

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. PRODUZIONE CENTRO NORD

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

DEPOSITI DEFINITIVI IN VAL RIGA

B - UNTERSEEGER

Relazione tecnico descrittiva

SCALA:

-

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

I B L 1 1 A D 2 6 R O R I 0 3 2 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per ottemperanza prescrizioni	G. Benedetti	10/2017	N. Carella	10/2017	C. Mazzocchi	10/2017	F. SACCOLI 10/2017

ITALFERR - DO INFRASTRUTTURE
 Dott. Ing. Francesco Sacchi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Verona
 n. 23172 Sez. A

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3.1	DOCUMENTI DI PROGETTO	5
3.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.3	SOFTWARE.....	6
4	PROGETTO	7
4.1	STATO ATTUALE DEI LUOGHI.....	8
4.2	GEOMETRIA	8
4.3	STIMA DEI VOLUMI ABBANCABILI.....	9
4.3.1	<i>Modello numerico tridimensionale.....</i>	9
4.3.2	<i>Risultati della modellazione</i>	12
5	REALIZZAZIONE DEGLI ABBANCAMENTI	13
5.1	TERRA RINFORZATA – ELEMENTI DI RINFORZO	13
5.2	TERRA RINFORZATA – GEOGRIGLIA MONODIREZIONALE AD ALTA RESISTENZA.....	14
5.3	VERIFICHE DI STABILITÀ	15
5.4	PREPARAZIONE	15
5.5	COMPATTAZIONE.....	16
5.5.1	<i>Terre rinforzate</i>	16
5.5.1.1	Condizioni climatiche	17
5.5.1.2	Rilevati di prova	17
5.5.1.3	Prove di controllo	17
5.5.1.4	Relazioni causa – effetto	18
5.5.1.5	Tolleranze	19
5.5.1.6	Manutenzione delle terre rinforzate	20
5.5.1.7	Controlli eseguibili dal personale qualificato	22
5.6	DEPOSITO MODELLATO CON METODO TRADIZIONALE	23
5.6.1	<i>Ripristino superficiale</i>	24
5.7	SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE	24

5.8	RAMPE DI ACCESSO DI SERVIZIO AI MEZZI AGRICOLI	25
6	CONCLUSIONI	26

FIGURE

FIGURA 1. UBICAZIONE DEPOSITO DI UNTERSEEBER	7
FIGURA 2. RIPIANO DI BASE ADIACENTE ALL'AUTOSTRADA A22 (SULLA SINISTRA)	8
FIGURA 3. SEZIONE TIPICA DI PROGETTO	9
FIGURA 4. VISTE 3D DELLO STATO DI PROGETTO	11
FIGURA 5. TABELLA VOLUMI	12
FIGURA 6. ALLINEAMENTO, CEDIMENTI IN FONDAZIONE, COMPRESSIBILITÀ DELLE TERRE SIRNFORZATE (DA EN 14475).....	20
FIGURA 7. SVUOTAMENTO DEL RIEMPIMENTO VEGETALE DOVUTO AD UN URTO SUL PARAMENTO	21
FIGURA 8. PERDITA DI MATERIALE FINE A CAUSA DI INCENDIO E CONSEGUENTE DANNEGGIAMENTO DEL RITENTORE DI FINE. IL TERRENO VEGETALE DIETRO AL PARAMENTO RIMANE ESPOSTO.	22
FIGURA 9. INTERVENTI DI MANUTENZIONE DOPO DANNI DOVUTI AD IMPATTO.....	23

1 PREMESSA

Il progetto in esame riguarda l'asse ferroviario Monaco – Verona, accesso sud alla galleria di base del Brennero ed in particolare il quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, Lotto 1: Fortezza – Ponte Gardena.

Nell'ambito di tale progetto si prevede la sistemazione dei materiali di scavo delle gallerie all'interno di appositi depositi di conferimento siti in Val Riga. Tali depositi sono: Unterseeber, Gatschwiesen, Forch, Plattner e Hinterriger.


Il presente elaborato, redatto ai sensi del D.M. 14/01/2008, ha per oggetto il deposito di Unterseeber.

Il documento tratta i seguenti temi:

- scopo del documento
- normativa e documentazione di riferimento
- modellazione 3D al fine del calcolo dei volumi abbancabili
- modalità di abbancamento
- regimazione delle acque

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di descrivere i criteri adottati per la modellazione finale del sito, le geometrie in progetto, le modalità di realizzazione e manutenzione, le opere di presidio idraulico e di regimazione delle acque meteoriche, i cui dimensionamenti sono esposti in dettaglio nelle relazioni specialistiche.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione tecnica descrittiva Unterseeber	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IBL1	1A	D 26 RO	RI 03 20 001	A	5 di 26

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti di progetto

Per la redazione del progetto si è tenuto conto della documentazione riguardante prove in sito e in laboratorio effettuate nel corso degli anni a partire dal 2008, oltre alle progettazioni pregresse. Per la progettazione di dettaglio si è fatto riferimento specifico ai seguenti documenti:

- [1]. Asse ferroviario Monaco – Verona - Tratta Fortezza – Ponte Gardena – Lotto 1 -Progetto Definitivo – elaborati generali – Depositi definitivi in Val Riga – Planimetria di inquadramento – IBL11AD26P5RI0300001A;
- [2]. Asse ferroviario Monaco – Verona - Tratta Fortezza – Ponte Gardena – Lotto 1 -Progetto Definitivo – elaborati generali – Depositi definitivi in Val Riga – Sezioni tipo – IBL11AD26WZRI0300001A;
- [3]. Asse ferroviario Monaco – Verona - Tratta Fortezza – Ponte Gardena – Lotto 1 -Progetto Definitivo – elaborati generali – Depositi definitivi in Val Riga – Fasi realizzative – IBL11AD26WZRI0300002A;

3.2 Normativa di riferimento

Gli elaborati progettuali sono redatti in conformità alla normativa vigente in materia di costruzioni in generale. In particolare, si è fatto specifico riferimento alla normativa di seguito elencata:

- Rif. [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- Rif. [2] CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Rif. [3] D.M. 10 agosto 2012, n. 161 Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.
- Rif. [4] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- Rif. [5] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- Rif. [6] RFI DINIC MA CS 00 001 C – Manuale di progettazione corpo stradale.
- Rif. [7] Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”, aprile 1997
- Rif. [8] Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture", ottobre 1997.
- Rif. [9] Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici", febbraio 1998.

