potrebbero compromettere la resistenza della struttura

3.12.2 Rivestimenti in muratura di pietrame

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.

3.13 Cordonature

Gli elementi non dovranno presentare imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature; inoltre, dovranno avere superfici in vista regolari e ben rifinite.

Le cordonature verranno poste 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/m^3 di cemento, che verrà utilizzata anche per la stuccatura degli elementi di cordonatura.

4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

L'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite, con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera, ovvero la lavorazione interessata.

Tali disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, almeno in duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla **Direzione Lavori**, per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, svolte durante l'esecuzione dei lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore.



La suddetta documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** (SAL) e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

Si evidenzia, inoltre, che tale documentazione contabile resterà di proprietà dell'ANAS.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche (ovvero a numero), così come rilevate dalla **Direzione Lavori**, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;

i lavori da compensare "a corpo", invece, saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche (ovvero a numero), rilevate dalla **Direzione Lavori** in contraddittorio con l'Appaltatore, che verranno confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per quanto riguarda la predisposizione degli **Stati di Avanzamento Lavori** e l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei SAL è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del **Collaudo** in corso d'opera.

All'avvenuto completamento di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione, redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la **Direzione Lavori** provvederà al pagamento del residuo con le suddette modalità, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla **Commissione di Collaudo** in corso d'opera.

4.1.1 Criteri di misura

- **Gabbioni**

I gabbioni verranno computati per l'effettivo volume secondo il relativo articolo di Elenco Prezzi che comprende anche la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura del filo per legature e tiranti ed il riempimento.

- **Materassi metallici**

I materassi metallici verranno computati in funzione del loro spessore, misurando la superficie effettiva secondo i relativi articoli di Elenco Prezzi che comprendono anche la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura del filo per legature e tiranti, nonché il materiale di riempimento.

- **Scogliere per le difese spondali**



Le scogliere per le difese spondali verranno computate per il loro volume effettivo, misurato vuoto per pieno, senza tener conto di eventuali eccedenze rispetto alle sezioni teoriche di progetto.

- **Canalette ad embrice**

Le canalette ad embrice verranno computate misurando l'effettivo sviluppo lungo il loro asse, senza tener conto della sovrapposizione tra gli elementi secondo il relativo articolo di Elenco Prezzi che comprende anche lo scavo, il costipamento del terreno d'appoggio ed il bloccaggio con tondini infissi in terra.

- **Mantellate di rivestimento**

Le mantellate di rivestimento, tanto quelle in lastre quanto quelle a grigliato articolato, saranno computate in base alla loro superficie effettiva.

- **Rivestimento di cunette e fossi di guardia**

Il rivestimento delle cunette e dei fossi di guardia verrà computati secondo i relativi articoli di Elenco Prezzi.

- **Manufatti tubolari per tombini e sottopassi**

I manufatti tubolari per tombini e sottopassi in lamiera d'acciaio ondulata e zincata saranno computati in base al loro peso determinato prima della posa in opera mediante pesatura, secondo come disposto nel presente Capitolato. Per altre tipologie di manufatti gli stessi verranno computati secondo i relativi articoli di Elenco Prezzi.

- **Muri di sostegno costituiti da pannelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato e vibrato, anche precompresso**

I muri di sostegno costituiti da pannelli prefabbricati verranno computati in base alla loro superficie, così come ottenuta dalla misurazione dell'effettiva lunghezza del muro per ciascuna altezza. L'altezza sarà misurata sulla faccia in vista di ogni pannello, dall'estradosso della fondazione alla sommità del pannello stesso.

I pannelli con profilo superiore inclinato saranno misurati fino all'orizzontale passante per lo spigolo più alto.

I relativi articoli di Elenco Prezzi, oltre a comprendere tutti gli oneri in essi richiamati, contengono anche quelli previsti nel presente Capitolato.

Ad esclusione di:

- gli scavi per l'impianto del muro;
- le opere di fondazione;
- l'eventuale drenaggio a tergo del muro;
- l'eventuale coronamento in sommità;
- la formazione del rilevato a tergo del muro



- **Muri di sostegno a scomparti cellulari in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio armato e vibrato**

I muri di sostegno a scomparti cellulari verranno computati misurando il volume effettivo tra le facce esterne degli elementi longitudinali e trasversali, dal piano di appoggio all'estradosso dell'ultimo elemento longitudinale superiore.

Nel calcolo del rapporto volumetrico tra gli elementi in conglomerato cementizio e la struttura complessiva, per i primi si dovrà adottare il volume effettivo (che, comunque, non dovrà essere superiore a quello teorico di progetto), mentre per la seconda si dovrà considerare il volume della struttura stessa.

I relativi articoli di Elenco Prezzi, oltre a comprendere tutti gli oneri in essi richiamati, contengono anche quelli previsti nel presente Capitolato, con particolare riferimento alla fornitura ed alla posa in opera degli elementi prefabbricati in c.a.v.; al materiale di riempimento degli scomparti cellulari; al terreno agrario ed alle essenze arbustive.

Ad esclusione degli scavi per la formazione del piano di posa e l'eventuale base di appoggio in cls nonché la fpo del terreno per vaschette e piantine di essenze arbustive.

- **Muri di sostegno costituiti da elementi scatolari prefabbricati in conglomerato cementizio armato e vibrato**

I muri di sostegno costituiti da elementi scatolari prefabbricati saranno computati misurando la proiezione verticale della superficie in vista, sulla base della lunghezza effettiva della struttura e dell'altezza (dall'intradosso dell'elemento inferiore all'estradosso di quello superiore), distintamente per strutture costituite da elementi tipo di uguali dimensioni.

I relativi articoli di Elenco Prezzi, oltre a comprendere tutti gli oneri in essi richiamati, prevedono anche quelli indicati nel presente Capitolato, con particolare riferimento alla fornitura ed alla posa in opera degli elementi prefabbricati in c.a.v. (compresi i relativi elementi speciali); al materiale di riempimento; alle essenze arbustive ed alla sistemazione a monte del coronamento.

Sono invece esclusi:

- gli scavi;
- la fondazione in conglomerato cementizio

Le suddette voci saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

5 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

In caso di esito negativo delle prove di accettazione dei materiali, di cui al paragrafo precedente, la partita sarà ritenuta **non conforme** e la D.L. procederà come in tabella 5:



Tabella 5: Azioni sulla non conformità.

Non Conformità	Azioni
Per irregolarità relative alla qualità dei materiali e alle caratteristiche geometriche degli elementi (spessori, dimensioni, ecc.) e quanto altro possa concorrere, anche in modo parziale, a compromettere la resistenza strutturale.	L'Appaltatore sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di sicurezza, minore al 20% di spessore in meno.	Il materiale sarà accettato dalla D.L. ma verrà applicata una sanzione economica così ripartita: ✓ dal 0,1% al 5,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 2.5% dell'intera FpO; ✓ dal 5,1% al 10,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 5% dell'intera FpO; ✓ dal 10,1% al 15,0% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 7.5% dell'intera FpO; ✓ dal 15,1% al 19,9% in meno di protezione anticorrosiva, una sanzione pari al 10% dell'intera FpO.
Per irregolarità relative allo spessore delle protezioni anticorrosive che, comunque, non concorrano a compromettere le prestazioni dei dispositivi di sicurezza, uguale o superiore al 20% di spessore in meno.	L'Appaltatore sarà tenuto a sostituire a sue spese i materiali non conformi con altri che rispondano alle caratteristiche richieste, nei tempi contrattuali stabiliti.

NOTA In ogni caso, i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal sito di stoccaggio e riciclati o smaltiti a cura e spese dell'Appaltatore.

6 COLLAUDO

Il **Collaudatore**, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al **collaudo delle opere** allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali.

Le prove richieste dal Collaudatore saranno a carico dell'Appaltatore

Vengono di seguito descritte le modalità di collaudo delle caratteristiche geometriche, dimensionali e strutturali dei dispositivi di sicurezza:

- Documentazione amministrativa;
- Elaborati costruttivi finali dell'opera;
- Prove sui materiali;
- Certificati di conformità CE (ove prescritto);



- Rapporti di prova (ove prescritto);
- Manuale di installazione;
- Manuale di manutenzione;
- Certificato di Corretta posa in opera (ove prescritto).

Nel dettaglio, il collaudatore potrà effettuare:

- Verifica delle caratteristiche geometriche e dimensionali;
- Verifica delle caratteristiche dei materiali;
- Verifica del corretto serraggio di tirafondi, bulloni e manicotti.

Qualora caratteristiche dell'opera realizzata non rispondano alle specifiche di progetto, l'opera dovrà essere adeguata e resa conforme alle specifiche progettuali, secondo le prescrizioni del Collaudatore.

