

INDICE

Capo III.....	4
SPECIFICHE TECNICHE DEI LAVORI DA ESEGUIRE.....	4
ART. 1. INTERVENTI DI PROGETTO.....	4
ART. 2. FORMAZIONE VASCA DI STOCCAGGIO.....	4
ART. 3. RECINZIONE GENERALE.....	5
ART. 4. DRENAGGIO PERCOLATO E POZZETTO ESTRAZIONE PERCOLATO.....	5
ART. 5. IMPIANTO DI TRATTAMENTO DEL PERCOLATO.....	6
ART. 6. PALAZZINA UFFICI.....	6
ART. 7. OFFICINA MECCANICA.....	6
ART. 8. IMPIANTO LAVAGGIO AUTOMEZZI.....	6
ART. 9. IMPIANTO IDRICO E FOGNARIO.....	7
ART. 10. IMPIANTO ANTINCENDIO.....	7
ART. 11. IMPIANTO ELETTRICO E D'ILLUMINAZIONE ESTERNI.....	7
ART. 12. IMPIANTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E STRUTTURALE.....	8
ART. 13. MIGLIORAMENTO AMBIENTALE DEL SITO DI DISCARICA.....	8
Capo IV.....	9
QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI – MODO DI ESECUZIONE E ORDINE DA TENERSI DEI LAVORI.....	9
ART. 14. PREMESSA.....	9
ART. 15. PROVENIENZA E QUALITA' DEI MATERIALI.....	10
ART. 15.1. ACQUA.....	10
ART. 15.2. CALCE.....	10
ART. 15.3. POZZOLANE.....	10
ART. 15.4. LEGANTI IDRAULICI.....	11
ART. 15.5. GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA (AGGREGATI LAPIDEI – INERTI).....	11
ART. 15.6 CUBETTI DI PIETRA, PIETRINI IN CEMENTO E MASSELLI IN CALCESTRUZZO	12
.....	
ART. 15.7. MATTONI.....	13
ART. 15.8. MATERIALI FERROSI.....	13
ART. 15.9. LEGNAMI.....	13
ART. 15.10. TUBAZIONI	13
ART. 15.10.1. Tubi di acciaio.....	14
ART. 15.10.2. Tubi di cemento.....	14
ART. 15.10.3. Tubi di poli-cloruro di vinile (PVC).....	14
ART. 15.10.4. Tubi di PEAD.....	15
ART. 15.11. MATERIALI PER APPLICAZIONI GEOLOGICHE-GEOSINTETICI.....	16
ART. 15.11.1. Geotessili non tessuti.....	16
ART. 15.11.2. Geomembrane in PEAD.....	16
ART. 15.11.3. Geotessili tessuti.....	21
ART. 15.11.4. Georeti.....	22
ART. 15.11.5. Biotessili.....	22
ART. 15.11.6. Biostuoie.....	22
ART. 15.11.7. Geostuoie.....	23
ART. 15.11.8. Geocompositi per il drenaggio.....	23
ART. 15.11.9. Geogriglie.....	23
ART. 15.11.10. Geocelle.....	24
ART. 15.12. ARGILLA PER IMPERMEABILIZZAZIONE FONDO VASCA.....	24
ART. 15.12.1. Caratteristiche dell'argilla.....	24
ART. 15.12.2. Prove da effettuarsi in cantiere.....	24
ART. 15.12.3. Controlli in opera.....	25
ART. 15.12.4. Modalità di posa.....	26
ART. 15.12.5. Collaudi.....	27

ART. 15.13. RICOPRIMENTO CON TERRENO VEGETALE E INERBIMENTO DELLA SCARPATA ESTERNA DELL'ARGINELLO PERIMETRALE.....	27
ART. 15.14. OPERE DI INERBIMENTO E PIANTUMAZIONE.....	28
ART. 15.14.1. Materiali per opere di sistemazione vegetazionale.....	28
ART. 15.14.2. Opere di predisposizione del terreno.....	29
ART. 15.14.3. Inerbimento.....	29
ART. 15.14.4. Piantumazione.....	30
ART. 15.15. IDROSEMINA.....	31
ART. 15.15.1. Idrosemina a mulch normale.....	31
ART. 15.15.2. Idrosemina a mulch a spessore.....	32
ART. 15.16. ELETTROPOMPE SOMMERGIBILI PER ESTRAZIONE PERCOLATO.....	33
ART. 15.17. GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE ANTINCENDIO.....	33
ART. 15.18. IMPIANTO DI TRATTAMENTO DEL PERCOLATO.....	34
Art. 15.18.1. Caratteristiche generali.....	34
Art. 15.18.2. Individuazione quantitativa e qualitativa dei reflui da trattare.....	35
Art. 15.18.3. Metodo di trattamento da adottare.....	38
Art. 15.18.4. Dati di progetto.....	40
Art. 15.18.5. Descrizione del processo.....	41
Art. 15.18.6. Sezione trattamento ammoniaca: stripping con aria e assorbimento in circuito chiuso. 43	
Art. 15.18.7. Trattamenti di finissaggio.....	43
Art. 15.18.8. Smaltimento del fango di supero.....	45
Art. 15.18.9. Clorazione.....	45
Art. 15.18.10. Filtrazione.....	45
Art. 15.18.11. Recupero acqua depurata.....	45
Art. 15.18.12. Centrale termica.....	45
Art. 15.18.13. Dati caratteristici di funzionamento.....	46
Art. 15.18.14. Emissioni e scarichi.....	46
Art. 15.18.16. Conformità a normative relative alla tutela ed alla salvaguardia dell'ambiente e della sicurezza dei luoghi di lavoro.....	46
Art. 15.18.17. Elenco materiali e prestazioni in fornitura ed installazione.....	47
Art. 15.18.18. Oneri a carico dell'appaltatore.....	49
Art. 15.18.19. Lista delle esclusioni dalla fornitura.....	50
ART. 15.19. SERBATOI FUORI TERRA.....	50
Art. 15.19.1. Acciaio galvanizzato a caldo	51
ART. 15.20. SERBATOIO CARBURANTE.....	52
ART. 15.21. STAZIONE METEOCLIMATICA.....	53
ART. 15.22. SENSORI PER IL RILEVAMENTO DELLE PERDITE DAI SERBATOI.....	54
ART. 15.23. ASSESTIMETRI.....	54
ART. 15.24. POZZI DI MONITORAGGIO ACQUIFERO SOTTERRANEO.....	55
Art. 15.24.1. Perforazioni, dreni, sigillature.....	55
Art. 15.24.2. Allestimento pozzo.....	55
ART. 15.25. TRACCIAMENTI.....	56
ART. 15.26. SCAVI E RIALZI IN GENERE.....	56
ART. 15.27. FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DEI RILEVATI.....	58
ART. 15.28. FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA.....	60
ART. 15.29. FORMAZIONE RILEVATI.....	61
ART. 15.30. SCAVI DI SBANCAMENTO.....	64
ART. 15.31. SCAVI DI FONDAZIONE (Scavi a sezione obbligata).....	65
ART. 15.32. STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE.....	67
ART. 15.33. MALTE.....	71
ART. 15.34. CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	72
ART. 15.35. OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO.....	74
ART. 15.36. CALCESTRUZZO PER COPERTINE, PARAPETTI E FINITURE.....	79
ART. 15.37. ARMATURE, CENTINATURE, CASSEFORME, OPERE PROVVISIONALI.....	80
ART. 15.38. STRUTTURE IN ACCIAIO.....	80
Art. 15.38.1 Elementi strutturali in acciaio.....	81

Art. 15.38.2. Verniciature.....	82
Art. 15.38.3. Apparecchi d'appoggio.....	83
ART. 15.39. DEMOLIZIONI.....	83
ART. 15.40. ACQUEDOTTI E TOMBINI TUBOLARI	84
Art. 15.40.1. Manufatti tubolari in lamiera zincata.....	85
ART. 15.41. DRENAGGI E FOGNATURE.....	87
Art. 15.41.1. Drenaggi.....	88
Art. 15.41.2. Tubi perforati per drenaggi.....	88
Art. 15.41.3. Tubazioni per lo scarico delle acque di superficie dei rilevati.....	89
Art. 15.41.4 Posa in opera.....	89
Art. 15.41.5. Trincee drenanti con geotessile in tessuto non tessuto.....	90
ART. 15.42. INFISISSIONE DI TUBI MEDIANTE SPINTA IDRAULICA.....	91
ART. 15.43. ALLACCIAIMENTI ALLA CONDOTTA FOGNARIA.....	92
ART. 15.44. ALLACCIAIMENTI IDRICI SU CONDOTTE IN PRESSIONE.....	92
ART. 15.45. ELEMENTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO.....	92
Art. 15.45.1. Canalette di deflusso	92
Art. 15.45.2. Cunette e fossi di guardia.....	93
ART. 15.46. TERRE RINFORZATE.....	93
Art. 15.46.1. Terre rinforzate con le geogriglie in HDPE.....	93
Capo V.....	95
NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DELLE OPERE.....	95
ART. 16. NORME GENERALI.....	95
ART. 16.1. VALUTAZIONE DEI LAVORI A MISURA.....	95
ART. 16.2. VALUTAZIONE DEI LAVORI A CORPO.....	96
ART. 16.3. MOVIMENTO DI MATERIA – SCAVI E RILEVATI.....	97
Art. 16.3.1. Scavi di sbancamento e di fondazione.....	97
Art. 16.3.2. Rilevati	98
Art. 16.3.3. Rilevati con materiali provenienti da cave di prestito	99
ART. 16.4. MURATURE IN GENERE E CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	100
ART. 16.5. CASSEFORMI.....	101
ART. 16.6. ACCIAIO PER STRUTTURE IN C.A.....	101
ART. 16.7. MANUFATTI IN ACCIAIO.....	102
ART. 16.8. ELEMENTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	102
Art. 16.8.1. Canalette di scarico acque piovani, cunette e fossi di guardia.....	102
ART. 16.9. TELO “GEOTESSILE”	102
ART. 16.10. TERRE RINFORZATE.....	103
Art. 16.10.1. Terre rinforzate con le geogriglie in HDPE.....	103

Capo III

SPECIFICHE TECNICHE DEI LAVORI DA ESEGUIRE

ART. 1. INTERVENTI DI PROGETTO

L’oggetto dell’appalto consiste nella realizzazione delle opere di adeguamento e completamento della discarica sub-compensoriale per R.S.U. di c/da Cava dei Modicani, ubicata nel territorio del Comune di Ragusa. La descrizione tecnica delle opere da realizzare è riportata nell’elaborato “Relazione Tecnica Generale”, oltre che negli elaborati grafici cui si rimanda per approfondimenti e dettagli.

Le opere che formano oggetto dell’appalto possono riassumersi come appresso, salve le prescrizioni che all’atto esecutivo potranno essere impartite dalla direzione dei lavori.

ART. 2. FORMAZIONE VASCA DI STOCCAGGIO

La vasca di stoccaggio dei R.S.U. avrà una capacità finale di circa 380.000 m³.

Sarà realizzata mediante scavo di sbancamento in terreno roccioso e approssimativamente avrà la forma di tronco di piramide rovesciata con una platea di fondo che, rispetto al profilo del terreno, avrà una profondità iniziale di 20 metri (lato nord) ed una finale di 24 metri (lato sud). Le pareti laterali della vasca avranno un’inclinazione media di 3/2 che assicura la stabilità delle scarpate.

E’ prevista la realizzazione di un sistema di impermeabilizzazione artificiale come descritto dettagliatamente nella “Relazione Tecnica Generale” e secondo le specifiche tecniche riportate nel presente Capitolato Speciale d’Appalto.

Lungo il perimetro della vasca verrà realizzato un arginello dall’altezza media di 1,00 m allo scopo di costituire una barriera di protezione contro la caduta accidentale nella vasca degli automezzi impiegati in discarica ed il ruscellamento delle acque meteoriche all’interno della vasca stessa.

L’argine sommitale della vasca avrà una larghezza di 2,00 m e consentirà di potere muoversi agevolmente lungo tutto il perimetro della vasca soprattutto per azionare gli idranti posti perimetralmente alla vasca.

Lungo il piede di monte dell'argine posto sul lato est si realizzerà una canaletta di gronda in c.a. con sezione trapezia con base minore di cm 60, inclinazione delle sponde di 60° e base maggiore pari a cm 120, che consentirà di allontanare rapidamente le acque meteoriche precipitate sulle aree esterne alla vasca, evitandone l'ingresso nella zona di stoccaggio dei R.S.U. e riducendo così i quantitativi di percolato prodotti.

Tale canaletta scaricherà le acque meteoriche raccolte nelle incisioni naturali presenti lungo il pendio di valle della discarica.

Il fondo della discarica sarà realizzato a schiena d'asino ribaltata, con pendenza del fondo pari almeno al 2%.

ART. 3. RECINZIONE GENERALE

L'area servizi e la vasca di stoccaggio saranno delimitate con recinzione metallica alta 1,20 m sostenuta da paletti in acciaio posti ad interasse di 200-250 cm ed annegati per circa 40 cm in un muretto in blocchi di calcare avente un'altezza di 1,00.

Il cancello d'ingresso alla discarica sarà del tipo scorrevole con apertura automatica motorizzata.

ART. 4. DRENAGGIO PERCOLATO E POZZETTO ESTRAZIONE PERCOLATO

Sul fondo della vasca si disporrà la rete di drenaggio del percolato costituita da tubazioni microfessurate, disposte a “lisca di pesce” lungo il fondo della vasca con pendenza minima trasversale del 2%, saranno in PEAD DN 160 - PN 10.

Le tubazioni microfessurate convergono in un collettore centrale di raccolta in PEAD non fessurato DN 315 - PN 10 che addurrà il percolato raccolto al pozetto di estrazione.

Il pozetto sarà realizzato mediante un tubo spiralato in PEAD DN800 e sul fondo sarà installata una elettropompa sommersibile che, a mezzo di tubazione in pressione, avvierà le acque raccolte nel pozetto ai due silos di stoccaggio fuori terra da 30 mc ciascuno e dotati di bacino di contenimento e, da quest'ultimi all'impianto di trattamento del percolato.

ART. 5. IMPIANTO DI TRATTAMENTO DEL PERCOLATO

Si prevede l'installazione all'interno dell'area servizi di un impianto per il trattamento in sito del percolato proveniente dalla discarica in progetto e da quella attualmente in esercizio.

Tale impianto è costituito da un sistema di evaporazione sottovuoto le cui specifiche tecniche sono riportate nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Il percolato trattato sarà temporaneamente stoccatto in due silos metallici da 30 mc ciascuno e quindi avviato allo smaltimento finale mediante autocisterne.

ART. 6. PALAZZINA UFFICI

La palazzina uffici sarà realizzata con struttura intelaiata in c.a. gettato in opera e avrà una superficie complessiva di 140 m² (20,00m x 7,00m). Sarà dotata di sala operativa in cui verrà installato il sistema di visualizzazione e stampa dei dati provenienti dalla pesa a bilico e tutti i sistemi di videocontrollo e allarme previsti oltre all'ufficio del direttore d'impianto, spogliatoio, sala mensa e servizi igienici.

ART. 7. OFFICINA MECCANICA

All'interno dell'area servizi troverà posto l'officina meccanica nella quale verranno effettuate le operazioni di manutenzione dei mezzi d'opera in forza all'impianto. L'officina, avente una superficie complessiva di circa 250 m² (18,40m x 13,55m) avrà una struttura portante e di fondazione in c.a. gettato in opera, mentre la copertura verrà realizzata mediante travi in c.a.p. ad Y.

L'officina sarà dotata, oltre che di superficie destinata alle operazioni di manutenzione vere e proprie, anche di servizi igienici, spogliatoio, ufficio e di un locale adibito a deposito dei pezzi di ricambio.

ART. 8. IMPIANTO LAVAGGIO AUTOMEZZI

I mezzi in uscita dalla discarica, prima della pesatura in uscita, verranno sottoposti alle operazioni di pulizia delle ruote.

L'impianto di lavaggio, avente dimensioni complessive di 11,50m x 6,00m, sarà costituito da una struttura in c.a. gettato in opera; la superficie di sosta degli automezzi sarà dotata di canalette di raccolta delle acque di lavaggio opportunamente coperte mediante grigliato metallico zincato removibile per consentire le ordinarie operazioni di pulizia.

Il lavaggio vero e proprio verrà realizzato con un sistema automatico di pulizia dotato di ugelli posti all'altezza delle ruote degli automezzi dai quali fuoriuscirà l'acqua in pressione. Il ciclo di lavaggio durerà dai 15 ai 20 secondi durante i quali verranno impiegati dai 20 ai 40 litri d'acqua.

L'impianto di lavaggio sarà alimentato da un serbatoio in acciaio del tipo "silos" della capacità di 40.000 lt. che garantirà un periodo di autosufficienza di circa una settimana nel caso in cui non vengano riciclate le acque di lavaggio. Il rifornimento del serbatoio sarà assicurato dalla rete acquedottistica prevista nell'ambito del presente progetto.

ART. 9. IMPIANTO IDRICO E FOGNARIO

La rete idrica a servizio dell'impianto verrà alimentata da un serbatoio in acciaio del tipo "silos" avente una capacità di 10.000 lt che garantirà un periodo di autosufficienza di circa 15 giorni. Da esso si dipartirà la rete di distribuzione dell'acqua potabile costituita da tubazioni interrate in acciaio zincato da 2" a servizio della palazzina uffici e dell'officina meccanica. L'acqua sarà distribuita in pressione grazie all'impiego di un'autoclave avente una portata di circa 50 l/min ed una prevalenza di 25 metri. Il rifornimento del serbatoio sarà assicurato mediante fornitura a mezzo di autocisterne.

La rete fognaria a servizio della palazzina uffici e dell'officina meccanica sarà costituita da tubazioni in PVC rigido DN 200 mm che confluiranno nella rete fognaria principale e quindi smaltite mediante fossa imhoff e rete disperdente di sub-irrigazione.

ART. 10. IMPIANTO ANTINCENDIO

La rete antincendio è stata suddivisa in due sezioni principali: la prima, al servizio della vasca di stoccaggio dei R.S.U., sarà costituita da un anello che percorre tutto il coronamento della discarica; la seconda sarà costituita da un anello con i relativi stacchi per gli idranti e servirà la zona servizi.

Per la descrizione tecnica della rete antincendio si rimanda all'apposita relazione di calcolo.

ART. 11. IMPIANTO ELETTRICO E D'ILLUMINAZIONE ESTERNI

La rete d'illuminazione è costituita da una serie di pali d'illuminazione del tipo "conico diritto", posti ad interasse di circa 50 m in corrispondenza della stradella di

accesso alla discarica e ad interasse di circa 25 m all'interno dell'area servizi, oltre che in prossimità della palazzina uffici e dell'officina meccanica. In corrispondenza della palazzina uffici e del parcheggio saranno impiegati pali d'illuminazione “a doppia mensola”.

E' prevista inoltre l'installazione di 4 torri faro aventi un'altezza di 25 metri che consentiranno di illuminare la vasca e le zone circostanti, onde consentire la possibilità di lavorare anche in notturna.

ART. 12. IMPIANTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E STRUTTURALE

Si prevede l'installazione di n. 4 pozzi di monitoraggio per il prelievo delle acque di falda e l'installazione di piezometri.

E' prevista inoltre l'installazione di tutti i dispositivi atti a rilevare eventuali rotture del telo impermeabile in PEAD, cedimenti differenziali del terreno di fondazione, perdite dai serbatoi interrati e dai collettori vari, assestamenti della superficie topografica dei rifiuti stoccati e quant'altro riportato negli elaborati di progetto.

E' prevista inoltre l'installazione di una centralina per il rilevamento dei principali parametri meteoclimatici.

ART. 13. MIGLIORAMENTO AMBIENTALE DEL SITO DI DISCARICA

Il progetto prevede la piantumazione di un'ampia fascia a verde disposta a doppio filare lungo la S.P. Ragusa-Chiaramonte Gulfi atta a mitigare l'impatto visivo del sito di discarica, oltre che a consentirne un migliore inserimento ambientale e paesaggistico.

Si piantumeranno specie arboree ad alto fusto ed arbustivo del tipo autoctono, aventi capacità di resistere alle avverse condizioni ambientali tipiche dei siti di discarica.

Capo IV

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI – MODO DI ESECUZIONE E ORDINE DA TENERSI DEI LAVORI

ART. 14. PREMESSA

Tutti i materiali devono essere della migliore qualità, rispondenti alle norme del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 (Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE) sui prodotti da costruzione e corrispondere a quanto stabilito nel presente capitolato speciale; ove esso non preveda espressamente le caratteristiche per l'accettazione dei materiali a piè d'opera, o per le modalità di esecuzione delle lavorazioni, si stabilisce che, in caso di controversia, saranno osservate le norme U.N.I., le norme C.E.I., le norme C.N.R. e le norme stabilite dal Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS pubblicato dalla MB&M di Roma nel 1993, le quali devono intendersi come requisiti minimi, al di sotto dei quali, e salvo accettazione, verrà applicata una adeguata riduzione del prezzo dell'elenco.

La Direzione lavori ha la facoltà di richiedere la presentazione del campionario di quei materiali che riterrà opportuno, e che l'Appaltatore intende impiegare, prima che vengano approvvigionati in cantiere.

Inoltre sarà facoltà dell'Amministrazione appaltante chiedere all'Appaltatore di presentare in forma dettagliata e completa tutte le informazioni utili per stabilire la composizione e le caratteristiche dei singoli elementi componenti le miscele come i conglomerati in calcestruzzo o conglomerati bituminosi, ovvero tutti i presupposti e le operazioni di mix design necessarie per l'elaborazione progettuale dei diversi conglomerati che l'Impresa ha intenzione di mettere in opera per l'esecuzione dei lavori.

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

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

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

Le opere verranno eseguite secondo un programma dei lavori presentato e disposto dall'Impresa, previa accettazione dell'Amministrazione appaltante, o dalle disposizioni che verranno ordinate volta a volta dalla Direzione dei lavori.

Resta invece di esclusiva competenza dell'Impresa la loro organizzazione per aumentare il rendimento della produzione lavorativa.

L'utilizzo, da parte dell'Impresa, di prodotti provenienti da operazioni di riciclaggio è ammesso, purché il materiale finito rientri nelle successive prescrizioni di accettazione. La loro presenza deve essere dichiarata alla Direzione lavori.

Tutte le seguenti prescrizioni tecniche valgono salvo diversa o ulteriore indicazione più restrittiva espressa nell'elenco prezzi di ogni singola lavorazione, oppure riportate sugli altri elaborati progettuali.

ART. 15. PROVENIENZA E QUALITA' DEI MATERIALI

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere dovranno provenire da quelle località che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché ad insindacabile giudizio della Direzione lavori siano riconosciuti della migliore qualità della specie e rispondano ai requisiti tecnici di seguito riportati.

ART. 15.1. ACQUA

L'acqua dovrà essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri), esente da materie terrose, non aggressiva o inquinata da materie organiche e comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata.

ART. 15.2. CALCE

Le calci aeree dovranno rispondere ai requisiti di accettazione e prove di cui alle norme vigenti riportate nel R.D. 16 novembre 1939, n. 2231.

ART. 15.3. POZZOLANE

Le pozzolane provengono dalla disaggregazione di tufi vulcanici. Le calci aeree grasse impastate con pozzolane danno malte capaci di indurire anche sott'acqua. Le

pozzolane e i materiali a comportamento pozzolanico dovranno rispondere ai requisiti di accettazione riportati nel R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

ART. 15.4. LEGANTI IDRAULICI

Le calci idrauliche, i cementi e gli agglomeranti cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro, dovranno corrispondere a tutte le particolari prescrizioni e requisiti di accettazione di cui alla L. 26 maggio 1965, n. 595 e succ. modifiche, nonché dal D.M. 31 agosto 1972. Essi dovranno essere conservati in depositi coperti e riparati dall'umidità.

ART. 15.5. GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA (AGGREGATI LAPIDEI – INERTI)

Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi, ai sensi D.M. 9 gennaio 1996 – Allegato 1, dovranno essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose e di gesso, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature.

Le dimensioni della ghiaia o del pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche dell'opera da eseguire, dal coprifero e dall'interferro delle armature.

La sabbia da impiegarsi nelle murature o nei calcestruzzi dovrà essere preferibilmente di qualità silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Dovrà avere forma angolosa ed avere elementi di grossezza variabile da mm 1 a mm 5.

L'Impresa dovrà garantire la regolarità delle caratteristiche della granulometria per ogni getto sulla scorta delle indicazioni riportate sugli elaborati progettuali o dagli ordinativi della Direzione lavori.

I pietrischi, i pietrischetti, le graniglie, le sabbie e gli additivi da impiegarsi per le costruzioni stradali dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alle norme tecniche del C.N.R., fascicolo n. 4/1953.

