

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V./A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

CAMPO BASE CRAVASCO CBL5

Relazione sulla stabilità di scavi e riporti

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 0	E	C V	R O	C A 0 5 0 1	0 0 3	B

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione		29/01/2014	COCIV	19/11/2014	A.Palomba	19/11/2014	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
B00	Rev.generale		05/05/2015	COCIV	05/05/2015	A.Mancarella	05/05/2015	

n. Elab.: R8	File: IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00.DOC
--------------	---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti</p> <p>Foglio 3 di 28</p>

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	6
3.1.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	6
3.2.	Sezioni di verifica in configurazione definitiva	7
3.3.	Sezioni di verifica in configurazione provvisoria	10
4.	AZIONI E CONDIZIONI DI CARICO	13
4.1.	Azioni e falda	13
4.1.1.	Pesi propri.....	13
4.1.2.	Carichi e sovraccarichi.....	13
4.1.3.	Azione sismica di riferimento	13
4.1.4.	Falda	14
5.	STABILITÀ DEI RILEVATI	15
5.1.	Codice di calcolo.....	15
5.2.	Verifiche di stabilità in configurazione definitiva	15
5.3.	Verifiche di stabilità in configurazione provvisoria	21
5.4.	Prescrizioni e fasi di scavo	24

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti
	Foglio 4 di 28

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a corredo del Progetto Esecutivo per la realizzazione del Campo Base ubicato nel Comune di Campomorone (GE) denominato CBL5 – Cravasco.

L'opera deve essere realizzata nell'ambito del Piano di Cantierizzazione per la costruzione della linea ferroviaria AV / AC Milano – Genova “Terzo valico dei Giovi”.

L'Opera Ferroviaria è stata approvata dal CIPE con la Delibera n. 78/2003 (Progetto Preliminare) e con Delibera n. 80/2006 (Progetto Definitivo); con Deliberazione della Giunta Comunale n. 1261 del 15.12.2005 il Comune di Genova ha espresso parere favorevole sul progetto definitivo delle opere per la realizzazione della tratta ferroviaria AV/AC – Milano / Genova – Terzo Valico dei Giovi – con le indicazioni meglio specificate nelle premesse del provvedimento stesso e negli allegati tecnici prodotti dai civici uffici.

La Deliberazione CIPE n. 101/2009 ha reso disponibile l'importo relativo alla costruzione di un primo lotto costruttivo comprendente, tra l'altro, l'adeguamento preliminare delle infrastrutture viarie come da progetto, la realizzazione di alcuni cantieri funzionali all'esecuzione di tratti dell'opera ferroviaria ed in particolare, tra le altre, la finestra Polcevera, la Galleria di Linea Campasso, e la predisposizione degli imbocchi di Galleria di Valico.

Lo stesso CIPE, con Deliberazione n. 84/2010 in data 18.11.2010, ha autorizzato, ai sensi dell'articolo 2, commi 232 e seguenti, della legge 23 dicembre 2009, n. 191 (legge finanziaria 2010), l'avvio della realizzazione della “Linea AV/AC Milano – Genova Terzo Valico dei Giovi” in 6 lotti costruttivi, contestualmente individuati, ed ai sensi dell'articolo 2, comma 232 della medesima legge ha autorizzato il primo lotto costruttivo dell'Opera, con l'impegno programmatico di finanziare l'intera Opera.

In data 11 novembre 2011 è stato sottoscritto tra RFI ed il Consorzio COCIV (Consorzio Collegamenti Integrati Veloci), l'Atto Integrativo alla Convenzione per la progettazione e la realizzazione dei lavori della tratta AV/AC – Milano - Genova Terzo Valico dei Giovi e, nell'ambito dei rapporti contrattuali tra RFI e COCIV, è previsto che sia quest'ultimo a curare i rapporti con le Autorità, gli Enti Gestori e gli altri soggetti terzi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti
	Foglio 5 di 28

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ✓ **D.M. 11 Marzo 1988** *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.
- ✓ **Circ. Min. LL.PP. n°30483, 24 Settembre 1988** Istruzioni relative alle *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Alla luce delle prove eseguite, delle evidenze di cantiere e delle interpretazioni date nell'ambito della relazione geologico-geotecnica IG51-00-E-CV-RO-CA0501-002-B00, è possibile definire la seguente stratigrafia ed i relativi parametri geotecnici di riferimento per i terreni naturali:

Tabella 3-1: riepilogo della stratigrafia di progetto e dei parametri geotecnici di riferimento.

Unità	Sigla	Peso di volume γ (kN/m ³)	Coesione c' (kN/m ²)	Angolo di resistenza a taglio ϕ' (°)
Orizzonte superficiale (Coltri) – Zona centro-settentrionale	C1	19 (18÷20)	13 (10÷15)	27 (26÷28)
Orizzonte superficiale (Coltri) – Zona centro-meridionale	C2	19 (18÷20)	17 (15÷20)	31 (30÷32)
Orizzonte superficiale (Alluvioni)	AL	20 (19÷20)	3 (2÷6)	35 (32÷38)
Orizzonte profondo (Argilloscisti)	BR	22 (21÷24)	120 (100÷200)	24 (24÷25)

Per quanto attiene ai materiali da costruzione, si dovrà fare riferimento ai seguenti parametri geotecnici:

Tabella 3-2: riepilogo dei parametri geotecnici di riferimento per i materiali da costruzione.

Materiale	Peso di volume γ (kN/m ³)	Coesione c' (kN/m ²)	Angolo di resistenza a taglio ϕ' (°)
Smarino per drenaggi e rinterri	20 (20÷21)	0	35
Terreno derivante dagli scavi in sito	19 (18÷20)	0	27 (26÷28)

In particolare, sarà necessario verificare che il materiale di smarino impiegato per i drenaggi ed i rinterri soddisfi i parametri geotecnici minimi riportati nella Tabella 3-2.

Laddove sono previsti consolidamenti in calcestruzzo del terreno di fondazione (sezione 13), si assume un terreno equivalente caratterizzato da angolo di resistenza al taglio nullo e coesione intermedia tra quella del terreno naturale e la resistenza al taglio τ_{c0} tipica di un conglomerato cementizio C20/25 (500 kPa ca.), coerentemente con il criterio di rottura alla Mohr-Coulomb. Nello specifico, per il materiale "consolidamento" si assume $\gamma=22\text{kN/m}^3$, $\phi'=0$ e $c'=250\text{kPa}$.

3.2. Sezioni di verifica in configurazione definitiva

Sono state prese in considerazione sette diverse sezioni di verifica, tra le 13 rappresentate in Figura 3-1, e ad ognuna di esse è stata associata una stratigrafia sulla base delle indagini descritte nella relazione geologico-geotecnica IG51-00-E-CV-RO-CA0501-002-B00, come rappresentato nelle seguenti Figura 3-2, Figura 3-3, Figura 3-4, Figura 3-5, Figura 3-6, Figura 3-7, Figura 3-8.

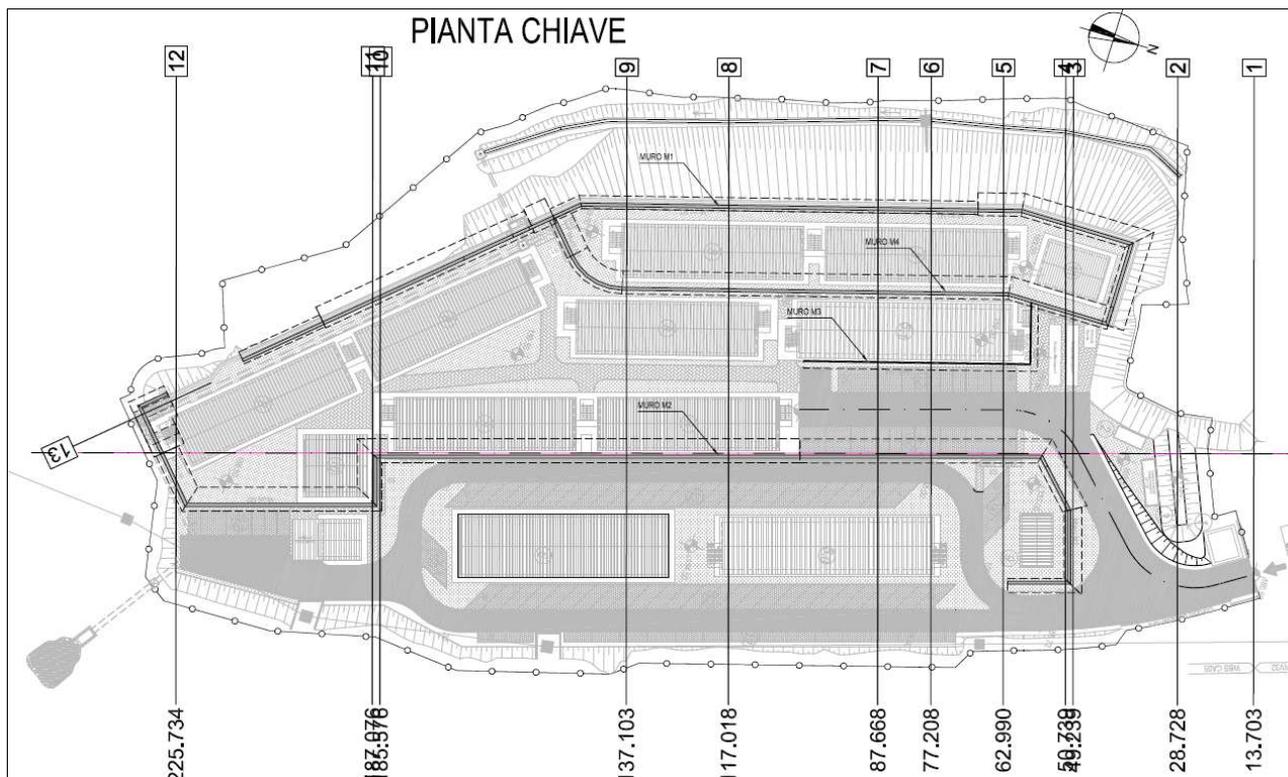


Figura 3-1: pianta chiave.

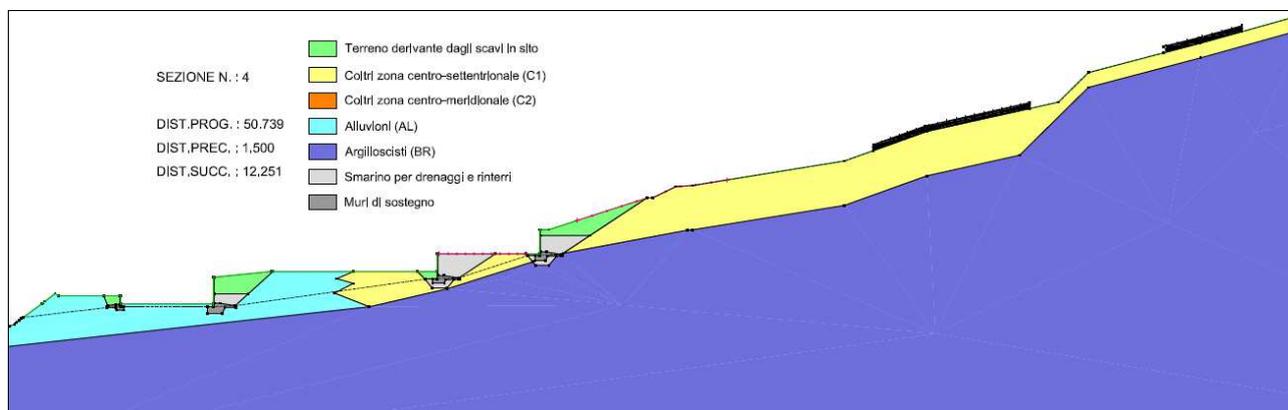


Figura 3-2: sezione n.4, configurazione definitiva.