Il Collaudatore, dopo aver concluso le suddette attività e verificato il rispetto di quanto eventualmente richiesto, **provvederà quindi al rilascio del relativo Certificato di collaudo.**



7 APPENDICE

1. I fili elementari dell'anima metallica della fune avranno resistenza nominale $\geq 1770 \text{ N/mm}^2$ (in conformità alle norme UNI EN 12385-4 o UNI ISO 2408; per le caratteristiche del filo si fa riferimento alla UNI EN 10264-2 o UNI ISO 2232, e protezione contro la corrosione in CLASSE A, se il rivestimento è in zinco e in CLASSE B se il rivestimento è in lega Zn-Al (5%).
2. Le barre d'acciaio (costituenti gli ancoraggi), realizzate secondo norma EN10080, sono munite di idoneo golfare, con funzione di "passacavo" e saranno collocate all'interno di fori con diametro $\varnothing \geq 32 \text{ mm}$ e cementati con malta cementizia antiritiro, la cui disposizione e frequenza è indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia.
3. Le funi di acciaio (costituenti gli ancoraggi), con caratteristiche di cui al p.to 1, è munita ad un'estremità di una redancia bloccata con manicotto, secondo UNI EN 13411-3 e capo libero all'altra estremità, saranno collocate all'interno di fori di diametro $\varnothing \geq 32 \text{ mm}$ e cementate con malta cementizia antiritiro, la cui disposizione e frequenza è indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia.
4. Le funi di acciaio (costituenti gli ancoraggi), con caratteristiche di cui al p.to 1, è munita ad un'estremità di una asola corredata di redancia zincata a caldo (UNI EN ISO 1461) bloccata con manicotto, secondo UNI EN 13411-3 e capo libero all'altra estremità, saranno collocate all'interno di fori di diametro $\varnothing \geq 85 \text{ mm}$ e cementate con malta cementizia antiritiro, la cui disposizione e frequenza è indicata negli elaborati di progetto in funzione delle caratteristiche della roccia. L'asola sarà fissata con manicotto in alluminio (in stabilimento) e sarà rivestita con un tubo di protezione in acciaio inox o in materiale polimerico o composito. Gli ancoraggi saranno corredata da centratori in acciaio zincato con interasse non superiore a 1,00 m.
5. Tabella di equivalenza tra i valori di rigidità anulari tubazioni PE

Tabella 6: Tabella di equivalenza tra i valori di rigidità anulari tubazioni PE

UNI 11424	EN 13476	DIN 16961
CLASSE (S)	SN.	SERIE (S_{R24})
	SN 2 (= 2 kN/m^2)	SERIE 3 $S_{R24} 8$ (= $8 \text{ kN/m}^2/4$)
	SN 4 (= 4 kN/m^2)	SERIE 4 $S_{R24} 16$ (= $16 \text{ kN/m}^2/4$)
CLASSE A S8 (= 8 kN/m^2)	SN 8 (= 8 kN/m^2)	SERIE 5 $S_{R24} 31,5$ (= $31,5 \text{ kN/m}^2/4$)



CLASSE B S12 (= 12 kN /m ²)		
CLASSE c S16 (= 16 kN /m ²)	SN 16 (= 16 kN /m ²)	SERIE 6 S _{R24} 63 (= 63 kN /m ² /4)

7.1 NORMATIVE E RIFERIMENTI

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante la "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare applicativa n.617 del 2 febbraio 2009, relativa alle "Istruzioni per l'applicazione delle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- D.M. 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";
- Circolare 24.09.1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";
- Norma CNR 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade – Tecnica di impiego delle terre"
- Norma UNI EN 14475 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Terra rinforzata"
- Norma UNI 11437 "Opere di difesa dalla caduta massi – Prove su reti per rivestimento di versanti"
- Norma UNI EN 10223-3 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni - Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali"
- Norma UNI EN 10218-1 "Filo di acciaio e relativi prodotti – Generalità - Parte 1: Metodi di prova" e Parte 2 "Dimensioni e tolleranze dei fili"
- Norma UNI EN 10218-2 "Filo di acciaio e relativi prodotti – Generalità - Parte 2: Dimensioni e tolleranze dei fili"
- Norma UNI EN 10244-2 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Rivestimenti di zinco o leghe di zinco"
- Norma UNI EN 10245-2 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti organici sui fili di acciaio – Fili rivestiti in PVC"
- Norma UNI EN 10245-5 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti organici sui fili di acciaio – Fili rivestiti in poliammide"
- "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione", approvate dalla Prima Sezione della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, con parere n.69 reso nell'adunanza del 2 luglio 2013



- Regolamento UE n.305/2011, "che fissa le Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione ed abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio"
- UNI EN 1295-1 "Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico"
- prEN 1295-3 "Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 3: Common method"
- EN 13476-1 "Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 1: General requirements and performance characteristics"
- EN 13476-3 (tipoB) "Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and profiled external surface and the system, Type B"
- UNI ENV 1046 "Sistemi di tubazioni e condotte di material plastica. Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati. Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra"
- UNI EN 1610 "Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura"
- UNI EN 681-1 "Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Gomma vulcanizzata"
- DPR 6 giugno 2001, n. 380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (G.U. n. 245 del 20 ottobre 2001).
- UNI EN 10051:2011 - Nastri laminati a caldo in continuo e lamiere/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma (in vigore dal 26 gennaio 2011).
- UNI EN 10025-2:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali (in vigore dal 1 aprile 2005). Sostituisce il riferimento alle norme AASTHO (American Association Of State Transport Highway Officials) M36-70 ed M167-70, oggi sostanzialmente accettate o fatte proprie. Queste prescrivevano, fra l'altro, l'impiego di acciai di qualità con carico di rottura non inferiore a 340 MPa, un contenuto in rame non inferiore allo 0,20%, e non superiore allo 0,40% ed una zincatura non inferiore a 305 gr/m2.
- UNI EN ISO 1461:2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova (in vigore dal 9 luglio 2009).
- UNI EN ISO 14713-1:2010 - Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Parte 1: Principi generali di progettazione e di resistenza alla corrosione (in vigore dal 27 gennaio 2010).
- UNI EN ISO 898-1:2013 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniera con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine (in vigore dal 20 giugno 2013).
- UNI EN ISO 898-2:2012 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine (in vigore dal 17 maggio 2012)
- UNI EN ISO 12683:2005 - Rivestimenti di zinco depositati meccanicamente - Specifiche e metodi di prova (in vigore dall'1 aprile 2005)



- UNI EN 10346:2009 - Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura (in vigore dall'11 giugno 2009) la quale sostituisce la norma EN 10327 (ed.: luglio 2004) che specifica i requisiti per i nastri e le lamiere rivestiti per immersione a caldo in continuo di acciai a basso tenore di carbonio rivestiti con zinco, lega zinco-ferro, lega zinco-alluminio, lega alluminio-zinco e lega alluminio-silicio con spessori da 0,35 mm fino a 3,0 mm.
- UNI 11406:2011 - Rivestimenti metallici protettivi dei materiali ferrosi - Prova di uniformità dello strato di zincatura su materiali zincati a caldo - Metodo secondo Preece (in vigore dal 17 febbraio 2011). La norma definisce il metodo di prova di tipo qualitativo da seguire per stabilire l'uniformità dello strato di zincatura presente su materiali ferrosi zincati per immersione a caldo. La norma si basa sui contenuti della UNI 5743:1966, ritirata.
- UNI EN 13242:2013 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade (in vigore dal 20 giugno 2013) La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 13242 (ed.: mag-2013). La norma specifica le proprietà di aggregati ottenuti mediante processo naturale o industriale oppure riciclati per materiali non legati e legati con leganti idraulici, per impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- UNI EN 13285:2010 - Miscele non legate - Specifiche (in vigore dal 14 ottobre 2010, è la versione ufficiale della norma europea EN 13285 ed.: set-2010; sostituisce la UNI 10006:2002). La norma specifica i requisiti per miscele non legate impiegate per la costruzione e la manutenzione di strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico, con gli opportuni riferimenti alla UNI EN 13242. La norma si applica a miscele non legate di aggregati naturali, artificiali e riciclati con una dimensione superiore del setaccio (D) compresa tra 8 mm e 90 mm, e una dimensione inferiore del setaccio (d) pari a 0.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.20- Rev. 1.0

Opere d'arte minori

Opere di consolidamenti,reti e

protezione

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.20 - Rev.1.0
Opere d'arte minori Opere di consolidamenti,reti e protezione

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



INDICE

SOMMARIO

PREMESSA	5
1 CLASSIFICAZIONE	5
1.1 ANCORAGGI	5
1.1.1 Tiranti e barre d'ancoraggio	6
1.1.2 Chiodature e bulloni	7
1.2 DRENI	8
1.2.1 Microdreni	8
1.2.2 Trincee drenanti	8
1.2.3 Pozzi drenanti	8
1.2.4 Dreni verticali prefabbricati	9
1.2.5 Dreni in sabbia	9
1.3 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)	9
1.4 INIEZIONI	9
2 MODALITA' DI ESECUZIONE, CARATTERISTICHE, VERIFICHE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	10
2.1 ANCORAGGI	10
2.1.1 TIRANTI E BARRE DI ANCORAGGIO	11
2.1.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI	12
2.1.3 CONTROLLI DURANTE L'ESECUZIONE	14
2.1.4 CONTROLLI E COLLAUDI FINALI	16
2.1.5 CHIODATURE E BULLONI	18
2.1.6 BULLONI IN ACCIAIO	19
2.1.7 PROVE E CONTROLLI SU BARRE E BULLONI	20
2.2 DRENI	21
2.2.1 MICRODRENI	21
2.2.2 TRINCEE DRENANTI	22
2.2.3 POZZI DRENANTI	23
2.2.4 PROVE E CONTROLLI	23



2.2.5	DRENI VERTICALI PREFABBRICATI	24
2.2.6	DRENI IN SABBIA	25
2.2.7	PROVE E CONTROLLI	25
2.3	TRATTAMENTI COLONNARI	26
2.3.1	PROVE PRELIMINARI	27
2.3.2	SISTEMI DI ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI	29
2.3.3	PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	31
2.4	INIEZIONI	33
3	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	36
3.1	NORME GENERALI	36
3.2	CRITERI DI MISURA	37
4	NON CONFORMITA'	38
5	COLLAUDO	38
6	MANUTENZIONE	38
7	NORME E RIFERIMENTI	39
8	APPENDICE	40
8.1	DETTAGLI ESECUTIVI SULLE PROVE PRELIMINARI SUGLI ANCORAGGI	40
8.2	TIPOLOGIE DI POZZI DRENANTI	46
8.2.1	Pozzi drenanti a tutta sezione	46
8.2.2	Pozzi ispezionabili	46
8.2.3	Pozzi drenanti con rivestimento strutturale	46



PREMESSA

Nella presente sezione del capitolato speciale di appalto vengono analizzate le diverse tipologie strutturali di consolidamento classificate e suddivise in:

Ancoraggi: identificabili nelle 4 tipologie esecutive (tiranti, barre, chiodi e bulloni)

Dreni: anch'essi identificabili in 3 tipologie (microdreni, trincee drenanti e pozzi drenanti)

Trattamenti colonnari: (jet grouting)

Iniezioni.