Si definisce:

- pietrisco: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli, passante al crivello 71 U.N.I. 2334 e trattenuto dal crivello 25 U.N.I. 2334;

- pietrischetto: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al crivello 25 U.N.I. 2334 e trattenuto dal crivello 10 U.N.I. 2334;
- graniglia: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al crivello 10 U.N.I. 2334 e trattenuto dal setaccio 2 U.N.I. 2332;
- sabbia: materiale litoide fine, di formazione naturale od ottenuto per frantumazione di pietrame o di ghiaie, passante al setaccio 2 U.N.I. 2332 e trattenuto dal setaccio 0,075 U.N.I. 2332;
- additivo (filler): materiale pulverulento passante al setaccio 0,075 U.N.I. 2332.

Per la caratterizzazione del materiale rispetto all’impiego valgono i criteri di massima riportati all’art. 7 delle norme tecniche del C.N.R., fascicolo n. 4/1953. I metodi da seguire per il prelevamento di aggregati, per ottenere dei campioni rappresentativi del materiale in esame occorre fare riferimento alle norme tecniche del C.N.R. – B.U. n. 93/82.

Gli aggregati lapidei impiegati nelle sovrastrutture stradali dovranno essere costituiti da elementi sani, tenaci, non gelivi, privi di elementi alterati, essere puliti, praticamente esenti da materie eterogenee e soddisfare i requisiti riportati nelle norme tecniche C.N.R. – B.U. n. 139/92.

Devono essere costituiti da materiale frantumato spigoloso e poliedrico. Per l’additivo (filler) che deve essere costituito da polvere proveniente da rocce calcaree di frantumazione, all’occorrenza si può usare anche cemento portland e calce idrata con l’esclusione di qualsiasi altro tipo di polvere minerale.

ART. 15. 6 CUBETTI DI PIETRA, PIETRINI IN CEMENTO E MASSELLI IN CALCESTRUZZO

I cubetti di pietra dovranno rispondere alle “Norme per l’accettazione dei cubetti di pietre per pavimentazioni stradali” C.N.R. – ed. 1954 e alle Tabelle U.N.I. 2719 – ed. 1945. I pietrini in cemento dovranno corrispondere alle norme U.N.I. 2623-44 e seguenti.

I pavimenti in masselli di calcestruzzo risponderanno alle U.N.I. 9065-87 e 9066/1 e 2-87.

ART. 15.7. MATTONI

I mattoni dovranno essere ben formati con facce regolari, a spigoli vivi, di grana fina, compatta ed omogenea; presentare tutti i caratteri di una perfetta cottura, cioè essere duri, sonori alla percussione e non vetrificati; essere esenti da calcinelli e scevri da ogni difetto che possa nuocere alla buona riuscita delle murature; aderire fortemente alle malte; essere resistenti alla cristallizzazione dei solfati alcalini; non contenere solfati solubili od ossidi alcalino-terrosi, ed infine non essere eccessivamente assorbenti.

I laterizi da impiegarsi nelle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche dovranno rispondere alle caratteristiche di cui all'allegato 7 del D.M. 9 gennaio 1996.

Per individuare le caratteristiche di resistenza degli elementi artificiali pieni e semipieni si farà riferimento al D.M. Min. LL.PP. 20 novembre 1987.

ART. 15.8. MATERIALI FERROSI

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

In particolare per gli acciai per opere in cemento armato, cemento armato precompresso e per carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dal D.M. 9/1/1996. La Direzione lavori, a suo insindacabile giudizio, effettuerà i controlli in cantiere in base alla suddetta disposizione di legge.

ART. 15.9. LEGNAMI

I legnami, da impiegare in opere stabili e provvisorie, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni riportate dal D.M. 30 ottobre 1972.

ART. 15.10. TUBAZIONI

Il Direttore dei lavori potrà prelevare a suo insindacabile giudizio dei campioni da sottoporre a prove, a cure e spese dell'Appaltatore, e qualora i risultati non fossero rispondenti a quelli richiesti, l'Appaltatore sarà costretto alla completa sostituzione della fornitura, ancorché messa in opera, e al risarcimento dei danni diretti ed indiretti.

ART. 15.10.1. Tubi di acciaio

I tubi di acciaio dovranno essere trafilati e perfettamente calibrati. Quando i tubi di acciaio saranno zincati dovranno presentare una superficie ben pulita e scevra di grumi; lo strato di zinco sarà di spessore uniforme e ben aderente al pezzo, di cui dovrà ricoprire ogni parte.

ART. 15.10.2. Tubi di cemento

I tubi di cemento dovranno essere confezionati con calcestruzzo sufficientemente ricco di cemento, ben stagionati, ben compatti, levigati, lisci, perfettamente rettilinei, a sezione interna esattamente circolare, di spessore uniforme e scevri affatto da screpolature. Le superfici interne dovranno essere intonacate e lisce. La fattura dei tubi di cemento dovrà essere pure compatta, senza fessure ed uniforme. Il ghiaiettino del calcestruzzo dovrà essere così intimamente mescolato con la malta che i grani dovranno rompersi sotto l'azione del martello senza distaccarsi dalla malta.

ART. 15.10.3. Tubi di poli-cloruro di vinile (PVC)

I tubi PVC dovranno avere impressi sulla superficie esterna, in modo evidente, il nominativo della ditta costruttrice, il diametro, l'indicazione del tipo e della pressione di esercizio; sulle condotte per acqua potabile dovrà essere impressa una sigla per distinguerle da quelle per altri usi, come disposto dalla Circ. Min. Sanità n. 125 del 18 luglio 1967.

Come previsto dalle norme U.N.I. 7441-75, 7443-75, 7445-75, 7447-75 i tubi si distinguono in:

- tipo 311, per fluidi non alimentari in pressione, con temperature fino a 60°;
- tipo 312, per liquidi alimentari e acqua potabile in pressione, per temperature fino a 60°;
- tipo 313, per acqua potabile in pressione;
- tipo 301, per acque di scarico e ventilazione nei fabbricati, per temperature max perm. di 50°;
- tipo 302, per acque di scarico, per temperature max perm. di 70°;
- tipo 303/1 e 303/2, per acque di scarico, interrate, per temperature max perm. di 40°.

ART. 15.10.4. Tubi di PEAD

Il diametro delle tubazioni varierà in funzione delle portate di percolato. Lo spessore minimo sarà corrispondente alla classe di pressione PN 10 secondo la norma UNI 7611 (DIN 8074).

I diametri da utilizzare saranno:

- DN 160 mm per le tubazioni microfessurate disposte a lisca di pesce;
- DN 315 mm per il collettore centrale di racconta non microfessurato.

Le tubazioni saranno rese cieche ad un'estremità mediante saldatura di fondelli.

Le tubazioni microfessurate sono provviste di fessure che permettono il passaggio di percolato e non del ghiaietto dello strato di drenaggio in cui sono immerse.

- Larghezza fessure (f): 6 mm
- Distanza fra le fessure (d): 60 mm
- Parte fessurata: 2/3 della circonferenza
- Superficie fessurata: 5%

Poiché i tubi in PEAD sono forniti in barre da 12 m, per lunghezze superiori si possono prevedere i seguenti sistemi di giunzione fra i tubi:

- manicotto;
- saldatura per polifusione testa a testa;
- saldatura per elettrofusione con manicotto elettrico.

Per i diametri, gli spessori, i requisiti particolari ed i metodi di prova si farà riferimento alle seguenti norme di unificazione:

- UNI 7611 – Tubi in PE ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;
- UNI 7612 – Raccordi in PE ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;
- UNI 7613 – Tubi in PE ad alta densità per condotte di scarico interrate. Tipi, dimensioni e requisiti;
- UNI 7615 – Tubi in PE ad alta densità. Metodi di prova.

ART. 15.11. MATERIALI PER APPLICAZIONI GEOLOGICHE-GEOSINTETICI

ART. 15.11.1. Geotessili non tessuti

Teli realizzati a struttura piana composta da fibre sintetiche “coesionate” mediante agugliatura meccanica o con termosaldata. In relazione alla lunghezza delle fibre di polipropilene e/o poliestere, i geotessili non tessuti si distinguono a filamento continuo e a filamento non continuo (a fiocco).

Tali materiali saranno posti in opera per l'esecuzione di drenaggi, come separatori o elementi di rinforzo.

Per l'applicazione di drenaggi, devono usare i geotessili non tessuti a filo continuo e devono avere i seguenti requisiti: peso unitario di almeno 110 g/mq, permeabilità di circa 300 l/mq/s e diametro di filtrazione 0,235 mm a secco e 0,15 mm umido, salvo diversa prescrizione o indicativo della Direzione lavori.

Per tutti gli altri impieghi si dovranno utilizzare geotessili non tessuti, con caratteristiche funzionali adatti alla particolare situazione dell'applicazione, previa autorizzazione della Direzione lavori.

Per determinare peso e spessore si farà riferimento le norme di cui ai B.U. - C.N.R. n. 110 del 23 dicembre 1985 e n. 111 del 24 novembre 1985, e le norme U.N.I. 4818, 5114, 511, 5121, 5419 , U.N.I. 8279/1-16 ediz. 1981-87, U.N.I. 8639-84, 8727-85, 8986-87.

ART. 15.11.2. Geomembrane in PEAD

Specifiche tecniche

La tenuta al percolato delle discariche di rifiuti solidi urbani e pericolosi richiede un'impermeabilizzazione composita (geomembrana +argilla/geocomposito bentonitico).

La geomembrana in PEAD (polietilene ad alta densità) è l'unica resistente al percolato di discarica alla temperatura di fermentazione dei rifiuti ($> 60^{\circ}\text{C}$) e con durabilità maggiore di 150 anni.

Per le geomembrane per discariche vale la norma UNI 8898/1 per lo spessore, la norma UNI 8898/6 per le altre caratteristiche tecniche e la norma UNI 10567 per i criteri generali per la saldatura ed il controllo della qualità dei giunti saldati, come da estratti seguenti:

valori minimi:

- Estratto da norma UNI 8898/1: spessore 2,0 mm;

- Estratto da norma UNI 8898/6 (rev. 2001), altre caratteristiche:

MATERIALE: PEAD	UNI	VALORI MINIMI
Composizione polimero	ISO 10358	$\geq 97\%$
Nerofumo: contenuto	9556	$\geq 2\%$
Nerofumo: dispersione	9555	Tra A1 e B2
Densità	7092/A	$\geq 0,94 \text{ g/cm}^3$
Carico di snervamento	8202/8	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$
Allungamento di snervamento	8202/8	$\geq 9\%$ provino 4
Carico di rottura	8202/8	$\geq 26 \text{ N/mm}^2$
Allungamento di rottura	8202/8	$\geq 700\%$
Resistenza a lacerazione	8202/9	$\geq 130 \text{ N/mm}$
Stabilità dimensionale (1hr/120 °C)	8202/17	$\leq 2\%$
Tolleranza spessore	8202/6	$\pm 10\%$

La fornitura delle geomembrane in PEAD deve essere accompagnata da una dichiarazione di conformità del costruttore ai requisiti previsti dalle norme di riferimento (UNI 8898-6; UNI 8898-1; UNI 8202-17).

Movimentazione e stoccaggio

Le operazioni di movimentazione e lo stoccaggio delle membrane devono essere effettuate in modo tale da non recare danneggiamento alcuno alle membrane stesse che potrebbero influenzare negativamente la qualità delle saldature. In particolare:

- nel trasporto si deve evitare l'impiego di piani d'appoggio che presentino asperità;
- nelle operazioni di carico e scarico si devono impiegare modalità di imbragatura che non determinino danneggiamento (impronte, scalfiture) delle membrane;
- lo stoccaggio e l'accatastamento delle membrane devono avvenire su superfici d'appoggio orizzontali e prive di pietre, oggetti appuntiti ed altre asperità.

Per accatastamenti all'aperto che si protraggano per lunghi periodi è necessario proteggere le membrane dall'azione degli agenti esterni che sicuramente causerebbero danneggiamenti.

Modalità di posa

La posa dei teli impermeabili dovrà essere eseguita mediante stesura successiva dei fogli in adiacenza longitudinale. Sulle scarpate si utilizzerà una geomembrana ruvida che aderisce più facilmente alle pareti inclinate della vasca, oltre che permettere una maggiore stabilità dell'ammasso di rifiuti a contatto con essa. La membrana ruvida si ottiene spruzzando graniglia di PEAD fusa sul foglio liscio avente le medesime caratteristiche di quello utilizzato per lo strato di base orizzontale. La graniglia fusa deve aderire intimamente alla superficie della geomembrana (in pratica non deve staccarsi se raschiata con una lama d'acciaio) e rimanervi stabilmente.

Sulle scarpate i teli dovranno essere stesi dall'alto verso il basso in modo tale che le congiunzioni tra l'uno e l'altro risultino nel senso della massima pendenza.

Dovranno per quanto possibile essere evitate giunzioni trasversali sulle scarpate.

La posa della membrana dovrà avvenire ponendo la massima cura affinché non si formino pieghe o grinze, qualora queste risultino inevitabili, a causa della conformazione del piano su cui deve essere posata, l'Appaltatore dovrà procedere adeguatamente, in vista di sollecitazioni accidentali o permanenti, ad effettuare tagli, sovrapposizioni e saldature atte ad eliminare anomalie, previo accordo e autorizzazione da parte della D.LL.

La giunzione dei fogli dovrà essere realizzata mediante saldatura continua come descritto nel seguito.

I fogli andranno sovrapposti per una larghezza minima pari a 20 cm. In corrispondenza del raccordo fra le scarpate ed il fondo della discarica, il foglio impermeabile non dovrà presentare soluzioni di continuità e per quanto possibile dovranno essere evitate le saldature in corrispondenza dei compluvi ricavati con le pendenze del fondo.

Ancoraggi perimetrali

Il telo dovrà essere opportunamente fissato lungo i perimetri superiori delle scarpate. Tale ancoraggio dovrà essere effettuato man mano che si esegue la posa dei

teli o al termine di ogni giornata lavorativa; in ogni caso dovrà essere preservata l'integrità e la funzionalità dei teli.

L'ancoraggio verrà effettuato mediante scavo a sezione obbligata lungo la sommità della vasca delle dimensione di cm 80 x cm 40, riempito successivamente con getto di cls al di sotto del quale verrà preventivamente disposto il telo, come meglio descritto negli elaborati grafici di progetto (TAV. 19/2).

Saldature

Il materiale d'apporto per la saldatura ad estrusione dovrà essere polietilene (PE) che rispetti le caratteristiche previste per la produzione delle membrane (UNI 8898-6; UNI 8898-1; UNI 8202-17) e comunque che permetta di ottenere giunti saldati conformi ai requisiti della norma UNI 10567 – paragrafo 8.

La fornitura del materiale d'apporto per la saldatura ad estrusione deve essere accompagnata da una dichiarazione di conformità del costruttore ai requisiti previsti dalle norme di riferimento (UNI 8898-6; UNI 8898-1; UNI 8202-17).

Le dimensioni richieste dei fogli non dovranno essere inferiori ai 10 m di larghezza; l'Appaltatore potrà presaldare i fogli in stabilimento in modo da aumentare la larghezza e da ridurre al minimo le saldature da effettuarsi in opera, sempre rispettando la larghezza minima indicata per il foglio vergine non presaldato.

Il metodo di saldatura dovrà essere quello ad estrusione, come di seguito riportato; il coefficiente, riferito al carico di snervamento, non dovrà essere inferiore allo 0,9.

- a) saldature a cordone interposto, da utilizzarsi per tutte le saldature standard, previa molatura della superficie da saldare. Tale metodo consiste nel riportare un cordone dello stesso polimero fuso tra i lembi da saldare previo preriscaldamento con aria surriscaldata
- b) saldature particolari da eseguirsi per brevi tratti, per riparazioni, raccordi, ecc, con metodo a cordone sovrapposto, previa presaldatura di fissaggio ad aria calda delle pareti da unire e molatura della superficie dei fogli a contatto con il cordone di saldatura.

I cordoni di saldatura dovranno avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

	s	s_l	s_{l1}	s_{l2}	I	I_s	I_{sl}	I_{s2}	I_l	I_2	α	I_c
--	-----	-------	----------	----------	-----	-------	----------	----------	-------	-------	----------	-------

Giunti a cordone interposto	≥ 2	$\leq 2s+1$	$\geq 2s+0,2$		≥ 100	≥ 40			≥ 0	≥ 50	
Giunti a cordone sovrapposto	≥ 2	$\geq 1,25+2s$	$\leq 1,75+2s$		≥ 80	≥ 40					$\geq 45^\circ$

b) Giunto a cordone interposto

c) Giunto a cordone sovrapposto

Dovranno essere per quanto possibile evitate saldature a spigolo vivo; in punti particolari ove vi siano saldature critiche, su indicazione della D.LL. dovranno essere impiegate membrane di spessore 3 mm e/o impiegato doppio manto di impermeabilizzazione.

Tutte le saldature dovranno essere collaudate dall'Appaltatore in presenza della D.LL. con le seguenti modalità:

- a) prove distruttive: tali prove devono verificare che il coefficiente di saldatura sia almeno pari a 0,9. Tale coefficiente è dato dal rapporto fra i carico di snervamento del provino saldato e quello del foglio originale.

Si eseguiranno tali provini su campioni prelevati ogni 300 m lineari di saldature o a richiesta della D.LL.

- b) prove non distruttive: tali prove andranno effettuate sul 100% delle saldature.

Dovranno essere adottati i seguenti metodi:

- 1) collaudo ad ultrasuoni per le saldature a cordone interposto;
- 2) collaudo manuale a vista, eseguito forzando una punta metallica lungo tutta la lunghezza del cordone di saldatura, per le saldature a cordone sovrapposto.

Tutte le indicazioni di anomalie rilevate verranno registrate sul diagramma di posa.

Ogni minima indicazione è inaccettabile. Tutti i punti segnalati come difettosi o dubiosi dovranno essere riparati e quindi ricontrollati.

Per quanto non specificato nel presente capitolato, si fa riferimento alle norme UNI 10567.

ART. 15.11.3. Geotessili tessuti

Sono definite come strutture piane e regolari formate dall'intreccio di due o più serie di fili costituiti da fibre sintetiche di fibre di polipropilene e/o poliestere, che consentono di ottenere aperture regolari e di piccole dimensioni.

In relazione alla sezione della fibra, possono suddividersi in tessuti a monofilamento o a bandalette (nastri appiattiti).

L'applicazione di questi materiali è identica a quella dei geotessili non tessuti.

Il geotessile dovrà essere atossico, completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi e dovrà possedere le seguenti caratteristiche minime:

Caratteristiche	Unità di misura	Valori minimi in funzione dell'altezza dei rifiuti		
		<10 m	Fino a 20 m	> 20 m
Massa aerica (EN 965)	(g/mq)	600	800	1200
Resistenza a trazione longitudinale e trasversale (EN ISO 10319)	(kN/m)	≥ 38	≥ 47	≥ 60
Deformazione al carico massimo (EN ISO 10319)	(%)	≥ 80	≥ 85	≥ 90

Caratteristiche	Unità di misura	Valori minimi in funzione dell'altezza dei rifiuti		
		<10 m	Fino a 20 m	> 20 m
Resistenza al punzonamento statico (EN ISO 12236)	(kN)	≥ 7	≥ 9	≥ 11
Resistenza al punzonamento dinamico (diametro del foro) (EN ISO 918)	mm	< 5	0	0

ART. 15.11.4. Georeti

Geosintetici con struttura a maglia costituite da due serie sovrapposte di fili (con spessore compreso tra 3 e 10 mm) che si incrociano con angolo costante (tra 60° e 90°), in modo da formare aperture regolari costanti tra 10 e 60 mm di ampiezza. Vengono prodotte per estrusione di polimeri termoplastici (polietilene ad alta densità o polipropilene) e la saldatura delle due serie di fili viene eseguita per parziale penetrazione nei punti di contatto.

Devono essere applicate congiuntamente a geotessili come filtri, come elementi di tenuta per assolvere la funzione di drenaggio o per protezione meccanica nel caso di una loro applicazione non combinata.

ART. 15.11.5. Biotessili

Costituite da fibre naturali (juta e/o cocco) sono assemblate in modo da formare una struttura tessuta aperta e nello stesso tempo deformabile o mediante sistema di agugliatura meccanica, trovano applicazione per il rivestimento superficiale a protezione dall'erosione durante la crescita di vegetazione.

ART. 15.11.6. Biostuoie

Sono costituite da fibre naturali quali paglia, cocco, sisal ecc..., in genere contenute tra reti di materiale sintetico (polipropilene o poliammide) o naturale (juta). La loro applicazione consiste esclusivamente in quella di rivestimento superficiale dall'erosione durante la fase di inerbimento delle scarpate stradali.

ART. 15.11.7. Geostuoie

Sono costituite da filamenti di materiale sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10/20 mm, caratterizzato da un indice dei vuoti molto elevato > del 90%. La loro applicazione risponde essenzialmente a due applicazioni ovvero come protezione dall'erosione superficiale provocata da acque piovane e di ruscellamento e di rivestimento di sponde di corsi d'acqua con basse velocità.

ART. 15.11.8. Geocompositi per il drenaggio

Sono formati dall'associazione (in produzione) di uno strato di georete o di geostuoia racchiuso tra uno o due strati di geotessile. Lo spessore complessivo del geocomposito può variare tra 5 e 30 mm.

ART. 15.11.9. Geogriglie

Le geogriglie hanno lo scopo principale di rinforzo sia dei terreni naturali che degli strati bituminosi delle sovrastrutture stradali.

Sono così classificabili:

- a) estruse: strutture piane realizzate con materiali polimerici (polietilene ad alta densità o polipropilene) mediante processo di estrusione e stiratura, che può essere svolto in una sola direzione (geogriglie monodirezionali) o nelle due direzioni principali (bidirezionali);
- b) tessute: strutture piane a forma di rete realizzate mediante la tessitura di fibre sintetiche su vari tipi di telai, eventualmente ricoperte da un ulteriore strato protettivo (PVC o altro materiale plastico);
- c) a sovrapposizione: sono realizzate mediante la sovrapposizione e successiva saldatura di geonastri costituiti da un nucleo in poliestere ad alta tenacità rivestito con guanti protettiva in polietilene.

La geogriglia dovrà essere completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi e stabilizzato ai raggi UV. Il materiale fornito dovrà essere certificato secondo le norme ISO 9002 e dovranno essere note le curve sforzo/deformazione nel tempo sino ai 120 anni.

ART. 15.11.10. Geocelle

Sono composte da celle giustapposte prodotte per assemblaggio o estrusione di strisce di materiali sintetici di altezza pari a circa 75/150 mm, che realizzano una struttura a nido d'ape o similare.

Le geocelle possono essere realizzate anche con materiali naturali es. fibra di cocco. Il loro scopo è quello di contenimento del terreno in pendio per evitare scoscenimenti superficiali.

Per tutte le diverse applicazioni e tipi dei geosintetici, l'Appaltatore prima di ogni loro impiego dovrà fornire alla Direzione dei lavori i relativi certificati di produzione del materiale, quest'ultimo, a suo insindacabile giudizio, ha tuttavia la facoltà di effettuare prelievi a campione sui prodotti approvvigionati in cantiere.