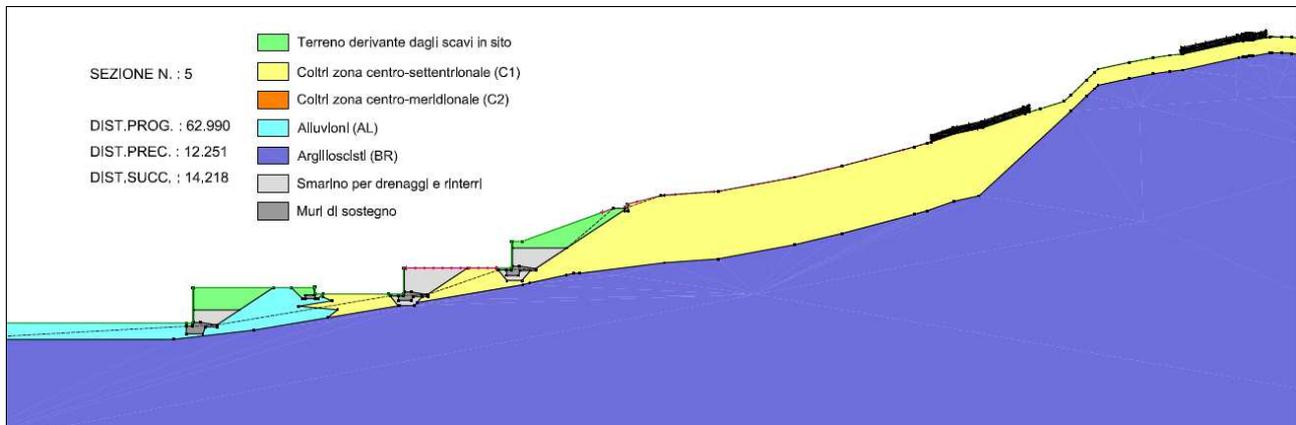


Figura 3-3: sezione n.5, configurazione definitiva.

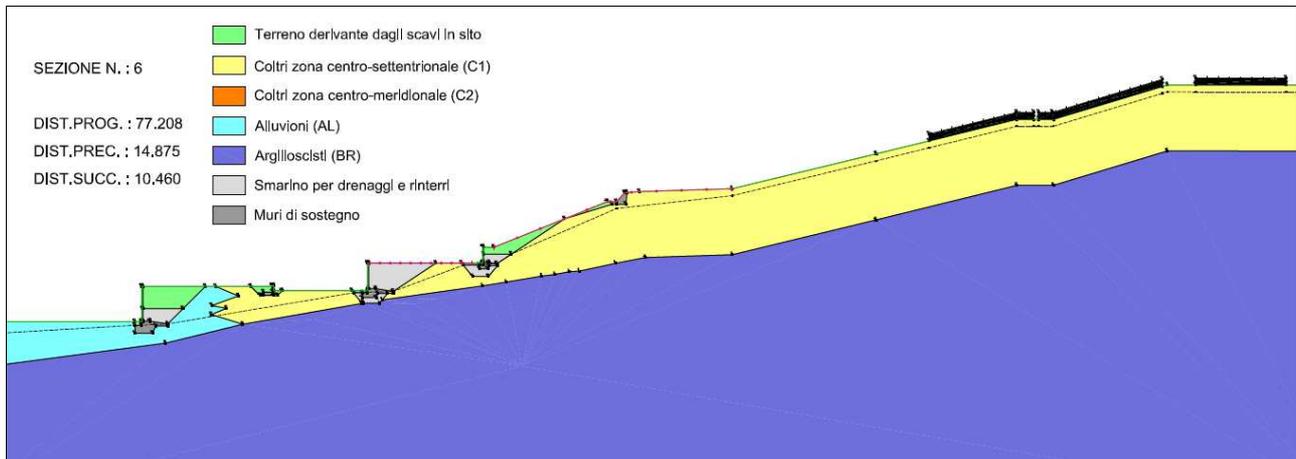


Figura 3-4: sezione n.6, configurazione definitiva.

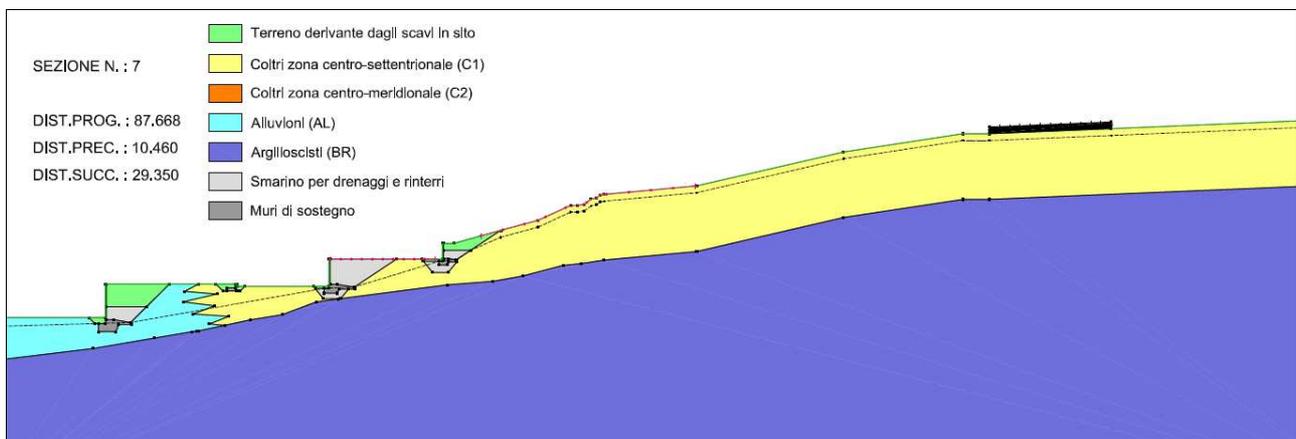


Figura 3-5: sezione n.7, configurazione definitiva.

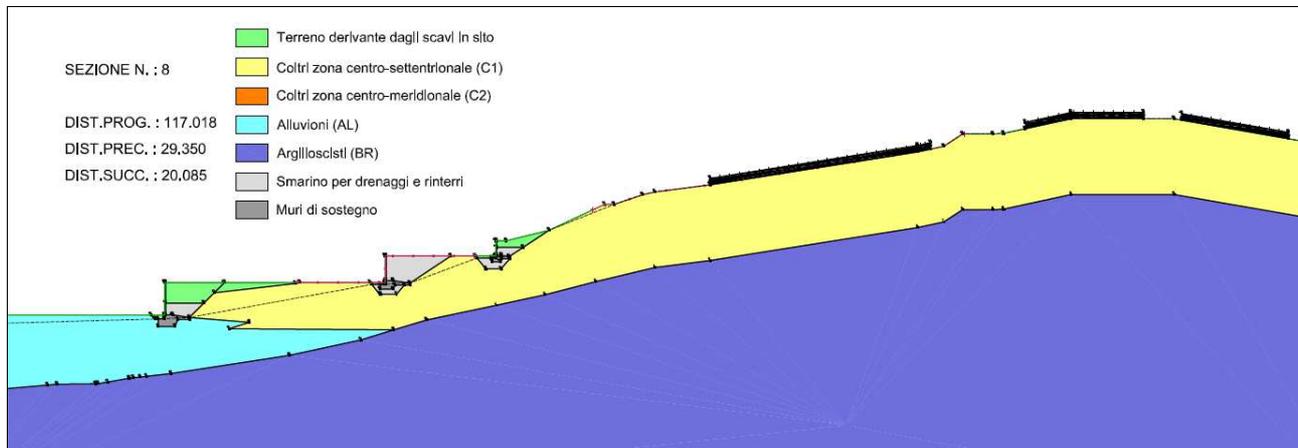


Figura 3-6: sezione n.8, configurazione definitiva

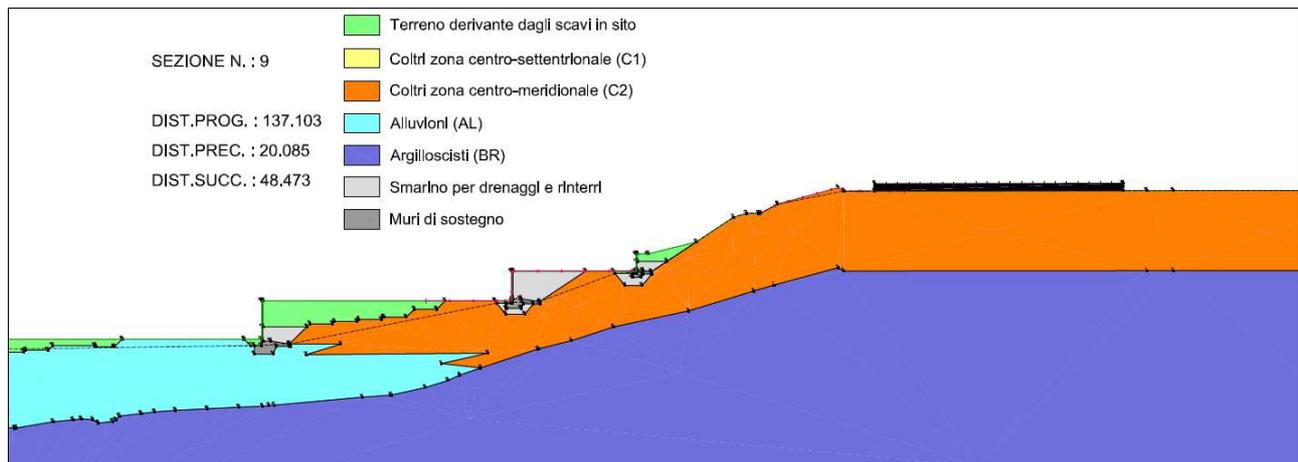


Figura 3-7: sezione n.9, configurazione definitiva.



Figura 3-8: sezione n.13, configurazione definitiva.

3.3. Sezioni di verifica in configurazione provvisoria

Le medesime sezioni analizzate in configurazione definitiva, descritte al paragrafo precedente, sono verificate anche nella configurazione transitoria in cui sono realizzati gli scavi ma non muri e rinterri, come rappresentato nelle seguenti Figura 3-9, Figura 3-10, Figura 3-11, Figura 3-12, Figura 3-13, Figura 3-14, Figura 3-15.

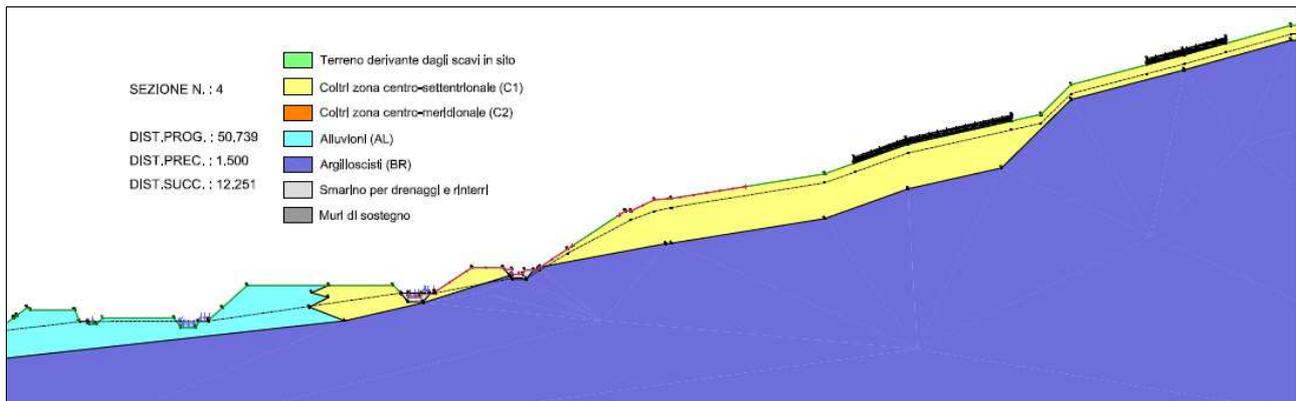


Figura 3-9: sezione n.4, configurazione provvisoria.