- Rif. [10] UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
- Rif. [11] UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- Rif. [12] ASTM D 3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- Rif. [13] UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade
- Rif. [14] UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
- Rif. [15] UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

3.3 Software

- Rif. [16] Digicorp Civil Design, applicativo di Autodesk© AutoCAD®.
- Rif. [17] Slope\W – GeoSlope (www.geo-slope.com)
- Rif. [18] MacStARS W 4.0 (Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls)

4 PROGETTO

Il deposito di Unterseeber è collocato tra la SS12 e l'autostrada A22 in destra idrografica del fiume Isarco, a sud del casello autostradale di Bressanone. L'impronta planimetrica è riportata rosso in Figura 1.



Figura 1. Ubicazione deposito di Unterseeber

4.1 Stato attuale dei luoghi

Il sito è costituito da 3 elementi geomorfologici principali: il ripiano di base adiacente all'autostrada A22, la scarpata vegetata, il ripiano sommitale attualmente sede di coltivazione a mele.



Figura 2. Ripiano di base adiacente all'autostrada A22 (sulla sinistra)

4.2 Geometria

Il progetto prevede la rimodellazione morfologica mediante abbancamento di materiali di scavo delle gallerie per una altezza complessiva pari a circa 47 m, organizzata in 5 livelli di terre rinforzate con banche di larghezza circa 5 m ed altezza pari a 8.76. La pendenza delle scarpate in terra armata sarà pari a 65°.

Lo stato sommitale sarà realizzato senza terre armate, con banche di larghezza 5 m, altezza 6 m e pendenza delle scarpate 2H:1V.

La sezione tipica di progetto è riportata in Figura 3.

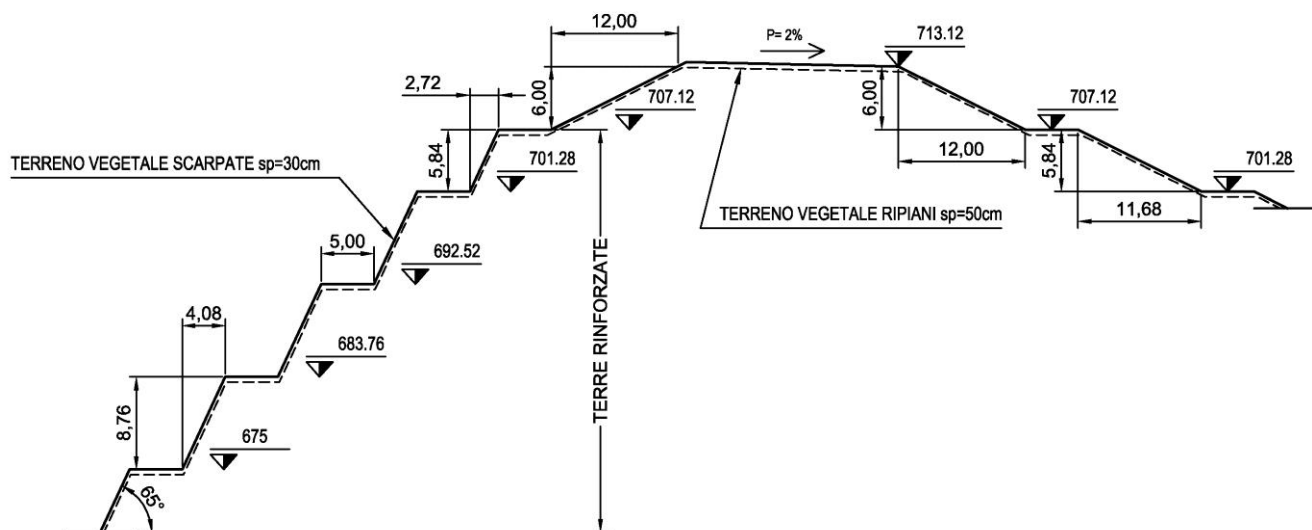


Figura 3. Sezione tipica di progetto

Gli abbancamenti saranno dotati di un adeguato sistema di regimazione delle acque meteoriche e di un sistema di drenaggio delle acque di filtrazione. Si vedano i documenti specialistici per i dettagli.