ART. 15.12. ARGILLA PER IMPERMEABILIZZAZIONE FONDO VASCA

ART. 15.12.1. Caratteristiche dell'argilla

L'argilla utilizzata dovrà essere di tipo omogeneo, inorganico e scevra da ogni macroscopica impurità e dovrà soddisfare i requisiti di cui alla norma ASTM D 2487 e quindi essere classificata "CL" oppure "CH" e soddisfare i seguenti requisiti:

- passante al setaccio ASTM 200 ($0,075 > 85\%$ mm)
- Contenuto in frazione argillosa $> 20\%$
- Coefficiente di permeabilità con $< 1*10^{-7}$ cm/s addensamento al 90% della AASHTO Standard
- Esente da resti vegetali

ART. 15.12.2. Prove da effettuarsi in cantiere

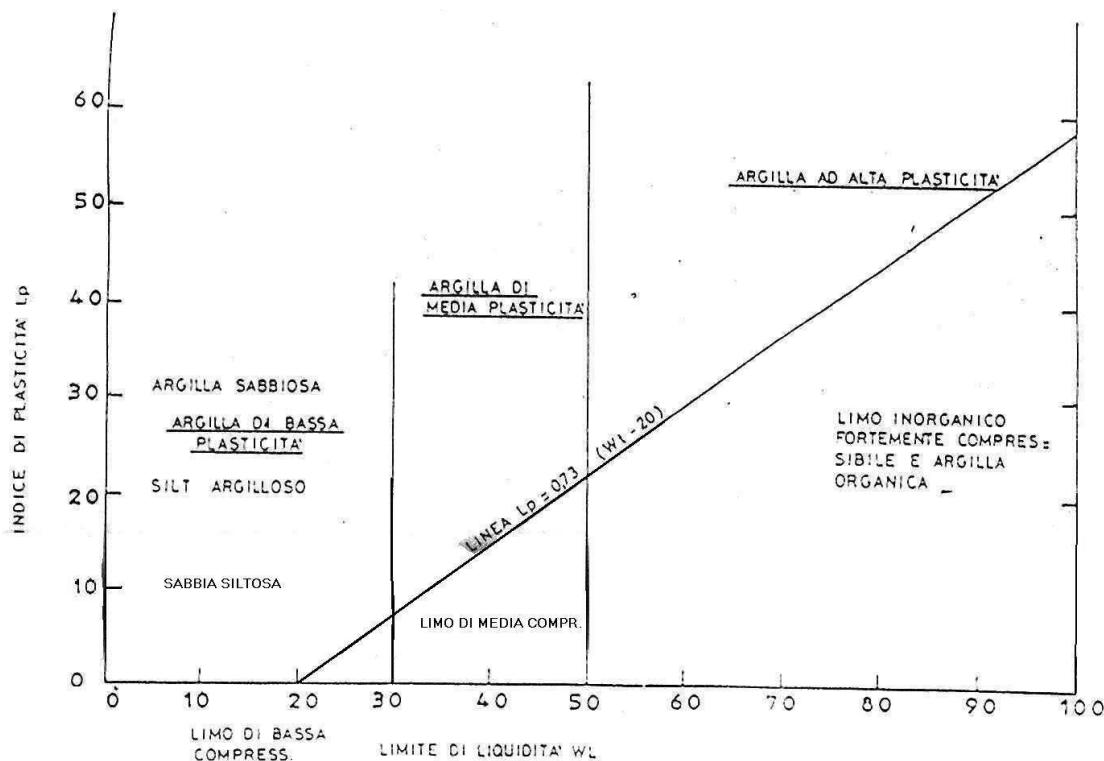
La Direzione Lavori potrà far prelevare dagli automezzi in entrata e dai cumuli eventualmente stoccati, un numero a piacere di campioni da sottoporre alle seguenti prove di caratterizzazione:

- | | |
|--|---------------|
| • Analisi granulometrica e sedimentometria | ASTM D422 |
| • Determinazione dei limiti di Attemberg | CNR-UNI 10004 |
| • Determinazione dell'umidità naturale | CNR-UNI 10008 |

- Determinazione della sostanza organica totale
- Prova di costipamento AASHTO Standard CNR-BU N°69
- Determinazione della permeabilità in edometro su ASTM D2435 terreno naturale o su provino costipato al 90% della densità max AASHTO Standard

Il punto di coordinate LI e lp riportato sul “Grafico di plasticità” (che rappresenta il limite di liquidità LI e l’indice di plasticità Ip del materiale in osservazione) dovrà risultare sopra la curva “A” di Casagrande e con indice di plasticità $Ip > 10$.

CARTA DI CASAGRANDE



ART. 15.12.3. Controlli in opera

Nei punti indicati dalla Direzione Lavori verranno effettuate le seguenti prove di accettabilità dello strato di impermeabilizzazione:

- Permeabilità in situ con permeametro $K < 1 \cdot 10^{-7}$ cm/s (Draft ASTM) Boutwell
- Permeabilità in edometro su campione indisturbato $K < 1 \cdot 10^{-7}$ cm/s

ART. 15.12.4. Modalità di posa

L'argilla, una volta scaricata dagli automezzi, dovrà essere stesa con macchine a lama, sminuzzata per mezzo di aratri multidisco in modo che la successiva compattazione di luogo a strati aventi altezza non superiore a 20 cm.

Lo spessore complessivo degli strati compatti sul fondo vasca non dovrà essere inferiore ad 1,00 m in ogni punto.

Lo strato d'argilla dovrà essere compattato all'interno dell'intervallo \pm 4% rispetto all'umidità ottimale determinata con il metodo Proctor Standard ed i valori dell'indice dei vuoti, funzione del contenuto d'acqua e della densità secca, dovranno risultare inferiori al 5%.

Il peso di volume umido sarà valutato attraverso prove di densità in situ eseguite con il metodo del cono di sabbia calibrata secondo ASTM D1556. Il contenuto d'acqua sarà valutato secondo quanto previsto dalle norme CNR UNI 10008.

Nel caso in cui l'umidità rilevata nei campioni analizzati sia inferiore all'umidità ottimale di una quantità maggiore del 4% occorrerà innaffiare l'argilla con una quantità opportuna di acqua prima di procedere alla successiva rullatura.

La rullatura dell'argilla dovrà essere eseguita esclusivamente con rulli compressori a piede di pecora di peso non inferiore alla 20 tonnellate e caratterizzati da una pressione di contatto al piede compresa fra i 25 ed i 35 kPa/cm².

Potranno impiegarsi rulli lisci soltanto nel caso in cui si voglia limitare allo strato più superficiale l'assorbimento di acqua di pioggia.

Il numero di passata cui sottoporre ognuno degli strati di argilla alti 20 cm potrà essere imposto dalla Direzione Lavori in funzione dei risultati delle analisi condotte sui campioni prelevati in cantiere. Tale numero non potrà comunque di norma essere superiore a 14.

Qualora le condizioni atmosferiche lo richiedano si dovrà provvedere a ricoprire l'argilla posata per proteggerla dalla pioggia. Al riguardo si fa presente che la Direzione Lavori potrà esigere la sostituzione di quell'argilla la cui umidità dovesse eccedere la percentuale del 7% rispetto all'umidità ottima.

Mano a mano che nel corso dei lavori verrà raggiunto lo spessore previsto si dovrà procedere alla copertura dell'argilla con un film di polietilene nero da 0,06 mm di

spessore con i lembi sovrapposti a tetto per evitare infiltrazioni d'acqua e idoneamente zavorrati con pneumatici.

ART. 15.12.5. Collaudi

A lavori ultimati la Stazione Appaltante provvederà a far effettuare, con onere a suo carico, i controlli e i collaudi necessari.

Al fine di evitare la realizzazione di scavi che possano inficiare la qualità del lavoro effettuato, la verifica dello spessore dello strato di argilla verrà effettuata facendo eseguire un nuovo rilievo piano-altimetrico del solo fondo della vasca.

Dal confronto tra questo rilievo piano-altimetrico con quello effettuato prima delle operazioni di posa dell'argilla sarà possibile stabilire se lo strato abbia o meno raggiunto lo spessore minimo di progetto (1,00 m).

Al fine di accertare con la massima precisione possibile lo spessore dello strato di argilla realizzato, il secondo rilievo dovrà essere eseguito in corrispondenza dei medesimi punti già rilevati con il primo rilievo.

Anche l'onere per l'esecuzione di tale secondo rilievo sarà a carico dell'Appaltatore.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di effettuare sondaggi per consentire di misurare direttamente lo spessore dello strato d'argilla.

L'Appaltatore dovrà pure mettere a disposizione della Direzione Lavori, senza onere per l'Appaltante, i mezzi e la manodopera sia per il prelievo dei campioni che per effettuare la verifica dello spessore dello strato.

In corrispondenza di tutti i punti verificati lo spessore dell'argilla posata dovrà essere maggiore o uguale a 1,00 m e la permeabilità dei campioni prelevati nello strato di argilla non dovrà superare il valore $K=10^{-7}$ cm/s.

ART. 15.13. RICOPRIMENTO CON TERRENO VEGETALE E INERBIMENTO DELLA SCARPATA ESTERNA DELL'ARGINELLO PERIMETRALE

Successivamente alla realizzazione dell'arginello perimetrale previsto in progetto, l'Appaltatore dovrà provvedere ad effettuare il ricoprimento esterno dell'arginello perimetrale con terreno vegetale eventualmente presente in cantiere proveniente dalle operazioni di scotico o appositamente portato in cantiere.

La compattazione del terreno vegetale dovrà limitarsi a quella ottenuta dal passaggio ripetuto di bulldozer e/o cingolati o ottenuta per mezzo di pressione operata dalla benna dell'escavatore.

Successivamente l'Appaltatore dovrà provvedere ad effettuarne l'inerbimento secondo quanto previsto al par. 15.14.

ART. 15.14. OPERE DI INERBIMENTO E PIANTUMAZIONE

ART. 15.14.1. Materiali per opere di sistemazione vegetazionale

a) Terreno vegetale

Per il rivestimento della scarpata esterna dell'arginello perimetrale della vasca dei R.S.U., delle banchine laterali delle strade e delle aiuole si impiegherà solamente terra vegetale. Dovrà avere reazione neutra, con abbondante sostanza organica e di elementi nutritivi e di medio impasto, priva di ciottoli, detriti, radici e quanto altro potrebbe nuocere alla crescita vegetativa.

b) Concimi

Dovranno essere di nota fabbrica, conservati negli involucri originali, con titolo dichiarato.

c) Materiale per piantumazione

L'Appaltatore potrà approvvigionare le piante e le talee da qualsiasi vivaio immune da malattie parassitarie, purchè la provenienza venga preventivamente dichiarata dall'Appaltatore e accettata della Direzione dei Lavori.

d) Semenze

L'Appaltatore potrà approvvigionare le semenze dalle ditte di sua fiducia, dichiarando il titolo. Qualora il valore del seme fosse inferiore per non oltre il 20% rispetto al valore della colonna "buona semente" delle tavole Marchettano, si dovrà procedere ad aumentare proporzionalmente le quantità per unità di superficie.

e) Zolle

Dovranno provenire da prato polifita stabile e asciutto, con esclusione del prato irriguo e paludoso. Il Direttore dei Lavori potrà rifiutare forniture provenienti da località non gradite. Non saranno accettate con presenza di specie infestanti tra cui: Eumex sp. Pl, Artemisia sp. Pl. Catex sp. Pl, e tutte le Umbrellifere. Il manto vegetativo dovrà essere continuo e la zolla sarà di spessore tale da

raccogliere per la maggior parte l'intreccio delle radici delle specie presenti e comunque non inferiore a cm 8, con l'esclusione di zolle provenienti da terra sabbiosa o argillosa.

ART. 15.14.2. Opere di predisposizione del terreno

Prima di procedere alle operazioni di semina, tutta l'area interessata dall'inerbimento dovrà essere accuratamente preparate secondo le sequenze di seguito riportate:

- a) leggera erpicatura con sminuzzamento della crosta superficiale del terreno fino ad una profondità di cm. 10;
- b) concimazione minerale in ragione di 100 unità/ha di P₂O₅ e K₂O con 50 unità di N;
- c) scarifica ed erpicatura del terreno.

ART. 15.14.3. Inerbimento

Successivamente ai trattamenti preparatori dovrà essere realizzato l'inerbimento per la formazione del prato mediante la semina di un miscuglio di graminacee e leguminose adatte all'impiego.

Il miscuglio avrà un dosaggio di circa 450 kg/ha così costituito:

Bromus catarticus	25%
Phalaris tuberosa	25%
Trifolium subterraneum	25%
Bromus erectus	7%
Festuca rubra	7%
Lotus corniculatus	5%
Festuca ovina	6%

Dopo la semina dovrà essere eseguita un'ulteriore erpicatura leggera e una rullatura dell'intera superficie.

A distanza di qualche mese e a piante asciutte dovrà essere effettuata a cura e spese dell'Appaltatore una concimazione azotata con nitrato di ammonio (50 kg/ha).

Un primo sfalcio dovrà essere fatto a cura e spese dell'Appaltatore prima della disseminazione delle piante ruderali spontanee al fine di contrastare in parte eventuali diffusioni abnormi delle stesse.

ART. 15.14.4. Piantumazione

Piantumazione di specie arboree in zolla

La piantumazione arborea dovrà eseguirsi con specie a sviluppo normale con piante di 1^a scelta, di sicuro attecchimento e che siano di pronto effetto, lavorate in zolla.

La messa a domora dovrà riguardare esclusivamente piante con sviluppo vegetativo medio ed aventi circonferenza 6-10 cm e altezza media 1,50-2,00 m.

Le modalità della piantumazione dovranno prevedere l'apertura di idonee buche rapportate all'apparato radicale delle singole piante, una verifica del necessario drenaggio e l'eventuale fornitura e posa in opera di materiale drenante per uno spessore di 20 cm:

- il riempimento della buca con terreno vegetale misto a torba (50%) miscelato con concime organico sterilizzato, posto in superficie e tutto attorno;
- fornitura e posa in opera di un palo tutore trattato avente diametro di 6-7 cm e altezza di almeno 1,00 m, ancorato obliquamente alla buca e fissato alla pianta con legacci in plastica;
- manutenzione per i primi tre anni compresa l'eventuale integrazione di concime organico e torba, potature, irrorazioni contro parassiti o altro.

L'Appaltatore, di concerto con la D.L., dovrà inoltre prendere tutti gli accorgimenti necessari a garantire l'attecchimento della pianta stessa.

Piantumazione arboree con trapianto da vaso

Dovrà essere eseguita con piante di prima scelta tolte dal vaso, di sicuro e garantito attecchimento e che siano di pronto effetto.

Le modalità della piantumazione dovranno prevedere:

- l'apertura di idonee buche rapportate all'apparato radicale delle singole piante;
- una verifica del drenaggio e l'eventuale fornitura e posa in opera di materiale drenante per 20 cm;
- il riempimento della buca con materiale vegetale e torba (50%) miscelato con concime organico sterilizzato;

- manutenzione per i primi tre anni, compresa la eventuale integrazione di concime organico, irrorazione contro parassiti o altro.

L'Impresa, di concerto con la D.L. dovrà inoltre prendere tutti gli accorgimenti necessari a garantire l'attecchimento della pianta stessa.

Piantumazione arbustiva

Da eseguire con arbusti e cespugli di 1[^] scelta, di sicuro attecchimento e che siano di pronto effetto, lavorati in zolla.

La messa a dimora di cespugli e arbusti, la cui essenza dovrà essere concordata con la D.L., dovrà essere preceduta dalla fresatura del terreno per una profondità di cm 15, quindi dalla formazione della buca di cm 40 di larghezza e cm 40 di profondità e, dopo avervi sistemato l'arbusto, dal rinterro con terra vegetale mista a torba (20%) e concime organico sterilizzato posto in superficie e attorno al colletto.

ART. 15.15. IDROSEMINA

Per l'inerbimento di pendii nei quali si prevede lo sviluppo di fenomeni erosivi è possibile ricorrere ad un'idrosemina a mulch.

Oltre all'idrosemina, sarà onere dell'Appaltatore effettuare una concimazione con fertilizzante ternario da realizzarsi a distanza di 3-4 mesi dall'esecuzione dell'idrosemina.

Il primo sfalcio dovrà essere eseguito a cura e spese dell'Appaltatore quando il tappeto erboso avrà raggiunto l'altezza di almeno 15 cm.

ART. 15.15.1. Idrosemina a mulch normale

L'idrosemina a mulch normale dovrà essere eseguita per mezzo di una macchina idroseminatrice ad alta pressione, con un'unica spruzzatura, comprendente semi di specie erbacee (30 g/m²) idonee al tipo di terreno ed al clima ed inerenti alla composizione floristica della zona, con l'aggiunta dei seguenti elementi:

- fertilizzante organico biologico ed ecologico a lenta cessione;
- concime minerale naturale a veloce e lenta cessione;
- fibra biologica a base di pasta di cellulosa neutra, atta a formare uno strato fibroso che tratterrà il seme ed in grado di aumentare la capacità di assorbimento dell'acqua, regolando la termoevaporazione;

- collante composto da colloidì argillosi di montmorillonite e poliuronidi derivanti da alghe marine in grado di sciogliersi in acqua e diventare, a contatto con il suolo, gel fisso e quindi resistente all'erosione superficiale; tale collante, inoltre, aumenterà l'attività biologica favorendo l'attecchimento delle piantine con anticipo e formando un apparato radicale sano e robusto;
- composto di fibre naturali di piante frantumate, con l'aggiunta di cascami di cotone finemente macinati, il tutto formante una coltre organica protettiva. Questa fungerà da ammortizzatore termico, in caso di forti escursioni di temperatura, e creerà un microclima particolarmente favorevole alla germinazione precoce delle piantine; il composto favorirà inoltre lo sviluppo, in terreni sterili, di microorganismi e, quindi, la formazione di humus.

I fertilizzanti dovranno essere presenti in quantità non inferiori a 120 g/m², mentre il peso secco totale del resto della miscela dovrà essere non inferiore a 180 g/m².

ART. 15.15.2. Idrosemina a mulch a spessore

L'idrosemina a mulch a spessore dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Base (60%): terricci composti di natura organica, ritentori idrici.

Complemento (40%): primario

88% fibre di ontano (bassa percentuale di tannino), lunghezza media 1 cm, 10% di collante ecologico a base di GUAR, 2% di attivatori biologici

secondario

composto di fibra naturali di piante frantumate, con l'aggiunta di cascami di cotone finemente macinati, il tutto formante una coltre organica protettiva. Questa fungerà da ammortizzatore termico, in caso di forti escursioni di temperatura, e creerà un microclima particolarmente favorevole alla germinazione precoce delle piantine; il composto favorirà inoltre lo sviluppo, in terreni sterili, di microorganismi e, quindi, la formazione di humus.

Fertilizzanti:

biologico

fertilizzante organico biologico ed ecologico a lenta cessione
minerale

concime minerale naturale a veloce e lenta cessione

La miscela sopra descritta dovrà essere distribuita nella misura minima di 450 g/m² (a secco) per mezzo di idroseminatrice idraulica.

Dovranno essere impiegate, inoltre, semi di specie erbacee idonee al tipo di terreno, alle caratteristiche climatiche del sito e alle caratteristiche pedologiche del terreno. Dovranno essere usate in misura di 30 g/m².

ART. 15.16. ELETTROPOMPE SOMMERGIBILI PER ESTRAZIONE PERCOLATO

All'interno del pozzetto di estrazione del percolato si installerà una elettropompa sommersibile dotata di sistema di installazione del tipo a "piede di accoppiamento" avente le seguenti caratteristiche elettriche ed idrauliche:

- | | |
|----------------------------|-----------|
| • potenza motore | 7,4 kW |
| • corrente di avviamento | 116 A |
| • corrente nominale | 14 A |
| • aspirazione/mandata | 80 mm |
| • passaggio girante | 40 mm |
| • portata al max rend. | 18,04 l/s |
| • prevalenza al max. rend. | 25,57 m |
| • potenza al max. rend. | 9,19 kW |
| • rendimento max % | 49,20 |

ART. 15.17. GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE ANTINCENDIO

Il gruppo di pressurizzazione antincendio per idranti conforme alla norma UNI 9490-10779 sarà composto da n. 2 elettropompe principali ed n. 1 elettropompa pilota, ad asse orizzontale con accoppiamento a sistema base-giunto, avente le seguenti caratteristiche idrauliche:

portata di esercizio non inferiore a 700 l/min;

prevalenza non inferiore a 5 bar;

Dovrà essere completo di tutti gli accessori previsti dalla suddetta norma, compresi gli allarmi per indicare la bassa pressione, la mancanza fase elettrica ed

anomalie sulla tensione, e il misuratore di portata. Dovrà essere completo di valvole e di saracinesche sulle aspirazioni e sulle mandate, tubi antivibranti sulle aspirazioni e sulle mandate, e batterie supplementari per l'alimentazione degli allarmi, quadro elettrico, uno per ogni elettropompa, come previsto dalla norma summenzionata.

ART. 15.18. IMPIANTO DI TRATTAMENTO DEL PERCOLATO

Art. 15.18.1. Caratteristiche generali

Vengono di seguito riportate le caratteristiche tecnico-economiche dell'impianto per il trattamento del percolato prodotto dalla discarica in progetto di potenzialità pari a 6.700 m³/anno (20 m³/g per 335 gg/anno) con trattamento del refluo per evaporazione sotto vuoto, prevedendo per il fabbisogno termico l'utilizzo dell'eventuale biogas prodotto dalla discarica o, in assenza di biogas, l'utilizzo di olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ).

Il ciclo di depurazione è previsto completo di specifiche fasi di trattamento del percolato condensato dopo l'evaporazione, con la rimozione dell'ammonio e finissaggio biologico.

La caratterizzazione qualitativa del percolato da trattare, è di seguito riportata nei dati di progetto.

Il principio di trattamento si basa sulla separazione, per evaporazione, dell'acqua dai componenti salini ed organici che rappresentano la parte inquinante del refluo.

Tali componenti inquinanti vengono concentrati in un residuo la cui quantità è notevolmente inferiore a quella iniziale del refluo stesso.

Nel trattamento per evaporazione sotto vuoto si realizzano due effetti contemporanei:

- a) evaporazione (a bassa temperatura, in quanto sotto vuoto) della fase acquosa che viene successivamente condensata e che, dopo opportuni ulteriori trattamenti di finissaggio, presenta caratteristiche qualitative costantemente nel rispetto dei limiti previsti dalla Tab. 3 All.5 D.L. 152/99.
- b) concentrazione del residuo fino ad un valore ottimale prestabilito.

Tale residuo può essere collocato tal quale in situ di discarica in conformità alle direttive più aggiornate.

Per come progettato l'impianto proposto viene inoltre a garantire:

- assenza di odori molesti;

- assenza di emissioni in atmosfera, ad eccezione dei fumi combusti dal generatore di calore funzionante a BTZ qualora non fosse presente il biogas in quantitativi sufficienti;
- elasticità ed affidabilità di esercizio;
- facilità di controllo e gestione.

Quale sotto prodotto dal ciclo di trattamento proposto si ottiene una soluzione al 30 ÷ 35% in peso di solfato ammonico, che può trovare collocazione presso impianti di compostaggio, oppure essere utilizzato per impiego agricolo in relazione alle elevate caratteristiche di purezza.

Art. 15.18.2. Individuazione quantitativa e qualitativa dei reflui da trattare

Aspetti quantitativi

La formazione del percolato è governata da diversi fattori legati alla meteorologia ed idrologia della zona in cui sorge l'impianto di interramento ed alle caratteristiche realizzative e gestionali dell'impianto stesso.

Considerando un settore di scarico già colmato, nel quale cioè siano già stati disposti sia gli strati di rifiuto compattato sia lo strato finale di materiale di copertura, la quantità di percolato che si forma è legata al bilancio di massa relativo ai flussi di acqua in ingresso ed in uscita dal settore, nonché agli accumuli e produzioni interne. La produzione effettiva viene inoltre a dipendere dal grado di compattazione dei rifiuti in situ di discarica e dalle modalità di coltivazione e gestione della stessa.

Aspetti qualitativi

Le caratteristiche quali-quantitative del percolato prodotto in una discarica di R.S.U. oltre ad essere influenzate dalla natura dei rifiuti solidi, dalle loro modalità di raccolta ed eventuali pretrattamenti (selezione, triturazione, compattazione ...) subiscono, nel tempo, consistenti variazioni dei parametri chimico-fisici in relazione all'evoluzione dei processi biologici che avvengono nel rifiuto durante la gestione della discarica.

In genere, in seguito ad un periodo iniziale di degradazione aerobica, si possono definire le seguenti fasi:

a) **fermentazione acida**, durante la quale il percolato è caratterizzato da:

- pH acido (per le elevate concentrazioni di acidi grassi volatili): 5-6;

- elevate concentrazioni di BOD5 (per forte presenza di acidi organici): > 15.000 mg/l;
 - elevati valori del rapporto BOD5/COD: >0,7;
 - elevate concentrazioni di ammoniaca: 500-1.000 mg/l;
 - elevate concentrazioni di metalli pesanti (come Fe, Mn, Mg, Zn, Ca), dato che le condizioni di pH acido favoriscono la solubilizzazione;
 - elevate concentrazioni di ioni inorganici (come Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺).
- b) **fermentazione metanigena instabile**, durante la quale si verifica la crescita dei batteri metanogeni, caratterizzata dai seguenti fenomeni:
- diminuzione della concentrazione di solfati per riduzione biologica;
 - progressiva conversione degli acidi grassi;
 - progressivo aumento del pH e dell'alcalinità;
 - diminuzione della solubilità di calcio, ferro, manganese e metalli pesanti (che possono essere precipitati come solfuri);
 - rilascio di ammoniaca (che non viene convertita dal processo anaerobico) 1000 ÷ 3000 mg/l.
- c) **fermentazione metanigena stabile**, durante la quale la composizione del percolato è caratterizzata da:
- pH vicino alla neutralità;
 - concentrazioni di BOD5 relativamente basse;
 - bassissimi valori del rapporto BOD5/COD: 0,05-0,07 dopo 15-20 anni;
 - significative concentrazioni di ammoniaca: >3000 mg/l;
 - basse concentrazioni di metalli pesanti;
 - basse concentrazioni di solidi totali disciolti.

Si può affermare che il percolato in genere raggiunge i massimi valori di carico inquinante durante i primi anni (indicativamente 1 ÷ 2) di gestione della discarica, per poi registrare una progressiva diminuzione. Questo tipo di andamento si riscontra per i

parametri di inquinamento organico (COD, BOD, TOC) e microbiologico, e per i principali ioni inorganici (metalli pesanti, solfati, ecc.)