Particolare rilevanza dal punto di vista normativo è stata posta, da parte del legislatore, sui dispositivi di ancoraggio attivi (tiranti di ancoraggio); ciò ovviamente in relazione alla delicata funzione strutturale che gli stessi dispositivi sono chiamati ad assolvere.

Le NTC 2008, infatti, prevedono che, ove i dispositivi di ancoraggio ancora non posseggano Marcatura CE, che i singoli produttori debbano far accreditare e certificare i propri prodotti presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore del LL.PP.

Conseguentemente nel presente capitolato verranno dettagliatamente e puntualmente definite tutte le prove ed i controlli da eseguirsi su tali dispositivi di ancoraggio.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica inoltre i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei materiali che compongono le diverse tipologie strutturali sopra indicate. Le tipologie elencate, costituiscono l'insieme delle soluzioni tecniche che ANAS considera oggi maggiormente adeguate alle caratteristiche di lavori da realizzare sulla propria rete.

1 CLASSIFICAZIONE

1.1 ANCORAGGI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.02.140 a B.02.144
- da E.03.040 a E.03.042

Con il termine "ancoraggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte al sostegno o al consolidamento di pareti di scavo o versanti, ottenute tramite armature che si estendono nei terreni e nelle rocce a tergo della superficie visibile. Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, che può essere provvisorio o permanente, si distinguono in tiranti e barre d'ancoraggio, bulloni e chiodi.



1.1.1 TIRANTI E BARRE 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 modalità di sollecitazione, vengono distinti in:

- tiranti passivi, nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- tiranti attivi, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata

In relazione alla tensione iniziale, si distinguono in:

- presollecitati: tiranti ai quali viene indotta una forza di tesatura N_i superiore a quella di esercizio N_{es} ($N_i > N_{es}$);
- parzialmente presollecitati: tiranti ai quali viene indotta una tesatura inferiore o uguale a quella di esercizio ($N_i \leq N_{es}$);
- non presollecitati: tiranti ai quali non viene indotta alcuna tesatura ($N_i = 0$).

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 (in genere posto 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.



Le barre d'ancoraggio sono elementi strutturali che, in esercizio, vengono 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).

1.1.2 CHIODATURE E BULLONI

Con il termine "chiodature" si definiscono ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio di taglio e trazione conseguente ad una deformazione da taglio, 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

La loro connessione al terreno può essere ottenuta con cementazione mediante miscele cementizie o chimiche o con mezzi meccanici, mediante semplice infissione.

I bulloni sono elementi strutturali che, in esercizio sono sollecitati a trazione e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti.

I bulloni sono caratterizzati da una lunghezza limitata, di norma non superiore a 12 m, da armatura costituita da una singola barra, dall'assenza di guaine, salvo che in funzione di protezione anti-corrosiva, dalla presenza di testa d'ancoraggio, da solidarizzazione per semplice cementazione o per frizione concentrata o diffusa su tutta la lunghezza e da impiego prevalente in roccia. Possono essere convenzionalmente suddivisi in:

- bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio;
- bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega";
- bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile;



- bulloni costituiti da lamiera, barre o profilati infissi a pressione senza perforazione preventiva

Analogamente ai tiranti di ancoraggio, è possibile distinguere i bulloni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) e in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

1.2 DRENI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.01.005 a B.01.020.2
-

Le strutture di drenaggio più comunemente utilizzate sono:

1.2.1 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.

1.2.2 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 canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.

1.2.3 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%.



1.2.4 DRENI VERTICALI PREFABBRICATI

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili e arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali similari avvolto intorno a 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.

1.2.5 DRENI IN SABBIA

In presenza di terreni fortemente compressibili dovendosi provvedere al loro prosciugamento e consolidamento, potranno adottarsi dreni (o pali) di sabbia.

1.3 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.02.001 a B.02.010.b

Sono definiti 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, ecc.).

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.

1.4 INIEZIONI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.09.016 a B.09.017
 - 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).

2 MODALITA' DI ESECUZIONE, CARATTERISTICHE, VERIFICHE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

2.1 ANCORAGGI

- Preliminarmente alla caratterizzazione delle singole lavorazioni componenti le strutture trattate nel presente capitolato, va evidenziato come, in accordo alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, possono configurarsi i seguenti casi:
 - a) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della Marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), - recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499 – così come sostituita dal Regolamento Europeo 305/2011 del 09.03.2011 (CPR);
 - b) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
 - c) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi, il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- Per i materiali e prodotti recanti la marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni



fornitore, per ogni diverso prodotto, la Dichiarazione di Prestazione (DoP), in linea con l'allegato III del Regolamento sui Prodotti da Costruzione (CPR).

- Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B), ovvero del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

2.1.1 TIRANTI E BARRE DI ANCORAGGIO

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti e barre di ancoraggio sono definite nel progetto esecutivo.

Le tecniche per eseguire le perforazioni, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, 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.

A tale scopo l'Impresa dovrà produrre un apposito fascicolo nel quale verrà puntualmente esplicitato sia il sistema esecutivo per la realizzazione dei tiranti di prova (macchinari e materiali) sia la metodologia che verrà adottata per le prove di collaudo dei tiranti prova una volta realizzati.

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.

La suddetta verifica verrà eseguita, **su richiesta della Direzione Lavori**, a cura e spese dell'Impresa.

A tal fine, si prenderanno a riferimento le classi di esposizione per come definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, evidenziando che, in aggiunta ai criteri in queste contenute, l'ambiente verrà dichiarato aggressivo anche quando:

- 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 e dovrà esserne certificata l'idoneità, in accordo a quanto prescritto nella norma UNI 9156:2007.



In aggiunta a quanto prescritto nel cap. 6.6. del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni", è applicabile la norma UNI EN 1537:2002", che stabilisce e definisce i principi per la tecnologia dei tiranti, applicabile all'installazione, prova e controllo di tiranti permanenti e provvisori, per i quali è sottoposta a prova la capacità di ancoraggio.

2.1.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

Gli ancoraggi preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti di progetto e comunque rappresentative della zona di intervento 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, proposti dall'Impresa, ed approvati dalla Direzione Lavori, dovranno essere in accordo con le prescrizioni di progetto ovvero con le Raccomandazioni AICAP-AGI "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione Giugno 2012.

Gli ancoraggi preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche secondo quanto sopra riportato.

Le prove preliminari di progetto servono per stabilire dimensionamento e modalità costruttive di ogni diversa tipologia di ancoraggio e per ogni possibile situazione geotecnica, misurando uno o più valori della resistenza a sfilamento della fondazione $R_{a,m}$ e per verificare che la capacità del sistema di ancoraggio sia idonea ad assorbire l'azione di progetto P_d .

Il numero minimo di ancoraggi da sottoporre a prova (nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) è indicato nella seguente Tabella 3.1, che riporta anche l'articolazione delle prove fra le diverse modalità.

N. ancoraggi da eseguire	N. minimo di prove da eseguire	Modalità di prova	
		Tipo 1	Tipo 2
Compreso tra 1 e 30	1	1	--
Compreso tra 31 e 50	2	1	1
Compreso tra 51 e 100	3	2	1
Compreso tra 101 e 200	7	2	5
Compreso tra 201 e 500	8	3	5

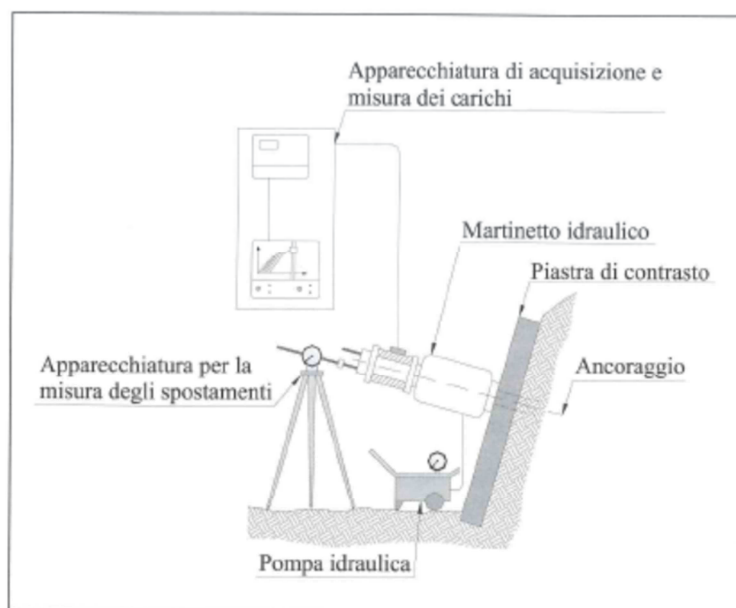


Oltre 500	10	3	7
-----------	----	---	---

Tabella 3.1: Numero minimo di ancoraggi preliminari da sottoporre a prova

Al fine di conteggiare il numero degli ancoraggi da sottoporre a prova, si considerano di una stessa tipologia gli ancoraggi adibiti alla medesima funzione, aventi uguale tipo e sezione di armatura, modalità e diametro di perforazione, modalità e pressione di iniezione.