4.3 Stima dei volumi abbancabili

4.3.1 Modello numerico tridimensionale

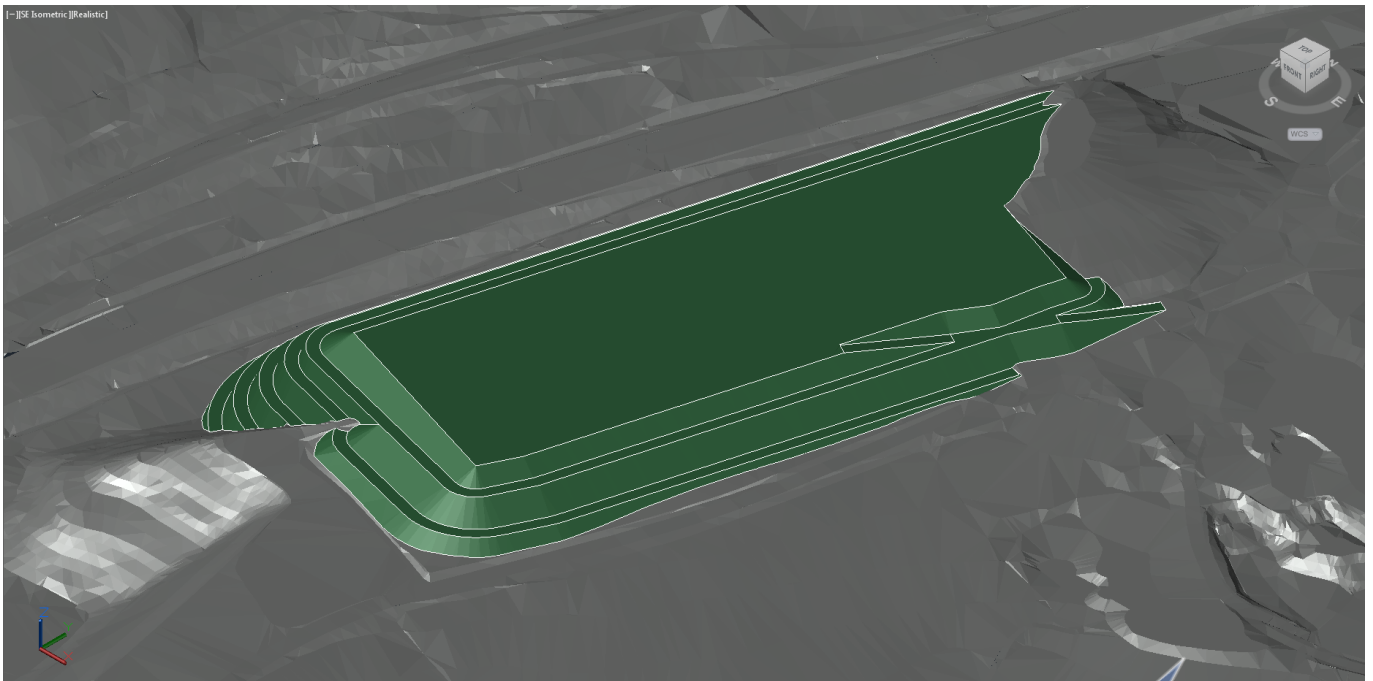
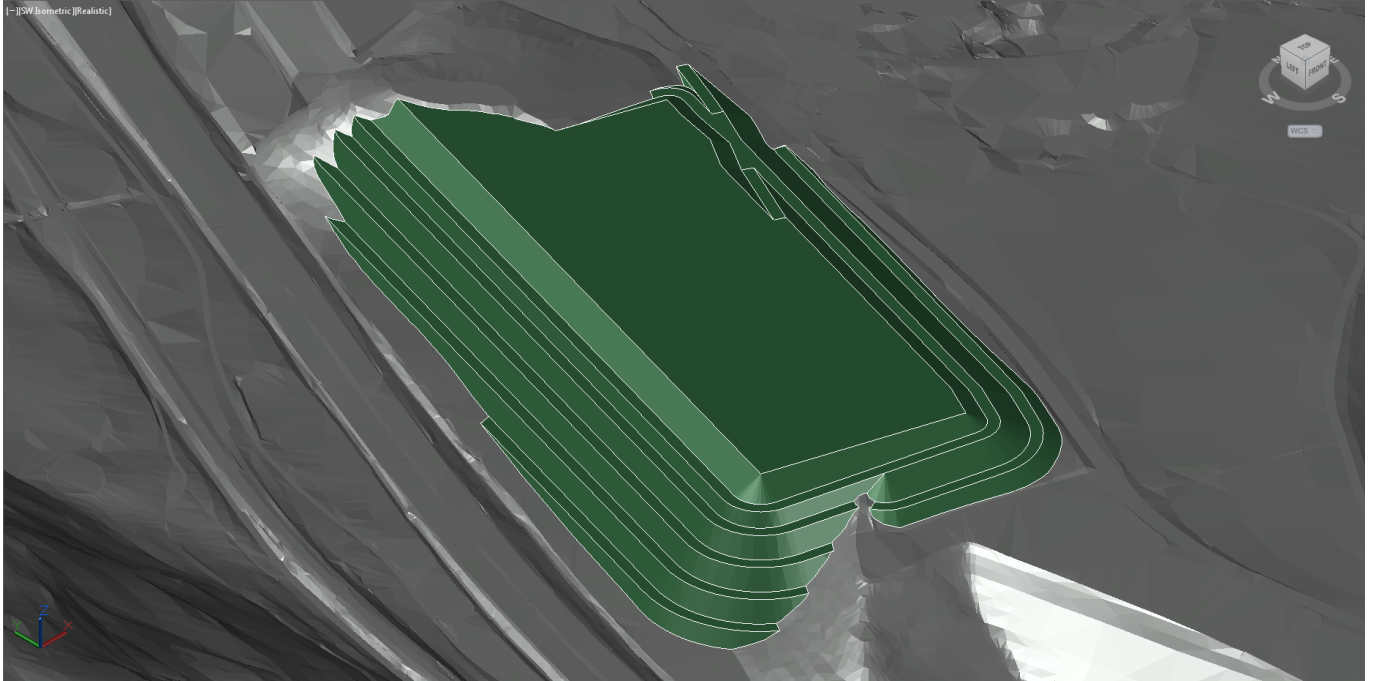
Il volume geometrico dei materiali che saranno riportati per modellare la morfologia di progetto del deposito (ossia al netto dell'addensamento successivo alla movimentazione, dato dalla compattazione e dall'assestamento) è stato calcolato per mezzo del software Civil Design (Rif. [16]).

Il software costruisce il modello tridimensionale della superficie di stato attuale a partire dal rilievo topografico disponibile come dato di base, restituito in coordinate piano altimetriche nel sistema di riferimento Gauss-Boaga (datum Roma 40).

Definiti i criteri di progetto (limiti di abbancamento, pendenza delle scarpate, quota e larghezza delle banche), il software costruisce il modello tridimensionale della superficie finale. Alcune viste 3D dello stato di progetto sono riportate in Figura 4.