Nella seguente tabella sono riassunti gli intervalli di concentrazione ed i valori più ricorrenti delle principali sostanze rilevate nel percolato, nonché i valori di pH, quali risultano dai numerosi dati riportati in letteratura.

Intervalli dei valori dei parametri analitici rilevati in percolati provenienti da impianti di interramento controllato diversi.

Parametro (*)	Intervallo di variazione
pH	5,3 - 8,5
COD	3.000 - 45.000
BOD ₅	2.000 - 30.000
Solidi totali	200 - 1.000
Alcalinità (CaCO ₃)	1.000 - 10.000
P tot	1 - 70
N (NH ₄)	500 - 5.000
N (NO ₃)	5 - 40
Cl	800 ÷ 6.000

(*) I valori dei parametri sono espressi in mg/l eccetto il pH.

In conclusione al percolato di discarica di R.S.U. si possono assegnare le seguenti caratteristiche di base, che sono estremamente variabili a seconda delle particolarità della discarica:

- 1) Si tratta di un liquame dal colore generalmente scuro, dall'aspetto torbido e dall'odore intensissimo e nauseabondo.
- 2) Praticamente sono presenti tutti i parametri di inquinamento delle acque previsti dalla Tabella 3 All. 5 D.L. 152/99 ed in particolare, per l'applicazione in esame, in assenza di campione/prova può essere previsto un elevato carico organico iniziale, esprimibile in COD, fra 30.000 ÷ 45.000 mg/litro;
- 3) Un carico inorganico rappresentato da forti concentrazioni di ammonio (1.000 ÷ 3.000 ppm) e cloruri (1.000 ÷ 5.000 ppm) e dalla presenza di vari ioni che in molti casi superano il limite di accettabilità della legge 152/99 (zinco, piombo, NH₄, cloruri ecc.).

Per ultimo, come già detto in precedenza, ricordiamo la caratteristica di notevole ed imprevedibile variabilità di composizione del percolato, che rende oltremodo difficile adottare dei sistemi di trattamento per i quali è necessaria una buona costanza di composizione e comportamento del refluo.

Il processo per il trattamento del percolato prodotto negli scarichi controllati dei R.S.U. deve rispondere a criteri di semplicità, essere di economica realizzazione e richiedere per la sua gestione il minor impegno di mano d'opera e di energia.

Questi processi devono inoltre minimizzare i problemi derivanti dalle particolari caratteristiche qualitative del percolato (elevata concentrazione di sostanze organiche ed inorganiche, assenza di fosforo, presenza di metalli tossici ecc.), e dalla sua irregolare produzione nel tempo.

Pertanto il processo depurativo deve soddisfare ai seguenti requisiti:

- Produzione di un refluo entro i limiti previsti dalla Tab. 3 – All. 5 D.L. 152/99.
- Assenza di problemi di inquinamento secondario (impatto ambientale sul suolo, sull'atmosfera Legge 203/88 ecc.).
- Semplicità tecnologica e di gestione, per poter essere adottato alla situazione dimensionale ed organizzativa delle discariche e cioè funzionamento completamente automatico senza il presidio costante di addetti.
- Compatibili costi di esercizio, e possibilità di utilizzare fonti energetiche rinnovabili (il biogas prodotto dalla discarica stessa).
- Elasticità nelle fasi di avviamento ed interruzione e garanzia del refluo depurato al variare della portata del liquame e del suo carico inquinante.

Art. 15.18.3. Metodo di trattamento da adottare

Per il percolato da discarica, sulla base delle esperienze specifiche già consolidate, si è rilevata la non applicabilità dei seguenti processi:

- Trattamenti chimico-fisici tradizionali (chiariflocculazione). Tali trattamenti presentano efficienza di rimozione modesta (sull'ordine del 40 ÷ 50% per il COD) a fronte di una sensibile produzione di fanghi, e inoltre non permettono l'abbattimento dei cloruri entro i parametri previsti dalla Tab. 3 – All. 5 D.L. 152/99.
- Trattamenti biologici ossidativi sul refluo tal-quale. Tali processi non risultano applicabili per le difficoltà gestionali derivanti dalle variabili caratteristiche della sostanza organica e dalla presenza di sostanze inibitrici o addirittura tossiche per i microorganismi, con particolare riferimento ai

facoltativi denitrificanti. Assolutamente da non sottovalutare, inoltre, l'inevitabile progressiva riduzione nel tempo della biodegradabilità dei percolati. Oltre al fatto che tali processi non permettono l'abbattimento dei cloruri entro i parametri previsti dalla Tab. 3 - All. 5 D.L. 152/99.

- Trattamenti ad osmosi inversa sul refluo tal quale. Tale applicazione risulterebbe problematica sia per la rilevante presenza di solidi e di calcio nel percolato grezzo, che per i bassi rapporti di concentrazione raggiungibili, con conseguente necessità di ricollocare in discarica un rilevante quantitativo di "concentrato". Si deve inoltre evidenziare che con tali processi la quasi totalità dello ione ammonio, qualora presente, si troverebbe presente nel concentrato, rendendone fortemente problematico e costoso il successivo smaltimento, venendo a mancare la corretta possibilità di inertizzazione o di ricircolo nella discarica stessa.

Per tutto quanto riportato in precedenza ed in accordo con le più aggiornate tendenze risulta che il trattamento specifico dei percolati e/o di reflui analoghi, debba essere condotto attraverso una sequenza di processi fisici e chimici, che garantiscono:

- produzione minima di concentrato, di caratteristiche tali da consentirne una corretta ricollocazione in discarica e pertanto con ridotti contenuti di ammonio;
- facilità di gestione con funzionamento affidabile anche in concomitanza delle fisiologiche fluttuazioni delle caratteristiche qualitative del refluo da trattare nell'ambito di quanto definito nei dati di progetto;
- assenza di emissioni significative in atmosfera, ad eccezione dei gas combusti qualora il generatore di calore funzionasse a BTZ.

Sulla base di quanto sopra esposto si prevede un processo integrato costituito dalla concentrazione sotto vuoto del refluo inquinato, completata da finissaggio con trattamento biologico e filtrazione su sabbia e carbone attivo, dopo eventuale dosaggio di reattivo ossidante.

Le principali fasi del processo previsto risultano pertanto:

- controllo di pH, accumulo ed alimentazione all'evaporatore;

- evaporazione sotto vuoto spinto (e quindi a basse temperature), concentrazione, estrazione del concentrato e collocazione dello stesso in discarica;
- trattamento del condensato per abbattimento ammoniaca, con produzione di solfato ammonico in soluzione;
- depurazione finale del condensato in impianto biologico a fanghi attivati del tipo S.B.R.;
- filtrazione finale su filtri a sabbia ed eventuale ulteriore trattamento a carboni attivi con possibilità di dosaggio reagente ossidante (in caso di necessità e/o emergenza);
- utilizzo dell'acqua depurata entro i limiti previsti dalla Tab. 3 – All. 5 D.L. 152/99, per servizi interni al sito di insediamento.

Art. 15.18.4. Dati di progetto

Aspetti quantitativi

Viene previsto un impianto con potenzialità pari a 830 l/h e pertanto in grado di trattare 6700 m³/anno in ciclo continuo, 24 h/g per 335 gg/anno.

Aspetti qualitativi

In relazione alla tipologia impiantistica prevista, e con riferimento a quanto già riportato in precedenza, a base di progetto si fissano i valori massimi di seguito riportati in Tabella.

PARAMETRI	U.M.	VALORE
pH		7 ÷ 8
Conducibilità max	µs/cm	30.000
Residuo fisso a 105° C	gr/l	10 ÷ 15
COD (O ₂)	mg/l	35.000
Ammoniaca (NH ₄ ⁺)	mg/l	3.000
Cloruri (Cl ⁻)	mg/l	5.000
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/l	100
Durezza totale (CaCO ₃)	mg/l	1.400
Alcalinità totale (CaCO ₃)	mg/l	10.000
Solfati (SO ₄ ⁺⁺)	mg/l	250
Solfuri (S ⁻)	mg/l	Assenti
Tensioattivi	mg/l	10
Fenoli (IRSA)	mg/l	10
Solventi aromatici e clorurati	mg/l	Assenti
Mercurio	mg/l	Assente
Composti azotati organici	mg/l	Assenti

Per i rimanenti parametri si assumono i valori di Tab. 3 – All. 5 D.L. 152/99.

Caratteristiche dell'effluente

Le caratteristiche delle acque trattate, fermo restando i valori massimi dei parametri inquinanti del percolato da trattare assunte a base di progetto, dovranno essere nel rispetto dei valori-limite previsti nella Tab. 3 – All. 5 D.L. 152/99.

Art. 15.18.5. Descrizione del processo

Controllo pH ed accumulo all'evaporazione

I liquami dallo stoccaggio pervengono in una vasca in acciaio al carbonio opportunamente rivestita di materiale anticorrosivo dotata di elettroagitatori dove, tramite due sonde di misura e controllo pH, vengono dosati i reagenti chimici che sono prelevati dai serbatoi di stoccaggio tramite le pompe dosatrici. I reflui vengono quindi inviati all'impianto di evaporazione.

Evaporazione – Concentrazione sotto vuoto a circolazione forzata

I liquami pervengono all'interno dell'impianto di evaporazione della potenzialità di 830 l/h circa di refluo alimentato, nel quale si realizzano due effetti contemporanei:

- evaporazione della fase acquosa, che sarà successivamente recuperata per condensazione;
- concentrazione del residuo fino ad un valore ottimale prestabilito.

L'installazione impiantistica è composta da un'unità evaporativa a doppio effetto funzionante a circolazione forzata, con l'utilizzo di apposite elettropompe, in modo da garantire la massima affidabilità ed efficienza di trattamento anche nel caso di reflui diversi ed altamente inquinati.

Il refluo da trattare viene alimentato all'interno del fascio tubiero, mentre il fluido riscaldante (acqua calda nel primo effetto e vapore generato dal primo nel secondo effetto) circola nel mantello che contiene il fascio tubiero stesso.

In sostanza nel primo effetto il refluo da trattare (percolato) subisce un'evaporazione parziale per mezzo del calore ceduto dall'acqua calda prodotta da un generatore di calore alimentato da olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ; max 20°E a 50°C) o da biogas.

Il percolato parzialmente concentrato viene inviato al secondo effetto dove subisce l'ulteriore evaporazione, fino alla concentrazione desiderata, sfruttando il contenuto entalpico di condensazione del vapore ottenuto nel primo effetto. Tale condensato costituisce la prima frazione di acqua depurata da inviare allo strippaggio.

Il vapore generato nel separatore del secondo effetto viene inviato ad un'apposita unità di condensazione finale del tipo a superficie con raffreddamento ad acqua in circuito chiuso (torre evaporativa), e cioè senza contatto fra vapori di processo ed acqua di raffreddamento.

Il condensato che si ottiene costituisce la seconda frazione di acqua depurata da inviare allo strippaggio.

Le temperature di ebollizione del liquido sotto vuoto sono tali da limitare al massimo la decomposizione dei prodotti termolabili contenuti nel refluo.

Il refluo, attraversando il fascio tubiero, non evapora ma acquista solo calore sensibile.

All'uscita del fascio tubiero, il refluo si immette nel separatore liquido/vapore nel quale, a causa dell'improvvisa riduzione di pressione, avviene l'evaporazione istantanea (espansione isoentalpica) dell'acqua in quantità equivalente alla quantità di calore sensibile acquistata nello scambiatore a fascio tubiero.

L'apparecchiatura è sovradimensionata per assicurare che assieme al vapore che si libera non avvengano trascinamenti di fase liquida. Quest'ultima, raccolta al fondo del serbatoio a forma tronco-conica, viene prelevata da un'elettropompa e inviata ad alta velocità nel fascio tubiero dell'evaporatore.

Questa soluzione, definita a "circolazione forzata", anche se più onerosa ai fini dei consumi energetici, garantisce un ridotto sporcamento degli evaporatori e quindi una grande affidabilità di esercizio.

Come detto in precedenza la qualità dell'evaporato prodotto durante il processo di evaporazione, può essere deteriorata se si hanno trascinamenti meccanici di fase liquida nel vapore: per evitare ciò si è calcolata la velocità critica e quindi la sezione minima di separazione liquido-vapore con un coefficiente di sicurezza di circa due volte.

I materiali impiegati negli evaporatori, separatori e pompe sono idonei alla presenza di alte concentrazioni di cloruri con adeguato margine di sicurezza in relazione alle condizioni e temperature di esercizio.

Art. 15.18.6. Sezione trattamento ammoniaca: stripping con aria e assorbimento in circuito chiuso

Il condensato totale (primo e secondo effetto) uscente dalle due unità evaporative viene riunito in una vasca per la correzione del pH prima di essere alimentato all'unica sezione di trattamento dell'ammoniaca.

Innanzitutto è da rilevare che le fasi di strippaggio ed assorbimento operano in ciclo chiuso per il flusso gassoso, evitando perciò tutti i problemi inerenti le emissioni gassose nell'atmosfera. Pertanto l'ammoniaca, rimossa dalla fase liquida e trasferita alla fase gassosa nello strippaggio, deve essere successivamente assorbita (in soluzione acida) prima del successivo riutilizzo dell'aria nella torre di strippaggio.

Il contatto bifasico tra la fase liquida contenente ammoniaca e l'aria di strippaggio è realizzato in una colonna a corpi di riempimento. Per ridurre sensibilmente l'altezza del riempimento si è scelto di operare con temperature di esercizio relativamente elevate, sfruttando anche l'elevata temperatura del condensato prodotto nell'evaporatore, mantenute sufficientemente costanti per tutta l'altezza di colonna con appositi accorgimenti impiantistici.

Per quanto riguarda la sezione si è scelto di operare con velocità della fase gassosa decisamente inferiore rispetto al valore di flooding, per limitare al massimo i problemi di trascinamenti tra colonna di strippaggio e torre di assorbimento.

Il flusso gassoso in uscita dalla colonna di strippaggio è inviato in una torre di assorbimento dove l'ammoniaca viene trasferita ad una fase acida con trasformazione in solfato di ammonio. Lo scambio tra fasi avviene in una torre a corpi di riempimento (in anelli Pall di materiale plastico).

Art. 15.18.7. Trattamenti di finissaggio

Il liquido condensato uscente dalla sezione di rimozione ammoniaca, dopo il controllo finale di pH in ulteriore comparto appositamente equipaggiato, è inviato al trattamento biologico di finissaggio a fanghi attivati.

Rimozione finale degli inquinanti contenuti nel condensato con processo aerobico a fanghi attivati del tipo S.B.R.

Tra le più recenti tendenze del settore specifico sta emergendo l'applicazione dei processi a sequenza ciclica S.B.R. (Sequencing Batch Reactor).

Il trattamento è di tipo aerobico a massa sospesa e segue lo schema di processo a fanghi attivati ad aerazione prolungata, attraverso sequenze cicliche, realizzate in un unico bacino.

Ogni ciclo è costituito da tre fasi, e cioè:

- AERAZIONE: avviene per circa 20 ore al giorno (comunque regolabile attraverso temporizzazione automatica) e fornisce l'ossigeno richiesto dai microorganismi per la rimozione della sostanza organica e l'eventuale ossidazione dell'azoto ammoniacale.
- SEDIMENTAZIONE: ad un'ora prefissata, si interrompono automaticamente gli aeratori ed ha inizio la fase di sedimentazione. La durata di tale fase è comandata da un temporizzatore ed è regolabile secondo le necessità. Durante la fase di sedimentazione il fango attivo si deposita sul fondo della vasca cosicché il liquido superficiale risulta chiarificato e depurato biologicamente.
- SCARICO: ultimata la fase di sedimentazione, un temporizzatore comanda un dispositivo di scarico che abbassa il livello fino al minimo prefissato per ripetere un nuovo ciclo di depurazione.

L'alimentazione del refluo avviene in genere contemporaneamente alla fase di aerazione, poiché i cicli del reattore vengono programmati in relazione all'andamento della portata di reflui influenti nel reattore biologico.

In ogni caso la particolare geometria del bacino di ossidazione è tale da impedire che vi siano fenomeni di cortocircuitazione tra ingresso e uscita dell'impianto. Infatti i liquami sono costretti ad attraversare lo spessore formato dal letto di fango attivato sulla zona inferiore della vasca prima di giungere in prossimità della pompa di scarico dell'effluente.

Spesso il buon funzionamento degli impianti di depurazione tradizionali con vasca di ossidazione e vasca di decantazione, è impedito dall'inefficienza del sedimentatore o dall'inadeguato funzionamento dei sistemi di ricircolo dei fanghi attivati.

Risulta pertanto molto vantaggiosa l'applicazione dei processi S.B.R. in cui, realizzando nella stessa vasca le fasi di ossidazione alternativamente alle fasi di decantazione e scarico, viene a mancare il ricircolo dei fanghi ed è inoltre possibile ottenere la sedimentazione in condizioni di perfetta quiete, e con tempi prefissati.

Art. 15.18.8. Smaltimento del fango di supero

Il fango di supero prodotto nel reattore biologico viene estratto, sia dal primo che dal secondo stadio, con pompa sommersa, ed inviato alla sezione di drenaggio.

Il surnatante è rinvia nel primo stadio. Il fango può essere smaltito in discarica o comunque secondo le modalità previste dalla vigente normativa.

Art. 15.18.9. Clorazione

Al refluo trattato è addizionato ipoclorito, immesso a monte di una vasca di opportuno volume.

Questa vasca, oltre a garantire il tempo di contatto necessario per la clorazione, funge anche da bacino di accumulo per la filtrazione successiva.

Art. 15.18.10. Filtrazione

Il primo stadio di filtrazione è realizzato in una colonna a sabbia, il secondo (in caso di necessità) in colonne di carbone attivo.

Art. 15.18.11. Recupero acqua depurata

L'acqua depurata viene inviata ad un serbatoio di stoccaggio da 10 m³.

Da questo serbatoio, una parte di acqua viene sottoraffreddata per mezzo di uno scambiatore di calore con relativo gruppo frigorifero, e riciclata ai servizi interni dell'impianto. La rimanente sfiora dal serbatoio nella vasca della torre di raffreddamento.

Con questa soluzione, salvo le fasi iniziali di avviamento, l'impianto a regime non consuma alcuna quantità di acqua dall'esterno.

Art. 15.18.12. Centrale termica

E' costituita da un generatore di acqua calda (T max 95°C) della potenzialità di 400.000 kcal/h, con bruciatore idoneo per olio combustibile a basso tenore di zolfo max 20°E a 50°C (o biogas qualora disponibile in quantità sufficiente).

Questa soluzione (acqua calda alla temperatura max di 95°C) a fronte di un maggior costo di investimento (dovuto alla necessità di maggiori superfici di scambio negli evaporatori a causa del ridotto salto termico totale disponibile) consente minori costi e maggiore semplicità di esercizio, in quanto non comporta la necessità della presenza di personale patentato.

Art. 15.18.13. Dati caratteristici di funzionamento

Per il trattamento di percolato, nel rispetto dei dati di progetto, si prevedono i seguenti dati funzionali:

- portata trattamento	20	m ³ /g
- residuo concentrato	1	m ³ /g
- produzione solfato di ammonio al 35% in peso	650	kg/g *
- potenza elettrica complessiva assorbita	50	kWh
- fabbisogno termico	280.000	kcal/h

che può essere soddisfatto da:

- biogas (40-45% di metano)	95	Nmc/h
- olio combustibile a basso tenore di zolfo BTZ	30	kg/h

* Con un contenuto d'ammonio pari a 3.000 mg/l nel refluo grezzo.

Art. 15.18.14. Emissioni e scarichi

Emissioni in atmosfera

Assenza di emissioni in atmosfera significative ai sensi del D.P.R. 203/88 e successive modifiche ed integrazioni) ad eccezione delle emissioni della caldaia a BTZ.

Residuo concentrato

Sulla base dei dati di progetto si ottengono caratteristiche qualitative con classificazione dello stesso come rifiuto speciale non tossico nocivo.

Per quanto sopra il succitato residuo risulta identificato come rifiuto speciale di cui alla normativa vigente. Tali residui possono essere collocati in impianti di trattamento di rifiuti urbani diversi da quelli di incenerimento (nel caso specifico nella discarica stessa).

Scarichi idrici

Per l'effluente trattato, nel rispetto dei dati di progetto e delle considerazioni tecniche riportate precedentemente in dettaglio, si prevede il rispetto dei limiti di cui alla Tab. 3 – ALL. 5 D.L. 152/99 e successive modifiche ed integrazioni.

Art. 15.18.16. Conformità a normative relative alla tutela ed alla salvaguardia dell'ambiente e della sicurezza dei luoghi di lavoro

Le installazioni impiantistiche dovranno essere conformi alle prestazioni di cui al D.L. 19 settembre 1994 n° 626.

Art. 15.18.17. Elenco materiali e prestazioni in fornitura ed installazione

ELENCO SPECIFICHE MATERIALI E PRESTAZIONI IN FORNITURA		
N°	DENOMINAZIONE	NUM.
Pretrattamenti		
1	Vasca di neutralizzazione iniziale e rilancio percolato	1
2	Punto di controllo pH in vasca di neutralizzazione iniziale	1
3	Agitatore meccanico in vasca di neutralizzazione iniziale	1
4	Misuratore di portata in ingresso	1
5	Serbatoio di stoccaggio sodio idrato	1
6	Pompa dosatrice sodio idrato in vasca di neutralizzazione iniziale	1
7	Preparatore antischiuma	1
8	Pompa dosatrice antischiuma	2
Concentrazione		
9	Scambiatore di calore	2
10	Pompa di circolazione forzata	1
11	Pompa di circolazione forzata	1
12	Separatore	1
13	Separatore	1
14	Serbatoio di raccolta ed estrazione condense	2
15	Separatore	1
16	Pompa di estrazione condensato	2
17	Pompa per vuoto a due stadi	1
18	Misura di livello nei separatori	1
19	Valvola pneumatica di regolazione aria in ingresso per pompa vuoto	1
20	Valvola pneumatica a servizio separatori	2
Condensazione		
21	Condensatore	1
22	Torre di raffreddamento	1
23	Pompa di riciclo acqua torre di raffreddamento	1
24	Pompa di riciclo acqua fredda allo scambiatore a tubi corrugati	1
25	Torbidimetro	1
Centrale termica		
26	Caldaia	1
27	Pompa di riciclo acqua calda	1
28	Misuratore di portata acqua calda	1
Alcalinizzazione		
29	Vasca di alcalinizzazione condensato	1
30	Agitatore meccanico in vasca di alcalinizzazione e post-alcalinizzazione	2
31	Punto di controllo pH in vasca di alcalinizzazione e post-alcalinizzazione	2
32	Pompa dosatrice sodio idrato in vasca di alcalinizzazione e post-alcalinizzazione	2
33	Pompa di alimentazione colonna di strippaggio	1

34	Scambiatore di calore	1
35	Pompa di riciclo scambiatore	1
Strippaggio-assorbimento		
36	Colonna di strippaggio	1
37	Pompa di prelievo di fondo e pompa di riciclo saturatore	2
38	Misura di livello nella colonna di strippaggio	1
39	Scambiatore di calore	1
40	Pompa di circolazione acqua di preriscaldo	1
41	Elettroventilatore centrifugo	1
42	Separatore	2
43	Assorbitore	1
44	Pompa di riciclo acido solforico	1
45	Pompa di prelievo acido solforico	1
46	Punto di controllo pH a servizio dell'assorbitore	1
47	Serbatoio di stoccaggio solfato ammonico	1
48	Pompa di trasferimento solfato ammonico	1
49	Serbatoio di stoccaggio acido solforico	1
Neutralizzazione finale		
50	Vasca di neutralizzazione finale	1
51	Punto di controllo pH in vasca di neutralizzazione finale	1
52	Agitatore meccanico in vasca di neutralizzazione finale	1
53	Pompa dosatrice acido solforico in vasca di neutralizzazione finale	1
54	Pompa di alimentazione colonna di neutralizzazione fumi	1
55	Colonna di neutralizzazione fumi	1
56	Elettroventilatore centrifugo	1
57	Pompa di alimentazione scambiatore a tubi corrugati	1
58	Scambiatore di calore a tubi corrugati	1
Accumulo concentrato		
59	Serbatoio di accumulo concentrato	1
60	Pompa di trasferimento concentrato	1
61	Aeratore sommerso 2° stadio	1
62	Miscelatore meccanico 1° stadio	1
63	Miscelatore meccanico 2° stadio	1
64	Preparatore reagente nutriente	1
65	Pompa dosatrice reagente nutriente	2
66	Preparatore reagente coagulante	1
67	Pompa dosatrice reagente coagulante	1
68	Preparatore polielettolita	1
69	Pompa dosatrice polielettolita	1
70	Pompa di scarico acque chiarificate dal bacino di ossidazione 1° stadio	1
71	Pompa di scarico fanghi dal bacino di ossidazione 1° stadio	1
72	Pompa di scarico acque chiarificate dal bacino di ossidazione 2° stadio	1
73	Pompa di scarico fanghi dal bacino di ossidazione 2° stadio	1
74	Pompa di scarico fanghi allo smaltimento	1
Ossidazione chimica e filtrazione		
75	Serbatoio di ossidazione chimica	1
76	Punto di misura e controllo del potenziale redox nel serbatoio di ossidazione chimica	1
77	Serbatoio di stoccaggio reagente ossidante	1
78	Pompa dosatrice reagente ossidante	1
79	Pompa di alimentazione filtri	1
80	Filtro a sabbia	1

81	Filtro a carbone attivo	1
Recupero acqua depurata		
82	Serbatoio di accumulo acqua depurata	1
83	Pompa di rilancio acqua depurata	1
84	Scambiatore di calore	1
85	Gruppo frigorifero	1
Quadro elettrico e controllore logico programmabile		
86	Quadro elettrico	1
87	Montaggio	

Art. 15.18.18. Oneri a carico dell'appaltatore

Oltre alla fornitura dei materiali relativi all'impianto sopra elencati, sarà a carico dell'appaltatore il premontaggio di tutte le parti meccaniche ed elettromeccaniche.