Il dispositivo di prova è costituito da un martinetto idraulico alimentato da una pompa motorizzata, da un sistema di contrasto e dagli strumenti di misura, secondo l'allestimento rappresentato nello schema seguente:



Gli strumenti devono consentire la misura del tiro applicato, preferibilmente per mezzo di una cella di carico in asse all'ancoraggio, l'allungamento dell'armatura, la pressione applicata al martinetto di tesatura. Inoltre, è opportuno che nel corso delle prove venga misurato lo spostamento (assoluto) della struttura di contrasto, prendendo come riferimento un punto fisso esterno alla zona che può essere influenzata dalla prova.

Tutte le prove prescritte dalla Direzione Lavori sui tiranti di prova dovranno essere condotte da un Laboratorio Ufficiale incaricato dall'Impresa esecutrice; lo stesso Laboratorio alla conclusione delle prove fornirà alla DL un report esaustivo con l'interpretazione dei dati rilevati.

Si evidenziano due tipologie di prove:



Il primo tipo di prova è una prova di sfilamento: ha lo scopo di determinare la tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra la fondazione ed il terreno, per il dimensionamento della fondazione degli ancoraggi definitivi. L'ancoraggio di prova ha quindi un'armatura sovradimensionata per quanto possibile in relazione al diametro di perforazione, oppure una lunghezza di fondazione ridotta rispetto agli ancoraggi definitivi, in modo che possa essere sfilato dal terreno senza determinare lo snervamento dell'armatura.

Il secondo tipo di prova è una prova di idoneità: si esegue su un ancoraggio realizzato come quelli definitivi, con caratteristiche della fondazione e dell'armatura identiche a quelle previste per gli ancoraggi in opera con la sola eccezione della sezione metallica dell'armatura che sarà la massima compatibile con il diametro di perforazione. La prova ha lo scopo di misurare un valore $R_{a,m}$ della resistenza dell'ancoraggio e di verificare l'idoneità complessiva del dispositivo alle prestazioni richieste.

Per maggiori dettagli sull'esecuzione delle prove si rimanda al paragrafo APPENDICE.

2.1.3 CONTROLLI DURANTE L'ESECUZIONE

Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

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 sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

La DL avrà cure di verificare che, nella realizzazione dei fori, siano rispettate le seguenti tolleranze:

- 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 angolare in verticale e in orizzontale rispetto a quanto previsto nel progetto, non dovrà essere maggiore di $\pm 5^\circ$, controllata dopo un avanzamento di 2 m di foro;
- 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.



Iniezione

Come già in precedenza evidenziato, l'Impresa presenterà alla DL lo studio preliminare sulla miscela cementizia di iniezione secondo le indicazioni progettuali. I risultati delle prove eseguite in fase preliminare, verranno riportati su una apposita relazione, dove verrà definita la composizione della miscela da utilizzare in fase esecutiva.

Gli additivi dovranno essere conformi alla norma UNI EN 934-4:2009.

La miscela, di norma, dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

- fluidità Marsh da 10 sec. a 35 s;
- essudazione 2%;
- resistenza a compressione a 28 giorni > 25 MPa valutata su coppia di provini cubici.

La prova di fluidità e la prova di essudazione dovranno essere eseguite a cura dell'Impresa, ogni qualvolta verrà richiesto dalla Direzione Lavori.

Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle prove non fornisse risultati conformi a quanto richiesto, le iniezioni saranno sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela con idonee caratteristiche.

Dovrà essere effettuato il controllo della resistenza a compressione della miscela mediante l'esecuzione di un prelievo ogni tirante o gruppo di tiranti iniettati contemporaneamente.

L'iniezione dovrà avere carattere di continuità, e non potrà assolutamente venire interrotta. In caso di interruzione, superiore a 5 minuti, a causa di forza maggiore, il foro verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

Se necessaria, successivamente all'inserimento del tirante, sarà eseguita la cementazione di prima fase; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

Completata l'iniezione di 1^a fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

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.

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle attrezzature di potenza adeguata a garantire la produttività prevista e le cui caratteristiche dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori. Dovranno inoltre essere rilevate le pressioni di apertura delle singole valvole nonché i volumi di assorbimento.

In terreni altamente permeabili o in rocce fessurate, preliminarmente alla posa del tirante, dovranno essere eseguite nel foro prove in sito di permeabilità. Nel caso che tali prove indicassero,



per il tratto ancorato perdite di miscela superiori a 5 l/min con pressioni di 0,1 MPa, si dovranno attuare misure preventive di riduzione del grado di permeabilità quali preiniezioni con apposite miscele di intasamento. A seguito di tali operazioni, per la posa in opera del tirante si renderà necessaria la riperforazione del foro di alloggiamento, a cui seguiranno la posa del tirante e le normali iniezioni.

Ove il progetto preveda iniezioni con resine sintetiche, si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Le resine, rispondenti alla norma UNI EN 1504-6:2007, saranno di norma impiegate per la solidificazione 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

Trascorsi 28 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.

Qualora espressamente richiesto in sede progettuale o in sede esecutiva dalla Direzione Lavori, l'Impresa dovrà garantire l'idoneità del tirante all'inizio delle operazioni di tesatura in termini temporali inferiori a 28 giorni.

A tale scopo, sarà a completo carico dell'Impresa l'eventuale impiego di additivi speciali, acceleranti, atti a garantire la presa della miscela di iniezione del tratto attivo nel termine prescritto.

2.1.4 CONTROLLI E COLLAUDI FINALI

Il collaudo di un ancoraggio si esegue tramite la prova di accettazione.

Si definisce prova di accettazione di un ancoraggio la prova di tesatura non distruttiva per il controllo finale del dispositivo posto in opera.

La prova consiste in un ciclo semplice di carico e scarico dell'ancoraggio realizzato secondo uno dei due metodi successivamente indicati.

La prova di accettazione deve essere effettuata su tutti gli ancoraggi prima o al momento della loro utilizzazione, comunque dopo che sia trascorso il tempo necessario alla maturazione della miscela utilizzata per realizzare la fondazione e quello occorrente, nel caso di terreni a grana fine sensibili, per consentire al terreno di recuperare le proprietà meccaniche originali alterate nel corso delle operazioni di realizzazione dell' ancoraggio.



La prova di accettazione si esegue per:

- verificare che ogni ancoraggio sia idoneo a sopportare il carico massimo di prova;
- verificare che, al massimo carico di prova, il valore degli allungamenti ΔL o del rapporto di creep α risultino contenuti entro i limiti previsti;
- determinare la lunghezza libera apparente L_{app} dell'ancoraggio

Come per le prove preliminari, anche per le prove di collaudo l'Impresa, con l'ausilio del Laboratorio incaricato dalla stessa, sarà tenuta a presentare alla DL per la approvazione, la tipologia delle prove (metodo a carico costante ovvero ad allungamento costante) da effettuare con un cronogramma delle attività da svolgersi.

I controlli sulle prove di collaudo del singolo ancoraggio, ai fini dell'accettazione dello stesso, dovranno verificare le seguenti condizioni:

1. sul comportamento dell'ancoraggio nel tempo

a1) se la prova è condotta a carico costante (P_c):

il valore degli allungamenti ΔL_{P_c} o del rapporto di creep α devono risultare contenuti entro i limiti previsti dalla seguente Tabella 3.2

	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine
Carico di Prova	P_c	P_c
Prove rapide		
t_1 (min)	2	5
t_2 (min)	5	15
Allungamento $\Delta L = L_2 - L_1$ (mm)	$\leq 0,5$	$\leq 0,6$
Prove con tempi di osservazione lunghi		
t_2 (minuti)	≥ 30	≥ 60
rapporto di creep α (mm)	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$

Tabella 3.2: Valori di riferimento degli allungamenti e del rapporto di creep

a2) se la prova è condotta ad allungamento costante (ΔL_0):



la variazione della forza all'apice del ciclo deve risultare:

- inferiore al 3% della forza di collaudo ($\Delta P_c < 0,03 P_c$), per 60 minuti di tempo di osservazione;
- inferiore al 6% della forza di collaudo ($\Delta P_c < 0,06 P_c$), per 24 ore di tempo di osservazione

b) per entrambi i tipi di prova, l'allungamento permanente ΔL_{per} deve essere contenuto entro valori fissati dal progettista ed in ogni caso non deve superare il 10% dell'allungamento elastico ΔL .

2. sulla lunghezza libera apparente

La lunghezza libera apparente deve verificare le seguenti condizioni:

$$0,9 L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0,5 L_f$$

in cui L_{app} è data in prima approssimazione dalle espressioni di seguito riportate:

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s / (P_c - P_a)$ (prova a carico costante)
Valida nel caso in cui la forza di attrito che si sviluppa lungo il tratto libero dell'ancoraggio può essere trascurata (inferiore al 5% del carico di prova P_p)

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s / (P_c - P_a - \Delta f)$ (prova a carico costante)

Dove ΔP_f rappresenta la correzione del carico per tenere conto dell'attrito nel tratto libero

- $L_{app} = \Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s / (P_c - \Delta P - P_a)$ (prova ad allungamento costante)

Gli ancoraggi che non soddisfano i requisiti di collaudo sopra indicati vanno sostituiti con nuovi ancoraggi o opportunamente declassati.