Relazione tecnica descrittiva Unterseeber

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D 26 RO	RI 03 20 001	A	10 di 26



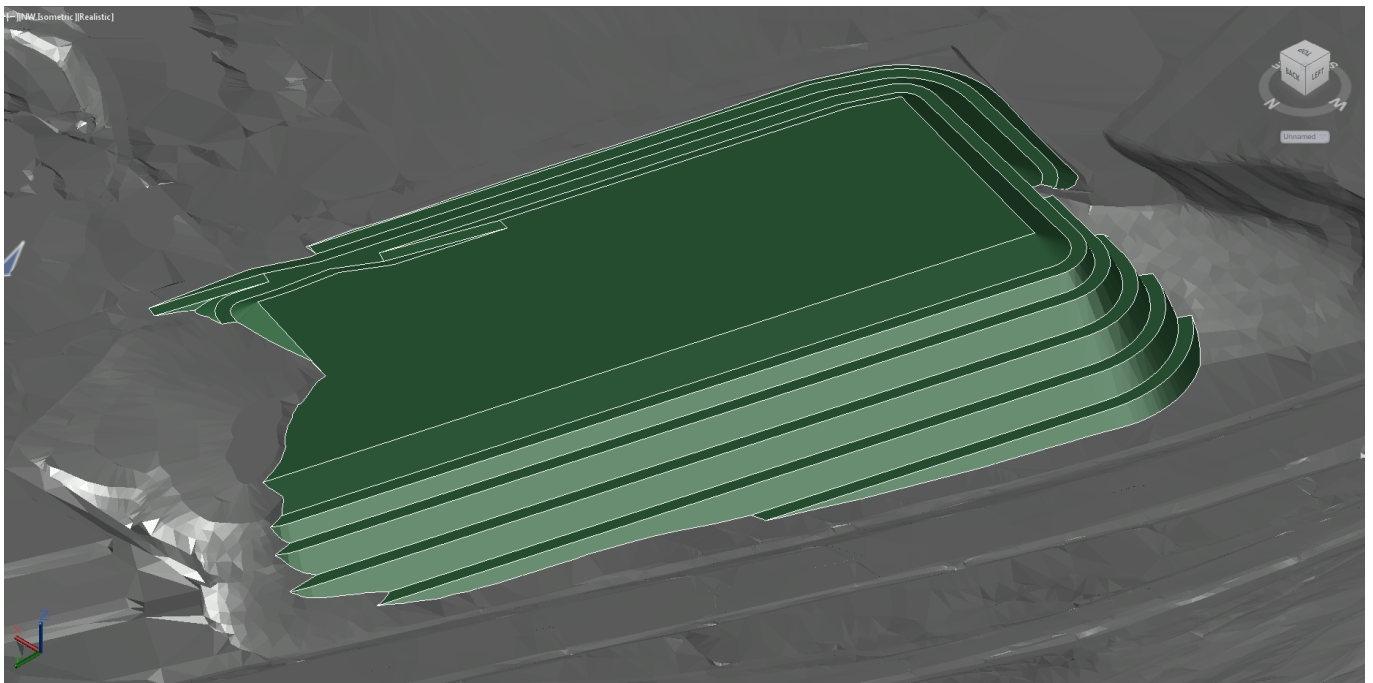
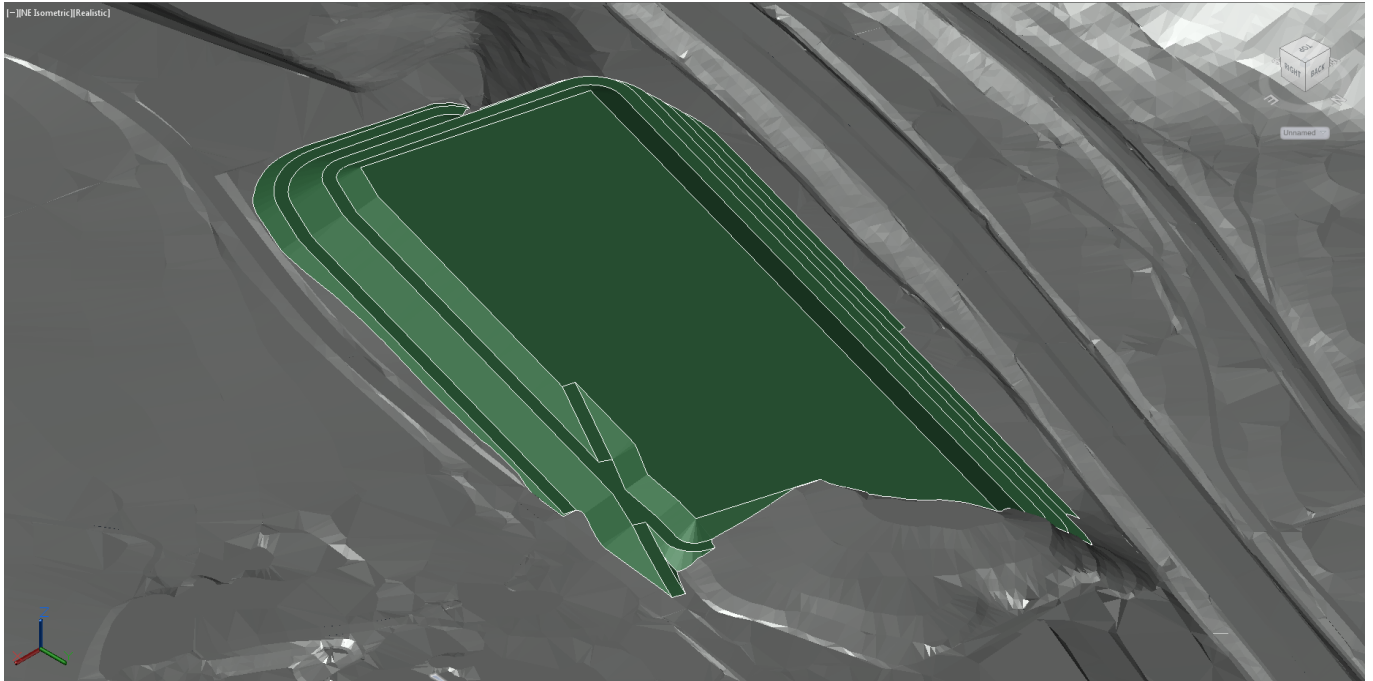


Figura 4. Viste 3D dello stato di progetto

La differenza tra la superficie topografica e la superficie di progetto corrisponde al volume geometricamente abbancabile.

4.3.2 Risultati della modellazione

I risultati della modellazione sono rappresentativi del volume geometrico determinato dalla morfologia finale dell'abbancamento.

I calcoli pongono una volumetria di abbancamento pari a circa 695.000 mc; a questa, in caso di esubero del materiale da riportare per via dell'aumento di volume conseguente allo scavo, potrà aggiungersi un ulteriore volume di abbancamento sulla parte sommitale subpianeggiante.

