

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE



CUP: J71H92000020011

**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

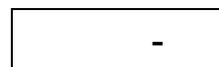
**VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA**

**QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA**

**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO**

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

SCALA:



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

I Q 0 1    0 1    R    2 6    R H    R I 0 0 0 0    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Settembre 2021	N. Carella	Settembre 2021	M. Berlingieri	Settembre 2021	A. Perego Settembre 2021

File IQ0101R26RHRI0000001A

n. Elab.:



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IQ01

01

R 26

RH RI0000 001

A

2 di 95

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>5</b>
3.1	UNITÀ GEOTECNICHE	5
3.2	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	5
<b>4</b>	<b>FALDA</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE DEI RILEVATI FERROVIARI</b>	<b>7</b>
5.1	CRITERI GENERALI DI VERIFICA	7
5.2	VERIFICHE DI SICUREZZA PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI	8
	<i>Stati limite ultimi</i>	8
	<i>Stati limite di riferimento per le verifiche sismiche</i>	10
5.3	VERIFICHE DI STABILITÀ	12
5.4	CARICHI MOBILI DA TRAFFICO FERROVIARIO	14
<b>6</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>STIMA DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>CALCOLO DEL DECORSO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>APPENDICE A: TABULATI DI CALCOLO</b>	<b>34</b>
9.1	SEZIONE QUADRUPPLICAMENTO – STATICA	34
9.2	SEZIONE QUADRUPPLICAMENTO – SISMICA	49
9.3	SEZIONE TIPO – STATICA	64
9.4	SEZIONE TIPO – SISMICA	76
9.5	SEZIONE QUADRUPPLICAMENTO – CEDIMENTI	88
9.6	SEZIONE TIPO - CEDIMENTI	92



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

3 di 95

## 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento si riportano i predimensionamenti e le verifiche geotecniche relative ai rilevati ferroviari nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Definitivo del quadruplicamento ferroviario Tortona-Voghera, appartenente alla linea Milano-Genova.

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo;
- Verifiche di stabilità delle scarpate dei rilevati;

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari					
	Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari	COMMESSA <b>IQ01</b>	LOTTO 01	CODIFICA R 26	DOCUMENTO RH RI0000 001	REV. A

## 2 **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni. I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- [DC1]. Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- [DC2]. Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 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;
- [DC3]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (31 Dicembre 2020);
- [DC4]. RFI DTC SI CS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale (31 Dicembre 2020);
- [DC5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 Maggio 2019.

### 2.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti:

- [DC6]. IQ01.0.1.R.26.RB.GE.00.0.5.001° Relazione Geotecnica generale
- [DC7]. IQ01.0.1.R.26.F6.GE.00.0.5.001A ÷ IQ01.0.1.R.26.F6.GE.00.0.5.009° Profili geotecnici di linea



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	5 di 95

### 3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

#### 3.1 UNITÀ GEOTECNICHE

Lungo il tracciato dalle indagine eseguite sono state intercettate le seguenti unità geotecniche procedendo a partire dal p.c. fino alla massima profondità investigata:

- **RIPORTI [R]:** Rappresentano i depositi sciolti, in genere a predominanza grossolana ghiaioso – sabbiosa, che costituiscono gli alvei attuali attivi dei corsi d’acqua principali.
- **GHIAIE SABBIO-LIMOSE [G (L,S)]:** Tali alluvioni sono costituite per lo più da terreni grossolani ghiaiosi in matrice sabbio-limosa
- **LIMO ARGILLOSO SABBIOSO [L (A,S)].** La quasi totalità del previsto tracciato ferroviario si imposta direttamente su terreni ascrivibili a questa formazione. Tali depositi, a prevalenza argilloso limosa, più o meno sabbiosa, sono attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali e in parte al Fluviale Recente.

Le principali caratteristiche delle unità geotecniche intercettate, si presentano praticamente omogenee (nell’ambito della normale variabilità geotecnica) lungo tutto lo sviluppo del tracciato.

A valle dell’interpretazione delle prove geotecniche in sito e dell’elaborazione dei risultati delle prove di laboratorio si riportano nel successivo paragrafo le caratteristiche fisiche e meccaniche delle unità geotecniche.

