



Area Infrastrutture – Servizio Linee metropolitane urbane

**Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione di lavori sulla base del progetto definitivo, relativo all'intervento denominato:**

**AMPLIAMENTO DEL DEPOSITO MEZZI DI TRAZIONE E OFFICINA DI  
MANUTENZIONE DELLA LINEA 1 DELLA METROPOLITANA DI NAPOLI  
LOCALITÀ PISCINOLA (LOTTO 1)**

**CIG: - - CUP: B61E16000790007**

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO**

**3 - OPERE IN TERRA E SCAVI**

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
3. DEFINIZIONI
4. ABBREVIAZIONI
5. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
6. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
7. CONTROLLI
8. CONTROLLI SUGLI SCAVI
9. CONTROLLO SUI RINTERRI
10. CONTROLLO SUI RILEVATI

<i>Il Dirigente</i>	<i>Il progettista del progetto definitivo</i>
<b>Dott. Ing. Serena Riccio</b>	<b>RTI:</b> <i>Integra Consorzio Stabile di Architettura e Ingegneria Integrata, Ingegneria del Territorio S.R.L., Euro Engineering, Geolog Studio di Geologia, C.M.G. Testing S.R.L., Dott. Geol. Andrea Rondinara, Ing. Andrea Romani</i>  <b>Integratore delle Prestazioni Specialistiche</b> <i>Arch. Amedeo Schiattarella</i>

## Sommario

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>2</b>
<b>1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>4</b>
1.1 SCOPO .....	4
1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE.....	4
<b>2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1 NORMATIVA NAZIONALE .....	4
2.2 NORMATIVA TECNICA .....	5
2.3 NORMATIVA FERROVIARIA.....	5
<b>3 DEFINIZIONI.....</b>	<b>5</b>
<b>4 ABBREVIAZIONI .....</b>	<b>6</b>
<b>5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI .....</b>	<b>6</b>
5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO .....	6
5.2 SCAVI IN GENERE.....	6
5.3 RINTERRI .....	8
5.4 RILEVATI .....	9
5.4.1 RILEVATO FERROVIARIO.....	9
5.4.2 RILEVATO STRADALE .....	13
5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI .....	13
5.6 TRINCEE.....	14
5.6.1 TRINCEE FERROVIARIE .....	14
5.6.2 TRINCEE STRADALI .....	14
5.7 STRATO "SUPERCOMPATTATO" .....	14
5.7.1 STRATO "SUPERCOMPATTATO" PER RILEVATI E TRINCEE FERROVIARIE .....	15
5.7.2 STRATO DI SOTTOFONDO PER RILEVATI E TRINCEE STRADALI .....	16
5.8 INERBIMENTO.....	16
<b>6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI.....</b>	<b>17</b>
6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI .....	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.
6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI .....	18
<b>7 CONTROLLI .....</b>	<b>18</b>
7.1 PRESCRIZIONI GENERALI.....	19
<b>8 CONTROLLI SUGLI SCAVI .....</b>	<b>19</b>

<b>8.1</b>	<b>SCAVI A MANO O A MACCHINA.....</b>	<b>19</b>
8.1.1	CONTROLLO DELLA GEOMETRIA.....	20
8.1.2	CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA.....	20
8.1.3	CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE.....	20
<b>8.2</b>	<b>SCAVI CON ESPLOSIVI.....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b><u>CONTROLLI SUI RINTERRI .....</u></b>	<b><u>20</u></b>
9.1	CONTROLLI SUI MATERIALI .....	20
9.2	CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA .....	20
9.3	CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE.....	21
9.4	CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI.....	21
<b>10</b>	<b><u>CONTROLLI SUI RILEVATI.....</u></b>	<b><u>21</u></b>
10.1	<b>RILEVATI FERROVIARI .....</b>	<b>21</b>
10.1.1	CONTROLLI SUI MATERIALI .....	21
10.1.2	CORPO DEL RILEVATO.....	21
10.1.3	CONTROLLI SUL CONTENUTO D'ACQUA DEI MATERIALI.....	21
10.1.4	CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA DEI MATERIALI E SUL LIVELLAMENTO DEGLI STRATI .....	22
10.1.5	CONTROLLI SULLA DENSITÀ SECCA .....	22
10.1.6	CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE .....	22
10.1.7	CONTROLLO DELLA GEOMETRIA DEL RILEVATO .....	22
10.1.8	CONTROLLO DELL'INERBIMENTO DELLE SCARPATE DEL RILEVATO .....	22
10.1.9	MONITORAGGI.....	22
10.2	<b>RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE.....</b>	<b>22</b>
10.2.1	CONTROLLO DEL MATERIALE .....	23
10.2.2	CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA.....	23
10.2.3	CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE .....	23
10.2.4	CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA DEI MATERIALI E SUL LIVELLAMENTO DEGLI STRATI .....	23
10.3	<b>RILEVATI STRADALI .....</b>	<b>23</b>
10.4	<b>CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI .....</b>	<b>23</b>
10.5	<b>CONTROLLI SULLE TRINCEE.....</b>	<b>23</b>
10.5.1	TRINCEE FERROVIARIE .....	23
10.5.2	TRINCEE STRADALI.....	24
10.6	<b>CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO .....</b>	<b>24</b>
10.6.1	CONTROLLI SUI MATERIALI .....	24
10.6.2	CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA DEI MATERIALI E SUL LIVELLAMENTO DEGLI STRATI .....	24
10.6.3	CONTROLLI SULLA DENSITÀ SECCA .....	24
10.6.4	CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE .....	24