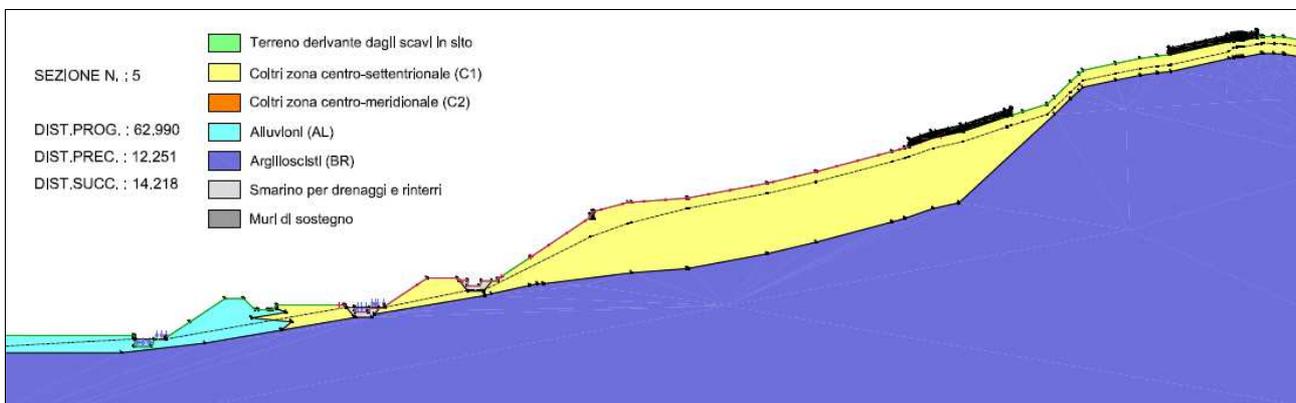


Figura 3-10: sezione n.5, configurazione provvisoria.

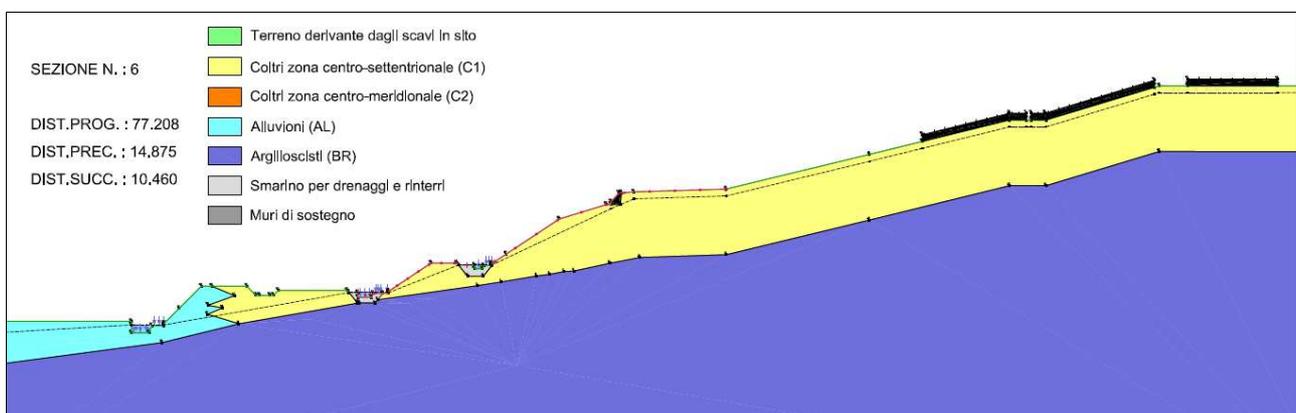


Figura 3-11: sezione n.6, configurazione provvisoria.

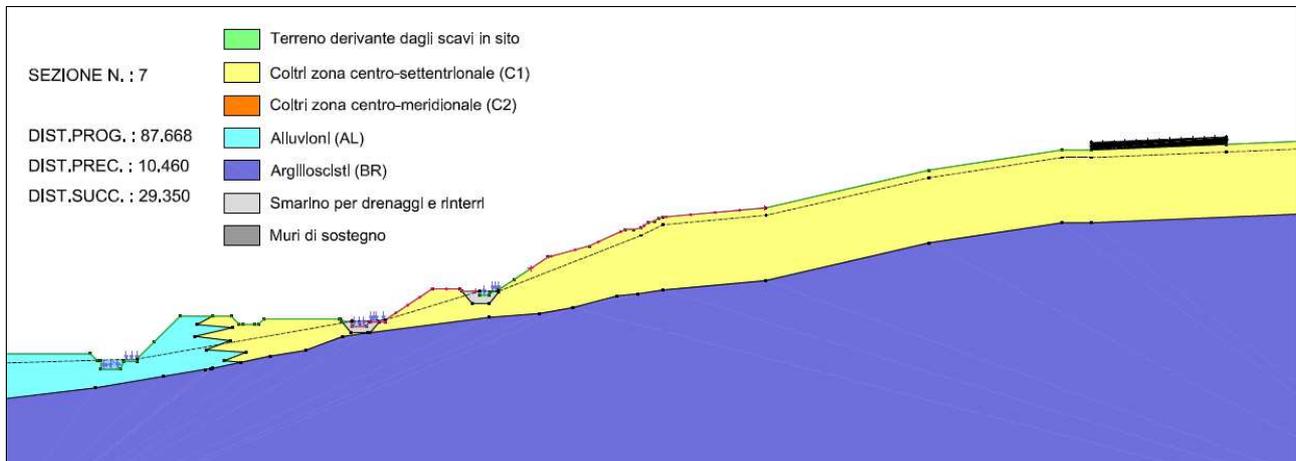


Figura 3-12: sezione n.7, configurazione provvisoria.

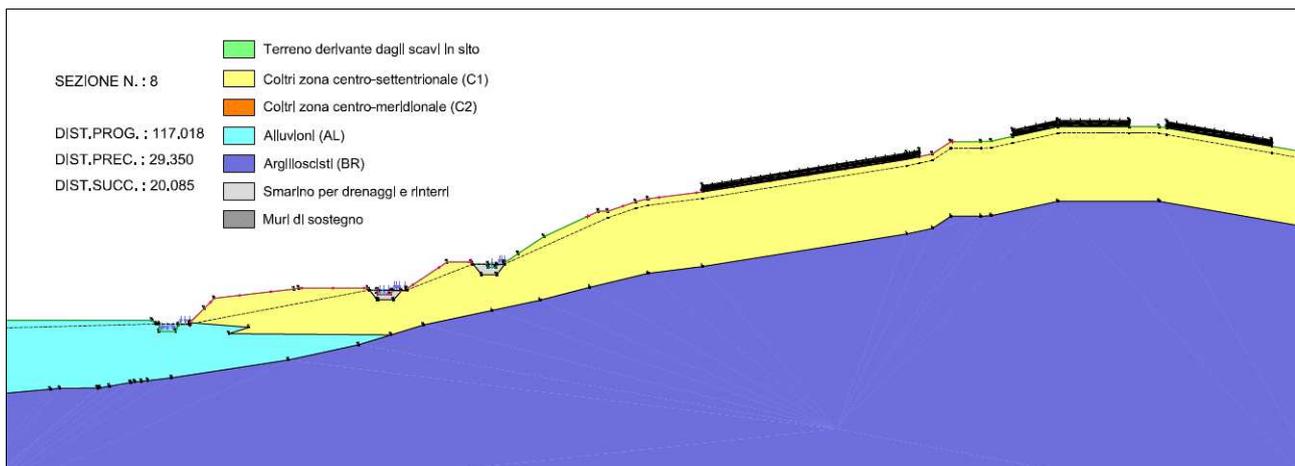


Figura 3-13: sezione n.8, configurazione provvisoria.

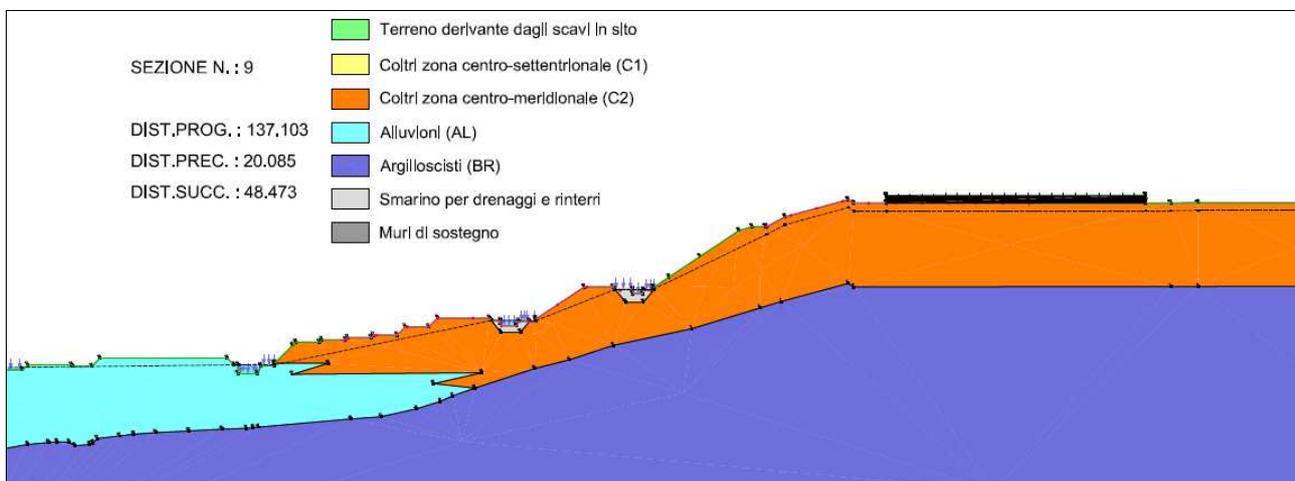


Figura 3-14: sezione n.9, configurazione provvisoria.



Figura 3-15: sezione n.13, configurazione provvisoria.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti</p> <p style="text-align: right;">Foglio 13 di 28</p>

4. AZIONI E CONDIZIONI DI CARICO

4.1. Azioni e falda

4.1.1. *Pesi propri*

I pesi propri dei terreni sono determinati sulla base dei valori di calcolo dei pesi specifici indicati nel capitolo 3, e sulla base delle geometrie e stratigrafie dei modelli.

4.1.2. *Carichi e sovraccarichi*

Al fine delle analisi di stabilità è stato considerato un sovraccarico pari a 20.0 kPa in corrispondenza degli edifici sovrastanti la zona di intervento, atto a rappresentarne il peso.

4.1.3. *Azione sismica di riferimento*

Dalla classificazione proposta dal D.G.R. Liguria del 19/11/2010 n°1362 il Comune di Campomorone è classificato in zona 3, ossia interessato da un rischio sismico basso ($p_{ga}=0.15g$).

Questo risultato trova conferma nei terremoti registrati in Liguria dal gennaio 1982 fino al novembre 2000 (dati del "Catalogo sismico 1982-2000" edito dalla Regione Piemonte in collaborazione con l'Università di Genova), che indicano come l'area oggetto di studio sia interessata in maniera limitata da eventi sismici e come questi siano caratterizzati perlopiù da profondità e magnitudo medio-bassa.

Si assume pertanto un grado di sismicità $S=6$, cui corrisponde un coefficiente di intensità sismica

$$C = \frac{S - 2}{100} = 0,04$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti
	Foglio 14 di 28

4.1.4. Falda

La posizione della falda condiziona fortemente le verifiche di stabilità. Non essendo questa nota a priori, si assumono due diverse condizioni di falda, entrambe associabili ad eventi pluviometrici intensi, di seguito descritte:

- FALDA MASSIMA: la falda è posta approssimativamente a piano campagna a monte della zona di intervento e a livello dell'interfaccia tra scavo e rinterro (drenante) a tergo del muro M1. Proseguendo verso valle la linea piezometrica collega le due trincee drenanti sottostanti ai muri M1 ed M4, supposte piene, e la base del drenaggio a tergo del muro M2;
- FALDA A -1 m DA P.C.: del tutto analoga al caso precedente, ma con falda ad 1 m di profondità rispetto al piano campagna a monte della zona di intervento.