#### 3.2 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche.

Unità	Profondità [m da p.c.]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kPa]	$c_{uk}$ [kPa]	<b>K</b> [m/s]	<b>Eed</b> [kPa]	<b>Cc</b> [-]	<b>Cs</b> [-]
<b>R</b>	0-5	20.0	23-24	10-20	50-90	-	-	-	-
<b>G(S,L)</b>	0-15	19.5	41-43	0.0	-	5x10 <sup>-5</sup>	-	-	-
	>15		38-40	0.0	-				
<b>L(A,S)</b>	0-15	19.5	26-27	10-15	60-110	1.5x10 <sup>-6</sup>	6700-10500	0.2-0.3	0.04-0.07
	>15		26-27	12-21	90-145				
<b>Mar</b>	>10	20.0	26-30	30-50	150-210	10 <sup>-8</sup>	-	-	-



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	6 di 95

unità	Profondità [m da p.c.]	Modulo elastico dinamico	Modulo di Young operativo 1	Modulo di Young operativo 2
		$E_0$ [MPa]	$E_{op.1} = E_0 / 10$ [MPa]	$E_{op.2} = E_0 / 5$ [MPa]
R	0-5	75-680	7.5-68	15-136
G(S,L)	0-15	790-1150	79-115	158-230
	>15	54×Z	5.4×Z	11×Z
L(A,S)	0-15	265-395	26-39	53-79
	>15	28×Z	2.8×Z	5.6×Z
Mar	>10	1400-1600	140-160	280-320

Tabella 1 PARAMETRI DI RESISTENZA (sopra) e DEFORMABILITA' (sotto)

#### 4 FALDA

Nel profilo stratigrafico longitudinale sono riportati in corrispondenza di ciascun piezometro il livello massimo e minimo rilevato ed è rappresentato graficamente l'andamento massimo del livello di progetto lungo il tracciato da considerare per il dimensionamento delle opere definitive a lungo termine.

In generale il livello massimo della falda è variabile lungo il tracciato con andamento oscillante tra 10 m di profondità da p.c e 15 m da p.c..

Per il dimensionamento delle opere si farà riferimento al valore di falda delle indagini più vicine, in accordo a quanto riportato nel profilo geotecnico.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA					
	QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	7 di 95

## 5 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI RILEVATI FERROVIARI

Si riportano di seguito le necessarie verifiche geotecniche dei rilevati, prendendo come riferimento due particolari sezioni considerate le più gravose per altezza, dimensioni e condizioni stratigrafiche dell'intera linea in progetto.

Le sezioni scelte per queste analisi corrispondono a:

1. la prima in corrispondenza del quadruplicamento all'incirca al km 58+900 della progressiva di intervento
2. la seconda in corrispondenza del rilevato di approccio del VI09 all'incirca al km 64+300

E' stato quindi studiato sia lo stato limite ultimo valutando le condizioni di equilibrio limite delle opere in terra, che il loro comportamento in fase di esercizio ovvero valutando i cedimenti attesi.

### 5.1 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

Per le opere in esame devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);
- Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	8 di 95

di progetto  $E_d$  tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche.

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'effetto dell'azione;

$C_d$  = valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito Progettista Strutturale).

La verifica della condizione  $E_d \leq C_d$  deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali.

## 5.2 VERIFICHE DI SICUREZZA PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI

Sulla base di quanto prescritto dalle NTC 2018 le verifiche di sicurezza che devono essere eseguite per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

### *Stati limite ultimi*

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo il seguente approccio:

Approccio 1:

- Combinazione 2 :  $A2 + M2 + R2$

tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{1}{\gamma_R} \cdot \frac{R}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo  $R$  resistenza globale del sistema, calcolata sulla base delle azioni di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto.

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tabella 2

		Coefficiente	EQU	A1 STR	A2 GEO	Comb. eccezionale	Comb. Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20	0,20
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00

**Tabella 2: coefficienti parziali sulle azioni**

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.0	1.0

**Tabella 3: coefficienti parziali di sicurezza sui parametri meccanici dei terreni**

PARAMETRO	Coefficiente parziale	
Resistenza	$\gamma_R$	1.1

**Tabella 4: coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza (condizioni statiche)**

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 ( $\gamma_R$ ) in condizioni SLU statiche, quindi il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è  $FS \geq 1.1$ .