## **1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto per la realizzazione dell'ampliamento del deposito mezzi di trazione e officina di manutenzione della linea 1 della metropolitana di Napoli – località Piscinola.

### **1.1 SCOPO**

Lo scopo della presente sezione del Capitolato è quello di definire le prescrizioni e i requisiti richiesti per l'esecuzione degli scavi e delle opere in terra quali rinterri, rilevati, trincee e delle altre categorie di lavoro definite nel seguito.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

### **1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE**

Le prescrizioni del presente Capitolato si applicano alle categorie di lavoro di seguito elencate:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Trincee
- Dune, colline artificiali, ritombamenti

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

## **2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché attuate quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

### **2.1 NORMATIVA NAZIONALE**

- D.Lgs. 03 aprile 2006 n° 152 “Norme in materia ambientale”
- DM Ambiente 5 aprile 2006, n. 186 decreto di modifica del Decreto Ministeriale 5.2.98. “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5.2.97, n. 22”
- D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 “AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI”;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 27 settembre 2010 “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005” e aggiornamento D.M. 24/06/2015 e s.m.i.
- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”
- Legge del 9 agosto 2013, n. 98 - “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia”

## 2.2 NORMATIVA TECNICA

- CNR BU n°29 “Norme sui misti cementati”
- CNR BU n.110/85 Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile
- CNR BU n. 142/92 Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti
- CNR BU n. 143/92 Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione
- CNR BU n° 146 “Determinazione del modulo Md e Md1 mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”
- UNI 8279-13: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all’acqua”.
- UNI 8279-14: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)”
- UNI 11531-1: 2014 – Criteri per l’impiego dei materiali – Parte 1 – Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 933-8: 2015 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati –Parte8: Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia”
- UNI EN 933-9: 2013 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene”
- UNI EN 1097-2: 2010 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”
- UNIEN 12224: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici”
- UNIEN 12225: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento”
- UNI EN 13242:2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l’impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”
- UNI EN 13250: 2016 “Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l’impiego nella costruzione di ferrovie”
- UNI EN 13286-2: 2010 “Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor”
- UNI EN 13286-47: 2012 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento”
- UNI EN ISO 9863-1: 2016 “Geosintetici - Determinazione dello spessore a pressioni specificate - Parte 1: Strati singoli”
- UNI EN ISO 9864: 2005 “Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini”
- UNI EN ISO 10319: 2015 “Geosintetici - Prova di trazione a banda larga”
- UNI EN ISO 10320:2002 “Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito”
- UNI EN ISO 12236: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)”
- UNI EN ISO 12956: 2010 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica”
- UNI EN ISO 13433: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono)”

## 2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II - Sezione 3 Codifica: RFI DTC SI CS MA IFS 001

## 3 DEFINIZIONI

- **Contratto:** contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;
- **Direzione lavori:** ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;
- **Direttore dei lavori:** soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione

dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

- **ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)
- **STAZIONE APPALTANTE:** Comune di Napoli
- **Prova:** forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni della STAZIONE APPALTANTE.

#### **4 ABBREVIAZIONI**

**EN:** Euronorma

**UNI:** Unificazione Nazionale Italiana

**ISO:** International Organization for Standardization

**IEC:** International Electrotechnical Commission

**SISTRI:** Sistema Tracciabilità Rifiuti

**DL:** Direzione Lavori

**CER:** Codice Europeo dei Rifiuti

#### **5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

Le terre da utilizzare per l'esecuzione delle opere in terra di seguito descritte, per essere ritenute idonee e quindi impiegabili, dovranno soddisfare i requisiti di idoneità e i criteri di classificazione delle terre indicati nella norma UNI 11531-1/2014.