La falda massima è considerata una condizione eccezionale, e pertanto non è associata all'evento sismico. La falda a -1 m da p.c., ritenuta un evento più probabile, è invece considerata in concomitanza dell'evento sismico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti
	Foglio 15 di 28

5. STABILITÀ DEI RILEVATI

5.1. Codice di calcolo

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il programma di calcolo "Slope/W" della Geo-Slope International (Canada). Slope/W consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalla idrostatica, di sollecitazioni sismiche per via statica equivalente, di tiranti di ancoraggio e altre opere di rinforzo e sostegno. Esso è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scivolamento e quella mobilitata dal moto incipiente dell'intera massa contenuta dalla superficie stessa. Il criterio di rottura adottato per il terreno è quello classico di Mohr-Coulomb. La valutazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata per tentativi, generando un grande numero di superfici con un algoritmo pseudo-casuale.

Il programma è in grado di effettuare le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo differenti criteri. Nel caso in esame l'analisi è stata sviluppata con superfici circolari adottando il metodo di Morgenstern e Price.

5.2. Verifiche di stabilità in configurazione definitiva

Nelle figure seguenti sono rappresentate le superfici di scorrimento critiche ed i relativi coefficienti di sicurezza valutati per ognuna delle sezioni descritte al §3.2 nelle due seguenti condizioni:

- Condizione statica, cui è associata la falda massima;
- Condizione sismica, cui è associata la falda a -1m dal piano campagna.

Fa eccezione la sola sezione 13, per la quale è considerata una sola condizione con falda massima e sisma. In Tabella 5-1 sono riassunti i coefficienti di sicurezza ottenuti per le sette sezioni esaminate, in configurazione definitiva.

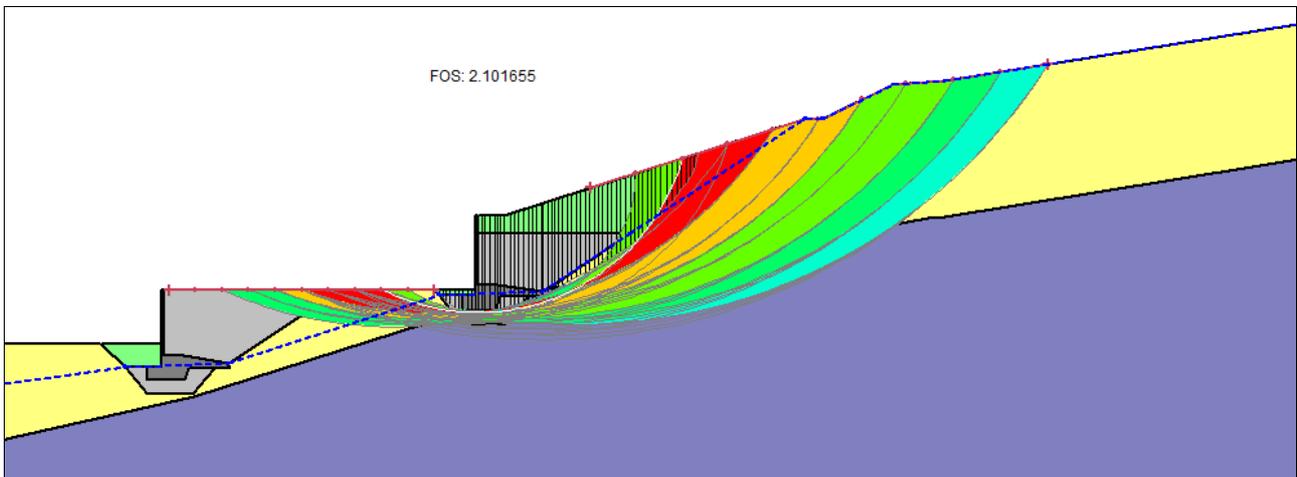


Figura 5-1: sezione 4, configurazione definitiva, condizione statica.

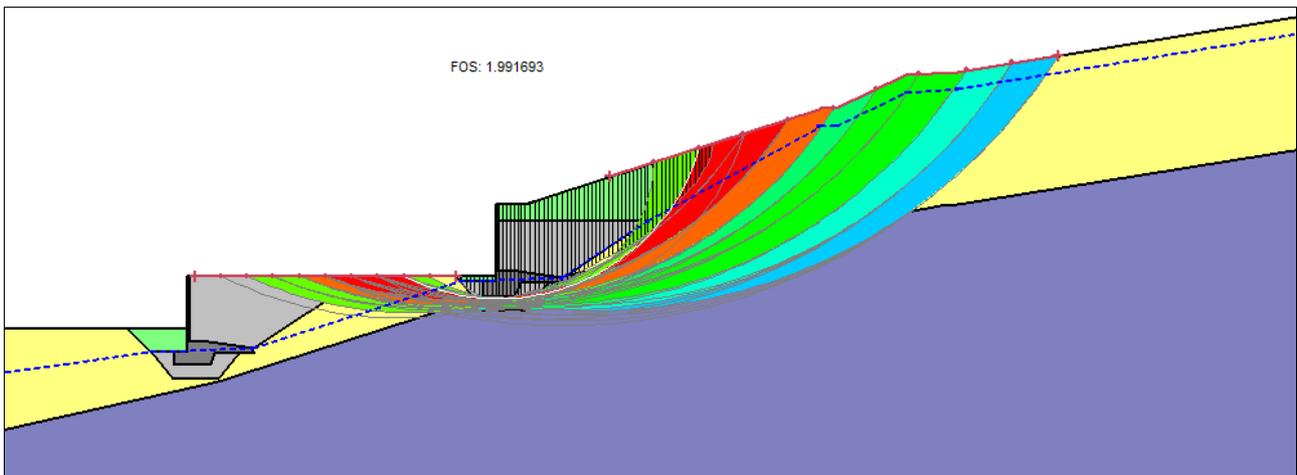


Figura 5-2: sezione 4, configurazione definitiva, condizione sismica.

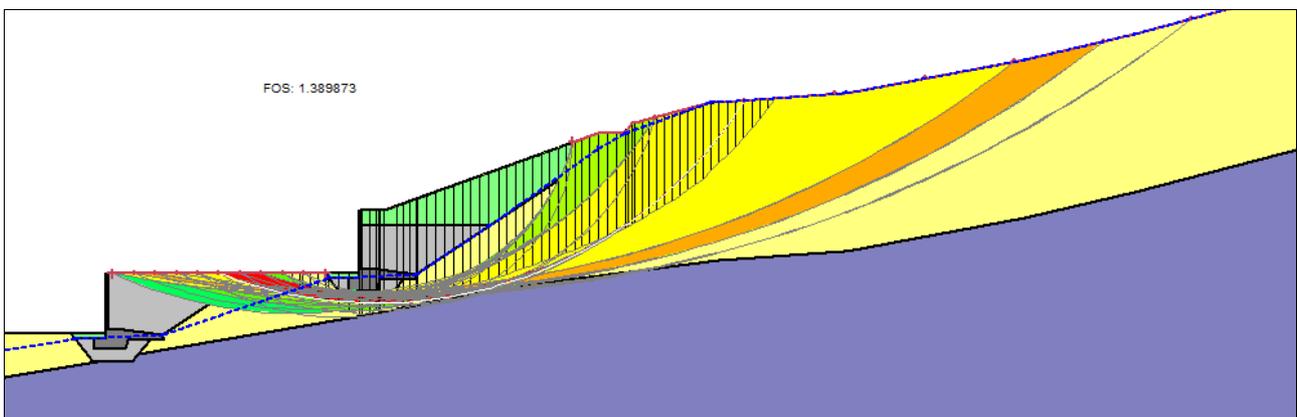


Figura 5-3: sezione 5, configurazione definitiva, condizione statica.

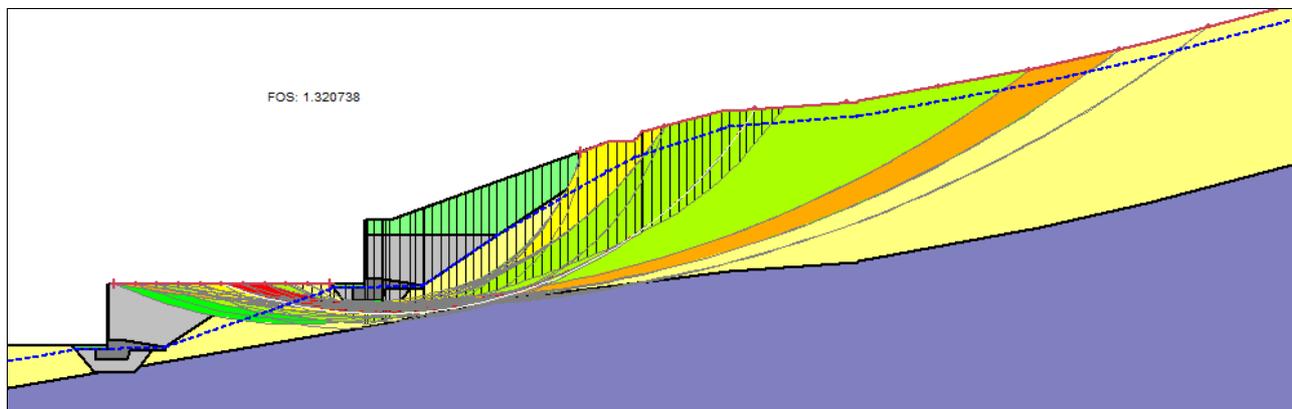


Figura 5-4: sezione 5, configurazione definitiva, condizione sismica.

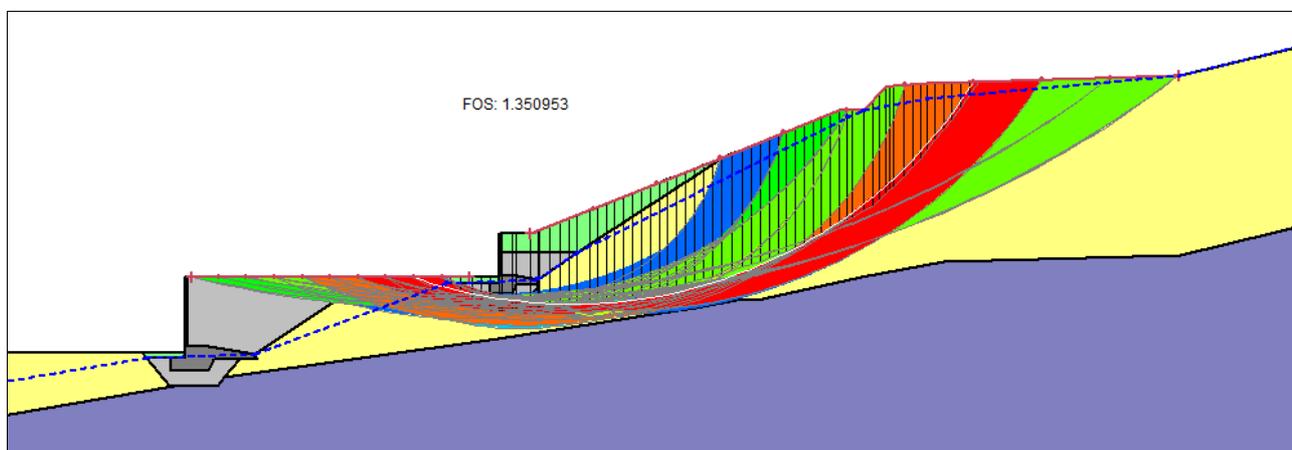


Figura 5-5: sezione 6, configurazione definitiva, condizione statica.