2.1.5 CHIODATURE E BULLONI

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore secondo quanto indicato al cap. 11.1. delle NTC di cui al DM 14/01/2008. Le informazioni relative alla esecuzione dei chiodi saranno riportate, a cura dell'Impresa, su una scheda tecnica preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

Chiodi in vetroresina

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).



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 tubi in vetroresina dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 15 m mentre per lunghezze maggiori, la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno accettate giunzioni incollate.

2.1.6 BULLONI IN ACCIAIO

I bulloni in acciaio possono essere di diversa natura in funzione dello scopo prefisso; fra le varie tipologie si possono citare:

- Bulloni ad aderenza continua, autoperforanti o non, costituiti da tubi o barre in acciaio e idonei ad essere impiegati come rinforzi strutturali nelle costruzioni e riqualificazione degli ammassi rocciosi instabili, soil-nailing, ovvero consolidamento di terreni sciolti mediante iniezione di malte cementizie, o resine appropriate sia impermeabilizzanti sia compattanti.

L'impiego classico degli autoperforanti è il consolidamento e/o il tirantaggio di manufatti in terreni misti, quali sabbie, argille ed alluvionali.

La cementazione del bullone sarà effettuata immediatamente dopo il completamento della perforazione, mediante iniezioni di boiacca di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza.

La filettatura della superficie del chiodo, consente anche l'unione di più barre con manicotto filettato per ottenere ancoraggi della lunghezza voluta. L'ancoraggio in testa è assicurato con apposite piastre bloccate da appositi bulloni.

Per ciò che riguarda le caratteristiche delle miscele di iniezione, si rimanda a quanto già specificato per i tiranti di ancoraggio.

- Bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio espandibile, preresinato e sagomato ad omega, atti a sopportare una forza di utilizzazione in esercizio non inferiore a 100 kN.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x10 mm.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

Prima dell'inserimento del bullone il foro dovrà essere accuratamente pulito rimuovendo i residui di perforazione. L'installazione dovrà avvenire al massimo dopo 2 ore dall'ultimazione della perforazione. Ultimata l'espansione, l'interno del bullone dovrà essere accuratamente drenato.



Qualora il progetto preveda che i bulloni siano sollecitati da sforzi di taglio l'espansione dovrà essere realizzata con miscela cementizia, avente le caratteristiche previste in progetto, anch'essa iniettata a pressione non inferiore a 30 MPa.

- Bulloni ad espansione meccanica con testa di ancoraggio espandibile, realizzati con barre di acciaio aventi diametro non inferiore a 16 mm, avente tensione di snervamento non inferiore a 380 N/mm² ed allungamento a rottura non inferiore al 14%.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x6 mm.

Le teste di ancoraggio dovranno essere dotate esclusivamente di dispositivo a espansione automatico in modo che anche a distanza di tempo dalla posa e a seguito di deformazioni dell'ammasso roccioso, la testa possa continuare a espandere mantenendo efficace l'ancoraggio.

2.1.7 PROVE E CONTROLLI SU BARRE E BULLONI

2.1.7.1 Prove Preliminari

Per bulloni con ancoraggio ad espansione meccanica, la prova dovrà essere eseguita tesando il bullone con velocità costante, pari a quella prevista per la tesatura dei bulloni da realizzare, e rilevando la forza corrispondente alla rottura della fondazione e, nel caso che tale rottura non si verifichi, spingendo la prova fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura (limite allo 0,2%).

Quale forza ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione o, nel caso tale rottura non si verifichi, il valore della forza corrispondente al limite allo 0,2% dell'acciaio della barra impiegata. Nel caso di bulloni con ancoraggio con cementazione, le prove dovranno essere eseguite su bulloni con lunghezza di fondazione pari a 0,85 volte la lunghezza prevista nel primo dimensionamento. La prova si effettuerà con le stesse modalità previste nel caso precedente. Quale forza limite ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione diviso per 0,85 o, nel caso tale rottura non si determini, il valore della forza corrispondente al limite allo 0,2% dell'acciaio della barra impiegata.

Il carico limite viene definito nel caso di rottura della fondazione, come il valore medio delle forze limiti di rottura di almeno 5 prove di ancoraggio, nell'ambito dello stessa tratta omogenea di ammasso roccioso.

Nel caso in cui il numero dei bulloni o chiodi sia superiore a 100, si eseguirà una prova ogni 100 bulloni o chiodi o frazione di 100.

2.1.7.2 Prove di collaudo

È facoltà della Direzione Lavori richiedere la verifica dei chiodi e dei bulloni messi in opera. Il numero di ancoraggi da sottoporre alla prova sarà stabilito a esclusiva discrezione della Direzione lavori in ragione della possibilità di accedere agli ancoraggi senza interferire con altre opere e del-



le condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso. In via orientativa, il numero di ancoraggi da sottoporre alla prova di collaudo è $n = 2 + N/100$, dove N è il numero complessivo dei tiranti realizzati.

La prova consiste nel caricare l'ancoraggio a velocità costante fino alla forza di collaudo N_c . Si registra l'allungamento, che non deve superare il 2% della lunghezza libera dell'ancoraggio e la perdita di tensione non deve superare il 2% della tensione di prova.

La forza di collaudo N_c è definita quale maggior valore fra 1,2 volte la forza di esercizio, ovvero 0,85 volte la forza ultima caratteristica del tipo di ancoraggio determinata nel corso delle prove preliminari.

Nel caso di bulloni pretesi, anche per questi dovrà essere eseguita una prova di collaudo che costituisca una fase della messa in tensione degli ancoraggi

2.2 DRENI

I dreni hanno la funzione di captare venute localizzate di acqua, ovvero di limitare al valore richiesto il regime delle pressioni interstiziali.

Gli scopi dei dreni sono sostanzialmente due:

- favorire nei terreni coesivi normalmente consolidati i processi di consolidamento sotto carico, accelerando il decorso dei relativi cedimenti;
- abbattere il livello piezometrico della falda, per favorire la stabilità di scarpate naturali o artificiali, i fronti di scavo di gallerie, ecc..

2.2.1 MICRODRENI

I microdreni sono costituiti da tubi parzialmente o totalmente filtranti, inseriti in fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione; possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

Il progetto definisce compiutamente tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione dei tubi; 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.

La perforazione dovrà essere condotta con modalità preventivamente proposte alla DL e da questa approvate.

E' considerato ammissibile uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%.

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 dovrà essere preventivamente proposta dall'Impresa ed approvata dalla Direzione dei Lavori.

Ove previsto dal progetto, il tratto filtrante sarà rivestito con un foglio di geotessile, che dovrà essere conforme alla norma UNI EN 13252:2005, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate, e comunque non inferiori a quanto prescritto nella seguente Tabella 3.3.

<i>Spessore (UNI EN ISO 9863-1:2005)</i>	2,5 mm
<i>Peso (UNI EN ISO 9864:2005)</i>	300 g/m ²
<i>Resistenza a trazione (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	350 N/5 cm
<i>Allungamento (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	70%
<i>Trazione trasversale (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	500 N/5 cm
<i>Allungamento trasversale (UNI EN 12311/1-2:2002)</i>	30%
<i>Permeabilità (UNI EN ISO 12058:2002)</i>	$5 \cdot 10^{-3}$ cm/s

Tabella 3.3: Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi

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.

Ad installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca, per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

2.2.2 TRINCEE DRENANTI

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata. Le trincee vengono 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 canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.



Per trincee di modesta profondità (6 ÷ 7 m) è possibile utilizzare degli escavatori idraulici. 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 (vedi sezione capitolato "Fondazioni Profonde").

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.

Tutte le caratteristiche dei materiali da utilizzare (geotessili, materiale drenante, tubi drenanti, ect) sono puntualmente definiti in progetto; per quanto riguarda i geotessili inoltre ci si potrà riferire alla precedente tabella 3.3 "Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi".

2.2.3 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 2,0 m, a interasse variabile fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

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, onde evitare che la formazione del "cake" sulle pareti di scavo, riduca l'effetto drenante. Possibilmente, la perforazione dovrà essere effettuata "a secco"; l'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere autorizzato, in determinate circostanze, dalla DL, sentito il progettista.

Per la costruzione dei collettori di fondo, realizzati introducendo un tubo in PVC ondulato o grecato, 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 dovrà rispettare le previsioni progettuali e comunque non dovrà essere inferiore a 120 mm.

2.2.4 PROVE E CONTROLLI

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, ecc.) 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.

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.

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 dovrà trasmettere alla Direzione Lavori le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

La tubazione di collegamento deve essere continua ed attraversare il pozzo immersa nel materiale drenante. In corrispondenza di 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.

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;
- pozzi drenanti ispezionabili;
- pozzi drenanti con rivestimento strutturale

Le relative caratteristiche specifiche vengono espone in Appendice.

2.2.5 DRENI VERTICALI PREFABBRICATI

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 sito 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 rilasciarlo.

I nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto e in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 3 MPa) e un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2×10^{-2} cm/s.



Prima di procedere alla installazione dei dreni, si dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50 / 80 cm, avente fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio - grossa, con percentuale di passante al vaglio UNI da 0,075 mm non superiore al 2%.

I punti di infissione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili. 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.