In condizioni sismiche le verifiche di sicurezza sono mirate a controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione  $E_d < R_d$  [6.2.1] delle NTC 2018) impiegando lo stesso approccio delle condizioni statiche SLU (§ 6.8.2 delle NTC 2018) Combinazione (A2+M2+R2), ponendo pari all'unità i

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA					
	QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	10 di 95

coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ .

### ***Stati limite di riferimento per le verifiche sismiche***

Le NTC-2018 stabiliscono differenti Stati Limite (sia d'Esercizio che Ultimi) in funzione, in primo luogo, dell'importanza dell'opera mediante l'identificazione della Classe d'Uso e poi in funzione del danno conseguente ad un certo Stato Limite. In particolare si definiscono i seguenti Stati Limite di Esercizio e Ultimi, come riportato al par. 3.2.1:

#### *Stati Limite di Esercizio (SLE):*

- Stato Limite di immediata Operatività **SLO** per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico. Tale stato limite non si applica per l'opera in oggetto.
- Stato Limite di Danno **SLD** definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

#### *Stati Limite Ultimi (SLU):*

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, **SLV**, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, **SLC**, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

La tabella che segue riporta, in funzione della classe d'uso della struttura, lo stato limite da considerare in funzione della verifica di sicurezza appropriata per l'opera. Con riferimento all'opera in oggetto, le verifiche geotecniche in presenza di un evento sismico richiedono la verifica ai seguenti stati limite:

Stato Limite Ultimo: **SLV** – Stato Limite di Salvaguardia della Vita (cui corrisponde una probabilità di superamento  $P_{vr} = 10\%$  nel periodo  $V_r$ );

Stato Limite Esercizio: **SLD** – Stato Limite di Danno (cui corrisponde una probabilità di superamento  $P_{vr} = 63\%$  nel periodo  $V_r$ ).

Le suddette probabilità, valutate nel periodo di riferimento  $V_r$  per l'azione sismica, consentono di determinare, per ciascuno stato limite, il tempo di ritorno del terremoto di progetto corrispondente.

Stato Limite	Prestazione da verificare	Classe d'uso			
		I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali			X	X
	Funzionalità degli impianti			X	X
SLD	Resistenza degli elementi strutturali			X	X
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	X	X		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	X	X	X	X
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	X	X	X	X
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	X	X	X	X
	Resistenza delle strutture	X	X	X	X
	Duttilità delle strutture	X	X	X	X
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	X	X	X	X
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	X	X	X	X
	Stabilità del sito	X	X	X	X
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	X	X	X	X
	Resistenza del sistema terreno-fondazione	X	X	X	X
	Stabilità del muro di sostegno	X	X	X	X
	Stabilità delle paratie	X	X	X	X
SLC	Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	X	X	X	X
	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	X	X	X	X
	Capacità di spostamento degli isolatori	X	X	X	X

**Tabella 5: Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso**

Per tutte le verifiche l'azione sismica di progetto deve essere valutata sulla base degli Stati Limite relativi all'opera da verificare (vedasi tabella precedente). Per l'opera in oggetto, come definito al punto 0, le verifiche agli Stati Limite Ultimi verranno condotte con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Per le opere oggetto della presente relazione si è assunto:

- Vita nominale  $V_n$ : 75 anni
- Classe d'uso: III (coefficiente d'uso= 1.5)
- Vita nominale=  $75 \times 1.5 = 112.5$  anni

Le verifiche di sicurezza agli SLU in campo sismico devono contemplare almeno le medesime verifiche definite in campo statico. In particolare la stabilità globale in condizioni sismiche dei opere in materiali sciolti, quali rilevati, deve essere svolta secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA					
	QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	12 di 95

• Approccio 1 Combinazione 2:  $A2 + M2 + R2$

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle precedenti e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza dei terreni tutti pari ad uno e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ .

PARAMETRO	Coefficiente parziale	
Resistenza	$\gamma_R$	1.2

Tabella 6: coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza (condizioni sismiche)

Le condizioni di stabilità del rilevato devono essere verificate affinché prima, durante e dopo il sisma la resistenza del sistema sia superiore alle azioni, ovvero gli spostamenti permanenti indotti dal sisma siano di entità tale da non pregiudicare le condizioni di sicurezza o di funzionalità delle strutture o infrastrutture medesime.

Le verifiche possono essere condotte mediante metodi pseudo statici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

### 5.3 VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche delle sezioni rappresentativa sono state effettuate attraverso il metodo di Bishop, basato sulla teoria dell'equilibrio limite applicata al terreno potenzialmente instabile dopo averne effettuato una suddivisione in un numero finito dei conci.

Le superfici di scorrimento critiche sono state ricercate variando la posizione della griglia dei centri ed i limiti di tangenza. Il programma utilizzato, GEOSLOPE, che analizza una striscia di 1 m di profondità e fornisce i fattori di sicurezza delle superfici a fattore di sicurezza minimo, ovvero:

- $F_S = T_f/T$  fattore di sicurezza globale dove,
  - $T_f$ : resistenza al taglio lungo il cerchio critico;
  - $T$ : forza di taglio totale agente lungo il cerchio critico

Sono state analizzate le condizioni di stabilità di breve e lungo termine del nuovo rilevato considerando, per le verifiche di lungo termine, i livelli di falda riscontrati nei sondaggi delle aree in questione ovvero a circa 13m da p.c..

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA					
	QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari						
Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	13 di 95

Per il materiale costituente il rilevato ferroviario sono state adottate le seguenti caratteristiche :

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3; \quad c' = 0 \text{ kPa}, \quad \varphi' = 38^\circ$$

Mentre per i terreni si è fatto riferimento ai parametri riportati all'inizio della relazione e alla stratigrafia ricostruita nel profilo geotecnico di progetto.

Le combinazioni verificate sono, come già specificato, le seguenti:

- SLU: A2+M2+R2 (in condizioni statiche)
- SLV (per le condizioni sismiche)

L'azione sismica, valutata con il metodo pseudostatico, è stata schematizzata con una forza statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come  $F_h = k_h \times W$  ed  $F_v = k_v \times W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

nelle quali:

- $\beta_s$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, pari a 0.38 per lo stato limite SLV.
- $a_{\max}$ : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica (assunto in questo caso pari a 1)
- $S_S$ : coefficiente di amplificazione stratigrafica (dipendente dalla classe di suolo: pari a D in questo caso)
- $a_g$ : accelerazione di sito su substrato rigido;
- $a_{\max}$ : accelerazione di picco;

Per il tracciato in oggetto, come riportato nella relazione geotecnica generale, si ha la seguente caratterizzazione sismica più gravosa nell'ambito del lotto in esame ( per  $V_N=75$  cu=1.5, SLV, Categoria C – condizione più gravosa sulla linea):

$$a_g / g = 0.114$$

$$S_S = 1.5$$

$$S_T = 1.0$$

$$\text{Da cui } a_{\max} = 0.114 \cdot 1.5 = 0.171g$$

Per le analisi di stabilità sismiche SLV di fronti di scavo e rilevati, il coefficiente di riduzione dall'accelerazione massima attesa al sito va assunto pari a  $\beta_s = 0.38$ .

Quindi si ha in condizioni sismiche:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.38 \times 0.171 = 0.065$$

$$k_v = \pm k_h/2 = \pm 0.032$$

Tale valore è stato amplificato per il fattore 1.3 nell'analisi SLU-A2+M2+R2 (Tabella 5.2.V NTC 2018) e ridotto nell'analisi sismica considerando un fattore di combinazione  $\gamma = 0.2$  come da § 5.2.2.8 NTC2018.

La verifica di stabilità in fase sismica è stata sviluppata in termini di tensioni totali, ovvero utilizzando i parametri di resistenza in condizioni non drenate.

#### 5.4 CARICHI MOBILI DA TRAFFICO FERROVIARIO

Le azioni variabili su opere di sostegno sono definite dal par. 3.5.2.3.4 del Manuale di progettazione Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale.

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario si applica il carico verticale dovuto al treno di carico SW2 uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano campagna. Il treno di carico SW2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

Il treno di carico SW2 è schematizzato nella figura seguente.