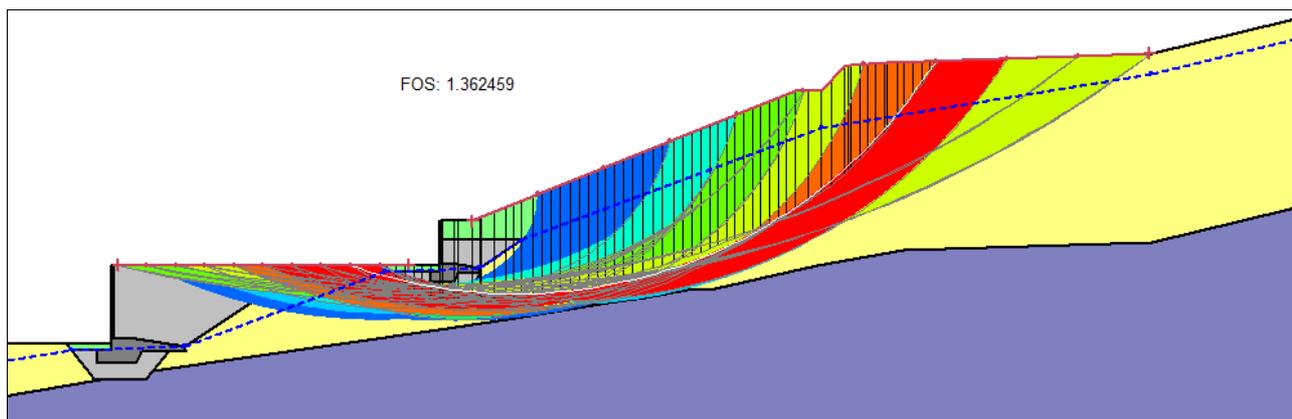


Figura 5-6: sezione 6, configurazione definitiva, condizione sismica.

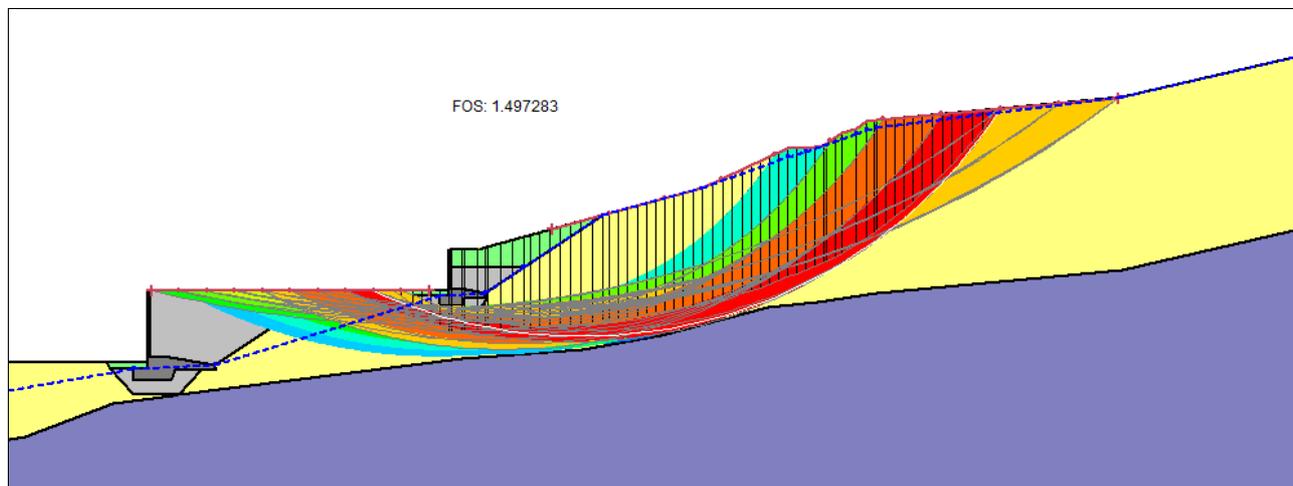


Figura 5-7: sezione 7, configurazione definitiva, condizione statica.

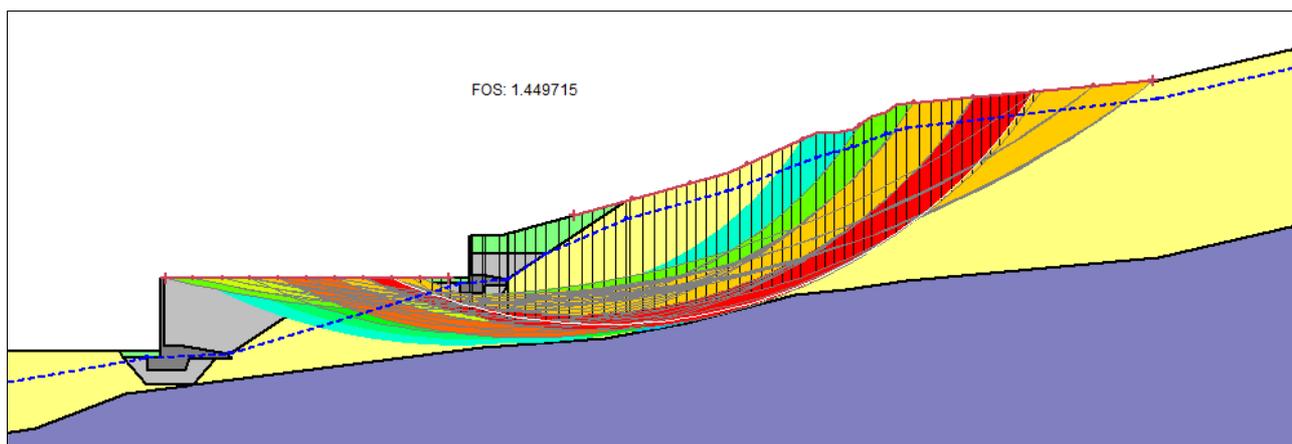


Figura 5-8: sezione 7, configurazione definitiva, condizione sismica.

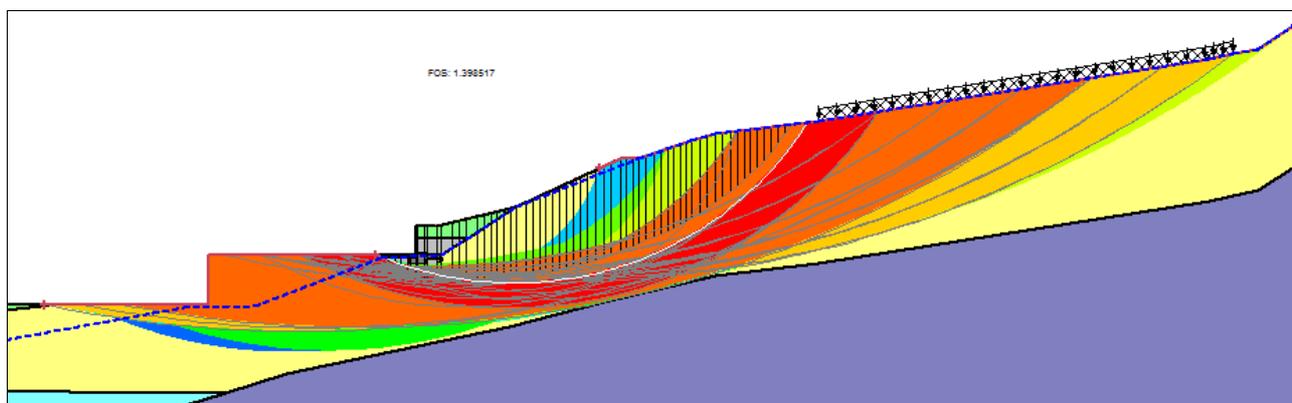


Figura 5-9: sezione 8, configurazione definitiva, condizione statica.

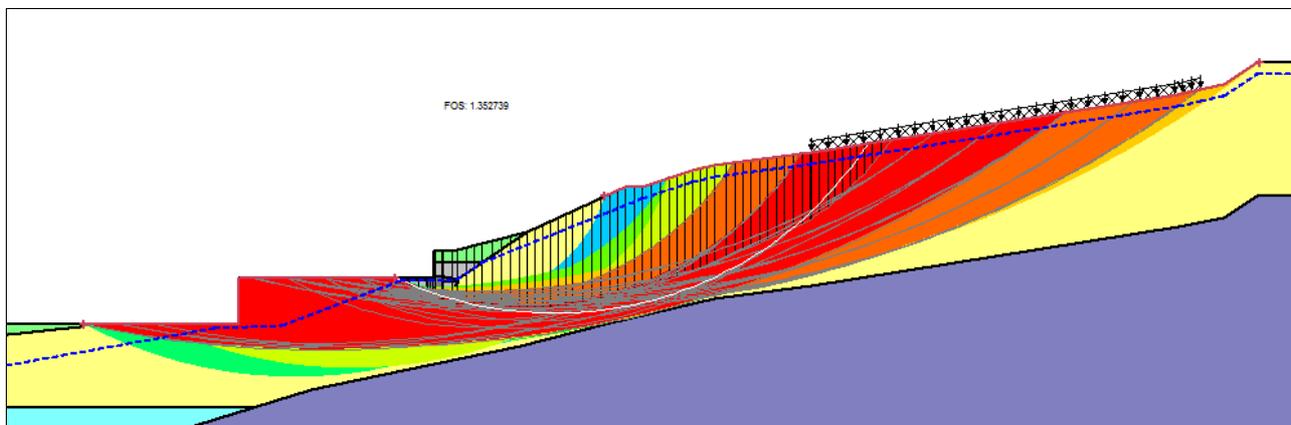


Figura 5-10: sezione 8, configurazione definitiva, condizione sismica.

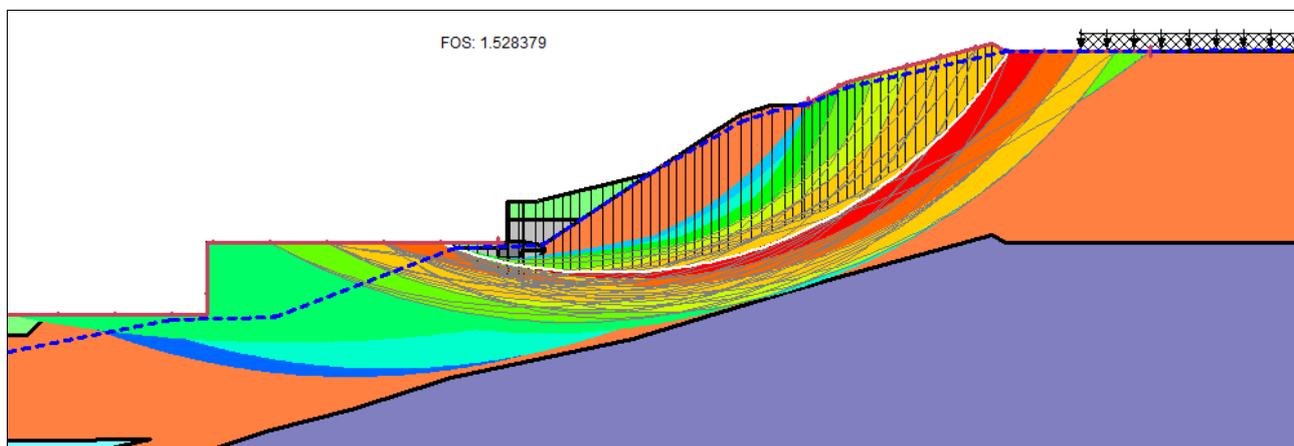


Figura 5-11: sezione 9, configurazione definitiva, condizione statica.