Montaggio ed avviamento

Saranno a carico dell'appaltatore:

- il montaggio finale dell'impianto sul posto e le prove in bianco di funzionamento;
- l'avviamento dell'impianto con permanenza in sito per complessivi 8 gg lavorativi di un ns. tecnico specializzato.

Durante tale periodo è prevista l'istruzione del personale di gestione della Stazione Appaltante.

Sarà a carico della Stazione Appaltante la fornitura delle utilities necessarie alla effettuazione delle prove in bianco (EE, BTZ, reagenti di processo, acqua industriale, etc.)

Collaudo

Il collaudo elettromeccanico della fornitura sarà effettuato in concomitanza delle prove in bianco con redazione di apposito verbale.

Il collaudo funzionale sarà ultimato a riscontro positivo, nel rispetto della garanzia di depurazione fornita nell'ambito dei dati di progetto, dopo l'esito positivo di n. 2 analisi chimiche da eseguirsi all'uscita finale di scarico dell'impianto nell'arco di 15 gg. di funzionamento, anche in discontinuo, durante i quali sarà inoltre verificata la potenzialità dell'impianto, pari a 830 l/h di refluo trattato.

Il collaudo funzionale dovrà avvenire entro 60 gg dalla data di ultimazione lavori e prove in bianco.

Art. 15.18.19. Lista delle esclusioni dalla fornitura

La fornitura è prevista, per le opere elettromeccaniche di cui al precedente punto, ai limiti di batteria coincidenti con il perimetro impianto, escludendo pertanto:

- Opere e lavori edili in generale e manufatti in c.a. (platea di appoggio, composto biologico ossidativo e clorazione) e quanto a questi connesso ed in particolare: eventuali assistenze civili ai montaggi, basamenti, platee di appoggio e manufatti di contenimento delle attrezzature ed installazioni elettromeccaniche, eventuali strade e quanto necessario per l'accesso al sito di insediamento, recinzioni, condotte passacavi, rete di fognatura, etc.
 - Eventuale strada di accesso, recinzione, opere civili per alloggiamento C.T. e quadri elettrici.
 - Accumulo iniziale del percolato da trattare.
 - Sollevamento e canalizzazione del percolato fino ai limiti di batteria.
 - Rete di scarico dell'effluente in uscita dall'impianto di trattamento e recipiente di stoccaggio acque trattate.
 - Allacciamenti fino ai limiti di batteria alle reti elettrica, idrica (e biogas).
 - Serbatoi di stoccaggio BTZ e relative linee.
-
- Utilities di processo per le prove in bianco e le prove di collaudo oltre che eventuali analisi e/o prove in contradditorio.

ART. 15.19. SERBATOI FUORI TERRA

Sono serbatoi componibili cilindrici realizzati con pannelli in lamiera imbullonati assieme.

Dovranno essere dotati di angolari di rinforzo prerullati collocati sulla sommità e sul fondo del serbatoio per aumentarne la resistenza.

Il tetto dovrà essere dotato di camera rialzata con funzione di passo d'uomo e di alloggiamento della valvola galleggiante. Il serbatoio assemblato è fissato alla piattaforma d'appoggio con appositi bulloni d'ancoraggio.

La tenuta del serbatoio è ottenuta in due modi:

- a) Mediante un involucro in membrana di butile aperto in alto e fissato tramite asole alla sommità del cilindro metallico di sostegno. Spessore 0.75 o 1.00 mm;
- b) Sigillando con mastice speciale le lamiere nella zona di sovrapposizione e rendendo impermeabile la superficie della piattaforma d'appoggio con uno strato supplementare di calcestruzzo spesso 15/20 cm. additivato di liquido impermeabilizzante.

Art. 15.19.1. Acciaio galvanizzato a caldo

L'impiego è generale ma, in combinazione con l'involucro di butile, i serbatoi così costruiti saranno utilizzati nei sistemi antincendio (Splinkler, naspi, idranti).

Dovranno essere dotati dei seguenti accessori di serie:

- Scala esterna di alluminio con protezione ad anelli (inizio a 2.40 mt. dalla base) con relativa piattaforma;
- Ringhiera di alluminio attorno alla piattaforma d'accesso;
- Manometro indicatore del livello di contenuto;
- Raccordo filettato in PVC DN 25, quale avvisatore di troppo pieno;
- Raccordo di troppo pieno;
- Scarico di fondo DN 80 (compreso di valvola);
- Raccordo di scarico DN 80 (compreso di valvola);
- Raccordo di adduzione in acciaio galvanizzato;
- Raccordo di aspirazione in acciaio galvanizzato, completo di dispositivo antivortice.

Art. 15.19.2. Acciaio inox AISI 304 e 316

Per le caratteristiche di questi materiali, i serbatoi così costruiti saranno impiegati per costruire accumuli di liquidi aggressivi, quali percolati, liquami, acque di lavorazione industriale etc.

Dovranno essere dotati dei seguenti accessori di serie:

- Scala esterna di alluminio con protezione ad anelli (inizio a 2.40 mt. dalla base);
- Ringhiera di alluminio attorno alla piattaforma d'accesso. - Manometro indicatore del livello di contenuto;

- Raccordo filettato in PVC DN 25, quale avvisatore di troppo pieno;
- Scarico di fondo DN 80 (compreso di valvola).

ART. 15.20. SERBATOIO CARBURANTE

Dovrà essere installato un serbatoio erogatore mobile con volume pari a 9,00 m³ omologato dotato di bacino di contenimento e tettoia con laterali.

Il serbatoio dovrà essere costruito in lamiera nera FE 36 UNI 7070-82 ad asse cilindrico orizzontale spessore 3 mm su selle d'appoggio antirotolamento con fondi bombati.

Dotato di:

- tappo di sicurezza per eventuali pulizie periodiche posizionato sul fondo;
- tubo di aspirazione esterno munito di valvola di non ritorno con filtro;
- passo d'uomo diametro 420 mm, attacco a presa rapida da 3" lucchettabile, valvola limitatrice di carico al 90%, sfiato con reticella rompifiamma, indicatore di livello, presa di messa a terra.

Dovrà essere trattato con due passate di strato antiruggine e due passate di smalto e dovrà essere collaudato idraulicamente per caduta.

Se necessario, dovrà essere dotato di scaletta ad accesso a passo d'uomo.

Il bacino di contenimento dovrà essere realizzato in lamiera di acciaio al carbonio spessore 3 mm con telaio di fondo autoportante già predisposto per imbullonamento ai piedi del serbatoio; disporrà di capienza rapportata alle dimensioni del serbatoio in conformità delle prescrizioni di sicurezza previste dal D.M. 19/03/90.

Dovrà essere completo di:

- 4 predisposizioni per attacco tettoia;
- golfari di sollevamento;
- attacco a messa a terra;
- tappo di scarico.

Dovrà essere trattato con uno strato di antiruggine ed uno strato di smalto.

La tettoia di protezione agli agenti atmosferici dovrà essere realizzata in materiale non combustibile con telaio autoportante e copertura in lamiera grecata zincata.

Il gruppo di erogazione sarà situato in comodo armadietto, metallico verniciato a forno con chiusura a chiave e sarà completo di:

- elettropompa autoadescante a palette con by-pass incorporato;
- salvamotore in cassetta IP55 con interruttore;
- dispositivo bloccapompa al minimo livello carburante;
- contalitri ad uso privato con parziale azzerabile e totalizzatore progressivo;
- filtro di linea;
- 4 mt. di tubo in gomma carbopess e pistola terminale automatica.

ART. 15.21. STAZIONE METEOCLIMATICA

La stazione di acquisizione automatica di parametri ambientali dovrà essere costituita essenzialmente da:

- un sistema di alimentazione elettrica;
- una centralina elettronica con microprocessore (data logger) che consente l'acquisizione e la memorizzazione dei dati in loco;
- una serie di sensori per la misura dei parametri meteoclimatici quali:
 - temperatura (risoluzione 1°);
 - velocità e direzione del vento;
 - umidità (risoluzione 1%);
 - piovosità (precisione 0.1 mm);
 - pressione (precisione 0.1 Mbar);
 - radiazione solare;
 - un sistema wireless di trasmissione/ricezione dei dati;
 - un software di gestione per PC funzionante in ambiente Windows®.

Strutture accessorie della stazione sono il contenitore delle parti elettroniche, in realizzata in vetroresina a tenuta stagna e munita di chiave, il palo di supporto dei sensori e del contenitore, il sistema di messa a terra.

Il **sistema di alimentazione** sarà costituito da un pannello fotovoltaico con regolatore di tensione e batteria in tampone, capace di una alimentazione autonoma (senza sole) di almeno 2 mesi.

La **centralina elettronica** dovrà essere dotata di ingressi plurimi (in genere 8), implementabili tramite l'aggiunta di ulteriori moduli, che consentono la connessione di

sensori diversi. Il datalogger dovrà essere programmabile in loco tramite tastiera e display, dotato di 256 Kbyte di memoria RAM non volatile (2 anni di dati con campionamento ad 1 h), munito di porta seriale RS232 e con sistema di alimentazione autonoma della memoria RAM con pile al litio che consente di non perdere alcun dato già acquisito in caso di mal funzionamento del sistema di alimentazione. I dati dovranno potere essere memorizzati tramite memory cards EPROM rimovibile o floppy disk ed essere leggibili tramite una interfaccia software ed un modulo di lettura.

Il **sistema di trasmissione/ricezione** dei dati acquisiti dalla centralina sarà di tipo wireless e dovrà essere in grado di gestire da personal computer, in tempo reale, i principali dati meteo via radio entro almeno 100 m.

ART. 15.22. SENSORI PER IL RILEVAMENTO DELLE PERDITE DAI SERBATOI

I sensori per il rilevamento delle perdite di percolato dovranno essere posti in prossimità del pozzetto di raccolta ed estrazione del percolato esistente e di quello in progetto relativo alla nuova vasca.

Il sistema di rilevamento di eventuali perdite, nel suo complesso, dovrà essere composto da un sensore di umidità del terreno, un trasmettitore, un box di alloggiamento, una stazione di ricezione, memorizzazione e visualizzazione dati in tempo reale da porsi all'interno dell'edificio di protezione del pozzetto stesso, oltre al relativo quadro elettrico di alimentazione del sistema.

Il sensore di umidità vero e proprio dovrà essere installato in prossimità del fondo del pozzetto di estrazione del percolato all'esterno di esso.

ART. 15.23. ASSESTIMETRI

Gli assestimetri sono dei trasduttori che consentono di misurare le variazioni di pressione di una colonna di mercurio compresa tra un serbatoio di riferimento e lo strumento. Possono essere collegati tra loro in serie per mezzo di un unico tubo contenente mercurio e terminante nel serbatoio di riferimento posizionato in zona stabile. Le variazioni di pressione misurate sono facilmente riconducibili al cedimento dell'opera sotto controllo.

Si tratta quindi sostanzialmente di strumenti adatti a misurare spostamenti relativi tra due o più punti di cui uno fisso lungo un asse verticale.

Le distanze su piano orizzontale tra i vari strumenti e il serbatoio possono raggiungere i 20-25 m.

Specifiche tecniche

Elemento di trasduzione di pressione di tipo ceramico capacitivo.

Realizzato in acciaio inox AISI 303.

Cavo di collegamento integrale con connettore.

Adattamenti meccanici su richiesta.

Elemento trasduttore: sensore di pressione ceramico – capacitivo

Risoluzione: Migliore di + 0.1 mm.

Alimentazione: 12 Vcc. 20 mA

Uscita: 0 – 1 Vcc. (da 0 al 100% del campo di misura)

Coefficiente di temperatura: $\pm 30 \text{ ppm } ^\circ\text{C}$

Temperatura di impiego: da – 10 °C a + 80 °C

Connettore Standard DB 9 pin

ART. 15.24. POZZI DI MONITORAGGIO ACQUIFERO SOTTERRANEO

I pozzi di monitoraggio dell’acquifero sotterraneo dovranno essere terebrati nelle posizioni indicate nell’elaborato grafico D.26; l’esatta posizione sarà localizzata sul terreno mediante picchettamento eseguito alla presenza della D.L. all’inizio dei lavori di perforazione dopo che siano già state tracciate tutte le altre opere.

Art. 15.24.1. Perforazioni, dreni, sigillature

La realizzazione del pozzo dovrà essere conforme a quanto previsto dalle “Norme tecniche per lo scavo, la perforazione, la manutenzione e la chiusura di pozzi d’acqua” di cui al DPR 24.5.1988 n°236 art.8 lettera g).

La stratigrafia definitiva dei livelli litologici attraversati e delle impermeabilizzazioni eseguite dovranno essere curate dall’Appaltatore, durante la tenebrazione, e approvate dalla Direzione Lavori.

Art. 15.24.2. Allestimento pozzo

I pozzi dovranno essere muniti di una colonna di produzione in acciaio con diametro DN 200 e spessore non inferiore a 5 mm con una profondità complessiva di variabile tra 100 e 150 metri in funzione della stratigrafia.

Detta colonna dovrà essere realizzata con elementi tubolari in acciaio Fe 410, catramati esternamente ed internamente con bitume (spessore minimo 1 mm), saldati elettricamente di testa (ripristinando la catramatura).

L'Appaltatore non dovrà iniziare la posa della colonna di rivestimento se prima la Direzione Lavori non avrà fatto misurare la profondità raggiunta e non avrà dato la propria approvazione alla colonna preparata dall'Appaltatore.

A fianco della colonna definitiva di rivestimento dovrà essere collocata la tubazione in

ART. 15.25. TRACCIAMENTI

L'Impresa è tenuta ad eseguire la picchettazione completa o parziale del lavoro, prima di iniziare i lavori di sterro o riporto, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate e alla formazione delle cunette. A suo tempo dovrà pure posizionare delle modine, nei tratti più significativi o nei punti indicati dalla Direzione lavori, utili e necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante la esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo armato, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti ed eventualmente delle modine, come per i lavori in terra.

ART. 15.26. SCAVI E RIALZI IN GENERE

Gli scavi ed i rilevati occorrenti per la formazione del corpo stradale e per ricavare i fossi, cunette, accessi, passaggi e rampe, cassonetti e simili, nonché per l'impianto di opere d'arte, saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni progettuali salvo le eventuali variazioni che l'Amministrazione appaltante è in facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Impresa ogni onere proprio di tali generi di lavori, non escluso quello di eventuali sbadacchiature e puntellature provvisorie. L'Impresa nell'eseguire le trincee e i rilevati o altri scavi in genere, dovrà ultimarle al giusto piano prescritto, inoltre dovrà essere usata ogni esattezza nella profilatura delle scarpate e dei cigli stradali e nello spianare le banchine stradali.

Nel caso che, a giudizio della Direzione lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la

successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Impresa dovrà ricorrere all'impiego di adeguati mezzi meccanici e di mano d'opera sufficiente in modo da ultimare le sezioni di scavo di ciascun tratto iniziato.

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada.

Le scarpate di tagli e rilevati dovranno essere eseguite con inclinazioni come previsto dagli elaborati progettuali o dagli ordinativi scritti della Direzione lavori o appropriate per impedire dei scoscendimenti in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno. L'Impresa rimane la sola responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, sarà altresì obbligata a provvedere alla rimozione del materiale franato, a sua cura e spese.

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Impresa dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire a spese dell'Impresa dalla Direzione lavori presso Laboratori autorizzati.

Le terre verranno caratterizzate e classificate secondo le norme tecniche C.N.R. – U.N.I. 10006/1963.

Nell'esecuzione sia degli scavi che dei rilevati l'Impresa è tenuta ad effettuare a propria cura e spese l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare che su quelli destinati all'impianto dei rilevati, nonché, in questo ultimo caso, al riempimento delle buche effettuate in dipendenza dell'estirpamento delle radici e delle piante, che dovrà essere effettuato con materiale idoneo messo in opera a strati di conveniente spessore e costipato. Tali oneri si intendono compensati con i prezzi di elenco relativi ai movimenti di materie.

La Direzione lavori in relazione alla natura dei terreni di posa dei rilevati o delle fondazioni stradali di trincea, potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a prevenire la contaminazione d'apporto tra cui la fornitura e la posa in opera di teli geosintetici.

ART. 15.27. FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DEI RILEVATI

Tali piani avranno l'estensione dell'intera area di appoggio e potranno essere continui o opportunamente gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione lavori in relazione alle pendenze dei siti d'impianto.

I piani suddetti saranno stabiliti secondo le indicazioni degli elaborati progettuali, salvo approfondimenti, spostamenti o modifiche di altro genere date per iscritto dalla Direzione lavori in corso d'opera. I cigli degli scavi saranno diligentemente profilati e la loro pendenza di progetto o necessaria per impedire franamenti di materie saranno ottenuti praticando gli scavi necessari di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti d'impianto preventivamente accertate, anche con l'ausilio di prove di portanza.

La quota dei piani di posa dei rilevati si dovrà approfondire, come minimo, fino alla completa rimozione dello strato di coltre costituito da terreno vegetale o interessato dalle lavorazioni agricole praticate nella zona ricadente l'impianto dei rilevati.

Quando alla suddetta quota si rinvengono terreni appartenenti ai gruppi A₁, A₂ e A₃ (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) la preparazione dei piani di posa consisterà nella compattazione di uno strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a cm 30, in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 95% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire il compattamento.

Quando invece i terreni rinvenuti alla quota di imposta del rilevato appartengono ai gruppi A₄, A₅, A₆ e A₇ (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006), la Direzione lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, l'approfondimento degli scavi, fino a profondità non superiore a 1,5÷2,0 m dal piano di campagna, o approfondire lo scavo dalle indicazioni degli elaborati progettuali o dai rilevamenti geognostici, per sostituire i materiali in loco con materiale per la formazione dei rilevati appartenente ai gruppi A₁, A₂ e A₃.

Tale materiale dovrà essere compattato, al grado di umidità ottima, fino a raggiungere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata e ove la Direzione lavori lo rende necessario si dovrà compattare anche il fondo mediante rulli a piedi di montone.

Qualora si rivengano strati superficiali di natura torbosa di modesto spessore (non superiore a 2,00 ml) è opportuno che l'approfondimento dello scavo risulti tale da eliminare completamente tali strati. Per spessori elevati di terreni torbosi o limo-argillosi fortemente imbibiti d'acqua, che rappresentano ammassi molto compressibili, occorrerà prendere provvedimenti più impegnativi per accelerare l'assestamento, ovvero sostituire l'opera in terra (rilevato) con altra più idonea alla portanza dell'ammasso.

La terra vegetale risultante dagli scavi potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate se ordinato dalla Direzione lavori mediante ordine scritto.

È categoricamente vietata la messa in opera di tale terra per la costituzione dei rilevati.

Circa i mezzi costipanti e l'uso di essi si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Si precisa che quanto sopra vale per la preparazione dei piani di posa dei rilevati su terreni naturali.

Nei terreni acclivi si consiglia di sistemare il piano di posa a gradoni facendo in modo che la pendenza trasversale dello scavo non superi il 5%; in questo caso risulta sempre necessaria la costruzione lato monte di un fosso di guardia e di un drenaggio longitudinale se si accerta che il livello di falda è superficiale.

In caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza non inferiore a cm 50, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate in quanto ordinato dalla Direzione lavori con ordine scritto, portando il sovrappiù a discarico a cura e spese dell'Impresa.

Si procederà quindi al riempimento dei gradoni con il materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

Per individuare la natura meccanica dei terreni dell'ammasso si consiglia di eseguire, dapprima, semplici prove di caratterizzazione e di costipamento, quali:

- umidità propria del terreno;
- analisi granulometrica;

- limiti e indici di Atterberg;
- classificazione secondo la norma C.N.R. – U.N.I. 10006;
- prova di costipamento AASHO modificata.

La Direzione dei lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante misurazione del modulo di compressibilità M_e (N/mm^2) determinato con piastra circolare avente diametro da 30 cm (Norme Svizzere VSS-SNV 670317 – C.N.R., B.U. n.146 del 14 dicembre 1992).

Si definisce il valore di M_e pari a:

$$M_e = f_o \times \Delta p \times D / \Delta s$$

dove si ha:

- f_o : fattore di forma della ripartizione del costipamento (piastre circolari pari a 1);
- Δp : incremento della pressione trasmessa dalla piastra (N/mm^2) (variabile in relazione alla struttura in esame);
- D : diametro della piastra in mm;
- Δs : corrispondente incremento di cedimento della superficie caricata (mm).

Pertanto facendo la seguente distinzione in base all'altezza dei rilevati si ha:

- fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,05 a 0,15 N/mm^2 ;
- da 4 m a 10 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,15 a 0,25 N/mm^2 .

In entrambi i casi il modulo M_e misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico non dovrà essere inferiore a 30 N/mm^2 .

ART. 15.28. FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA

Nei tratti in trincea, dopo aver effettuato lo scavo del cassonetto si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale, che verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

- quando il terreno appartiene ai gruppi A_1 , A_2 , e A_3 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) si procederà alla compattazione dello strato di sottofondo che dovrà raggiungere in ogni caso una densità secca almeno del 95% della densità di riferimento, per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto;

- quando il terreno appartiene ai gruppi A₄, A₅, A₇ e A₈ (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) la Direzione dei lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, la sostituzione del terreno stesso con materiale arido per una profondità al di sotto del piano di cassonetto, che verrà stabilita secondo i casi, mediante apposito ordine di servizio dalla Direzione dei lavori.

La Direzione dei lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei cassonetti in trincea mediante misurazione del modulo di compressibilità M_e determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme Svizzere VSS-SNV 670317) e misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso tra 0,15 a 0,25 N/mm², non dovrà essere inferiore a 50 N/mm².

ART. 15.29. FORMAZIONE RILEVATI

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

Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione appartenenti ad uno dei seguenti gruppi A₁, A₂, e A₃ (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006), con l'avvertenza che l'ultimo strato del rilevato sottostante la fondazione stradale, per uno spessore non inferiore a m 2 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅ e A₃ se reperibili negli scavi; altrimenti deciderà la Direzione lavori se ordinare l'esecuzione di tale ultimo strato con materie di altri gruppi provenienti dagli scavi o con materie dei predetti gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅ e A₃ da prelevarsi in cava di prestito. Per quanto riguarda le materie del gruppo A₄ provenienti dagli scavi, la Direzione lavori prima del loro impiego potrà ordinare l'eventuale correzione.

Per i materiali di scavo provenienti da tagli in roccia da portare in rilevato, se di natura ritenuta idonea dalla Direzione lavori, dovrà provvedersi mediante riduzione ad elementi di pezzatura massima non superiore a cm 20 con percentuale di pezzatura grossa (compreso tra 5 e 20 cm) non superiore del 30% in peso del materiale costituente il rilevato, sempreché tale percentuale abbia granulometria sufficientemente assortita. Tali elementi rocciosi dovranno essere distribuiti uniformemente nella massa del

rilevato e non potranno essere impiegati per la formazione dello strato superiore del rilevato per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di posa della fondazione stradale.

Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆ e A₇ si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione.

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

Le materie di scavo, provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati o riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori della sede stradale, a debita distanza dai cigli, e sistemate convenientemente, restando a carico dell'Impresa ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Qualora una volta esauriti i materiali provenienti dagli scavi ritenuti idonei in base a quanto sopra detto, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione lavori. È fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali costituenti i rilevati, alla Direzione lavori che si riserverà la facoltà di fare analizzare tali materiali da Laboratori ufficiali ma sempre a spese dell'Impresa. Solo dopo che vi sarà l'assenso della Direzione lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, non eccedente cm 30. Il rilevato per tutta la sua altezza dovrà presentare i requisiti di densità riferita alla densità massima secca AASHO modificata come di seguito riportata:

- non inferiore al 95% negli strati inferiori;
- non inferiore al 98% in quello superiore (ultimi 30 cm).