2.2.6 DRENI IN SABBIA

La sequenza esecutiva dei dreni (o pali) in sabbia vede:

- asportazione nell'area interessata dello strato superficiale di humus vegetale;
- esecuzione di fori, senza asportazione di materiale, mediante affondamento di tubo forma con il sistema dei pali battuti o mediante metodi equivalenti;
- riempimento dei fori così eseguiti con sabbia lavata, vagliata ed omogenea, avente apposita granulometria in modo da operare come filtro e contestuale sfilamento del tubo forma

Qualora non definito espressamente in progetto, il fuso granulometrico di riferimento dovrà essere quello riportato nella seguente Tabella 3.4 seguente:

Apertura vaglio UNI (mm)	2.2.6.1.1.1 Passante %	
	Min.	Max.
0,075	0	2
0,40	0	10
2,00	15	45
5,00	35	75
10,00	70	100

Tabella 3.4: Fuso granulometrico di riferimento per i dreni in sabbia

2.2.7 PROVE E CONTROLLI

Per ogni lotto fornito e, comunque, ogni 100 m³ di sabbia, si dovranno effettuare delle prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata in progetto.



Le perforazioni dovranno essere eseguite con modalità 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 disaggregazione idraulica del terreno, il foro dovrà essere sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro per effetto della controspinta idrostatica.

Non è ammesso l'impiego di fluidi di perforazione diversi dall'acqua, priva di additivi, se non perfettamente biodegradabili in 20 / 40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia dovrà essere 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 costituite dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

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

2.3 TRATTAMENTI COLONNARI

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento-impermeabilizzazione in cui il terreno viene stabilizzato mediante rimescolamento con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione (jet grouting).

Usando la terminologia UNI EN, il processo di jet grouting consiste nella disaggregazione del suolo o della roccia tenera e nella sua miscelazione e parziale sostituzione mediante un agente di cementazione; la disaggregazione si ottiene per mezzo di un getto ad alta energia di un fluido che può essere l'agente di cementazione stesso.

Per l'esecuzione, il controllo ed il monitoraggio degli interventi di jet grouting è applicabile la norma UNI EN 12716:2003.

Il trattamento consiste essenzialmente in:

- iniziale perforazione mediante apposita sonda e contestuale pompaggio di fluido ad altissima pressione attraverso le stesse aste di perforazione che determina la disaggregazione per idrodemolizione del terreno;
- parziale asportazione del terreno in superficie, utilizzando come liquido vettore il fluido disagregante immesso e come percorso di risalita la medesima perforazione;
- successiva stabilizzazione delle porzioni di terreno rimosse ma non asportate, con fluido cementizio, coincidente o meno con quello disagregante secondo il tipo di tecnologia adottata



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

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, che dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio previste in progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, potranno essere realizzati in verticale o comunque inclinati in relazione alle indicazioni di progetto.

Questi trattamenti implicano la produzione di ingenti volumi di materiale refluo terreno/miscela e l'appaltatore dovrà garantire una corretta gestione e smaltimento conformemente alla vigente normativa di settore.

2.3.1 PROVE PRELIMINARI

La tipologia delle attrezzature prescelte ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'Impresa alla Direzione Lavori per opportuna informazione.

L'Impresa ha l'obbligo di eseguire una serie di prove preliminari per la messa a punto delle tecniche di perforazione e delle modalità di iniezione della miscela stabilizzante in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali mediante esecuzione di colonne di prova nelle posizioni e quantità prescritte dal progettista e rappresentative dell'intervento che si dovrà realizzare.

Le attrezzature dovranno essere munite di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione e di risalita delle aste (temporizzatore a scatti o simili), atti a regolare tali parametri per garantire la continuità della colonna resa.

Sulle colonne del campo prova si dovranno effettuare i test 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.



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.

Si eseguiranno, inoltre, 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 microsmiche 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 approvato dalla Direzione Lavori, dei campioni preventivamente inseriti in fustelle di PVC chiuse con paraffina ed opportunamente imballati



Preliminarmente all'avvio dei trattamenti, l'appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- una mappa dei trattamenti con la posizione di tutti i punti, contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di perforazione ed iniezione, elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite;
- una relazione riportante le caratteristiche dei materiali, delle macchine e degli impianti da impiegare;
- una relazione procedurale riportante le modalità operative da eseguire, con indicazione di pressioni, velocità, portate, composizione delle miscele, numero e tipi di ugelli, ecc.

2.3.2 SISTEMI DI ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI

In funzione del numero di fluidi utilizzati, si distinguono tre principali sistemi di jetting:

- **Sistema mono-fluido:** l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso gli ugelli laterali di una testa "monitor" solidale alla testa di perforazione. La miscela, espulsa ad elevata pressione, funge da mezzo disagregante e di miscelazione del terreno circostante
- **Sistema bi-fluido:** l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso degli ugelli a fori coassiali che permettono di iniettare la miscela cementizia dal foro centrale insieme ad un getto di aria in pressione uscente dal foro anulare
- **Sistema tri-fluido:** l'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso un ugello posto nella parte inferiore della batteria di aste di perforazione mentre la disagregazione del terreno avviene attraverso un secondo ugello, posto al di sopra del primo, che inietta acqua ad elevata pressione. L'efficacia del getto d'acqua è incrementata da un getto coassiale (anulare) di aria compressa.

A meno di diverse e specifiche prescrizioni progettuali, le caratteristiche delle colonne che si dovranno realizzare saranno conformi a quanto specificato nella seguente Tabella 3.5, 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

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	

Tabella 3.5: Caratteristiche e limiti di accettabilità delle colonne jet-grouting

Il modulo di elasticità tangenziale E dovrà assumere valori pari o superiori a $E \geq 100 q_u$

Usualmente le 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) sono:

- sistema monofluido 350 ÷ 400 kg/m³
- sistema a due fluidi 400 ÷ 450 kg/m³
- sistema a tre fluidi 600 ÷ 700 kg/m³

Le prove tecnologiche preliminari, di cui al paragrafo precedente, definiranno nel dettaglio le quantità di cemento direttamente correlate alla tipologia di terreno attraversato.

L'impresa, a seguito delle prove preliminari e prima di iniziare le lavorazioni, dovrà produrre uno studio sulla tecnica di esecuzione nonché sulle miscele da utilizzarsi compreso eventuali additivi.

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:



$$1 \leq a/c \leq 2$$

Con cadenza periodica la Direzione dei Lavori provvederà a controllare che la miscela presenti sempre i requisiti seguenti:

- **fluidità Marsh da 10 sec. a 35 sec.;**
- **resistenza a compressione a 28 giorni > 25 MPa valutata su coppia di provini cubici.**

Andranno inoltre verificate le seguenti tolleranze fisiche:

- coordinate planimetriche del centro della colonna: ± 5 cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 2\%$
- lunghezza: ± 15 cm
- diametro medio reso: non inferiore a quello nominale progetto
- quota testa colonna: ± 5 cm

In caso di interruzione (accidentale o meno) dell'iniezione sarà necessario, eliminato l'inconveniente, far ripartire l'iniezione almeno 50 cm al di sotto della quota di interruzione.

2.3.3 PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato, dovranno essere accertati mediante sondaggio su colonne scelte dalla Direzione Lavori, in ragione del 5% delle colonne eseguite, con un minimo di 3, mediante carotaggio a rotazione continua. Il centro del carotaggio dovrà essere posizionato a una distanza dal centro della colonna pari al raggio della colonna stessa meno 10 cm. Per le colonne compenstrate, il carotaggio dovrà avvenire in corrispondenza della zona di compenetrazione.

Dal sondaggio, spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa, verranno estratte le carote e verrà determinato l'indice R.Q.D. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni con lunghezza > 100 mm.

La percentuale di carotaggio estratto non dovrà risultare inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna e il valore R.Q.D., espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm dovrà risultare non inferiore al 70%.



La valutazione del diametro verrà effettuata scoprendo le colonne per una profondità conveniente.

Qualora una carota risultasse di lunghezza complessiva inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna o si rivelasse non perfettamente compatta e omogenea, la colonna stessa dovrà essere considerata inaccettabile e si procederà a ulteriori prelievi di carote nelle colonne limitrofe al fine di delimitare la serie di colonne inaccettabili, che dovrà essere sostituita con una nuova serie costruita in immediata adiacenza e ben compenetrata col resto delle colonne.

E' inteso che dovranno essere effettuati i saggi di controllo anche per la serie di colonne eseguite in sostituzione di quelle risultate deficienti, nel numero minimo pari a quello delle colonne risultate inaccettabili nella prima serie di prove.

Per ognuna delle colonne indagate, dai sondaggi eseguiti verranno ricavati da 3 a 5 campioni, aventi rapporto h/d pari a 1,0-1,25, da sottoporre a prove di compressione monoassiale, dalle quali si dovranno ottenere valori di resistenza cilindrica a rottura non inferiori al 95% della media dei valori riscontrati nelle carote prelevate dal campo prova e comunque ≥ 5 MPa a 28 giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 1,5 – 2 MPa a 40 giorni negli interstrati di terreni coesivi.

Qualora detta resistenza cilindrica dovesse risultare inferiore ai valori suddetti, la serie di colonne afferente le carote provate potrà essere considerata ancora accettabile sentite le determinazioni del progettista.

Qualora dalle prove condotte risultasse che alcuno dei parametri quali lunghezza, diametro, resistenza a compressione, sia variato rispetto a quanto stabilito in sede di progettazione o a quanto emerso dall'esecuzione del campo prove, la Direzione Lavori, sentito il progettista, valuterà la sicurezza progettuale residua. Nel caso tale riscontro dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato ma verrà penalizzato il lotto oggetto di difetto della prova.

In caso di esito negativo, l'Appaltatore sarà tenuto a sua totale cura e spese al rifacimento dei trattamenti, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dallo stesso, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori preventivamente alla loro realizzazione.

Quando previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi) conformi alle norma UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati).