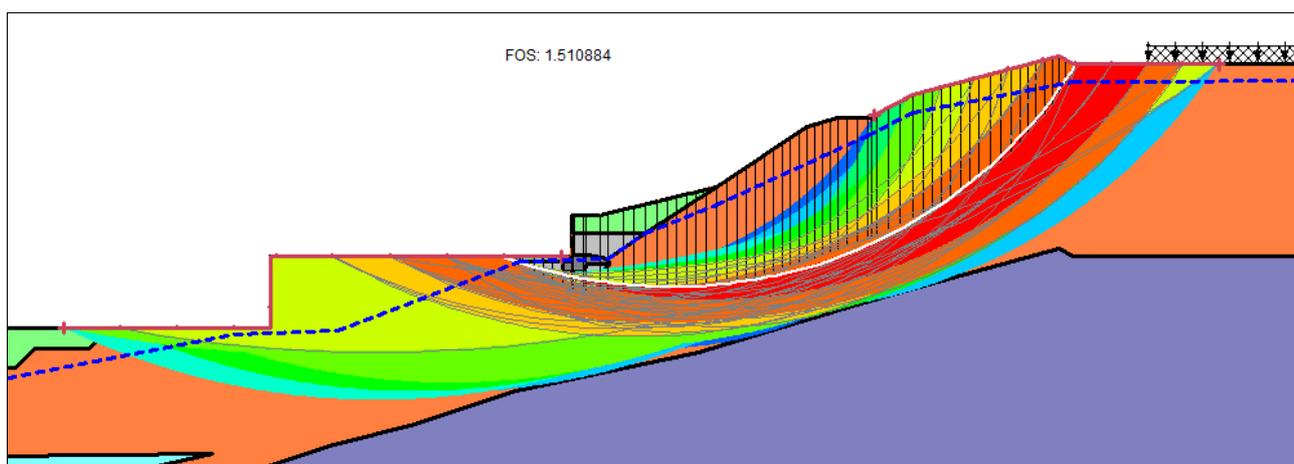


Figura 5-12: sezione 9, configurazione definitiva, condizione sismica.

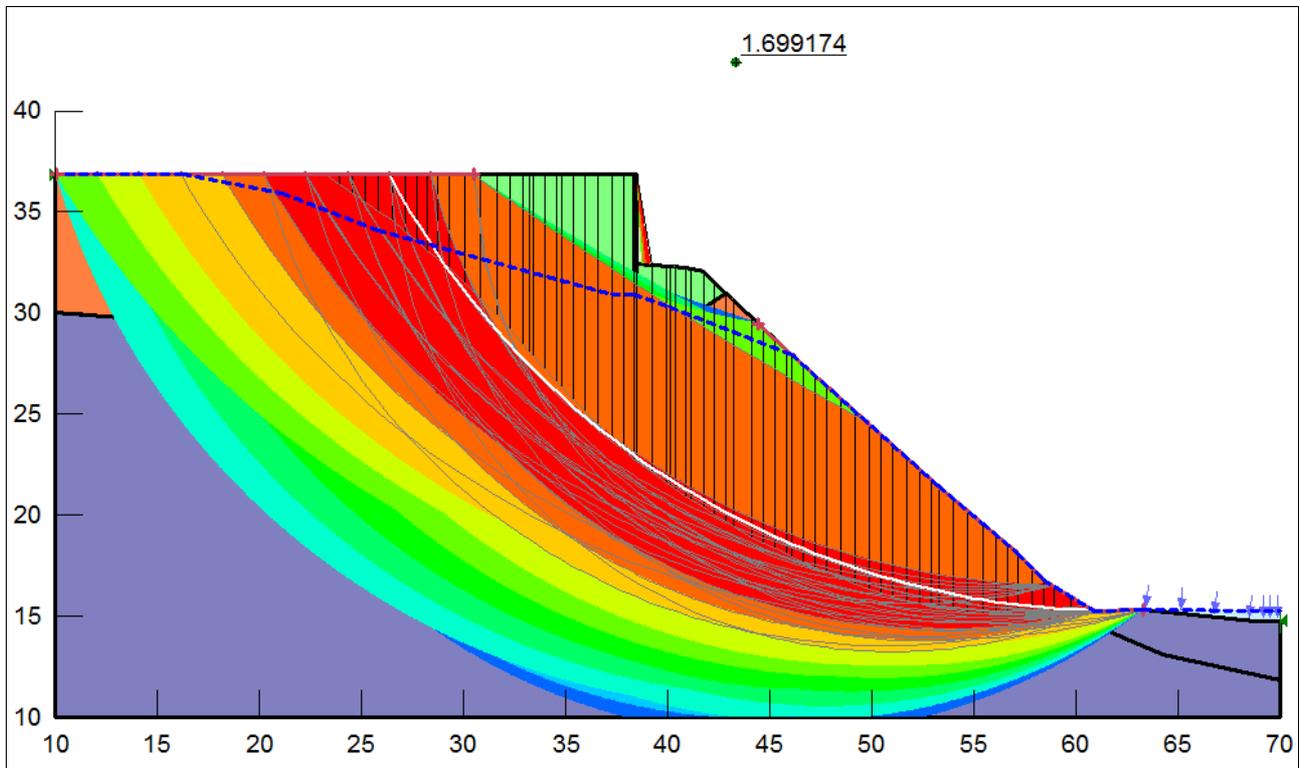


Figura 5-13: sezione 13, configurazione definitiva, condizione sismica.

Tabella 5-1: sintesi dei fattori di sicurezza ottenuti in configurazione definitiva.

FATTORI DI SICUREZZA – CONFIGURAZIONE DEFINITIVA		
SEZIONE	CONDIZIONE STATICA - FALDA MASSIMA	CONDIZIONE SISMICA – FALDA A - 1m DA P.C.
4	2.10	1.99
5	1.39	1.32
6	1.35	1.36
7	1.50	1.45
8	1.40	1.35
9	1.53	1.51
13	-	1.70

Come appare evidente, nelle condizioni assunte le scarpate in configurazione definitiva risultano tutte verificate.

5.3. Verifiche di stabilità in configurazione provvisoria

Nelle figure seguenti sono rappresentate le superfici di scorrimento critiche ed i relativi coefficienti di sicurezza valutati per ognuna delle sezioni descritte al §3.3 nella sola condizione statica e con falda a -1m da p.c..

In

Tabella 5-2 sono riassunti i coefficienti di sicurezza ottenuti per le sette sezioni esaminate, in configurazione provvisoria.

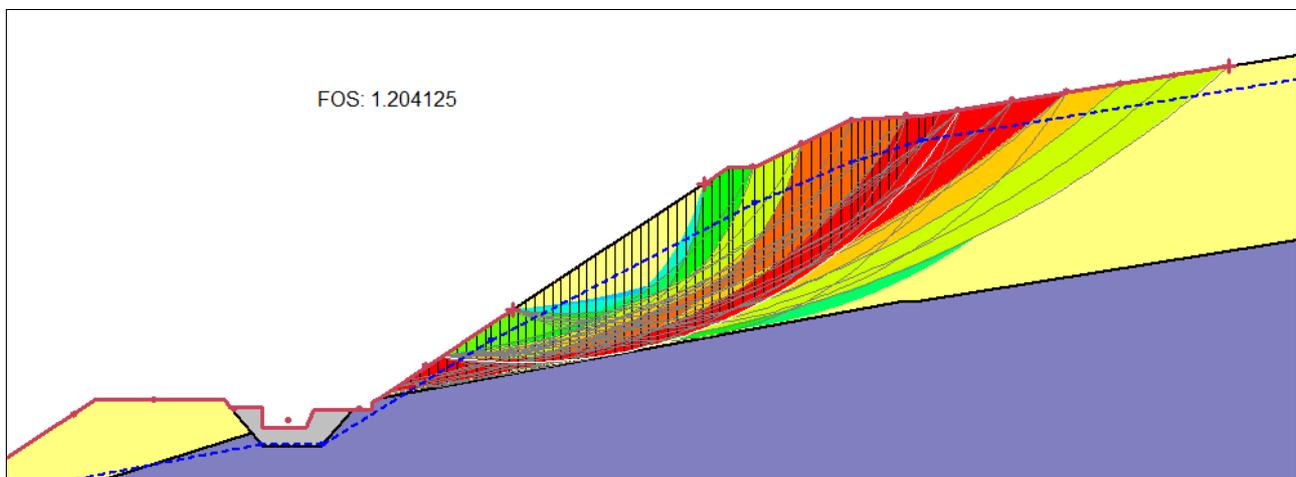


Figura 5-14: sezione 4, configurazione provvisoria.

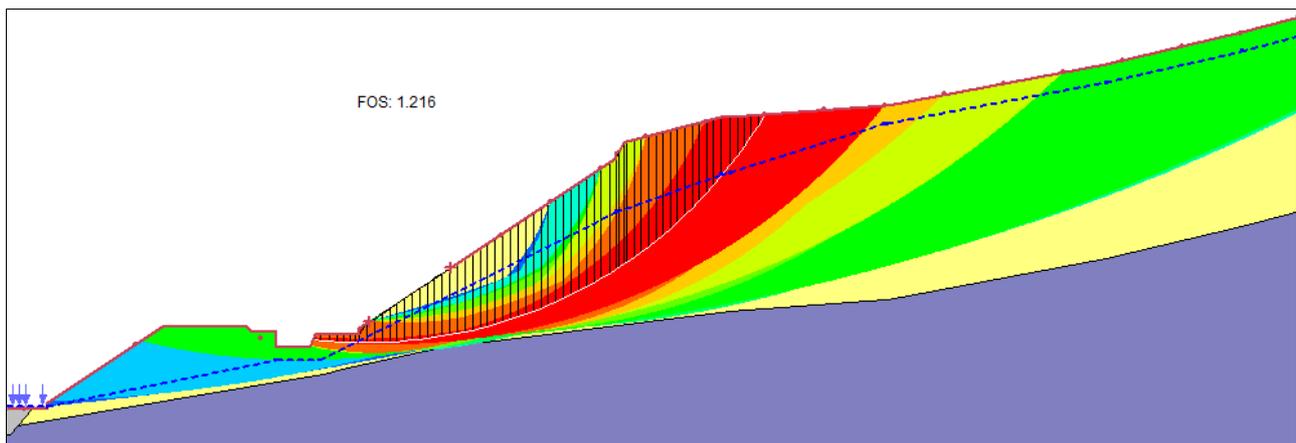


Figura 5-15: sezione 5, configurazione provvisoria.

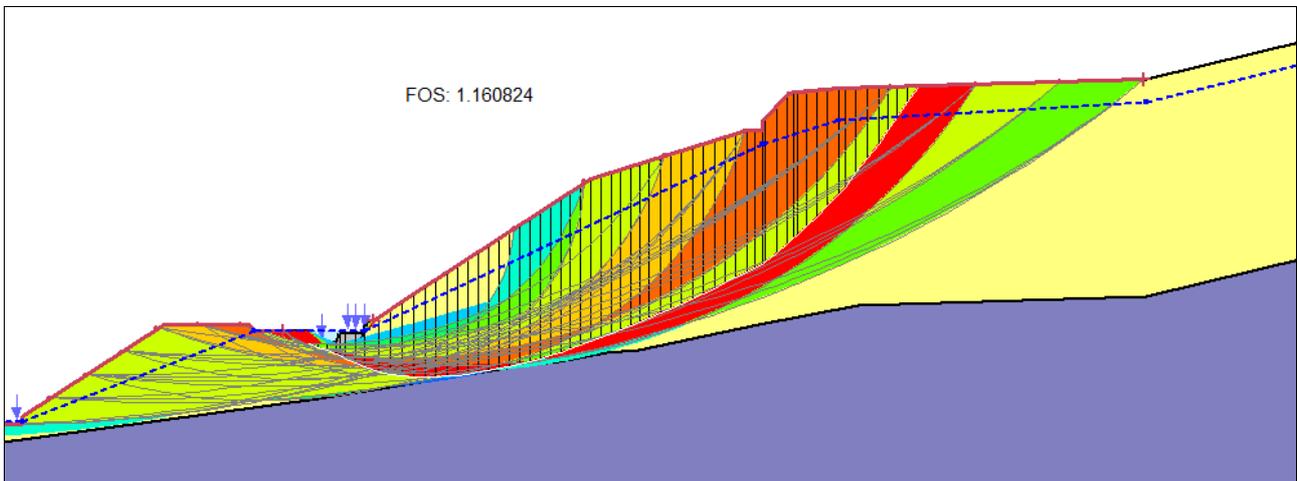


Figura 5-16: sezione 6, configurazione provvisoria.