I volumi da considerare nel bilancio finale del progetto, preso atto che si parte comunque da valori approssimati in relazione all'apertura della maglia dei punti da cui è ottenuto il rilievo su cui è basato il modello (DTM, Digital Terrain Model), devono peraltro tenere conto di alcuni aspetti progettuali (scotico e posa di terreno vegetale) e dei fenomeni naturali legati alla movimentazione e posa in opera (rigonfiamento, assestamenti, cedimenti, etc.).

Le quantità di progetto stimate sono riportate nella tabella di Figura 5.

TABELLA VOLUMI	
VOLUME SCOTICO (sp=50cm)	26.249 mc
VOLUME TOTALE SCAVI	26.249 mc
VOLUME RILEVATO	668.314 mc
VOLUME RIEMPIMENTO SCOTICO	26.249 mc
VOLUME TOTALE RIPORTI	694.563 mc
VOLUME TERRENO VEGETALE	25.642 mc

Figura 5. Tabella volumi

Il terreno di scotico, costituito da terreno vegetale, sarà accantonato e adeguatamente protetto per essere riutilizzato come strato evgetale sulle superfici finite.

Oltre ai volumi indicati in Figura 5, si dovranno considerare

- il volume scavato per realizzare le opere idrauliche (canalette, pozzetti e opere di smaltimento finale);
- il volume sottratto al rilevato per il cedimento del piano di imposta per il carico trasmesso dall'abbancamento.

5 REALIZZAZIONE DEGLI ABBANCAMENTI

Il materiale impiegato per la formazione dei depositi definitivi, proveniente da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria, classificabile come appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, (ex norma CNR-UNI 10006) sarà realizzato con tecnica mista, in parte in tradizionale ed in parte con terre rinforzate.

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le “Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione“ approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

Per la parte sommitale del deposito, realizzata con tecniche tradizionali, nel caso di rinvenimento di materiali plastici (ad esempio provenienti dai gouge di faglia), dovranno essere individuate tecniche/metodologie di posa in opera per garantire la stabilità dell’abbancamento.

In entrambi i casi, non potranno essere impiegati frammenti rocciosi di dimensione superiore a 250 mm. Per materiale avente pezzatura di diametro maggiore deve essere prevista una opportuna frantumazione per garantire la granulometria richiesta. Deve risultare un accurato intasamento dei vuoti in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compatta.


5.1 Terra rinforzata – Elementi di rinforzo

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all’EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.5 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un’esposizione di 4000 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l’allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%. La resistenza a trazione della rete dovrà essere non inferiore a 50 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013). La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione 25 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all’interno delle torsioni. Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO₂ (0,2 dm³ SO₂ per 2 dm³ acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 265 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 3.40/4.40 mm e inserite all’interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldato con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione tecnica descrittiva Unterseeber	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IBL1	1A	D 26 RO	RI 03 20 001	A	14 di 26

tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

5.2 Terra rinforzata – Geogriglia monodirezionale ad alta resistenza

Si prevede l'utilizzo di una geogriglia costituita da un nucleo di filamenti di poliestere ad alta tenacità densamente raggruppati, paralleli e perfettamente allineati, racchiusi in una guaina protettiva di resina annegati in una massa di polietilene (LLDPE) a forma di nastro di larghezza compresa tra i 24 ed i 33 mm. La griglia sarà costituita dalla saldatura di nastri costituiti secondo le caratteristiche suddette, aventi resistenza longitudinale e trasversale variabile, con maglia vuota. Le caratteristiche minime di seguito riportate dovranno essere certificate da ente governativo (BBA o assimilabile) certificante esterno qualificato:

- resistenza a trazione trasversale kN/m 5
- resistenza a trazione longitudinale kN/m 200 o 300
- resistenza a trazione singolo nastro longitudinale kN 15 o 54
- allungamento a rottura nella direzione longitudinale $\leq 11\%$
- allungamento max sulla curva dei 114 anni (1.000.000 h) al 40% del NBL $<6\%$
- deformazione viscosa residua post-costruzione tra la curva a 24 h e quella a 1.000.000 h non superiore all'1% per carichi di esercizio compresi tra il 40 ed il 60% della resistenza nominale a breve termine; il coefficiente riduttivo del "creep" a 20°C per opere permanenti di 100 anni deve risultare non superiore a 1.39 corrispondente al 72% del carico di rottura nominale del prodotto
- la griglia dovrà risultare idonea all'impiego in ambienti basici con ph pari a 11 con coefficiente ambientale riduttivo per opere permanenti con tempo di ritorno di 120 anni a 20°C non superiore a 1.17

I rotoli saranno minimo 3.90 metri di larghezza. Il materiale dovrà essere sottoposto alla DL per approvazione accompagnato dalla scheda tecnica, la documentazione CE secondo norma relativa alle applicazioni di rinforzo, certificazione ISO 9001 del produttore e fornitore, polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 10 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14) con sottolimito di 2.6 milioni di Euro per il danno da inquinamento ambientale accidentale; la non presentazione della presente documentazione implica la non accettazione del prodotto.

Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze in conformità alle istruzioni di posa del fornitore ed in accordo alla EN 14475.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione tecnica descrittiva Unterseeber	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IBL1	1A	D 26 RO	RI 03 20 001	A	15 di 26

5.3 Verifiche di stabilità

Dalle verifiche preliminari svolte con criteri cautelativi, si evince che, in relazione ai requisiti minimi di sicurezza richiesti dalla normativa italiana vigente (Rif. [1]), la stabilità del deposito è garantita sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche.

Le verifiche geotecniche dovranno essere in ogni caso ripetute in fase esecutiva facendo riferimento ai valori di addensamento ottenuti da un'opportuna sperimentazione (vedi sotto le indicazioni sul campo prove), prima della messa in opera.

Per la porzione di deposito in terre armate il contributo dei teli di rinforzo viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilizzarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto. Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinata scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi viene implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo vengono verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento. Ai fini del calcolo strutturale si deve tenere in conto che si tratta di un'opera permanente (vita utile > 100 anni) per cui fa riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali metallici e geosintetici.