Nel caso di armature in vetroresina, a sezione circolare piena o cava ovvero con profilati a geometria particolare, la loro superficie dovrà essere del tipo ad aderenza migliorata. La giunzione dei profilati è ammessa soltanto mediante l'impiego di manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo.



2.4 INIEZIONI

Come sopra detto, le iniezioni servono a trattare il terreno per migliorarne le caratteristiche meccaniche.

I trattamenti possono suddividersi in:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ricomprensione, 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 colloid 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.

L'Impresa, nel proporre alla Direzione dei Lavori la tecnica di realizzazione e la composizione della miscela, 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.).

I materiali che verranno introdotti nel terreno dovranno avere caratteristiche non inquinanti e comunque non nocive, anche a tempi lunghi ed in presenza di acqua sia di infiltrazione che di falda.



Pertanto l'Appaltatore dovrà garantire che il prodotto solidificato non sia affetto da fenomeni di instabilità o reversibilità chimica e/o fisica, salvaguardando inoltre la falda da qualsiasi compromissione e tutelandone la possibilità di utilizzo.

Ove ne ricorra l'opportunità, la Direzione Lavori richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

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 plano-altimetriche: ± 5 cm;
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 2\%$;
- lunghezza: ± 15 cm

Di norma, salvo diverse indicazioni progettuali, 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:

$$0,2 \leq c/a \leq 0,6$$

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 terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche espresse nella seguente Tabella 3.6, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi minimi considerati:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL TERRENO CONSOLIDATO	INTERVALLO DELLA PROVA	
	DOPO 48 h DALLA INIEZIONE	DOPO 7 gg DALLA INIEZIONE
Resistenza a compressione semplice, determinata su carote prelevate nel terreno consolidato,	≥ 1 MPa	$\geq 1,5$ MPa



aventi rapporto $h/d=1$		
R.Q.D. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm	$\geq 50\%$	$\geq 70\%$

Tabella 3.6: Caratteristiche meccaniche del terreno in funzione dell'intervallo di prova

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 (claquage)

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.

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 spe-



se, 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.

A carico dell'Impresa, si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; la documentazione dei lavori; la ubicazione dei punti di trattamento; 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.

Sono, altresì, a carico dell'Impresa eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

3 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

3.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Ap-



paltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

3.2 CRITERI DI MISURA

- **Tiranti, chiodi e bulloni**

La misurazione corrisponderà alla lunghezza dell'ancoraggio introdotto, a partire dal filo esterno della piastra di ancoraggio.

- **Drenaggi**

Il geocomposito adoperato come strato di drenaggio sarà computato a metro quadrato, in funzione della superficie effettivamente ricoperta dal telo ed in base allo spessore comprese gli eventuali sfridi e sovrapposizioni.

Nel caso di dreni (o pali) di sabbia, ai fini del loro pagamento, si misurerà la lunghezza del dreno (o palo) dalla quota inferiore del foro fino alla quota risultante in corrispondenza di ciascun dreno dopo l'asportazione dello strato superficiale.

Il prezzo comprende lo scavo, l'allontanamento dei materiali di risulta, la sabbia ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere, ad esclusione dell'asportazione dello strato superficiale.

- **Trattamenti colonnari**

La misurazione corrisponderà all'effettiva lunghezza della colonna di terreno consolidata. La lunghezza delle colonne sarà misurata in base alla profondità raggiunta dalla batteria di aste di iniezione, dedotto il tratto di perforazione a vuoto

- **Iniezioni**



La misurazione che darà luogo al compenso per gli interventi di iniezione o di impregnazione prenderà a riferimento i quintali di cemento normale iniettato e misurato a secco. Le iniezioni saranno computate in base all'effettiva lunghezza del perforo iniettato ed in rapporto al diametro dello stesso.

In presenza di iniezioni ripetute in pressione si considera tratto attivo (fondazione) del tirante esclusivamente il bulbo.

4 NON CONFORMITA'

La Direzione dei Lavori, sulla scorta dei controlli e delle prove eseguite sulle singole lavorazioni, così come sopra descritte, provvederà, in caso di esito negativo, ad aprire delle non conformità rendendone edotto l'appaltatore.

La risoluzione delle non conformità, che coinvolgerà sempre anche il progettista nel caso di opere strutturalmente rilevanti, dovrà essere proposta dall'appaltatore e concordata con la Direzione dei Lavori. A insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, potranno essere comminate penalizzazioni economiche sulle lavorazioni oggetto di non conformità.

5 COLLAUDO

Per le prove di collaudo sugli elementi strutturali sopra elencati si rimanda ai singoli paragrafi indicanti le prove da eseguire.

6 MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione dei sistemi strutturali sopra esposti dovrà tener conto:

- Per quanto attiene gli ancoraggi, non sono previsti magisteri da eseguire in corso di vita degli stessi; tutte le accortezze al fine di evitare ammaloramenti e perdita di prestazione dovranno essere presi in fase di esecuzione; a titolo esemplificativo sarà necessario proteggere gli ancoraggi dalla corrosione dovuta all'acqua e che potrebbe venire a contatto con l'elemento strutturale; andrà quindi curata con attenzione ad es. la impermeabilizzazione delle testate con vernici bituminose o apposite coperture in cemento.
- Per quanto attiene i drenaggi a nastro, andrà previsto un controllo periodico nei punti di scarico dei dreni a valle; oltre questo, in caso di terreni sufficientemente stabili, possono prevedersi dei fori spia in modo da poter effettuare interventi di pulizia, oltre che monitorare lo stato dei collettori e le portate di drenaggio.
- I pozzi drenanti devono essere ispezionati periodicamente per il controllo di funzionalità del sistema drenante; l'efficacia dell'intervento può essere stimata valutando l'incremento del fattore



di sicurezza conseguente alla riduzione del livello piezometrico. È necessario inoltre garantire e valutare, attraverso controlli periodici della portata, il corretto funzionamento dei collettori di scarico.

7 NORME E RIFERIMENTI

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi e normative:

- D. M. Infrastrutture 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni e ss.mm.ii;
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
- 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 AICAP-AGI "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione Giugno 2012;
- Norme UNI-CNR, ASTM, DIN richiamate ove pertinenti

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio di cui al cap. 6.6 del D.M. 14/01/08 dovranno essere conformi a quanto prescritto nel capitolo 11.3 del citato D.M.



8 APPENDICE

8.1 DETTAGLI ESECUTIVI SULLE PROVE PRELIMINARI SUGLI ANCORAGGI

Nel prosieguo vengono indicate nel dettaglio le due tipologie di prove preliminari da effettuarsi obbligatoriamente in caso di utilizzo di tiranti geotecnici strutturali.

Esecuzione della prova di sfilamento

Nella prova a sfilamento, l'ancoraggio deve essere sollecitato fino al massimo carico di prova possibile, ovvero il carico P_p che determina il raggiungimento di una tensione nell'armatura pari al 90% di quella di snervamento:

$$P_p = 0,9 \cdot R_{tk} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{yk}$$

Per aumentare il carico di prova e favorire lo sfilamento della fondazione, la sezione dell'armatura dell'ancoraggio deve essere quindi appositamente dimensionata in modo tale che la resistenza a sfilamento della fondazione possa essere prevedibilmente raggiunta prima che si produca lo snervamento dell'armatura.

Qualora questo non bastasse per produrre lo sfilamento della fondazione, la prova dovrà essere effettuata su un ancoraggio con fondazione di lunghezza ridotta, $(L_f)_{prova}$, rispetto a quella di progetto, $(L_f)_{prog}$. In tal caso potrebbe essere necessario incrementare la lunghezza libera dell'ancoraggio di una quantità pari alla riduzione della lunghezza della fondazione onde sperimentare il terreno alla stessa profondità di fondazione dell'ancoraggio definitivo. Solo in questo caso la resistenza caratteristica per gli ancoraggi definitivi potrà essere stimata amplificando la resistenza misurata mediante un fattore pari al rapporto delle lunghezze $(L_f)_{prog}/(L_f)_{prova}$.

La velocità di applicazione del carico, così come quella di scarico, dovrà essere inferiore a 10 kN al minuto.

La prova comprende le seguenti fasi:

- tesatura fino ad una forza di allineamento P_a , usualmente pari al valore minimo tra 50 kN e il 10% del carico di prova P_p ; la corrispondente configurazione dell'ancoraggio costituisce il riferimento geometrico per la misura degli allungamenti ΔL
- tesatura per incrementi di carico pari a 0,1 di P_p ogni minuto, fino a raggiungere lo sfilamento o il carico di prova P_p , con sosta a ciascun incremento per il solo tempo necessario alla lettura del corrispondente allungamento

Nel caso non sia stato raggiunto lo sfilamento vero e proprio della fondazione, la prova va ripetuta riducendo le dimensioni della fondazione o aumentando la sezione dell'armatura.

Nel caso di ancoraggi temporanei ad espansione meccanica, la prova viene condotta su un dispositivo uguale a quello da impiegare ed è spinta fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura o lo sfilamento della fondazione.



Il valore ultimo di prova viene assunto come un valore misurato della resistenza a sfilamento dell'ancoraggio ($R_{a,m}$).

Esecuzione della prova di idoneità

La prova di idoneità viene eseguita su un ancoraggio avente le medesime caratteristiche degli ancoraggi definitivi (modalità costruttive, diametro di perforazione, lunghezza di fondazione, ecc.) stabilite anche sulla base dei risultati della prova di sfilamento. Per ragioni di sicurezza per gli operatori, l'armatura dell'ancoraggio potrà essere opportunamente maggiorata.