Per le terre da trattare con calce dovranno essere applicate le prescrizioni riportate nella Sezione 18 del Capitolato.

##### **5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO**

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

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà attenersi a quanto segue:

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

##### **5.2 SCAVI IN GENERE**

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

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

cementati.

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

Gli scavi possono essere:

- scavi di sbancamento: scavi interessanti superfici di dimensioni tali da consentire al mezzo di trasporto di raggiungere il fronte o il fondo di scavo;
- scavi di fondazione: scavi per i quali il fronte o il fondo di scavo è inaccessibile al mezzo di trasporto;
- scavi a sezione obbligata e/o ristretta: scavi continui (correnti o limitati) di sezione trasversale ristretta, da eseguirsi dal piano di campagna.

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

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'ESECUTORE dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri diseguiti elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. L'Esecutore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto.
- b) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal Piano dei Controlli, prima di procedere a fasi di lavoro successive.  
Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata, la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o prove in sito ed analisi di laboratorio.
- e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- f) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.
- g) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura, inclusi, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- h) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad agguantamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'ESECUTORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro, conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancata realizzazione di idonei drenaggi, dovranno essere immediatamente rimediati dall'ESECUTORE a sue spese.
- i) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'ESECUTORE:
  - Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
  - Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
  - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
  - Il Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.



### 5.3 RINTERRI

Per rinterri si intendono:

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

Nella effettuazione dei rinterri l'ESECUTORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) La sostituzione del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.
- b) La sostituzione dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classificazione delle terre di cui alla norma UNI 11531-1/2014:

- A1, A2, A3 se provenienti da cave di prestito;
- A1, A2, A3, A4 se provenienti dagli scavi.

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

Qualora sia previsto in progetto, a causa della non disponibilità dei suddetti materiali ad una distanza dal sito di realizzazione dell'opera economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o calcestruzzo riciclato (definito nel paragrafo 5.5.4), secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. E' altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al punto h) del paragrafo 5.5.4.1.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata EN13286-2) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

- c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto 5.5.3.b) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014).

Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento profondo di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione, questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto o in accordo con le metodologie descritte con maggiori dettagli nella Sezione 10 del Capitolato "OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE".

- d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.
- e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrati e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
- f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'ESECUTORE e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.



#### 5.4 **RILEVATI**

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

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

- a) piano di posa del rilevato: la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;
- b) primo strato di rilevato o strato anticapillare: primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;
- c) corpo del rilevato: opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- d) ultimo strato del rilevato o strato supercompattato: ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevatissimo grado di costipamento, che costituisce il piano di posa del sub-ballast;
- e) sub-ballast: strato posto al di sopra del supercompattato avente la funzione di impermeabilizzare gli strati sottostanti e diffondere i carichi ferroviari;
- f) piattaforma ferroviaria: piano superiore del rilevato su cui poggia la massicciata. Si definisce inoltre, come indicato nella Sezione 18 del Capitolato:

terra trattata con calce: miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità e rapporti tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, al fine di ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo;

aggregato riciclato – Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni (UNI EN 13242-2008);

calcestruzzo riciclato - costituito prevalentemente da aggregati riciclati derivanti dal recupero di frammenti di conglomerati cementizi anche armati provenienti da demolizione di opere in c.a., dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in cemento anche armato, da traversine ferroviarie in c.a.v.p. ecc..

##### 5.4.1 **Rilevato ferroviario**

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

- a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b) del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI-EN13286-2). Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche (UNI 11531-1/2014):

Dimensione	Passante
------------	----------

granuli	
25 mm	100 %
2 mm	≤15%
0,063 mm	≤ 3 %

Equivalente in sabbia (SE)≥70%. Resistenza

alla frammentazione LA≤40%.

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

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

Ove previsto dalle sezioni tipologiche tra il sottofondo e lo strato anticapillare sarà interposto un telo di geotessile non tessuto, in polipropilene e/o poliestere, non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente alla norma UNI EN 13250 e avente le caratteristiche minime riportate nella tabella 5.5.2.

Il geotessile dovrà essere marcato CE secondo la norma armonizzata UNI EN ISO 10320. Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle UNI EN 12224 e 12225, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e agli agenti atmosferici.