5.4 Preparazione

Nell'impronta di base degli abbancamenti dovrà effettuarsi lo scotico (rimozione dei primi 50 cm di terreno). I primi 30 cm di scotico sono da considerarsi costituiti da terreno vegetale; tale materiale dovrà essere accantonato in area idonea, per poter essere riutilizzato per la finitura della superficie finale.

Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento di terra rinforzata da eseguire, secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto. Il piano di fondazione dovrà essere regolare idoneo per la posa e compattazione del primo strato di riporto con ottenimento dei requisiti richiesti. Non si dovrà operare in presenza di ristagni d'acqua o con terreni rammolliti, né in presenza di elevato contenuto organico (nell'eventualità questi dovranno essere bonificati, per completa sostituzione). Nel caso in cui il piano di posa si trovi localmente depresso, in condizioni favorevoli ai ristagni d'acqua, si dovrà eseguire delle

canalette di scolo laterale in pendenza con adeguato recapito. Prima si eseguire il primo riporto occorre eseguire almeno 2-3 passate con un rullo liscio. Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Gli elementi di terra rinforzata dovranno essere posti in opera per strati costanti, secondo le modalità di seguito riportate.

- Apertura e predisposizione dell'elemento avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e sistemazione in posizione degli elementi.
- Posizionamento degli elementi a squadra per dare l'inclinazione al paramento. Per l'assemblaggio e la legatura degli elementi è previsto un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm.
- Riempimento della parte a tergo del paramento manualmente con terreno vegetale che subirà una compattazione "leggera" per permettere l'attecchimento della vegetazione
- Riempimento degli elementi di rinforzo in rete col materiale da abbancare, fino a formare uno strato di spessore di 300 mm;
- Compattazione del materiale posto in opera mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;
- Ripetizione delle azioni 1 e 2 fino a completamento dell'elemento di terra rinforzata
- Risagomatura del piano di posa per l'esecuzione dell'elemento di terra rinforzata successivo.

5.5 Compattazione

5.5.1 Terre rinforzate

Le operazioni di compattazione, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono tali da garantire la prevista densità finale del materiale. In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano. Ogni strato sarà messo in opera con un grado di compattazione pari al 95% del valore fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557).

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a m 0.50 dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione con "rana compattatrice" o piastra vibrante della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento.

Questo procedimento consente di non generare deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. Durante la costruzione, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

5.5.1.1 Condizioni climatiche

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. quarziti, ghiaia). Nella esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

5.5.1.2 Rilevati di prova

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova. In particolare si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli. Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

5.5.1.3 Prove di controllo

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come indicativa e potrà essere diminuita o aumentata, secondo quanto prescritto dalla Direzione Lavori in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo nei punti indicati dalla Direzione Lavori ed in contraddittorio con la stessa. L'Impresa potrà eseguire le prove di controllo o in proprio o tramite un laboratorio esterno comunque approvato dalla Direzione Lavori. La serie di prove sui primi 5000 mc. potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione. In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie.


Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

TIPO DI PROVA	PRIMI 5000 mc	SUCCESSIVI mc
	Ripetere la prova ogni (mc)	
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
Costipazione . AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000
Controllo umidità	*	*

* Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali costituenti il rilevato

5.5.1.4 Relazioni causa – effetto

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova. In particolare si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli. Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati. Nella seguente tabella si riportano alcune delle più frequenti relazioni causa-effetto.

CAUSE	EFFETTI
<ul style="list-style-type: none"> • Capacità portante del terreno insufficiente • Capacità portante del terreno non omogenea • Terreno di fondazione con grado di umidità troppo elevato • Terreno di fondazione non compattato correttamente • Materiale di riempimento non ben compattato • Spessore degli strati di riempimento superiori a 30 cm • Materiale di riempimento con un grado di umidità non ottimale • Materiale di riempimento con un contenuto di fine troppo elevato 	 <p>Cedimenti e distorsioni della struttura</p>

- Terreno vegetale non correttamente distribuito
- Terreno vegetale non correttamente compattato
- Terreno vegetale con un grado di umidità troppo elevato
- Terreno vegetale con un contenuto di fine troppo elevato

- Compattazione realizzata non parallelamente al paramento
- Terreno vegetale non compattato con opportune attrezzature
- Eccessiva energia di compattazione
- Macchine movimento terra troppo grandi in movimento a meno di un metro dal lato interno dei pannelli

- Non lasciare una leggera inclinazione del riempimento (2% - 4%) al termine della giornata lavorativa
- Chiusure non installate correttamente, permettendo al terreno vegetale di fuoriuscire



Spaziamento della facciata

- Utilizzo del terreno strutturale nell'area adiacente al paramento
- Utilizzo di terreno a grana grossa al posto del terreno vegetale
- Terreno vegetale eccessivamente compattato
- Idrosemina eseguita nella stagione errata



Mancanza di crescita di vegetazione sul paramento

5.5.1.5 Tolleranze

È necessario assicurarsi che le deformazioni previste per il rilevato siano concordi con le tolleranze specifiche. Per le terre rinforzate si può fare riferimento alla tabella C.11 dell' UNI EN 14475 - "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata" che specifica i limiti di tolleranza per le strutture in terra rinforzata con rivestimento in gabbioni.