Il carico di prova P_p coincide con il valore stimato della resistenza caratteristica dell'ancoraggio.

La velocità di applicazione del carico, così come quella di scarico, dovrà essere inferiore a 10 kN al minuto.

La prova comprende le seguenti fasi:

Prima fase

Tesatura iniziale dell'ancoraggio con una forza di allineamento P_a pari al valore minimo tra 50 kN e il 10% di P_p ; la corrispondente configurazione dell'ancoraggio costituisce il riferimento geometrico per la misura degli allungamenti ΔL .

Seconda fase

Tesatura con incrementi del carico fino al carico di prova P_p ; per ciascun livello di carico, la forza dovrà essere mantenuta costante per un intervallo di tempo sufficiente a rilevare l'andamento degli allungamenti nel tempo; una possibile articolazione degli incrementi e delle durate del carico è indicata nella seguente Tabella 9.1:



Fase di carico	Carico applicato	Durata minima del carico (min) per la misura degli allungamenti			
		Ancoraggi temporanei		Ancoraggi permanenti	
		Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine
1	0,25 P_p	1	1	15	15
2	0,40 P_p	1	1	15	15
3	0,55 P_p	1	1	15	15
4	0,70 P_p	5	5	30	60
5	0,85 P_p	5	5	30	60
6	1,00 P_p	30	60	60	180

Tabella 9.1: Incrementi e durate di carico

Per ogni singolo incremento di carico, si dovranno rilevare gli allungamenti con i seguenti tempi di lettura:

- 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 minuti

Nel corso di questa fase di prova, devono essere tracciate le curve dell'allungamento in funzione del tempo in scala logaritmica, per tutte le soste a carico costante (Figura 9.1a) e l'andamento del rapporto di creep $\dot{\epsilon}$ nel tratto rettilineo finale delle predette curve, in funzione del rapporto fra carico applicato P e carico di prova P_p (Figura 9.1b).

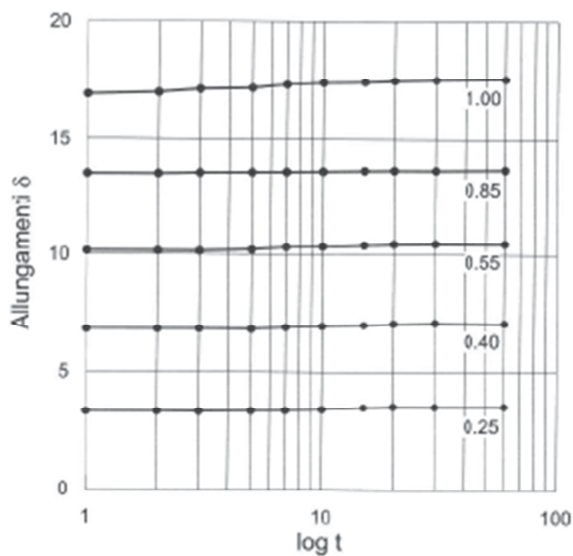


Figura 9.1a

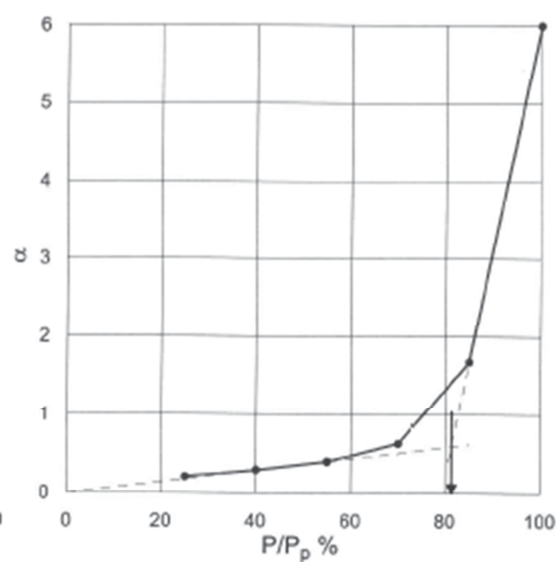


Figura: 9.1b

Nel rispetto degli intervalli minimi suggeriti, una fase di carico può comunque considerarsi terminata se il corrispondente valore di α risulta minore di 2 mm.

Per ciascuna curva, il valore del rapporto di creep α nel tratto finale della curva è dato da:

$$\alpha = (\alpha_2 - \alpha_1) / \log(t_2/t_1)$$

dove :

α_1 è il valore dell'allungamento al tempo t_1 ;

α_2 è il valore dell'allungamento al tempo t_2 ;

- t_1 è il tempo subito dopo l'applicazione dell'incremento di tiro o di inizio dell'osservazione;
- t_2 è il tempo al termine del periodo di osservazione a carico costante.

Terza fase

scarico fino al tiro di allineamento P_a in tre stadi, con sosta ad ogni gradino per il tempo necessario ad effettuare la lettura del relativo allungamento e misura dell'allungamento residuo $\alpha_{L_{per}}$ al valore di P_a .

Al termine della prova, viene tracciato il diagramma forze-allungamenti (Figura 9.2).

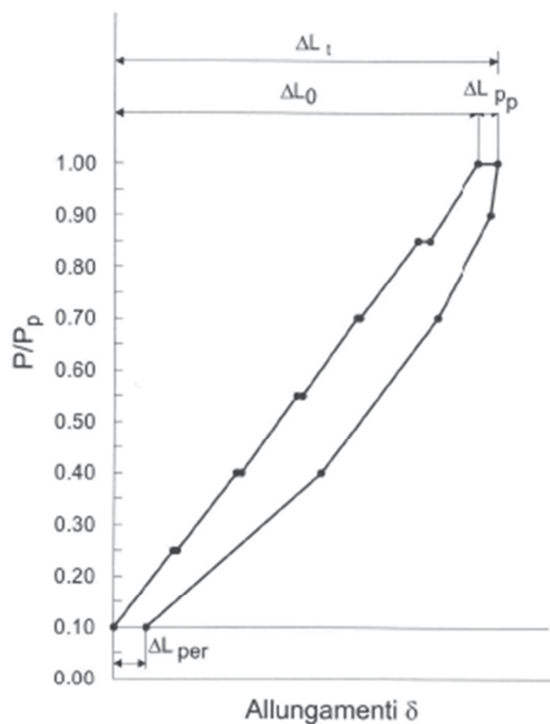


Figura 9.2

Come valore misurato della resistenza a sfilamento dell'ancoraggio, si assume il valore $R_{a,m}$, come di seguito ottenuto:

- per tutti i terreni è il valore minimo del carico di prova per il quale risulta $\Delta > 2$ mm, e qualora la precedente condizione non sia applicabile;
- nel caso di roccia o terreno incoerente: il massimo valore della forza applicata durante la prova anche se non si è raggiunto lo sfilamento dell'ancoraggio;
- nel caso di terreno a grana fine: il valore della forza di sfilamento ovvero il valore della forza per cui il diagramma di Fig. 9.1b presenta una evidente variazione di pendenza

Inoltre, se non diversamente previsto dal progetto, l'idoneità dell'ancoraggio risulta accertata:

- se gli spostamenti misurati e il rapporto di creep al carico di prova soddisfano i requisiti indicati nella seguente Tabella 9.3



	Ancoraggi temporanei		Ancoraggi permanenti	
	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine	Roccia o terreni incoerenti	Terreni a grana fine
Carico di Prova	P_p	P_p	P_p	P_p
Prove con tempi di osservazione brevi				
t_1 (min)	10	20	20	60
t_2 (min)	30	60	60	180
Allungamento $\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1$ (mm)	$\leq 0,7$ mm	$\leq 0,7$ mm	$\leq 0,7$ mm	$\leq 0,7$ mm
Prove con tempi di osservazione lunghi				
t_2 (minimo)	≥ 30	≥ 60	≥ 120	≥ 720
rapporto di creep α	$\leq 2,0$ mm	$\leq 2,0$ mm	$\leq 2,0$ mm	$\leq 2,0$ mm

Tabella 9.3: Valori di riferimento degli allungamenti e del rapporto di creep

- se la lunghezza libera teorica L_t e la lunghezza libera apparente L_{app} dell'ancoraggio verificano le condizioni seguenti:

$$0,9 L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0,5 L_f$$

dove L_f è la lunghezza della fondazione dell'ancoraggio e L_{app} si ricava in prima approssimazione con la seguente relazione:

$$L_{app} = \sigma L \cdot A_s \cdot E_s / (P_p - P_a)$$

dove:

- A_s è l'area della sezione di armatura
- E_s è il modulo elastico del materiale di armatura
- σL è l'allungamento elastico misurato al valore del tiro di prova
- P_p , P_a sono i valori del tiro di prova e di allineamento

In base al valore della resistenza misurata, la prova consente di determinare il valore appropriato della resistenza caratteristica a sfilamento dell'ancoraggio e quindi di verificare che il tiro di progetto P_d risulti minore o uguale al valore di progetto della resistenza (R_{ad}).



8.2 TIPOLOGIE DI POZZI DRENANTI

8.2.1 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.

8.2.2 POZZI ISPEZIONABILI

Si tratta di pozzi con rivestimento definitivo di adeguato diametro, usualmente non minore di 1,5 metri e con una intercapedine filtrante all'intorno.

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.

8.2.3 POZZI DRENANTI CON RIVESTIMENTO STRUTTURALE



Si tratta di pozzi aventi diametro minimo ϕ 2 m, il cui mantello drenante, di spessore adeguato, secondo progetto, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di spessore opportuno.

Anche in questo caso, si dovrà procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo.

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, ecc.).

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.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it