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale e i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'Esecutore dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato. Il geotessile dovrà essere risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla faccia superiore dello strato, qualora lo strato di rilevato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto in fino (0.063 mm) minore del 35%. Se invece tale strato avesse contenuto in fino maggiore o uguale al 35%, il geotessile ricoprirà completamente l'anticapillare.

Si precisa inoltre che la prova di piastra andrà eseguita sul piano di posa del rilevato definito come estradosso del riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) realizzato al di sotto del piano campagna.

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF. UNI
Massa areica	• 250 g/m <sup>2</sup>	UNI EN ISO 9864
Spessore: a 2 KPa	• 2 mm	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione: valor medio valor minimo*	• 18 kN/m • 16 kN/m	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	50÷85 %	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico: valor medio valor minimo*	• 2,6 kN • 2,2 kN	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico: diametro del foro	≤ 10 mm	UNI EN ISO 13433
Permeabilità radiale: a 2 KPa a 200 KPa	• 3x10 <sup>-1</sup> cm/s • 3x10 <sup>-2</sup> cm/s	UNI EN ISO 8279/13
Apertura caratteristica O	90 µm	EN ISO 12956

\*definito come valore limite inferiore con probabilità di superamento del 95%.

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

- d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità minore o uguale a 7, inteso quale rapporto tra i passanti ai setacci 0,4 mm e 0,063 mm.

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o aggregati riciclati secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. E' altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al successivo punto h).

L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI.

Lo spessore delle strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito. Qualora il materiale presenti un trattenuto al setaccio 31.5 mm maggiore del 35%, si dovrà adottare per la determinazione della densità in sito la norma UNI EN 13286-2.

- e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 125 mm (UNI 11531-1/2014) così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.

- f) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 ( $G.U. = D60 / D10$ ) dovrà essere  $\geq 15$ .
- g) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di  $\pm 2\%$  dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.
- h) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4 e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4.  
Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

Prima di porre in opera uno strato, il precedente dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto un valore di densità secca almeno pari al 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'ESECUTORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5, A2-7 e A4, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.

Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro  $D = 600$  mm.

La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma UNI EN 13286-2 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

- i) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto (K) tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0.45. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico risultasse inferiore a 0.45, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

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

Sulla scorta del valore del coefficiente K, così ottenuto, verrà individuato un rango con indice minore, – 10% del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniqualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.45, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

- l) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
- m) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.8.
- n) Le eventuali banche laterali antirifiuto dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e le stesse

modalità costruttive del corpo del rilevato.

- o) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.
- p) Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà esser ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegate e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.
- q) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al par. 5.7.1.
- r) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- s) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui, a far data dal completamento del piano di posa del ballast (compreso l'eventuale strato di sub-ballast), siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

#### **5.4.2 Rilevato stradale**

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (par.5.4.1) con le eccezioni diseguita elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa al primo ciclo di carico;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa.

#### **5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI**

Con i termini dune, colline artificiali e ritombamenti si definiscono tutte le opere in terra non rientranti nei rilevati (par. 5.4) e che non siano opere di presidio idraulico. Esse verranno realizzate con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (punto 5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.4.1.i);
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- non verrà realizzato lo strato di terreno supercompattato; l'ultimo strato dell'opera in terra avrà le stesse caratteristiche degli strati sottostanti;

- è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intera opera in terra;
- dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dell'opera in terra dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2);
- il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.4.1.i;
- gli strati verranno stesi e costipati con la pendenza indicata in progetto.

Per ritombamenti non destinati a sostenere il corpo stradale, possono essere utilizzate tutte le terre, nel rispetto dei requisiti di portanza, indeformabilità e durabilità definiti in progetto e compatibili con il particolare impiego e con le disposizioni in materia ambientale.

## **5.6 TRINCEE**

### **5.6.1 Trincee ferroviarie**

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.25 MPa - 0.35MPa e un rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, deve essere di 40 MPa; inoltre il rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.8.

### **5.6.2 Trincee stradali**

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 della classificazione di cui alla norma UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato di sottofondo, un modulo di 50MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.8.