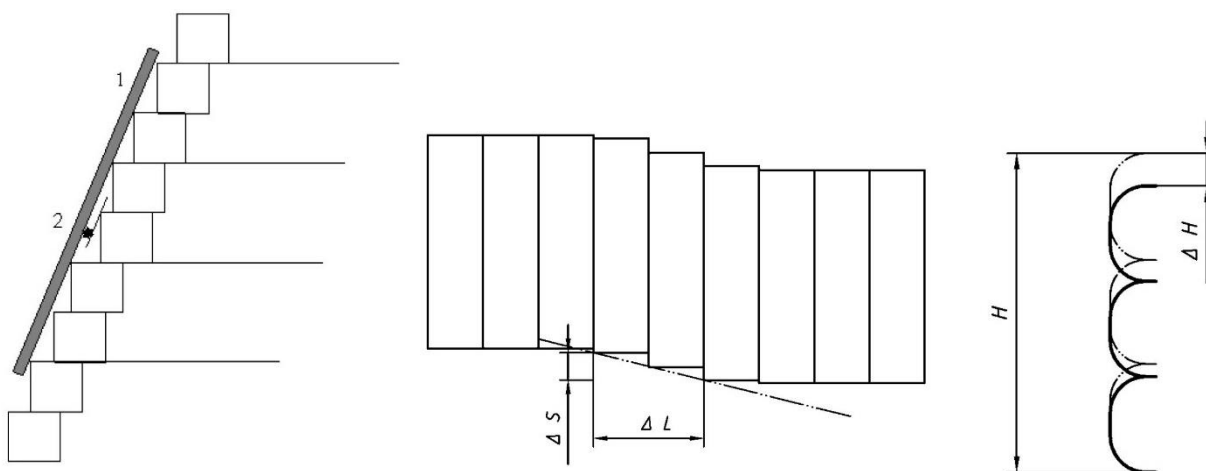
I valori riportati in Tabella 1 sono indicativi delle tolleranze costruttive comunemente ottenute, o delle deformazioni che avvengono senza alcun danno strutturale o senza effetti sulla stabilità della struttura.

Deformazione	Tolleranza
Allineamento	± 100 mm
Cedimenti differenziali longitudinali	5 %
Compressibilità	≥ 10 %

Tabella 1. Tolleranze sulle deformazioni

I valori vanno intesi come segue:

- allineamento: variazione locale nei confronti di una lunghezza di 4m considerata nel piano esterno della facciata.
- cedimenti differenziali longitudinali: rapporto $\Delta S / \Delta L$.
- compressibilità: rapporto $\Delta H / H$.


Figura 6. Allineamento, cedimenti in fondazione, compressibilità delle terre sirnforzate (da EN 14475)

5.5.1.6 Manutenzione delle terre rinforzate

Nel seguito si descrivono le principali anomalie riscontrabili e relativi interventi di manutenzione.

Infiltrazioni di acqua

In caso di infiltrazioni di flussi consistenti di acqua all'interno del rilevato, si rende necessario un immediato intervento con tubi microfessurati (tubi dreno) rivestiti con calza filtrante di geotessile atto ad allontanare l'acqua verso l'esterno della terra rinforzata. Allo stesso modo è necessario che le berme a monte delle opere in terra rinforzata mantengano una pendenza di almeno il 2 % verso l'esterno per evitare il ristagno dell'acqua.

Ammaccatura e danni in caso di urti

Urti di mezzi o macchinari contro gli elementi di facciata potrebbero provocare una variazione del profilo esterno della terra rinforzata o lo svuotamento del terreno vegetale o, in casi estremi, di quello da rilevato (Figura 7). In caso di urti, di mezzi o macchinari contro gli elementi di facciata, si interverrà in maniera differente in funzione del livello di danneggiamento subito dagli elementi di facciata.

L'intervento consiste in:

- Il taglio e la rimozione dei pannelli danneggiati (sia saldati e tessuti)
- Il riempimento con terreno dei vuoti eventuali
- Installazione di un pannello di rete elettrosaldata accoppiato con un ritentore di fini, assicurando almeno 20 cm di sovrapposizione sul rivestimento intatto
- Fissaggio del pannello elettrosaldato al terreno per mezzo di barre di acciaio del diametro di 8 mm per assicurare un corretto irrigidimento del rivestimento
- Installazione di un pannello di rete metallica a doppia torsione rivestito in PVC, assicurando almeno 20 centimetri di sovrapposizione
- I pannelli di rivestimento devono essere collegati ai pannelli non danneggiati adiacenti con punti metallici attaccati nelle doppie torsioni o con filo di legatura continuo.



Figura 7. Svuotamento del riempimento vegetale dovuto ad un urto sul paramento

Perdita del ritentore di fini dovuta ad incendio

In questo caso la stabilità della struttura non è compromessa, perché i rinforzi rete metallica sono sepolti nel terreno, pertanto non possono essere influenzati dalle fiamme, ma il terreno vegetale dietro il rivestimento rimane a vista, con la possibilità di essere eroso dalle piogge.

Scavi e lavori in corrispondenza dei rinforzi

Nel caso in cui sia necessario effettuare scavi sulla sommità della terra rinforzata dopo il termine dei lavori è opportuno che gli stessi siano, nei limiti del possibile, effettuati al di fuori dell'area interessata dai rinforzi.

Qualora sia necessario scavare nella zona rinforzata, lo sbancamento non dovrà interessare una profondità maggiore di un metro, ed in generale non dovrà essere interrotto dallo scavo più di uno strato di rinforzo. In ogni caso prima di procedere con il rinterro dello scavo sarà necessario verificare la stabilità del fronte e la modalità di compattazione del terreno.



Figura 8. Perdita di materiale fine a causa di incendio e conseguente danneggiamento del ritentore di fine. Il terreno vegetale dietro al paramento rimane esposto.

5.5.1.7 Controlli eseguibili dal personale qualificato

Una volta ultimate le lavorazioni sono necessarie visite di controllo ogni 6÷12 mesi eseguite da personale qualificato. Il personale indicato dovrà tenere un manuale di manutenzione in cui annoterà ad ogni visita gli inconvenienti verificati, la loro entità, e il prevedibile costo di riparazione (Figura 9). I controlli devono essere tesi a verificare le condizioni di stabilità della terra rinforzata e degli elementi che la compongono mediante:

- controllo della terra rinforzata al piede: la base della terra rinforzata deve essere integra e non presentare alcuna anomalia quali deformazioni e/o spancamenti;
- analisi del paramento: gli elementi costituenti di facciata devono essere integri ed il riempimento non deve essersi disperso in nessuna delle parti costituenti la struttura, in particolare il raccordo tra la superficie dell'ultimo elemento ed il terreno deve essere integro.



Figura 9. Interventi di manutenzione dopo danni dovuti ad impatto

5.6 Deposito modellato con metodo tradizionale

Nell'impronta di base degli abbancamenti dovrà effettuarsi lo scotico (rimozione dei primi 50 cm di terreno). I primi 30 cm di scotico sono da considerarsi costituiti da terreno vegetale; tale materiale dovrà essere accantonato in area idonea, per poter essere riutilizzato per la finitura della superficie finale.