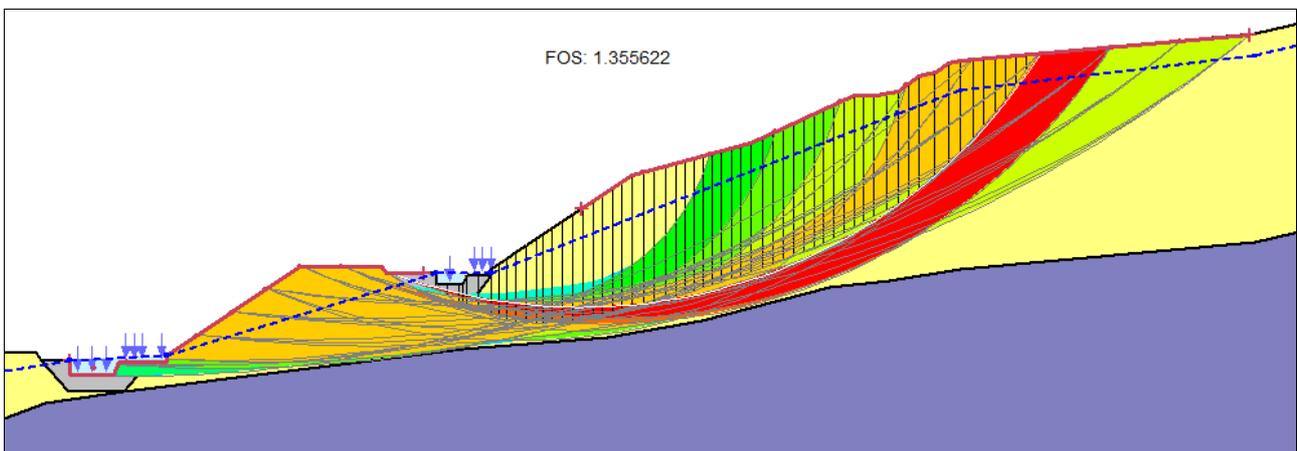


Figura 5-17: sezione 7, configurazione provvisoria.

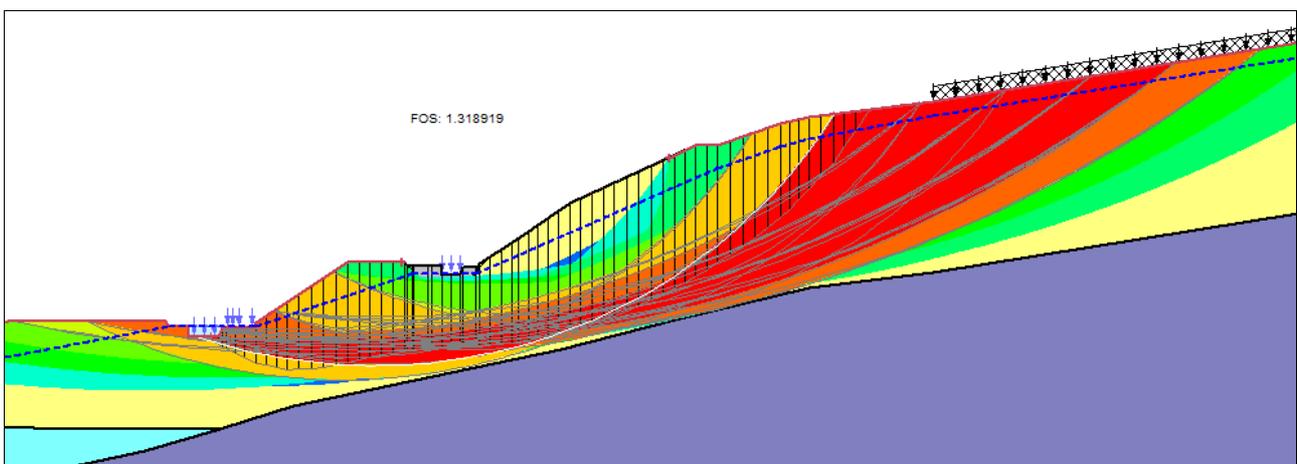


Figura 5-18: sezione 8, configurazione provvisoria.

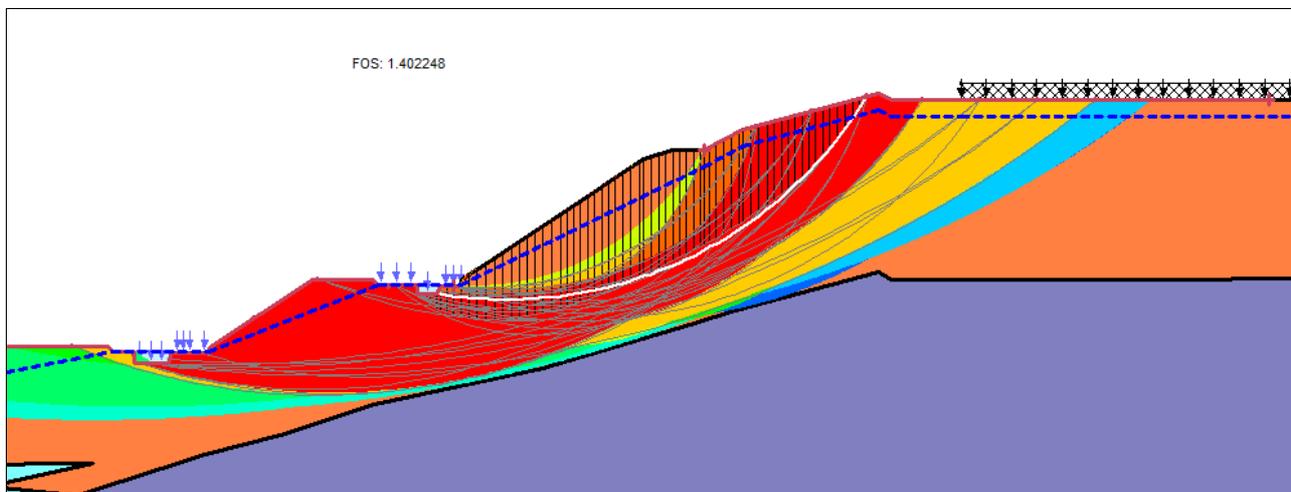


Figura 5-19: sezione 9, configurazione provvisoria.

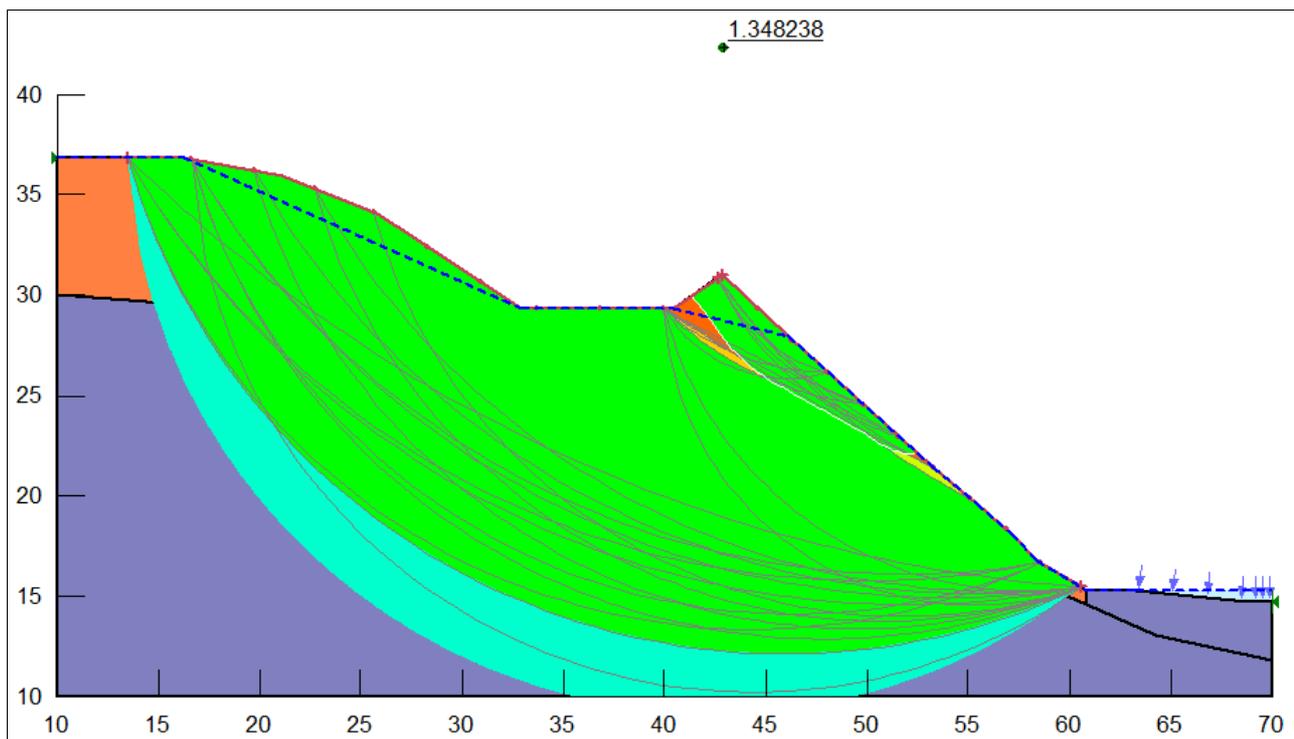


Figura 5-20: sezione 13, configurazione provvisoria.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti
	Foglio 24 di 28

Tabella 5-2: sintesi dei fattori di sicurezza ottenuti in configurazione provvisoria.

FATTORI DI SICUREZZA – CONFIGURAZIONE PROVVISORIA	
SEZIONE	CONDIZIONE STATICA - FALDA A -1m DA P.C.
4	1.20
5	1.22
6	1.16
7	1.36
8	1.32
9	1.40
13	1.35

5.4. Prescrizioni e fasi di scavo

Dalle verifiche riassunte in

Tabella 5-2 emerge che i coefficienti di sicurezza nei confronti della verifica di stabilità globale delle sezioni 4, 5 e 6 in fase provvisoria sono superiori all'unità ma inferiori al valore di normativa (1,3). Tali valori sono tuttavia calcolati sulla base dell'ipotesi di "problema piano", ossia pendio indefinitamente esteso in direzione longitudinale e con sezione costante. La sicurezza nei confronti della stabilità globale può essere pertanto incrementata procedendo per fasi, ossia aprendo fronti di scavo di larghezza non superiore rispetto alla dimensione delle superfici di scorrimento critiche individuate (20-30 m), in maniera tale da coinvolgere l'attrito laterale come contributo stabilizzante. Al contempo sarà utile abbancare il materiale di risulta a lato degli scavi, con funzione di appesantimento al piede. Le fasi sono schematicamente rappresentate nelle Figura 5-21, Figura 5-22 e Figura 5-23 e di seguito descritte:

FASE 1

Realizzazione della porzione di muro di altezza pari a 2,6 m. Rinterro e profilatura delle scarpate definitive a tergo dello stesso, salvo raccordo con la scarpata esistente in prossimità della sezione 6, ove il rinterro sarà parziale.

Scavo propedeutico alla realizzazione dei successivi 20 m di muro e trincea drenante. Contestualmente, il materiale di risulta dagli scavi dovrà essere abbancato a ridosso ed al piede della scarpata esistente in corrispondenza della porzione di muro da realizzare in fase successiva, a destra, ed al piede del muro già realizzato, a sinistra (circa metà del materiale a destra e metà a sinistra dello scavo)

FASE 2

Realizzazione di trincea drenante e muro in corrispondenza dello scavo realizzato in fase 1b, rinterro e profilatura delle scarpate definitive a tergo dello stesso, salvo raccordo con la scarpata esistente in prossimità della sezione 3, ove il rinterro sarà parziale. Rimozione del materiale abbancato in fase 1b.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-00-E-CV-RO-CA05-01-003-B00 Relazione sulla stabilità di scavi e riporti</p>	<p>Foglio 25 di 28</p>

Scavo propedeutico alla realizzazione dei rimanenti 30 m ca. di muro e sottostante trincea drenante. Abbancamento del materiale di risulta dagli scavi al piede delle porzioni di muro già realizzate.