## **5.7 STRATO "SUPERCOMPATTATO"**



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

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

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1, A2-4 e A3, queste ultime se corrette con aggiunta di finopassante al setaccio 0.4 UNI.
- b) Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
  - dimensione non superiore a 63 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
  - granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) di cui alla norma UNI 11531-1/2014 – Prospetto 2;
  - perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), eseguita, ove possibile, sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
  - equivalente in sabbia, per i terreni di tipo A3  $\geq 25$  %, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7;
  - indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al setaccio 31.5, non minore di 50;
  - la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (UNI 11531-1/2014 – Fuso A o B).
- c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.
- d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.
- e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di  $\pm 2$ % dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.
- f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- g) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100 - x}{d_a} + \frac{x}{p_c}}$$



dove:

$d_c$  = densità corretta;

$d_a$  = densità AASHTO modificata;

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

$p_c$  = massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

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

Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm è compresa tra il 25 % ed il 40 %, altrimenti  $x$  dovrà sempre essere assegnato il valore 25.

- h) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione  $M_d$ , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

### **5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali**

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

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2-4, A2-5 e A3, con un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore di 7. Inoltre (UNI 11531-1/2014 – punto 4.1.4) è richiesto che:
- non vi siano granuli di dimensioni  $> 63$  mm;
  - il passante a 0.063 mm sia  $\leq 15$  %;
  - l'indice di plasticità sia  $\leq 6$ , meglio se N.P.;
  - il passante al setaccio da 16 mm sia almeno del 50 %.
- b) In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione  $M_d$ , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico.
- c) L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.
- d) Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

### **5.8 INERBIMENTO**

Sulle scarpate del rilevato dovrà essere posato uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 30 cm da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo d'appresso la costituzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel qual caso detti gradoni non sono necessari.

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, si da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà anche provvedere all'inerbimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL.

Per le scarpate dei rilevati ferroviari e stradali, l'inerbimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

## **6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI**

- a) In merito alla individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'ESECUTORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI un'esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.

Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'ESECUTORE presentare anche un'analogha documentazione relativa alle cave di prestito.

- b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI.
- c) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.
- d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti.

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

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

temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.

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

## **6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI**

I materiali di risulta non idonei al riutilizzo sia da un punto di vista ambientale sia da un punto di vista merceologico/geotecnico saranno gestiti in qualità di rifiuto. Ciò posto, nel presente paragrafo, viene descritta la gestione dei materiali di risulta in esubero e non riutilizzabili nell'ambito delle opere in progetto. Come detto precedentemente, in totale saranno gestiti come rifiuti un totale complessivo di circa 284.500 mc di materiali di risulta provenienti dagli scavi, di cui:

- circa 282.950 mc di materiali derivanti dagli scavi (CER 17.05.04)
- circa 1.550 mc di materiali derivanti dalle demolizioni (CER 17.09.04)

Al fine di accertarne l'idoneità al recupero/smaltimento tutti i materiali derivanti dalle lavorazioni, una volta prodotti, dovranno essere caratterizzati e, pertanto saranno trasportati presso aree adeguatamente allestite ai sensi di quanto previsto dalla normativa vigente (opportunitamente perimetrate, eventualmente impermeabilizzate, stoccaggio con materiale omogeneo, etc..) e in particolare, secondo quanto prescritto dall'art. 183 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

In ogni caso, nella presente fase progettuale, sulla base delle risultanze analitiche riportate nei precedenti paragrafi, si può ipotizzare di conferire i materiali che si intende gestire in qualità di rifiuti alle seguenti tipologie di impianti di destinazione finale:

- per quanto riguarda lo smaltimento/recupero delle terre e rocce derivanti dagli scavi (CER 17.05.04) sono state ipotizzate, in funzione della tipologia di scavo effettuata e dai risultati delle analisi chimiche effettuate sui terreni, le seguenti destinazioni:
  - o Impianto di recupero (CER 17.05.04);
  - o Discarica per rifiuti inerti (CER 17.05.04);
  - o Discarica per rifiuti non pericolosi (CER 17.05.04).
- per quanto riguarda lo smaltimento di materiali provenienti da demolizioni (CER 17.09.04) si ipotizzano le seguenti destinazioni:
  - o Impianto di recupero (CER 17.09.04);

Le destinazioni ipotizzate sopra potranno essere confermate solo dai risultati delle analisi di caratterizzazione (sul tal quale e sull'eluato da test di cessione) che dovranno essere eseguite nella fase di realizzazione dell'opera per individuare la corretta modalità di gestione dei materiali di risulta ai sensi della normativa ambientale vigente.

Si ricorda, infatti, che in fase di esecuzione lavori, l'Appaltatore è il produttore dei rifiuti e come tale a lui spetta tanto la corretta attribuzione del codice CER quanto la gestione degli stessi, pertanto le considerazioni riportate nel presente documento si riferiscono alla presente fase di progettazione e allo stato ante operam dei luoghi.