La Direzione lavori provvederà al controllo della massa volumica in sito alle varie quote raggiunte e per tutta l'estensione del rilevato; il numero di controlli dovrà essere commisurato all'entità dell'opera: orientativamente dovrà prevedersi almeno una prova ogni 2.000 m³.

Per i controlli può usarsi l'apparecchio a sabbia o quello a radioisotopi opportunamente tarato.

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stesa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (AASHO modificata), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

La Direzione dei lavori si riserva di controllare il comportamento globale dell'ultimo strato del rilevato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, mediante misurazione del modulo di compressibilità M_e determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme svizzere VSS-SNV 670317) e misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso tra 0,15 a 0,25 N/mm² non dovrà essere inferiore a 50 N/mm².

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.

Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, un genere di energia costipante tale da assicurare il raggiungimento della densità prescritte e previste per ogni singola categoria di lavoro.

Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

L'inclinazione da dare alle scarpate sarà quella di cui alle sezioni di norma indicate al progetto.

Man mano che si procede alla formazione dei rilevati, le relative scarpate saranno rivestite con materiale ricco di humus dello spessore non superiore a cm 30 proveniente o dalle operazioni di scorticamento del piano di posa dei rilevati stessi, o da cave di prestito, ed il rivestimento dovrà essere eseguito a cordoli orizzontali e da costiparsi con mezzi idonei in modo da assicurare una superficie regolare. Inoltre le scarpate saranno perfettamente configurate e regolarizzate procedendo altresì alla perfetta profilatura dei cigli.

Se nei rilevati avvenissero dei 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.

In alcuni casi la Direzione lavori potrà, al fine di migliorare la stabilità del corpo stradale, ordinare la fornitura e la posa in opera di teli "geotessili" in strisce contigue opportunamente sovrapposta nei bordi per almeno cm 40, le caratteristiche saranno conformi alle prescrizioni riportate dall'elenco prezzi o dalle indicazioni del presente capitolo speciale.

ART. 15.30. SCAVI DI SBANCAMENTO

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al disopra del piano orizzontale, passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti, precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Quando l'intero scavo debba risultare aperto su di un lato (caso di un canale fugatore) e non venga ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso è quello terminale.

Appartengono inoltre alla categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti tutti i cosiddetti scavi a larga sezione eseguiti sotto il piano di campagna per apertura della sede stradale, scavi per tratti di strada in trincea, per formazione di cassonetti, per lavori di spianamento del terreno, per il taglio delle scarpate delle trincee o dei rilevati, per formazione ed approfondimento di piani di posa dei rilevati, di cunette, cunettoni, fossi e canali, scavi per le demolizioni delle normali sovrastrutture tipo pavimentazioni stradali, di splateamento e quelli per allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassatura

di opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti e dei fiumi.

Scavi da eseguire su qualunque terreno, esclusa la roccia da mina ma compreso dei trovanti rocciosi e muratura fino a 1 m³, compreso l'onere per ridurli a pezzature massime di 30 cm per il loro reimpegno se ritenuti idonei dalla Direzione lavori nello stesso cantiere per la costituzione dei rilevati.

ART. 15.31. SCAVI DI FONDAZIONE (Scavi a sezione obbligata)

Per scavi di fondazione si intendono quelli ricadenti al disotto del piano orizzontale di cui all'articolo precedente, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione, in relazione alle indicazioni e prescrizioni riguardanti le norme tecniche sui terreni e i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione (D.M. 11 marzo 1988, Circ. M. LL. PP. 24 settembre 1988, n. 30483).

Le profondità, che si trovino indicate nei disegni progettuali, sono perciò di semplice indicazione e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezione o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

Prima di iniziare le opere di fondazione, la Direzione dei lavori dovrà verificare ed accettare i relativi piani di posa, sotto pena di demolire l'opera eseguita per l'Appaltatore.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, potranno, a richiesta della Direzione dei lavori, essere disposti a gradini od anche con determinate contropendenze.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Impresa dovrà, occorrendo, sostenerle con convenienti armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per

smottamenti o franamenti dei cavi. Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata.

In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera, e l'Impresa dovrà provvedere a sue cure e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente dovrà procedere l'Impresa senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali, in conseguenza della esecuzione delle murature con risegne in fondazione.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di acqua, e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di cm 20, l'Appaltatore dovrà provvedere, se richiesto dalla Direzione dei lavori, all'esaurimento dell'acqua stessa coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni. Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di cm 20 sotto il livello costante a cui si stabiliscono naturalmente le acque filtranti nei cavi di fondazione, questi scavi verranno compensati a parte con il relativo prezzo a scavi subacquei.

Nella costruzione dei ponti è necessario che l'Impresa provveda, fin dall'inizio dei lavori, ad un adeguato impianto di pompaggio, che, opportunamente graduato nella potenza dei gruppi impiegati, dovrà servire all'esaurimento dell'acqua di filtrazione dall'alveo dei fiumi o canali. L'Impresa, per ogni cantiere, dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento dell'impianto di pompaggio nonché alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando l'Impresa stessa non abbia la possibilità e convenienza di servirsi di altra forza motrice. L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando l'Amministrazione appaltante ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

Lo scavo a sezione obbligata è da intendersi anche per l'esecuzione delle trincee drenanti (a sezione trapezia o rettangolare) da realizzarsi per l'abbassamento della falda idrica e relativo smaltimento delle acque non superficiali; tali sezioni potrebbero essere

realizzate previa esecuzione di scavi di sbancamento atti alla preparazione del piano di posa dei mezzi meccanici.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, spese ed iniziativa, alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nelle quantità e robustezza che per la qualità delle materie da scavare siano richieste. Il legname impiegato a tale scopo, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione, resteranno di proprietà dell'Impresa, che potrà perciò ricuperarle ad opera compiuta.

Nessun compenso spetta all'Impresa se, per qualsiasi ragione, tale ricupero possa risultare soltanto parziale, od anche totalmente negativo.

L'Impresa sarà tenuta ad usare ogni accorgimento tecnico per evitare l'immissione entro i cavi di fondazione di acque provenienti dall'esterno. Nel caso che ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggrottamenti, salvo i danni riconosciuti di forza maggiore.

ART. 15.32. STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE

a) Premessa

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

L'Impresa, per l'esecuzione dei lavori di stabilizzazione delle terre con calce, dovrà attenersi alle norme tecniche del C.N.R. – B.U. n. 36 del 21 gennaio 1973.

b) Caratteristiche dei materiali componenti la miscela

TERRA

La terra, sottoposta a trattamento, deve essere di tipo limo-argillosa ed avere indice di plasticità normalmente superiore a 10 (tipo A6 ed A7 di cui alla norma tecnica C.N.R.-U.N.I 10006). La curva granulometrica deve rientrare nel fuso riportato al punto 2.1. della norma C.N.R. – B.U. n. 36/73.

CALCE

La calce da utilizzare dovrà essere del tipo calce idrata che deve rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. n. 2231 del 16 novembre 1939.

ACQUA

L'acqua necessaria per portare la miscela al tenore di umidità voluto deve essere esente da impurità dannose e da materie organiche.

c) Progettazione e controllo delle miscele

Prima dell'inizio dei lavori, L'Impresa dovrà presentare alla Direzione lavori e sottoporlo alla sua approvazione, tutte quelle prove di prequalificazioni per individuare le quantità di acqua e di calce con cui si dovrà effettuare l'impasto. Tutte le spese ed oneri, inerenti le prove di laboratorio, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

La determinazione preventiva della quantità di acqua e di calce vanno valutate in base a prove C.B.R. (C.N.R.-U.N.I. 10009 punto 3.2.1.), a prove di costipamento ed eventualmente a prove di rottura a compressione. Pertanto, prendendo almeno tre miscele sperimentali con diversi tenori di calce si dovrà definire i valori massimi dell'indice C.B.R., della densità del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione. I valori indicativi della quantità di calce che consente di ottenere una miscela dalle caratteristiche di portanza e costipabilità adeguati sono i seguenti:

Stabilizzazione di materiali	Calce idratata
Strati di sovrastruttura	4 ÷ 10%
Bonifiche di terreni (piani di posa e/o rilevati)	1 ÷ 3%

I valori minimi dell'indice C.B.R. a 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, devono essere conformi al punto 4.1. della norma C.N.R. – B.U. n. 36/73, ovvero nei termini della tabella di seguito riportata:

Caratteristiche	Sovrastruttura stradale	Sottofondo	Bonifiche
Indice C.B.R.	≥ 50 %	≥ 20 %	≥ 10 % (*)
Rigonfiamento	< 1 %	< 2 %	

(*) Dopo 2 ore e senza imbibizione.

d) Operazioni di cantiere

L'Impresa dovrà eseguire la lavorazione con la tecnica della miscelazione in sito, dove si prevede la seguente successione delle fasi operative:

1) Scarificazione e polverizzazione

Tali operazioni sono necessarie, nei casi in cui il materiale naturalmente collocato laddove dovrà essere messo a dimora, soddisfi le esigenze progettuali. La scarifica del terreno, che deve interessare lo strato da stabilizzare per tutta la sua altezza, durante tale operazione si dovrà procedere all'allontanamento dal cantiere di tutti i materiali estranei presenti quali radici, residui legnosi ed erbosi. Con la depolverizzazione si dovrà procedere allo sminuzzamento delle eventuali zolle di argilla di dimensioni superiori ai 5 cm. I macchinari utilizzati per tale operazione di scarifica e depolverizzazione sono: lame scarificatrici, erpici a disco, rippers con successivo passaggio dei mescolatori a rotore per la definitiva operazione di frantumazione. Tutti i mezzi impiegati devono essere ritenuti idonei e validi dalla Direzione lavori.

2) Spandimento della calce e dell'acqua

Lo spandimento della calce dovrà essere in accordo con i dosaggi emersi dalle preliminari prove di laboratorio, nel corso delle quali si è definita la miscela determinandone i rapporti ponderali tra i vari componenti. La calce può essere aggiunta al terreno in forma pulverulenta (metodo asciutto), da eseguirsi mediante spanditore di idonee caratteristiche per ottenere una uniforme distribuzione della calce sulla superficie sia in senso longitudinale che trasversale. I spanditori trainati e riforniti per mezzo di tubi flessibili in gomma o metallici, che si dipartono dai mezzi di trasporto della calce in cantiere, dovranno essere dotati di attrezzature per evitare la dispersione eolica della calce e tali da consentire il dosaggio della calce in funzione della velocità di avanzamento del gruppo semovente.

L'aggiunta di acqua alla miscela per ottenere i valori di umidità stabili nelle prove di laboratorio, si dovrà effettuare con autobotti dotate di barre spruzzatrici, tali da consentire di irrorare d'acqua tutta la parte di sezione trasversale sulla quale precedentemente si è provveduto alla stesa della calce. Sono ammessi altri sistemi e tecniche per lo spandimento della calce, purché ritenuti validi dalla Direzione lavori.

Qualora non si operi con il cosiddetto "treno di stabilizzazione", ovvero non si proceda ad una produzione continua di miscela in sito, lo spandimento della calce in

polvere dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere lavorata nel giorno stesso.

3) Miscelazione

La miscelazione dovrà avvenire con macchinari che, muovendosi lungo i materiali stesi, li miscelano inserendosi nel terreno senza sollevarlo. Si dovrà prevedere più passaggi del mescolatore sullo strato da trattare fino al raggiungimento della totale omogeneizzazione dei componenti. Il miscelatore a rotore del tipo semovente o trainato deve essere in grado di lavorare strati di profondità, se riferiti a materiali sciolti, variabili da 15 a 50 cm. L’Impresa durante la miscelazione dovrà realizzare la mescolazione di una striscia dopo qualche ora rispetto a quella adiacente già lavorata ed interessando nella mescolazione di quella zona circa 5÷10 cm della prima. Particolare cura durante le operazioni dovrà essere rivolta a non creare dei giunti trasversali di ripresa tra due strisce consecutive.

4) Compattazione delle miscele e la finitura degli strati

Il costipamento deve essere effettuato su miscele aventi una umidità pari a quella ottenuta nelle prove di laboratorio. La Direzione lavori, a seconda delle situazioni particolari dell’intervento, ordinerà all’Impresa l’esecuzione della compattazione mediante rulli statici a piede di montone seguiti dal passaggio di rulli pesanti a ruote gommate o da rulli vibranti. L’eventuale finitura degli strati deve avvenire con l’impiego delle macchine livellatrici; è assolutamente vietato intervenire con l’apporto di nuovo materiale.

e) Controlli in corso d’opera

L’Amministrazione appaltante tramite la Direzione lavori potrà effettuare tutti i controlli previsti al punto 5 della norma C.N.R. – B.U. n. 36/73, ovvero nei termini di seguito indicati:

Caratteristiche	Sovrastruttura stradale	Sottofondo	Bonifiche
Peso specifico del secco in sito (grado di costipamento)	≥ 95 % (*)	≥ 95 % (*)	≥ 95 % (*)

Modulo di deformazione Md (Kg/cm ²) (CNR-BU n 9/67)	≥ 800	≥ 400	≥ 150
Indice C.B.R.	Valore almeno pari ai dati di progetto		

(*) Valore percentuale riferito al peso di volume massimo del secco ottenuto in laboratorio con la miscela di progetto.

L’Impresa dovrà mettere a disposizione attrezzature, materiali, personale e farsi carico dei relativi oneri di tutte le prove ordinate dalla Direzione lavori.

ART. 15.33. MALTE

(composizione per 1 mc di malta)

Malta comune	Calce aerea (mc)	Sabbia (mc)
Magra per murature	0,32	0,96
Grassa per murature	0,36	0,90
Per opere di rifinitura	0,43	0,86
Per intonaci (interni)	0,50	0,75

Malta di calce idraulica	Calce idraulica (Kg)	Sabbia (mc)
Magra per murature	324	1,08
Grassa per murature	412	1,03
Per opere di rifinitura	450	1,00
Per intonaci	528	0,96

Malta cementizia	Cemento Portland (Kg)	Sabbia (mc)
Magra per murature	364	1,04
Grassa per murature	400	1,00
Per opere di rifinitura	475	0,95
Per intonaci	540	0,90

Malta pozzolanica	Pozzolana (mc)	Calce spenta (mc)
Per muri a sacco, malta grossa	1,10	0,22
Per murature, malta media	1,05	0,26
Per murature di mattoni, malta fina	1,00	0,33
Per intonaci, malta fina	1,05	0,15

(composizione per 1 mc di sabbia)

<i>Malta bastarda</i>	Cemento Portland (Kg)	Malta idraulica (Kg)
Malta media	100	300
Malta energica	200	200

Le malte saranno confezionate mediante apposite impastatrici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l’Impresa dovrà garantire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

Quando la Direzione dei lavori ritenesse di variare tali proporzioni, l’Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l’impiego immediato; gli impasti residui saranno portati a rifiuto.

Gli ingredienti componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile ma sufficiente, rimescolando continuamente.

Nella composizione di malte di calce aerea od idraulica, si formerà prima l’impasto della malta con le proporzioni prescritte, impiegando la minore quantità di acqua possibile, poi si distribuirà la malta sulla ghiaia o pietrisco e si mescolerà il tutto fino a che ogni elemento sia per risultare uniformemente distribuito nella massa ed avviluppato di malta per tutta la superficie.

ART. 15.34. CONGLOMERATI CEMENTIZI

Per i conglomerati cementizi semplici o armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità delle prescrizioni contenute nel R.D. 16 novembre 1939, n. 2229, nonché al D.M. 9 gennaio 1996, punto 2.1.

Pertanto si dovrà rispettare le specifiche tecniche che riguardano i materiali costituenti il calcestruzzo, la sua composizione, le proprietà del calcestruzzo fresco ed indurito ed i metodi per la loro verifica, la produzione, il trasporto, consegna, getto e

stagionatura del calcestruzzo e le procedure di controllo della sua qualità contenute nella norma U.N.I. 9858 (maggio 1991).

L'Impresa dovrà garantire le prestazioni del calcestruzzo, per tutta la durata dei lavori, sulla scorta dei dati fondamentali riportati negli elaborati progettuali o su ordinativo della Direzione lavori, ovvero:

1. classe di resistenza desiderata in fase di esercizio (R_{ck} per provini cubici - f_{ck} per provini cilindrici);
2. dimensione massima nominale dell'aggregato;
3. classi di esposizione in funzione delle condizioni ambientali e destinazione del calcestruzzo (calcestruzzo normale, armato e precompresso);
4. classe di consistenza (mediante misura dell'abbassamento al cono – UNI 9418 o determinazione del tempo Vébè – UNI 9419).

Inoltre per particolari condizioni o costruzioni, i calcestruzzi possono essere prescritti mediante i dati addizionali (facoltativi) di cui al punto 8.2.3 delle norme tecniche U.N.I. 9858.

Il quantitativo d'acqua d'impasto del calcestruzzo deve tenere presente dell'acqua unita agli inerti, il cui quantitativo deve essere periodicamente controllato in cantiere.

Durante i lavori debbono eseguirsi frequenti controlli della granulometria degli inerti, mentre la resistenza del conglomerato deve essere comprovata da frequenti prove a compressione su cubetti prima e durante i getti.

I getti devono essere convenientemente vibrati.

Gli impasti di conglomerato dovranno essere preparati solamente nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto è possibile in vicinanza al lavoro. I residui d'impasti che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego dovranno essere gettati a rifiuto.

Tutti gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno rispondere alle norme U.N.I. 8520/1-22 ediz. 1984-86. Gli aggregati leggeri saranno conformi alle norme U.N.I. 7459/1-12 ediz. 1976.

Gli eventuali additivi, da utilizzare per il confezionamento dei calcestruzzi, previa autorizzazione della Direzione lavori, devono ottemperare alle prescrizioni delle norme tecniche da U.N.I. 7101 a U.N.I. 7120 e U.N.I. 8145 (superfluidificanti).

ART. 15.35. OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'Appaltatore dovrà rispettare strettamente il contenuto delle seguenti norme tecniche:

- L. 5 novembre 1971, n. 1086, “Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996, “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- Circ. M. LL.PP. 14 febbraio 1974, n. 11951, “Norma per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione”;
- Circ. M. LL.PP. 31 gennaio 1979, n. 19581, “Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 7 – Collaudo Statico”;
- Circ. M. LL.PP. 9 gennaio 1980, n. 20049, “Legge 5 novembre 1971, n. 1086 – Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato”;
- Circ. M. LL.PP. 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C., “Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per strutture metalliche di cui al D.M. 9 gennaio 1996”.

Per le opere ricadenti in zona sismica, l'Impresa dovrà anche attenersi alle prescrizioni contenute nelle seguenti norme tecniche:

- L. 2 febbraio 1974, n. 64, “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996, “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;

- D.M. LL.PP. 2 gennaio 1981, “ Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia”;
- Circ. M. LL.PP. 12 dicembre 1981, n. 22120, “Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in cemento armato ed a struttura metallica danneggiati dal sisma”;
- Circ. M. LL.PP. 10 aprile 1997, n. 65, “Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996”;
- Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. – Servizio Tecnico Centrale, “Linee guida per progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma”.

Per l'esecuzione di opere quali ponti, viadotti le normative tecniche di riferimento sono:

- D.M. 4 maggio 1990, “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”;
- Circ. M.LL.PP. 25 febbraio 1991, n. 34233, “Istruzione per l'applicazione delle norme tecniche di cui al D.M. 4 maggio 1990”.

Prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'esame della Direzione lavori i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura negli elaborati progettuali delle opere comprese nell'appalto. Tale studio di prequalificazione, da eseguirsi presso un Laboratorio autorizzato, deve riportare:

- classe di resistenza,
- natura – provenienza – qualità degli inerti,
- analisi granulometrica degli inerti,
- tipo e dosaggio del cemento,
- rapporto acqua/cemento,
- tipo e dosaggio di eventuali additivi,
- classe di consistenza per la valutazione della lavorabilità dell'impasto cementizio.

La Direzione lavori dovrà essere informata anche sul tipo di impianto di confezionamento con la relativa ubicazione, sistemi di trasporto, modalità di esecuzione dei getti e della conseguente stagionatura.

L’Impresa rimane l’unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge, nonostante l’esame e la verifica sugli studi preliminari di qualificazione, da parte della Direzione lavori; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

Il confezionamento dei conglomerati cementizi dovrà avvenire negli impianti preventivamente sottoposti all’esame della Direzione lavori. Gli impianti di betonaggio saranno di tipo automatico o semiautomatico, ma tali da garantire per tutta la durata dei lavori degli discostamenti non superiore al % (es. 3 ÷ 5) dai dosaggi dei singoli componenti della miscela stabili nella fase preliminare di accettazione.

La lavorabilità non dovrà essere raggiunta con il maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del calcestruzzo. L’Impresa, previa autorizzazione del Direttore dei lavori, potrà utilizzare l’impiego di additivi quali fluidificanti o superfluidificanti, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per il raggiungimento della classe di consistenza prevista per l’esecuzione delle opere.

Il trasporto del conglomerato cementizio dall’impianto di confezionamento alla località del cantiere dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibile segregazione dei singoli materiali e comunque lasciando inalterate le caratteristiche di confezionamento del calcestruzzo. I calcestruzzi debbono essere approvvigionati in cantiere o preparati in situ soltanto nella quantità necessaria per l’impasto immediato e cioè debbono essere predisposti di volta in volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura e regola d’arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, pulizia del sottofondo, pulizia nelle zone oggetto di ripresa dei getti, posizionato le casseformi e predisposto le necessarie armature metalliche. Il controllo delle gabbie di armature metalliche, prima del getto, dovrà essere rivolto anche nel rispetto della distanza del copriferro, indicata negli elaborati progettuali o su ordinativo della Direzione lavori; questo in particolare modo negli ambienti ritenuti aggressivi o per la particolarità dell’opera.

La Direzione dei lavori avrà la facoltà di ordinare che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità, tale da evitare le riprese dei getti; per tale accorgimento l'Impresa non potrà avanzare nessuna richiesta di maggiori compensi anche se sarà costretta ad una turnazione del proprio personale.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti tali da evitare la segregazione dei singoli componenti della miscela.

Il getto sarà eseguito a strati di spessore non superiore a 15 centimetri.

Contro le pareti dei casseri, per la superficie in vista, si deve disporre della malta o altri sostanze (disarmanti) in modo da evitare per quanto sia possibile la formazione di vani e di ammanchi.

I casseri occorrenti per le opere di getto, debbono essere sufficientemente robusti, oppure convenientemente rafforzati con controventature di sostegno tali da resistere senza deformarsi alla spinta laterale dei calcestruzzi durante la fase di getto e di pigiatura.

Quando sia ritenuto necessario, i conglomerati potranno essere vibrati con adatti mezzi. I conglomerati con cemento ad alta resistenza è opportuno che vengano vibrati.

La vibrazione deve essere fatta per strati di conglomerato dello spessore che verrà indicato dalla Direzione dei lavori e comunque non superiore a centimetri 15. I mezzi da usarsi per la vibrazione potranno essere interni (pervibratori a lamiera o ad ago) ovvero esterni da applicarsi alla superficie esterna del getto o alle casseforme. I pervibratori sono in genere più efficaci, si deve però evitare che essi provochino spostamenti nelle armature; inoltre vengono immersi nel getto e ritirati lentamente in modo da evitare la formazione dei vuoti. La vibrazione superficiale viene di regola applicata alle solette di piccolo e medio spessore (massimo cm 20). La vibrazione non deve prolungarsi troppo, di regola viene sospesa quando appare in superficie un lieve strato di malta omogenea ricca di acqua.

Le pareti dei casseri di contenimento del conglomerato di getto possono essere tolte solo quando il conglomerato abbia raggiunto un grado sufficiente di maturazione da garantire la solidità dell'opera. Di mano in mano che una parte del lavoro è finita, la superficie deve essere regolarmente innaffiata affinché la presa avvenga in modo uniforme e, quando occorra, anche coperta con della ghiaia lavata, con teli mantenuti umidi, applicare dei prodotti stagionanti che formano membrane protettive (U.N.I. 8866,

U.N.I. 8656 e U.N.I. 8660) per proteggere l'opera da variazioni troppo rapide di temperatura.

Nei casi di ripresa dei getti, quando questi veramente inevitabili, si deve inumidire la superficie del conglomerato eseguito in precedenza se questo è ancora fresco; dove la presa sia iniziata o terminata si deve raschiare la superficie stessa e prima di versare il nuovo conglomerato, si dovrà applicare un sottile strato di malta di cemento in modo da assicurare un buon collegamento del getto di calcestruzzo nuovo col vecchio. Si deve fare anche la lavatura se la ripresa non è di fresca data.