La superficie di imposta del deposito (superficie ottenuta dallo scotico) dovrà essere quindi compattata e regolarizzata in modo da consentire la posa corretta e uniforme degli strati di riporto.

Laddove il terreno in sito ha pendenza maggiore/uguale a circa 34°, si prescrive di procedere alla risagomatura del pendio naturale e alla formazione di una gradonatura di ammorsamento.

Per garantire la stabilità degli abbancamenti nel rispetto dei requisiti previsti dalla vigente normativa, sarà necessario conferire al materiale di riporto un adeguato stato di addensamento: i valori indicativi di densità in situ e di modulo deformazione dovranno essere riscontrati su tutto lo spessore dello strato.

Il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima ottenuta con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). 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 10 MPa.

Nel corpo dell'abbancamento dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima ottenuta con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). 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.

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.

Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua tale da permettere il raggiungimento della densità richiesta nonché dei parametri necessari alle verifiche geotecniche.

Gli schemi di posa in opera e di rullatura dovranno essere verificati prima della messa in opera del materiale e quando si hanno modifiche sostanziali delle loro caratteristiche.

Tipo e pressione specifica dei compattatori dovranno essere adeguati alle caratteristiche granulometriche del materiale; i compattatori dovranno operare in maniera sistematica su strisce parallele più lunghe possibili, con sovrapposizione non inferiore a 20 cm, a velocità operative non superiori a 4 km/h.

La modalità esecutiva adeguata ad ottenere i requisiti di progetto dovrà in ogni caso essere stabilita mediante campo prova, da eseguirsi su di una superficie delle dimensioni seguenti:

- larghezza (misurata perpendicolarmente alla direzione di compattazione del mezzo) maggiore o uguale di 7 m e comunque 3 volte superiore a quella del mezzo compattatore;
- lunghezza (misurata nella direzione di compattazione del mezzo) maggiore o uguale di 15 m, di cui almeno 8 m ('lunghezza netta') non dovranno essere interessati dalle manovre del mezzo compattatore;
- area di prova centrale, in cui effettuare prove di densità in sito e prove di carico su piastra, non inferiore a 4 m x 8 m (larghezza x lunghezza).

Il valore dell'angolo di resistenza a taglio sarà ricavato da campioni del materiale ricostruiti in laboratorio a valori di densità e contenuto d'acqua uguali a quelli ottenuti dalle prove di densità in sito, misurati nel campo prova dopo aver definito la corretta procedura esecutiva, per riscontro con le assunzioni di progetto.

La finitura superficiale sarà completata contestualmente con la costruzione. In relazione alla durata complessiva dei lavori, della stagione in cui gli stessi saranno effettuati, l'inerbimento e la piantumazione previste potranno essere effettuate progressivamente all'avanzamento.

5.6.1 Ripristino superficiale

Come già accennato, la finitura superficiale del rilevato sarà completata in avanzamento con la costruzione. In relazione alla durata complessiva dei lavori, della stagione in cui gli stessi saranno effettuati, l'inerbimento e la piantumazione previste potranno essere effettuate progressivamente all'avanzamento.

5.7 Sistema di gestione delle acque meteoriche

Il sistema di gestione delle acque meteoriche consisterà in una rete di drenaggio formata da canalette prefabbricate in cls poste lungo le banche e da trincee rivestite in pietrame poste lungo linee di massima pendenza, per portare le acque dalle banche superiori al punto di raccolta ('pozzettone') al piede del rilevato.

La rete di drenaggio è organizzata in modo che, alla quota di base degli abbancamenti, le acque pervengano da linee fra loro separate. Il sistema è dimensionato per la regimazione delle acque meteoriche di ruscellamento prodotte dalle precipitazioni intense con tempo di ritorno TR = 100 anni.

Si vedano gli elaborati specialistici per i dettagli.

5.8 Rampe di accesso di servizio ai mezzi agricoli

L'accesso al piano sommitale posto alla quota di progetto di 713.12 m slm, appositamente progettato per il ripristino dell'attuale funzione agricola a meleto, sarà reso possibile tramite una rampa di accesso con pendenza media parial 10% circa, convenientemente collocata nella parte nord, come in planimetria allegata.

6 CONCLUSIONI

Il sito di deposito di Unterseeber è caratterizzato da 3 elementi geomorfologici principali: il ripiano di base adiacente all'autostrada A22, la scarpata naturale vegetale costituita da depositi alluvionali terrazzati e fluvio-glaciali sovrastanti, il ripiano sommitale prospiciente la SS12, attualmente sede di coltivazione agricola a meleto.

La morfologia di progetto del deposito consentirà la messa a dimora di circa 695'000 mc di materiali provenienti dai cantieri della linea ferroviaria, al netto degli assestamenti. La stima dei volumi da movimentare è stata effettuata tramite un modello tridimensionale implementato a partire dal rilievo topografico con apposito software.

Il corpo dell'abbancamento sarà modellato con tecnica mista sia tradizionale sia con terre rinforzate.

La porzione in terre armate prevede una geometria a banche di larghezza 5 metri, altezza pari a 8.76 m e paramento delle scarpate inclinato 65°.

Il ripiano sommitale, realizzato in tradizionale con banche alte 6 m, larghe 5 m e scarpate con pendenza 2H:1V, è stato appositamente modellato al fine di poterlo ripristinare all'originale uso agricolo al termine delle lavorazioni.

La stabilità del deposito è stata preliminarmente verificata con parametri cautelativi. Le verifiche andranno ripetute in fase esecutiva in relazione delle effettive risultanze del campo prove previsto.

Il sistema di gestione delle acque correnti superficiali prevede una rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, consistente in canalette e tubazioni interrato che durante gli eventi di forte intensità eviteranno gli effetti deleteri indotti dal ruscellamento incontrollato e convoglieranno le acque in corrispondenza di recapito alla base dell'abbancamento con destinazione finale il fiume Isarco. La rete è dimensionata sulle piogge intense con tempo di ritorno TR = 100 anni.

Per tutti i dettagli si vedano gli elaborati di progetto allegati.