FASE 3

Realizzazione degli ultimi 30 m ca. di muro e trincea drenante, rinterro a tergo e profilatura delle scarpate definitive. Rimozione del materiale abbancato in fase 2b.

Durante tutte le fasi sopra descritte, le porzioni di trincea drenante realizzate, sottostanti i muri M1 ed M4, dovranno essere funzionanti, in modo tale da perseguire un abbattimento della falda a monte.

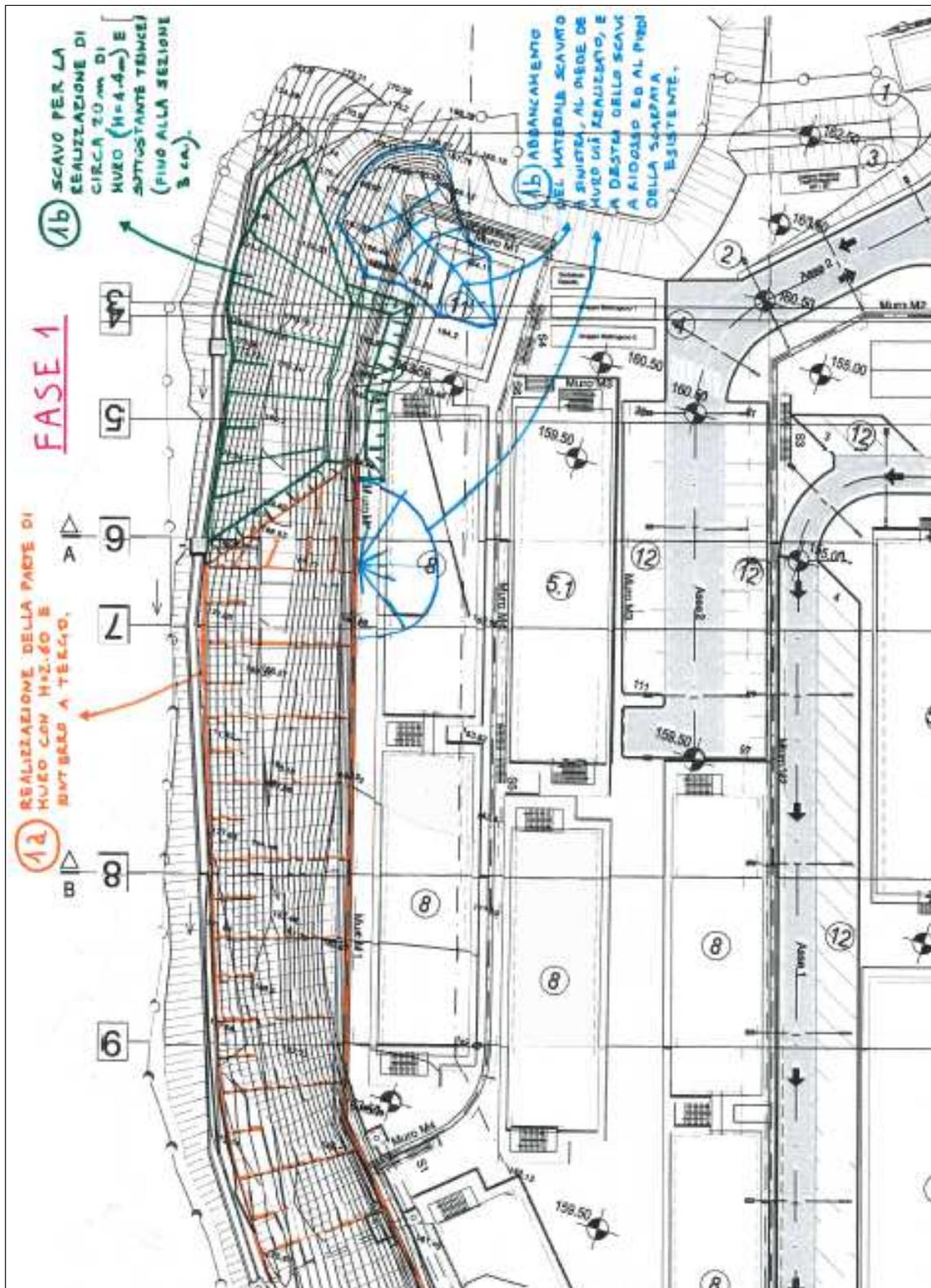


Figura 5-21: fase 1.

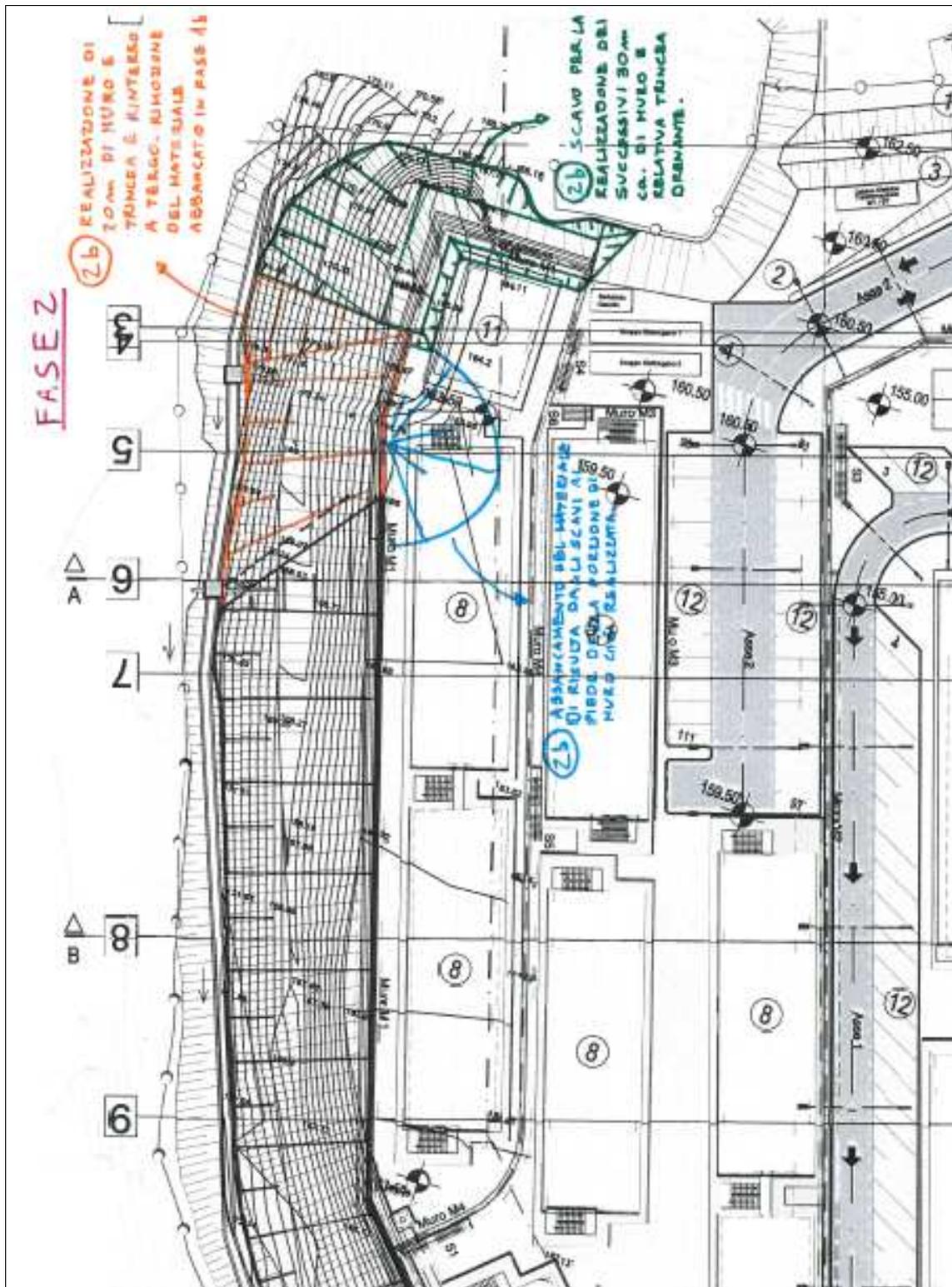


Figura 5-22: fase 2.

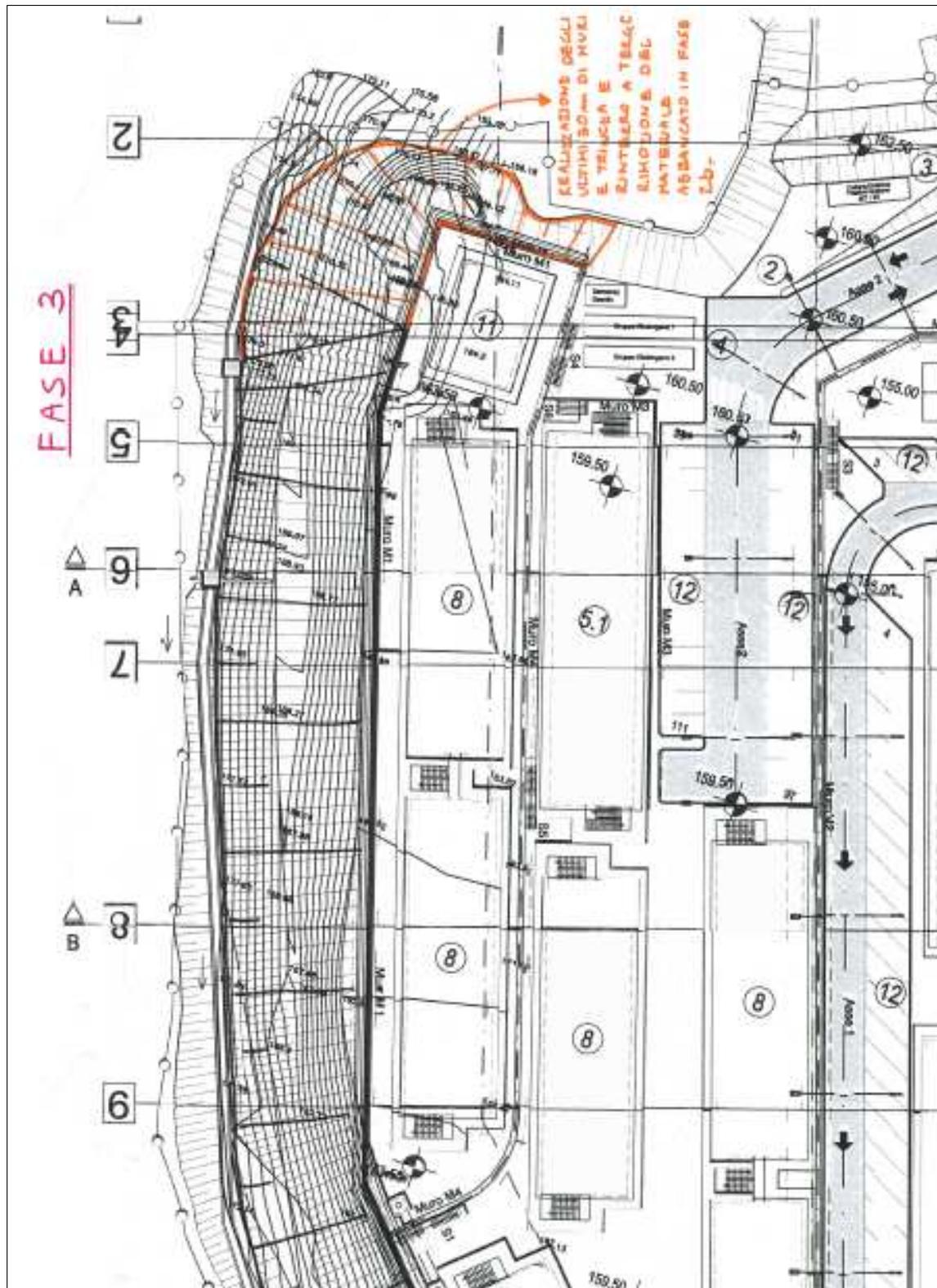


Figura 5-23: fase 3.