La verifica della resistenza caratteristica del conglomerato verrà disposto, da parte della Direzione lavori, in conformità a quanto previsto dall'allegato 2 del D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996, ovvero:

- controllo di accettazione (punto 5), che si effettua durante l'esecuzione delle opere;
- prove complementari (punto 6), da eseguire, ove ritenuto necessario a completamento delle prove precedenti.

Nel caso che la resistenza dei provini assoggettati a prove nei Laboratori risulti inferiore a quello indicato negli elaborati progettuali o dall'ordinativo del Direttore dei lavori, occorre procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo carente, sulla base della resistenza ridotta, oppure ad una verifica della resistenza con prove complementari, quali prelievo di provini per carotaggio direttamente dalle strutture, oppure con altri strumenti e metodi riconosciuti validi dalla Direzione lavori. A ulteriore controlli ultimati, verrà redatta apposita relazione, da parte dell'Appaltatore a firma di un tecnico abilitato, dove si indichi in base alla resistenza del conglomerato risultante, ferme restando le ipotesi di vincolo, a quali sollecitazioni e a quali carichi la struttura può essere sottoposta in fase di esercizio.

La Direzione lavori, previa approvazione della relazione anche da parte del Responsabile del procedimento, decida che la resistenza caratteristica è ancora compatibile con la destinazione d'uso dell'opera progettata e in conformità delle leggi in vigore, dovrà contabilizzare il calcestruzzo in base al valore della resistenza caratteristica risultante. Qualora tale resistenza non risulti compatibile con le finalità di progetto, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese, alla demolizione e rifacimento

dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che la Direzione dei lavori riterrà di approvare formalmente.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Appaltatore se il valore della resistenza caratteristica del calcestruzzo risulterà maggiore di quanto previsto.

Oltre ai controlli relativi alla resistenza caratteristica di cui sopra, il Direttore dei lavori potrà, a suo insindacabile giudizio, disporre tutte le prove che riterrà necessarie, e in particolare le seguenti:

- determinazione della consistenza – prova di abbassamento al cono (slump test) - [U.N.I. 9418],
- controllo della composizione del calcestruzzo fresco - [U.N.I. 6393],
- massa volumica del calcestruzzo - [U.N.I. 6394/1/2],
- prova del contenuto d'aria - [U.N.I. 6395],
- resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo - [U.N.I. 7087],
- prova di resistenza a compressione su campioni cilindrici prelevati con carotaggio da strutture già stagionate – [U.N.I. 6132],
- prova di resistenza a compressione con sclerometro ⁽¹⁾.

Tutte le precedenti prove verranno eseguite a spese dell'Impresa e le modalità di esse saranno fissate dalla Direzione dei lavori.

I prelievi dei provini e campioni di calcestruzzo in cantiere dovranno essere conformi alle norme tecniche:

- U.N.I. 6126 – Prelevamento campioni di calcestruzzo in cantiere,
- U.N.I. 6127 – Provini in calcestruzzo – preparazione e stagionatura.

Le frequenze minimo di prelievo saranno come dall'allegato 2 del D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996.

Qualunque sia l'importanza delle opere da eseguire in cemento armato, all'Appaltatore spetta sempre la completa ed unica responsabilità della loro regolare ed esatta esecuzione in conformità degli elaborati esecutivi.

ART. 15.36. CALCESTRUZZO PER COPERTINE, PARAPETTI E FINITURE

Per la costruzione di opere di completamento del corpo stradale e delle opere d'arte quali: parapetti, copertine di muri di sostegno, d'ala, di recinzione, cordonate,

soglie ecc. verrà confezionato e posto in opera, opportunamente costipato con vibratori un calcestruzzo avente un $R_{ck} \geq 300 \text{ Kg/cm}^2$ (30 N/mm^2), salvo diverso ordine della Direzione lavori.

Le prescrizioni inerenti i conglomerati cementizi rimangono valide in quanto applicabili, salvo il diametro massimo degli inerti che non sarà maggiore di 20 mm, e comunque entro un terzo delle dimensioni minime del getto. Le superfici superiori dei getti verranno rifinite mediante cemento lisciato.

L’Impresa dovrà porre tutte le cure e attenzioni nell’esecuzione delle casseforme per ottenere un perfetta esecuzione del getto o raccordo con getti precedentemente messi in opera, per seguire le sagome di progetto, con i giunti di dilatazione o contrazione e le particolari indicazioni della Direzione dei lavori.

ART. 15.37. ARMATURE, CENTINATURE, CASSEFORME, OPERE PROVVISORIALI

Nella realizzazione di tali opere provvisionali, l’Impresa dovrà adottare il sistema e tecnica che riterrà più opportuno, in base alla capacità statica, di sicurezza e alla sua convenienza. Inoltre dovranno essere eseguite delle particolari cautele e tutti gli accorgimenti costruttivi per rispettare le norme, i vincoli che fossero imposti dagli Enti competenti sul territorio per il rispetto di impianti e manufatti particolari esistenti nella zona dei lavori che in qualche modo venissero ad interferire con essi, compreso l’ingombro degli alvei dei corsi d’acqua, la presenza di servizi di soprasuolo e di sottosuolo, nonché le sagome da lasciare libere al di sopra di ferrovie, strade camminamenti quali marciapiedi ad uso pedonale.

ART. 15.38. STRUTTURE IN ACCIAIO

Le strutture in acciaio dovranno rispondere alle norme seguenti:

- D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996, “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- Circ. M. LL.PP. 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C., “Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per strutture metalliche di cui al D.M. 9 gennaio 1996”,

- D.M. 4 maggio 1990, “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”;
- Circ. M. LL.PP. 25 febbraio 1991, n. 34233, “Istruzione per l’applicazione delle norme tecniche di cui al D.M. 4 maggio 1990”.
- Norma tecnica C.N.R.-U.N.I. 10011-86, “Costruzioni in acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”

Art. 15.38.1 Elementi strutturali in acciaio

L’Appaltatore dovrà comunicare per iscritto al Direttore dei lavori, prima dell’approvvigionamento, la provenienza dei materiali, in modo da consentire i controlli, anche nell’officina di lavorazione, secondo quanto prescritto dal D.M. 9 gennaio 1996, dalle norme U.N.I. e da altre norme eventualmente interessanti i materiali di progetto.

Il Direttore dei lavori si riserva il diritto di far eseguire un premontaggio in officina per quelle strutture o parti di esse che riterrà opportuno, procedendo all’accettazione provvisoria dei materiali entro 10 giorni dalla comunicazione dell’Appaltatore di ultimazione dei vari elementi.

Prima del collaudo finale l’Appaltatore dovrà presentare una relazione dell’I.I.S. (o del R.I.N.A.) che accerti i controlli effettuati in corso d’opera sulle saldature e relative modalità e strumentazioni.

Durante le varie fasi, dal carico al trasporto, scarico, deposito, sollevamento e montaggio, si dovrà avere la massima cura affinché non vengano superati i valori di sollecitazione, sia generali, sia locali, indotti dalle varie operazioni rispetto a quelli verificati nel progetto per ciascuna singola fase, ad evitare deformazioni che possano complicare le operazioni finali di messa in opera.

Particolari cautele saranno attuate ad evitare effetti deformativi dovuti al contatto delle funi e apparecchi di sollevamento. Le controfrecce da applicare alle strutture a travata andranno eseguite secondo le tolleranze di progetto.

I fori che risultino disassati andranno alesati, e qualora il diametro del foro risulti superiore anche alla tolleranza di cui al D.M. 9 gennaio 1996, si avrà cura di impiegare un bullone di diametro superiore. Nei collegamenti in cui l’attrito contribuisce alla resistenza di calcolo dell’elemento strutturale si prescrive la sabbiatura a metallo bianco

non più di due ore prima dell'unione. Nelle unioni bullonate l'Appaltatore effettuerà un controllo di serraggio sul 10% del numero dei bulloni alla presenza del Direttore dei lavori.

Art. 15.38.2. Verniciature

Tutte le strutture in acciaio andranno protette contro la corrosione mediante un ciclo di verniciatura, previa spazzolatura meccanica o sabbiatura di tutte le superfici, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate. Un ciclo di verniciatura sarà costituito da un minimo di tre strati di prodotti vernicianti mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica e filmazione fisica, secondo la descrizione seguente:

Ciclo A

1° strato: mano di fondo al clorocaucciù pigmentata con minio e cromato di zinco, avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

2° strato: mano intermedia di clorocaucciù pigmentata con rosso ossido, ferro micaceo, alluminio avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante.

3° strato: mano di finitura mediante clorocaucciù acrilica pigmentata con biossido di titanio, avente una ottima resistenza agli agenti atmosferici e chimici.

Ciclo B

1° strato: mano di fondo epossidica pigmentata con ZnCrO₄ (cromato di zinco) avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

2° strato: mano intermedia epossidica pigmentata con TiO₂ (biossido di titanio), avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante.

3° strato: mano di finitura poliuretanica di tipo non ingiallente e non sfarinante.

Ciclo C

1° strato: mano di fondo oleofenolica i cui pigmenti inibitori dovranno essere a base di ossido di piombo (minio), cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silicio cromati di piombo, in composizione singola o miscelati. È ammessa la presenza di riempitivi a base di solfato di bario (BaSO₄) e silicati in quantità non superiore al 45% sul totale dei pigmenti riempitivi.

2° strato: mano intermedia oleofenolica di colore differenziato dalla 1° mano, di composizione come il 1° strato; il pigmento inibitore potrà essere sostituito con aggiunta

di ossido di ferro per la differenziazione del colore, in quantità non superiore al 6% sul totale dei pigmenti e riempitivi.

3° strato: mano intermedia alchidica modificata con olii vegetali e clorocaucciù, il cui rapporto in peso a secco dovrà essere di 2:1. Non è ammessa la presenza di colofonia.

4° strato: mano di finitura alchidica modificata con olii vegetali e clorocaucciù di composizione come il 3° strato, di colore diverso dalla precedente mano.

Art. 15.38.3. Apparecchi d'appoggio

Il progetto degli apparecchi di appoggio dovrà rispondere alle “Istruzioni per il calcolo e l’impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni” C.N.R.-U.N.I. 11018-72, e dovrà contenere: il calcolo delle escursioni e delle rotazioni, indicando un congruo franco di sicurezza, ed esponendo separatamente il contributo dovuto ai carichi permanenti accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscose e al ritiro del calcestruzzo; la verifica statica dei singoli elementi e l’indicazione dei materiali, con riferimento alle norme U.N.I., nonché le reazioni di vincolo che l’apparecchio dovrà sopportare.

Tutti i materiali da impiegare dovranno essere accettati prima delle lavorazioni dal Direttore dei lavori, il quale potrà svolgere controlli anche in officina.

Prima della posa in opera l’Appaltatore dovrà tracciare gli assi di riferimento e la livellazione dei piani di appoggio, rettificando le differenze con malta di cemento additivata con resina epossidica.

ART. 15.39. DEMOLIZIONI

Le operazioni di demolizione saranno eseguite, da parte dell’Impresa, con ordine e con le necessarie cautele e precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo perciò vietato di gettare dall’alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati in basso tramite appositi sistemi ritenuti idonei per evitare danni ed escludere qualunque pericolo.

Nelle demolizioni l’Appaltatore dovrà procedere in modo da non deteriorare i materiali che possano ancora, a giudizio della Direzione lavori, impiegarsi utilmente, sotto pena di rivalsa di danni verso l’Amministrazione appaltante; alla quale spetta ai sensi dell’art. 36 del capitolo generale la proprietà di tali materiali, alla pari di quello

proveniente dagli scavi in genere e l'Appaltatore dovrà provvedere per la loro cernita, trasporto in deposito ecc., in conformità e con tutti gli oneri previsti nel citato art. 36.

La Direzione dei lavori si riserva di disporre a suo insindacabile giudizio l'impiego dei materiali di recupero, nel rispetto della normativa vigente in materia, per l'esecuzione dei lavori appaltati, da valutarsi con i prezzi ad essi attribuiti in elenco, ai sensi del citato art. 40 del capitolato generale.

I materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati, a cura dell'Appaltatore, in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori la sede dei lavori con le norme e cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie come per gli scavi in genere.

La ditta Appaltatrice dovrà essere in regola e farsi carico degli oneri per attenersi a tutte le disposizioni a norma di legge vigente in materia di trasporto materiali di rifiuto provenienti dai cantieri stradali o edili.

ART. 15.40. ACQUEDOTTI E TOMBINI TUBOLARI

Nell'esecuzione delle tubazioni per l'adduzione e la distribuzione di acqua, nonché nell'esecuzione di tubazioni per fluidi diversi dall'acqua, l'Appaltatore dovrà seguire le disposizioni di cui alla L. 2 febbraio 1974, n. 64, ed alle norme tecniche vigenti in essa previste all'art. 1 emanate con D.M. 12 dicembre 1985 e relativa Circolare M. LL.PP. 20 marzo 1986, n. 27291.

Gli acquedotti tubolari qualora siano eseguiti in conglomerato cementizio gettati in opera, per la parte inferiore della canna verranno usate semplici sagome; per la parte superiore verranno usate apposite barulle di pronto disarmo. Questi non dovranno avere diametro inferiore a cm 80 qualora siano a servizio del corpo stradale.

Qualora vengano impiegati tubi di cemento per i quali è valida sempre quest'ultima prescrizione, questi dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con diametro uniforme e gli spessori corrispondenti alle prescrizioni sottospecificate; saranno bene stagionati e di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione, senza screpolature e sbavature e muniti di apposite sagomature alle estremità per consentire un giunto a sicura tenuta.

I tubi saranno posati in opera alle livellette e piani stabiliti e su di una platea di calcestruzzo magro a q 2 di cemento per mc di impasto in opera dello spessore più sotto indicato, salvo diversa prescrizione della Direzione dei lavori. Verranno inoltre

rinfiancati di calcestruzzo a q 2,50 di cemento per mc di impasto in opera a seconda della sagomatura prevista nei disegni di progetto, previa perfetta sigillatura dei giunti con malta di puro cemento.

DIMENSIONI INDICATIVE DEI TUBI E SPESORE DELLA PLATEA DI POSA

Diametro dei tubi (cm)	Spessore dei tubi (mm)	Spessore della platea (cm)
80	70	20
100	85	25
120	100	30

Art. 15.40.1. Manufatti tubolari in lamiera zincata

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi aventi struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda normale alla generatrice.

L'acciaio della lamiera ondulata sarà dello spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza U.N.I. (Norme U.N.I. 3143), con carico unitario di rottura non minore di 34 Kg/mm² e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo praticata dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento in quantità non inferiore a 305 gr/m² per fascia.

La verifica della stabilità statica delle strutture sarà effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati adottando uno dei metodi della Scienza delle Costruzioni (anello compresso, stabilità all'equilibrio elastico, lavori virtuali): sempre però con coefficiente di sicurezza non inferiore a 4.

Le strutture finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zionate ecc. Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi si dovrà provvedere alla loro protezione mediante rivestimento di mastice bituminoso o asfaltico contenente fibre di amianto avente uno spessore minimo di mm 1,5 inserito sulla cresta delle ondulazioni, che dovrà corrispondere ad un peso di Kg 1,5/m² per fascia applicato a spruzzo od a pennello, ovvero di bitume ossidato applicato mediante immersione a caldo negli stessi quantitativi precedentemente indicati.

La Direzione dei lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione dei manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate e effettuare, presso lo stabilimento di produzione, le prove chimiche e meccaniche per accertare la qualità e lo spessore del materiale; tale controllo potrà essere fatto in una qualunque delle fasi di fabbricazione senza peraltro intralciare il normale andamento della produzione.

Il controllo del peso di rivestimento di zinco sarà effettuato secondo le norme indicate dalle specifiche A.S.T.M.A. 90-53. Il controllo della centratura della zincatura sarà eseguito immersendo i campioni in una soluzione di CuSO₄ nella misura di gr 36 ogni 100 di acqua distillata (come previsto dalle tabelle U.N.I. 1475-1476-4007). Essi dovranno resistere alla immersione senza che appaiano evidenti tracce di rame.

Il controllo dello spessore verrà effettuato sistematicamente ed avrà esito positivo se gli spessori misurati in più punti del manufatto rientrano nei limiti delle tolleranze prescritte.

Nel caso gli accertamenti su un elemento non trovino corrispondenza alle caratteristiche previste ed il materiale presenti evidenti difetti, saranno presi in esame altri 2 elementi; se l'accertamento di questi 2 elementi è positivo si accetta la partita, se negativo si scarta la partita. Se un elemento è positivo e l'altro no, si controllano 3 elementi, se uno di questi è negativo si scarta la partita.

I pesi, in rapporto allo spessore dei vari diametri, dovranno risultare da tabelle fornite da ogni fabbricante, con tolleranza del ± 5%.

Agli effetti contabili sarà compensato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio purché la partita rientri nei limiti di tolleranza sopraindicati. Qualora il peso effettivo sia inferiore al peso diminuito della tolleranza, la Direzione dei lavori non accetterà la fornitura. Se il peso effettivo fosse invece superiore al peso teorico aumentato della tolleranza, verrà compensato solo il peso teorico aumentato dei valori della tolleranza.

Le strutture impiegate saranno dei seguenti tipi:

A.1) Ad elementi incastrati per tombini

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 67,7 (pollici 2 e 3/4) e la profondità di mm 12,7 (1/2 pollice); la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, sarà un multiplo di 0,61 (2 piedi).

Il tipo sarà costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto; dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno sarà a diritto-filo e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro", il bordo diritto dell'altro elemento.

Nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari dovranno essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori non corrispondenti.

Gli opposti elementi verranno legati fra loro, in senso longitudinale mediante appositi ganci in acciaio zincato.

Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati saranno: la circolare con diametro variabile da m 0,30 a m 1,50 e che potrà essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro, e la policentrica anche ribassata con luce minima di 0,30 e luce massima di m 1,75.

A.2) A piastre imbullonate multiple per tombini e sottopassi

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 152,4 (pollici 6) e la profondità di mm 50,8 (pollici 2). Il raggio della curva interna della gola dovrà essere di almeno mm 28,6 (pollici 1 1/8).

Le piastre saranno fornite in misura standard ad elementi tali da fornire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di m 0,61.

I bulloni di giunzione delle piastre dovranno essere di diametro non inferiore a 3/4 di pollice ed appartenere alla classe G 8 (norme U.N.I. 3740).

Le teste dei bulloni dei cavi dovranno assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si dovranno impiegare speciali rondelle. Le forme di manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno circolari, con diametro compreso da m 1,50 a m 6,40 e potranno essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate luce variabile da m 1,80 a m 6,50; ad arco con luce variabile da m 1,80 a m 9,00; policentriche (per sottopassi), con luce variabile da m 2,20 a m 7,00.

ART. 15.41. DRENAGGI E FOGNATURE

Nell'esecuzione delle fognature per la raccolta delle acque reflue, nonché nell'esecuzione di tubazioni per fluidi diversi dall'acqua, l'Appaltatore dovrà seguire le disposizioni di cui alla L. 2 febbraio 1974, n. 64, ed alle norme tecniche vigenti in esso

previste all'art. 1 emanate con D.M. 12 dicembre 1985 e relativa Circolare M. LL.PP. 20 marzo 1986, n. 27291.

Art. 15.41.1. Drenaggi

I drenaggi e le fognature di risanamento del corpo stradale e zone circostanti che si rendessero necessarie saranno sempre eseguiti dallo sbocco a valle del cunicolo di scolo verso il centro della fognatura propriamente detta e lungo la medesima, procedendo da valle verso monte, per il deflusso regolare delle acque.

Prima di stabilire definitivamente il piano di fondo del drenaggio, onde assicurarsi di raggiungere in ogni punto lo strato impermeabile, la Direzione dei lavori disporrà all'atto esecutivo quanti pozzi riterrà necessario praticare ed in relazione al saggio ove risulti il punto più depresso dello strato impermeabile lungo l'asse del drenaggio, saranno stabilite la profondità di questo e la pendenza del cunicolo.

Detti pozzi saranno scavati della lunghezza di m 2 a 3, della larghezza uguale a quella del drenaggio in corrispondenza dell'asse del drenaggio. Detti scavi saranno valutati agli stessi prezzi stabiliti nell'annesso elenco per gli scavi di fondazione e l'Appaltatore non potrà avanzare pretese di maggiori compensi quali che siano il numero e l'ubicazione di questi pozzi.

Le pareti dei drenaggi e dei cunicoli di scolo ed anche quelle dei pozzi, saranno, dove occorra, sostenuti da appositi rivestimenti di tavole o tavoloni con robuste armature in legname in relazione alla natura dei terreni attraversati.

Il fondo dei drenaggi dovrà di norma essere rivestito in calcestruzzo che nella parte centrale sarà sagomato a cunetta e su tale rivestimento si costruirà dal lato a valle un muretto in malta, da quello a monte un muretto a secco, per l'altezza da 20 a 40 centimetri secondo l'importanza del drenaggio, così da costituire un cunicolo di scolo, da coprire con lastroni.

Art. 15.41.2. Tubi perforati per drenaggi

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera d'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, dello spessore di mm 1,2 – con tolleranza U.N.I. (Norme U.N.I. 2634) – dovrà avere carico unitario di rottura non inferiore a 24

Kg/mmq, e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le norme U.N.I. 5744-66 e 5745-75, con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato.

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 38 (pollici 1 1/2) ed una profondità di mm 6,35 (1/4 di pollice).

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 cm (tolleranza 0,1 cm) che saranno distribuiti in serie longitudinali con interasse di 38 mm, tutti disposti in un quarto di tubo. I singoli tronchi, di lunghezza non superiore a 9 m saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione da fissare con bulloni.

Inoltre per i tubi da posare nel fondo delle trincee drenanti si potranno usare anche i seguenti tubi:

- i tubi corrugati forati in PEAD a doppia parete con superficie esterna corrugata ed interna liscia costituito da barre da 6 metri; con diametro esterno da 120 a 415 mm;
- tubi lisci in PEAD e prodotti secondo le norme UNI 7611-76 tipo 312 con fessure perpendicolari all'asse del tubo con inclinazioni del tipo semplice, a 180°, a 120° o a 90°; con diametro esterno da 110 a 315 mm;
- tubi in PVC rigido corrugato del tipo fessurato a norma DIN 1187; con diametro esterno da 50 a 200 mm.

Art. 15.41.3. Tubazioni per lo scarico delle acque di superficie dei rilevati

Saranno dello stesso materiale ed avranno le stesse caratteristiche delle tubazioni di cui al precedente paragrafo con la sola differenza che non avranno fori.

Art. 15.41.4 Posa in opera

Per la posa in opera dei suddetti manufatti dovrà essere predisposto un adeguato appoggio, ricavando nel piano di posa (costituito da terreno naturale o eventuale rilevato preesistente), un vano opportunamente profilato, e accuratamente compatto, secondo la sagoma da ricevere ed interponendo, fra il terreno e la tubazione, un cuscinetto di materiale granulare fino (max 15 mm) avente spessore di almeno 30 cm.

Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte dovrà essere fatto con pestelli meccanici o con pestelli a mano nei punti ove i primi non sono impiegabili.

Il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 15 mm utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevanti, salvo che per le parti immediatamente adiacenti alle strutture dove il costipamento verrà fatto con pestelli

pneumatici o a mano. Occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino a contatto della struttura metallica.

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

L'installazione dei tubi di drenaggio dovrà essere iniziata dal punto di uscita in modo da permettere all'acqua di scolare fuori dello scavo in apposito scavo della larghezza di m 0,50 circa.

Questi tubi dovranno essere posti in opera in modo che i fori si trovino nel quarto inferiore della circonferenza.

L'installazione dei tubi di scarico dai rilevati verrà fatta in cunicoli scavati lungo la massima pendenza della scarpata della profondità media di m 0,40 e della larghezza strettamente sufficiente per la posa del tubo, che dovrà essere ricoperto con il materiale di scavo, in modo da ripristinare la continuità della scarpata.

Il materiale di rinterro dovrà essere permeabile in modo da consentire il rapido passaggio dell'acqua e dovrà inoltre funzionare da filtro onde trattenere le particelle minute in sospensione impedendone l'entrata con la conseguente ostruzione del tubo; si impiegherà sabbia per calcestruzzo contenente pietrisco medio ed esente da limo. Il rinterro dovrà essere eseguito in strati e ben battuto onde evitare cedimenti causati da assestamenti.

Per quanto non contemplato nella presente norma si farà riferimento alle norme A.A.S.H.O. m 36-37 e M 167-57

Art. 15.41.5. Trincee drenanti con geotessile in tessuto non tessuto

Nei terreni particolarmente ricchi di materiali fino e sui drenaggi laterali delle pavimentazioni, i drenaggi saranno realizzati con filtro di geotessile in tessuto non tessuto, che, nei sormonti dei teli, andrà cucito con spago imputrescibile, oppure con sovrapposizione di almeno 50 cm.