Vedi Piano di gestione delle materie PIS-D-001-CA01-RE02.

## **7 CONTROLLI**

## **7.1 PRESCRIZIONI GENERALI**

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

L'ESECUTORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'ESECUTORE ed accessibile alla DIREZIONE LAVORI.

Prima di iniziare i lavori l'ESECUTORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli.

Tutti gli oneri conseguenti all'effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'ESECUTORE.

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'ESECUTORE dovrà disporre di un Piano dei Controlli approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, accettato dalla DIREZIONE LAVORI o in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato ed allegato al Piano dei Controlli.

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

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

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

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

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI. La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

Per quanto concerne i controlli inerenti le tematiche ambientali si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti nonché a quanto disciplinato dalla normativa di settore vigente.

## **8 CONTROLLI SUGLI SCAVI**

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

### **8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA**

Sono richiesti i seguenti controlli.

**8.1.1 Controllo della geometria**

Questo controllo sarà eseguito dall'ESECUTORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal Piano dei Controlli.

**8.1.2 Controllo della densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup> o su lotti di scavo di 1000 m<sup>2</sup>.

**8.1.3 Controllo del modulo di deformazione**

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

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup> o su lotti di scavo di 1000 m<sup>2</sup>.

**8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI**

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

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

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

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

**9 CONTROLLI SUI RINTERRI**

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

**9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI**

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare (par.5.3.b). Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 3.000 mc;
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava provvista di apposita certificazione e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

**9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra (par. 5.3.b)

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>3</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>3</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE**

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

Per ciascuno strato di bonifica dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>3</sup> e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento dello scavo dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>3</sup> e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI**

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

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

## **10 CONTROLLI SUI RILEVATI**

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

### **10.1 RILEVATI FERROVIARI**

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità, di cui al par.5.2, ed i controlli di cui al par. 5.8.

#### **10.1.1 Controlli sui materiali**

##### *Piano di posa*

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato (par. 5.4.1.a/b) o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

#### **10.1.2 Corpo del rilevato**

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare- par. 5.4.1.c) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

Per i materiali provenienti da cave certificate, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato.

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale, la DIREZIONE LAVORI deciderà sul tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di n.2 campionamenti per ogni lotto e volume non maggiore di 3000 m<sup>3</sup> (UNI 11531-1/2014) di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

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

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI EN 13286-2) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti (par.5.4.1.g). Nel caso ci sia la necessità di



variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 m<sup>3</sup> e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

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

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

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

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m<sup>2</sup>.

#### **10.1.5 Controlli sulla densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

#### **10.1.6 Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato (par. 5.4.1.b; 5.4.1.c.; 5.4.1.i).

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

#### **10.1.7 Controllo della geometria del rilevato**

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

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

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento.

I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m<sup>2</sup>.

#### **10.1.9 Monitoraggi**

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

### **10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE**



**10.2.1 Controllo del materiale**

Il misto cementato impiegato (par. 5.4.2.1) sarà accompagnato da certificazioni controllato mediante provadi resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura, secondo norme CNR. B.U. n°29.

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

**10.2.2 Controllo della densità secca**

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

**10.2.3 Controllo del modulo di deformazione**

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

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

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

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

I sopracitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m<sup>2</sup>.

**10.3 RILEVATI STRADALI**

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par.10.1.

**10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI**

Per le opere che ricadono in questa categoria valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 10.1.

**10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE**

**10.5.1 Trincee ferroviarie**

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al par. 5.8.

- *Controlli sui materiali Piano di posa*

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 9.1.

- *Controlli sulla densità secca*

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica (par. 5.3.b) si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dello strato supercompattato si rinvia al successivo par. 10.6.

- *Controllo del modulo di deformazione*

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato(supercompattato) si rinvia al successivo par. 10.6.

- *Monitoraggi*

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

#### **10.5.2 Trincee stradali**

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al par. 10.5.1.

### **10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO**

#### **10.6.1 Controlli sui materiali**

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti. Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli (5.7.1.a) della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave certificate precedentemente selezionate dall'ESECUTORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di accettazione della cava, completo dei certificati del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli in corso d'opera per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato.

L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio accettato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 m<sup>3</sup>.

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

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m<sup>2</sup>.

#### **10.6.3 Controlli sulla densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.7.1.h) che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

#### **10.6.4 Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.7.1.h) che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.