La parte inferiore a contatto con il terreno e per un'altezza di 20 cm per ogni lato, il geotessuto andrà impregnato con bitume a caldo per almeno 2 Kg/m², o a freddo ma reso fluido con solventi che non abbiano effetti sul geotessuto stesso. Il telo andrà provvisoriamente chiodato al terreno ai lati dello scavo, quindi riempito con materiale lapideo trattenuto al crivello 10 mm U.N.I. e con pezzatura massima di 70 mm. Ultimato il riempimento, il risvolto dei teli andrà sovrapposto da ambo i lati al materiale

lapideo appena immesso nel cavo, e quindi il cavo verrà riempito con terra pressata per un'altezza variabile a giudizio della Direzione dei lavori.

ART. 15.42. INFISSIONE DI TUBI MEDIANTE SPINTA IDRAULICA

Sono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri per dare il lavoro ultimato a perfetta regola d'arte, comprese la fornitura e l'installazione delle presse di spinta, dei macchinari e di tutte le apparecchiature necessarie per l'infissione mediante spinta idraulica delle tubazioni. Sarà pure a suo carico la rimozione, a lavoro ultimato, di tutto il macchinario ed apparecchiature utilizzate, nonché dei materiali residui e la perfetta sistemazione dell'area d'intervento.

Gli elementi della tubazione dovranno avere le giunzioni a perfetta tenuta idraulica.

L'infissione della tubazione avverrà mediante macchina spingitubo di tipo oleodinamico o altro metodo di perforazione, e trascinamento della tubazione purché approvata dalla D.L..

Ogni elemento della tubazione dovrà avere i fori passanti per la formazione del cuscinetto esterno di bentonite alimentato a pressione durante l'avanzamento e per l'iniezione del cemento a lavoro finito.

La livelletta della tubazione e le sue tolleranze planimetriche saranno stabilite dalla D.L.. Invece è stabilito che le tolleranze altimetriche non dovranno superare, partendo da monte, valori superiori ad 1 centimetro in diminuzione della pendenza prescritta e superiori a 2 centimetri in aumento della stessa, valutati su ogni 10 metri di tubazione.

Sono inoltre a carico dell'Appaltatore: tutte le opere per l'installazione ed il funzionamento del cantiere, scavo e perforazioni per l'infissione della tubazione, il tiro in alto del materiale di risulta ed il suo conferimento a discarica con ogni onere compreso, la fornitura dell'acqua di lavoro, l'approvvigionamento di energia, impianti di ventilazione eventualmente necessari, aggrottamenti, eventuali calcoli statici approvati dall'Ente interessato all'attraversamento, prove sui materiali.

Dietro compenso, potranno essere richiesti all'Appaltatore eventuali carotaggi dei terreni e sondaggi orizzontali, preliminari alle operazioni di spinta delle condotte.

ART. 15.43. ALLACCIAMENTI ALLA CONDOTTA FOGNARIA

I collegamenti alla tubazione saranno eseguiti mediante pezzi speciali di derivazione con imboccatura (braghe), inseriti nella condotta durante la sua costruzione.

Eccezionalmente la D.L. potrà autorizzare l'esecuzione di allacci successivamente alla realizzazione della condotta. In quel caso si dovrà perforare dall'alto accuratamente la tubazione mediante carotatrice con corona cilindrica delle dimensioni della tubazione da allacciare. Il collegamento sarà realizzato da un pezzo speciale stabile nella sua posizione e sigillato alla giuntura, che assicuri la tenuta idraulica come la rimanente tubazione e non sporga all'interno della condotta principale.

ART. 15.44. ALLACCIAMENTI IDRICI SU CONDOTTE IN PRESSIONE

Gli allacciamenti idrici sulle condotte in pressione saranno eseguiti secondo i particolari e le prescrizioni di progetto mediante apposite prese a staffa a seconda del materiale e tipo di tubazione da cui ci si deriva. La condotta verrà forata mediante apposita attrezzatura foratubi, con punta adatta al tipo di materiale da forare, ponendo particolare cura per l'asportazione del truciolo o tassello di tubo onde evitare intasamenti alla condotta.

ART. 15.45. ELEMENTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO

I manufatti saranno realizzati con calcestruzzo cementizio vibrato, gettato in speciali casseforme multiple o mediante appositi macchinari, in modo che la superficie in vista o esposta agli agenti atmosferici sia particolarmente liscia ed esente da qualsiasi difetto, con Rck non inferiore a 300 Kg/cm², stagionati in appositi ambienti e trasportati in cantiere in confezioni.

Art. 15.45.1. Canalette di deflusso

Avranno le misure di cm 50x50x20, spessore cm 5, e saranno di forma ad imbuto. La resistenza caratteristica del calcestruzzo (Rck) impiegato per le canalette dovrà essere di classe non inferiore a 250 Kg/cm².

Saranno poste in opera dal basso, in apposita sede scavata sulla superficie della scarpata, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento, partendo dal fosso di guardia fino alla banchina, dove sarà eseguito un raccordo per l'imbocco delle acque di deflusso mediante calcestruzzo del tipo fondazioni. La sagomatura dell'invito dovrà essere

eseguita in modo tale da non creare ostacolo all'acqua, al fine di evitare ristagni, travasi e convogliamenti non desiderati.

Qualora non vi sia ritegno sul fosso di guardia si avrà cura di infiggere nel terreno 2 tondini di acciaio di diametro mm 20, della lunghezza minima di cm 80 con sporgenza di cm 20, per impedire lo slittamento.

Art. 15.45.2. Cunette e fossi di guardia

Gli elementi potranno avere sezione trapezoidale o ad L, con spessore di cm 6 e saranno sagomati ad imbuto, con giunzioni stuccate a cemento. La resistenza caratteristica del calcestruzzo (R_{ck}) impiegato per le cunette e fossi di guardia dovrà essere di classe non inferiore a 300 Kg/cm^2 . L'armatura dei manufatti dovrà essere eseguita con rete elettrosaldata a maglie saldate di dimensioni 12x12 cm con ferri $\Phi 5$ mm, salvo diversa indicazione dalla Direzione lavori.

La posa sarà eseguita su letto di materiale arido costipato di spessore cm 10/15, avendo cura che in nessun posto restino dei vuoti che comprometterebbero la resistenza delle cunette. È compresa inoltre la stuccatura dei giunti con malta di cemento normale dosata a Kg 500.

ART. 15.46. TERRE RINFORZATE

Art. 15.46.1. Terre rinforzate con le geogriglie in HDPE

Stabilizzazione di rilevati e pendii mediante manufatti a struttura regolare detti "Geogriglie" costituiti da polimeri aventi alta resistenza meccanica e notevole inerzia chimica, fisica e biologica, e stabilizzati all'azione dei raggi U.V. con nero fumo.

Le geogriglie devono essere costituite da una struttura piana monolitica con una distribuzione regolare di aperture di forma allungata che individuano fili longitudinali e trasversali. I fili longitudinali delle geogriglie devono aver subito un processo di orientamento molecolare per aumentare le caratteristiche meccaniche ed assicurare un'elevata resistenza a lungo termine. Le giunzioni tra i fili longitudinali e trasversali devono essere parte integrante della struttura della geogriglia, e non devono essere ottenute per intreccio o saldatura dei singoli fili. Le geogriglie devono garantire la capacità di assorbimento delle forze di confinamento del terreno.

Il suddetto materiale dovrà essere reso in cantiere in bobine e dovrà corrispondere in ogni aspetto alle seguenti caratteristiche:

[I valori dovranno essere indicati nella fase progettuale o lasciati agli ordinativi della Direzione lavori]

Caratteristiche	Unità di misura	Valori
Massa aerica (EN 965)	(g/mq)	
Maglia	(cmxcm)	
Resistenza a trazione longitudinale (EN ISO 10319)	(kN/m)	
Resistenza a trazione trasversale (EN ISO 10319)	(kN/m)	
Deformazione al carico massimo (EN ISO 10319)	(%)	
Coefficiente di danneggiamento all'installazione per materiale granulare di diametro pari a 125 mm	--	
Allungamento massimo sulla curva dei 120 anni al 40% del NBL	(%)	

Modalità di posa in opera

Tagliare preventivamente le geogriglie in spezzoni aventi lunghezze in accordo con le prescrizioni di progetto. Posare le geogriglie alle elevazioni previste in strati orizzontali e perpendicolari alla facciata dell'opera. Stendere direttamente sulle geogriglie il materiale previsto per il riempimento e successivamente compattarlo con “pestello o rana vibrante” in prossimità della facciata ed internamente con rullo compattatore. In corrispondenza della facciata dell'opera le geogriglie vanno risvoltate e fissate al terreno già compattato, oppure collegate ad elementi di facciata, secondo le modalità previste dal progetto.

Capo V

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DELLE OPERE

ART. 16. NORME GENERALI

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici o a numero o a peso in relazione a quanto è previsto nell'elenco voci.

I lavori saranno liquidati in base alle norme fissate dal progetto anche se le misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze e cubature effettivamente superiori. Soltanto nel caso che la Direzione dei lavori abbia ordinato per iscritto maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, le quali potranno essere motivo di rifacimento a carico dell'Impresa.

Le misure saranno prese in contraddittorio mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati dalla Direzione lavori e dall'Impresa.

Quando per il progredire dei lavori, non risulteranno più accertabili o riscontrabili le misurazioni delle lavorazioni eseguite, l'Appaltatore è obbligato ad avvisare la Direzione dei lavori con sufficiente preavviso.

ART. 16.1. VALUTAZIONE DEI LAVORI A MISURA

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

Non sono comunque riconosciuti nella valutazione delle opere ingrossamenti o aumenti dimensionali di alcun genere non rispondenti ai disegni di progetto se non saranno stati preventivamente autorizzati dal Direttore dei lavori.

Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori a misura s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal capitolato speciale d'appalto e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali.

Per i lavori a misura l'importo degli stessi sarà desunto dai registri contabili che dovranno indicare qualità, quantità, prezzo unitario e prezzo globale.

La contabilizzazione delle opere e delle forniture verrà effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari netti offerti in sede di gara dall'appaltante e a tale scopo riportati dallo stesso sulla "lista", che costituiscono i prezzi contrattuali o dai prezzi dell'elenco posto a base di gara al netto del ribasso di aggiudicazione.

Gli oneri per la sicurezza vengono sempre individuati dalla percentuale indicata all'art. 1 del presente capitolato riferita al totale delle lavorazioni effettuate a misura.

ART. 16.2. VALUTAZIONE DEI LAVORI A CORPO

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

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

La contabilizzazione dei lavori a corpo è effettuata applicando all'importo netto di aggiudicazione, risultante dall'offerta, le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate nella tabella allegata al presente capitolato speciale per farne parte integrante e sostanziale, di ciascuna delle quali va contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

La lista delle voci e delle quantità relative ai lavori a corpo ha validità ai soli fini della determinazione del prezzo complessivo in base al quale effettuare

l'aggiudicazione, in quanto l'Appaltatore era tenuto, in sede di partecipazione alla gara, a verificare le voci e le quantità richieste per l'esecuzione completa dei lavori progettati, ai fini della formulazione della propria offerta e del conseguente corrispettivo.

ART. 16.3. MOVIMENTO DI MATERIA – SCAVI E RILEVATI

Il volume degli scavi e dei rilevati occorrenti e relative scarpate e pertinenze secondo le prescrizioni del progetto o di spostamenti eventuali ordinati per iscritto dalla Direzione lavori, verrà determinato col metodo geometrico delle sezioni ragguagliate, sulla base di quelle indicate nella planimetria e nel profilo longitudinale, salvo la facoltà all'Impresa ed alla Direzione dei lavori di interporne altre o aumentarne il numero per meglio adattarle alla configurazione dei terreni.

All'atto della consegna dei lavori, l'Impresa eseguirà in contraddittorio con la Direzione lavori la verifica delle sezioni trasversali e relative quote dello stato di fatto.

Sulla scorta di tale rilievo e da quelli da effettuarsi ad opera terminata, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà computato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti per la realizzazione dell'opera.

Art. 16.3.1. Scavi di sbancamento e di fondazione

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà dell'Amministrazione appaltante. L'Impresa appaltatrice potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che vengano ritenuti idonei dalla Direzione lavori, nei limiti previsti per l'esecuzione dei lavori e per quelle lavorazioni di cui è stabilito il prezzo di elenco con materiali provenienti da scavi.

Gli scavi per la formazione di cunette, fossi, canali, l'approfondimento di fossi esistenti verranno valutati e compensati col prezzo degli scavi di sbancamento.

Quando negli scavi in genere si fossero passati i limiti assegnati, non solo si terrà conto del maggior lavoro eseguito, ma l'Impresa dovrà, a sue spese, rimettere in sito le materie scavate in più, o comunque provvedere a quanto necessario per assicurare la regolare esecuzione delle opere.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurate a partire dal piano dello scavo di sbancamento. Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata, ma in tal caso non sarà pagato il maggior volume, né successivo riempimento

a ridosso delle murature che l’Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese. Al volume di scavo per ciascuna classe di profondità indicata nell’elenco prezzi, verrà applicato il relativo prezzo e sovrapprezzo.

Gli scavi di fondazione saranno considerati scavi subacquei e compensati con il relativo sovrapprezzo, solo se eseguiti a profondità maggiore di cm 20 dal livello costante a cui si stabilizzano le acque.

Nel prezzo degli scavi di fondazione è sempre compreso l’onere del riempimento dei vuoti attorno alla muratura.

Il trasporto a rilevato, compreso qualsiasi rimaneggiamento delle materie provenienti dagli scavi, è compreso nel prezzo di elenco degli scavi anche qualora, per qualsiasi ragione, fosse necessario allontanare, depositare provvisoriamente e quindi riprendere e portare in rilevato le materie stesse. Le materie di scavo che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori della sede dei lavori, a debita distanza e sistematicamente anche con spianamento e livellazione a campagna, restando a carico dell’Impresa ogni spesa conseguente, ivi compresa ogni indennità per l’occupazione delle aree di deposito.

Per i materiali non ritenuti idonei dalla Direzione lavori per la formazione di rilevati, dovranno essere redatti i relativi verbali di accertamento al fine di determinare la quantità che entrerà a far parte del computo del volume di materiali di cui al successivo punto E).

Art. 16.3.2. Rilevati

L’area delle sezioni in rilevato o a riempimento verrà computata rispetto al piano di campagna senza tenere conto né dello scavo di scorticamento, per una profondità media di cm 20; né dell’occorrente materiale di riempimento; né dei sedimenti subiti dal terreno stesso per effetto del costipamento meccanico o per naturale assottigliamento; né della riduzione di volume che il materiale riportato subirà, rispetto al volume che occupava nel sito di scavo oppure allo stato sciolto, a seguito del compattamento meccanico.

Qualora l’Impresa superasse le sagome fissate dalla Direzione lavori, il maggiore rilevato non verrà contabilizzato, e l’Impresa, se ordinato dalla Direzione lavori, rimuoverà, a cura e spese, i volumi di terra riportati o depositati in più, provvedendo nel

contempo a quanto necessario per evitare menomazioni alla stabilità dei rilevati accettati dalla Direzione lavori.

I prezzi relativi ai rilevati saranno applicati anche per la formazione degli arginelli in terra.

L'onere della riduzione dei materiali provenienti da scavi di sbancamento o di fondazione in roccia o da scavi in galleria, onde ottenere la pezzatura prevista dagli artt. “Movimenti di terre” per il loro reimpegno a rilevato, è compreso e compensato con i relativi prezzi dello scavo di sbancamento, allo scavo di fondazione in roccia da mina ed allo scavo in galleria.

Qualora l’Impresa, per ragioni di propria convenienza, non ritenesse opportuno procedere alla riduzione di tali materiali, previo ordine scritto della Direzione lavori, potrà portare a rifiuto i materiali rocciosi e sostituirli con un uguale volume di materiali provenienti da cave di prestito appartenenti al gruppo A1 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) i quali ultimi, però, verranno contabilizzati come materiali provenienti dagli scavi.

Pertanto nella formazione dei rilevati compensati a metro cubo, sono compresi i seguenti oneri:

- lo scorticamento (fino a 20 cm dal piano di campagna);
- la compattazione del piano di posa;
- il taglio e la rimozione di alberi, cespugli e ceppaie;
- il prelievo e il trasporto dei materiali occorrenti da qualsiasi distanza e con qualunque mezzo;
- la compattazione meccanica tale da garantire il raggiungimento delle specifiche riportate negli artt. “Movimenti di terre”;
- le bagnature, i necessari discarichi, la sistemazione delle scarpate e il loro rivestimento con terreno vegetale dello spessore di 30 cm, la profilatura dei cigli e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d’arte.

Art. 16.3.3. Rilevati con materiali provenienti da cave di prestito

Il volume V di materiali provenienti da cava di prestito sarà dedotto convenzionalmente in base al seguente conteggio:

$$V = V_r - V_s - A_{sr} \times 0,20 + V_{mu}$$

dove:

- V_r : volume totale dei rilevati e dei riempimenti (compresi quelli occorrenti per il piano di posa dei rilevati e delle trincee) per l'intera lunghezza del lotto o tratto di strada;
- V_s : volume degli scavi di sbancamento, di fondazione ed in galleria, per le quantità ritenute utilizzabili dalla Direzione lavori per il reimpiego in rilevato od in riempimento;
- A_{sr} : area della sistemazione dei piani di posa dei rilevati;
- V_{mu} : volume dei materiali (pietrame, misti granulari, detriti di cava, sabbia, ecc.) utilizzati per altri lavori come detto al punto C), 1° capoverso.

Soltanto al volume V così ricavato sarà applicato il prezzo relativo alla fornitura di materiali idonei da cave di prestito per la formazione dei rilevati.

Qualora l'impresa, per la formazione dei rilevati, ritenga di sua convenienza portare a rifiuto materiali provenienti dagli scavi della sede stradale, e riconosciuti idonei dalla Direzione lavori, sostituendoli con materiali provenienti da cave di prestito, per il volume corrispondente a questi ultimi non verrà applicato il prezzo relativo alla fornitura di materiali provenienti da cave di prestito per la formazione dei rilevati.

ART. 16.4. MURATURE IN GENERE E CONGLOMERATI CEMENTIZI

Tutte le murature ed i conglomerati cementizi sia in fondazione che in elevazione, semplici o armati, verranno misurati a volume con metodo geometrico in base a misure sul vivo, escludendo intonaci, ove esistano, e deducendo i vuoti ed i materiali eventuali di natura differente compenetrati nelle strutture. Non verranno dedotti il volume dei ferri di armatura e dei cavi per la precompressione ed i vani di volume minore o uguale a ____ m^3 (es. 0,20) ciascuno.

Saranno valutati e pagati con i relativi prezzi di elenco i vari tipi di conglomerato armato esclusivamente in base al valore della resistenza caratteristica, classe ambientale, diametro massimo dell'inerte e classe di consistenza, prescritti secondo gli elaborati progettuali oppure ordinati per iscritto dalla Direzione dei lavori.

Nel caso che dalle prove risultasse, per un conglomerato cementizio, un valore della resistenza caratteristica inferiore a quello richiesto, dopo l'accertamento che tale valore soddisfa ancora alle condizioni statiche e di durabilità dell'opera, si provvederà all'applicazione del prezzo di elenco corrispondente al valore della resistenza caratteristica riscontrata; altrimenti l'Appaltatore a sua cura e spese dovrà provvedere alla demolizione e conseguente rifacimento delle parti contestate.

Nel caso, invece, che dalle prove di rottura risulti una resistenza caratteristica superiore a quella prescritta secondo progetto od ordinata per iscritto dalla Direzione lavori, non si darà luogo ad alcuna maggiorazione del prezzo unitario stabilito in sede di gara.

Nei relativi prezzi di elenco sono compresi in particolare:

la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali necessari (inerti, leganti, acqua, ecc.); la mano d'opera, i ponteggi, le armature di sostegno dei casseri per il getto in elevazione di strutture a sviluppo prevalentemente verticali (muri, pilastri, ecc.), attrezzature e macchinari per la confezione, la posa in opera, la vibrazione dei calcestruzzi e quanto altro occorra per dare il lavoro finito e completo a regola d'arte.

Per l'impiego di eventuali additivi nei conglomerati cementizi e nelle malte per murature espressamente previsto in progetto per particolari esigenze, sarà corrisposto solo il costo di detti materiali. In ogni altro caso, tale impiego sarà consentito ma a totale carico dell'Impresa, previo benestare della Direzione lavori.

ART. 16.5. CASSEFORMI

Le casseformi saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

ART. 16.6. ACCIAIO PER STRUTTURE IN C.A.

Il peso dell'acciaio tondo per l'armatura del calcestruzzo, del tipo indicato sugli elaborati progettuali o dato per ordine scritto dalla Direzione lavori, verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai vari diametri effettivamente prescritti, trascurando le quantità difformi dalle prescrizioni, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste nei disegni esecutivi di progetto.

Il peso del ferro in ogni caso verrà determinato con mezzi geometrici analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo lineare effettivo di ogni barra (seguendo le

sagomature, risvolti e uncinature) e moltiplicando per il peso unitario determinato in base alle dimensioni nominali e dal peso specifico pari a 7850 Kg/m³.

ART. 16.7. MANUFATTI IN ACCIAIO

I lavori in ferro profilato o tubolare saranno valutati a peso ed i relativi prezzi sono applicati al peso effettivamente posto in opera in sede delle lavorazioni, che sarà determinato prima della posa in opera mediante pesatura diretta a spese dell’Impresa o mediante dati riportati da tabelle ufficiali U.N.I.

I prezzi relativi comprendono:

la fornitura, la posa in opera, la esecuzione dei necessari fori, la saldatura, chiodatura e ribattitura, le armature di sostegno e le impalcature di servizio, gli sfridi di lavorazione e una triplice mano di verniciatura di cui la prima antiruggine e le due successive di biacca ad olio, od altra vernice precisata nell’elenco prezzi.

ART. 16.8. ELEMENTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Art. 16.8.1. Canalette di scarico acque piovani, cunette e fossi di guardia

Le canalette, cunette e fossi di guardia realizzati in conglomerato cementizio, da utilizzarsi per lo scarico delle acque piovane, secondo il tipo prescritto dalle voci dell’elenco prezzi, verranno valutate a metro lineare di lunghezza effettivamente realizzata e misurata sulla linea d’asse.

Nei relativi prezzi di elenco sono compresi in particolare:

la fornitura a piè d’opera del materiale, costipamento del terreno d’appoggio, preparazione del piano di posa mediante stesa di materiale arido fine o sabbia, la posa in opera degli elementi previo accurato allineamento, l’eventuale bloccaggio degli elementi mediante paletti, il rinfianco laterale in calcestruzzo magro per uno spessore minimo di 20 cm, la sigillatura in malta cementizia dei giunti, la regolarizzazione delle sponde su ciascun lato con pendenza verso il canale, la mano d’opera, attrezature e macchinari indispensabili per la posa in opera e quanto altro occorra per dare il lavoro finito e completo a regola d’arte.

ART. 16.9. TELO “GEOTESSILE”

Il telo “geotessile” adoperato come strato anticontaminante, rinforzo, armatura o drenaggio, sarà pagato a metro quadrato secondo la superficie effettivamente ricoperta dal telo, ed in base alla resistenza a trazione e dalla grammatura del telo stesso, essendo

compreso e compensato nel prezzo di elenco ogni onere per la fornitura, posa in opera, sfridi, sovrapposizioni fino a 50 cm e ancoraggi sia provvisori che definitivi.

ART. 16.10. TERRE RINFORZATE

Art. 16.10.1. Terre rinforzate con le geogriglie in HDPE

Nel prezzo al metro quadro di superficie in vista (ovvero per superficie verticale del paramento) ci sono comprese tutte le seguenti lavorazioni:

- fornitura e posa in opera delle geogriglie secondo le modalità e nelle misure previste dagli elaborati progettuali o dagli ordinativi della Direzione lavori;
- ancoraggi al terreno della geogriglia con opportuni ferri sagomati ad U;
- fornitura e posa in opera, in facciata, di un cassero guida e di appoggio a perdere, realizzato mediante pigiatura meccanica di una rete elettrosaldata di maglia 15×15 cm con $\Phi 8$ mm, corredati di opportuni tiranti uncinati che garantiscono la stabilità geometrica dei casseri stessi, anche durante la compattazione del terreno;
- fornitura e posa in opera all'interno del risvolto in facciata della geogriglia di una stuoa in fibre vegetali avente la funzione di protezione della facciata dall'azione erosiva esterna;
- risvolti e posizionamento dei relativi ancoraggi al terreno della geogriglia nella parte di facciata;
- tutto quanto compreso quanto occorre per dare il lavoro finito.