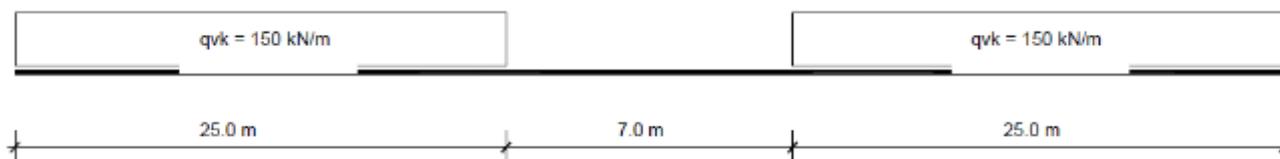


Figura 1 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera

$$B_t = 3.0 \text{ m}$$

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente  $\alpha$  che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Figura 2 – Coefficienti α per modelli di carico.

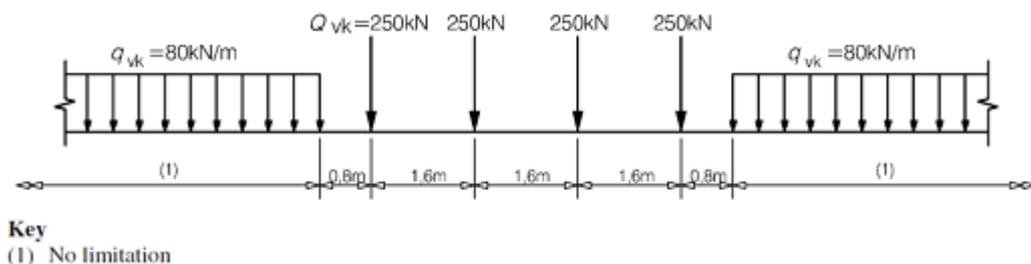
Il valore considerato di carico distribuito in corrispondenza della zona sopra la soletta, risulta dunque:

$$Q = 150 \text{ kN} \quad q_{var} = (150/3.0\text{m}) * 1.0 = 50 \text{ kN/m}^2$$

Di seguito, si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità con cui si dà evidenza che le opere appartenenti alla tratta in esame sono idonee a sostenere tale carico.

Verifica requisiti s.t.i. per opere minori sottobinario: carico equivalente

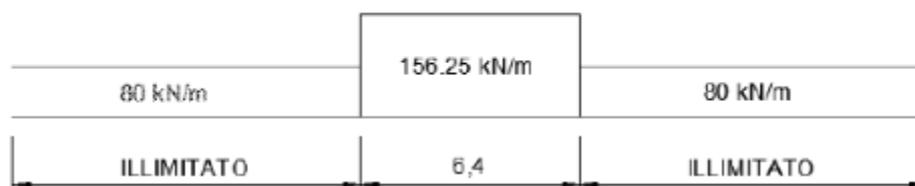
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



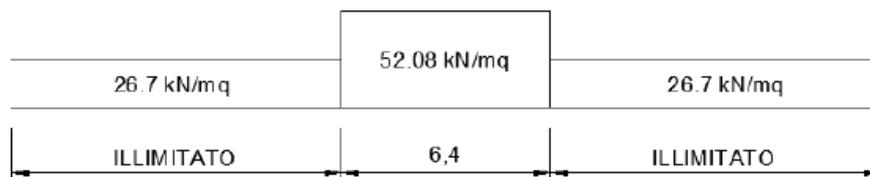
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kPa}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. pari a 1.1 (LM71), quindi:

$$q_{var} = 52.08 \times 1.1 = 57.29 \text{ kN/m}^2$$

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera in tutte le relazioni di calcolo specifiche, a favore di sicurezza, il carico equivalente LM71 pari a  $57.29 \text{ kN/m}^2$ , a cui poi va applicato il coefficiente parziale per le azioni,  $\gamma_F = 1.3$ , Tabella 5.2.V [[DC1]].

Quindi in sintesi per le condizioni di carico esaminate si applicano i seguenti carichi:

- Condizioni statiche: carico permanente pari a 18.7 kPa, carico accidentale pari a 74.5 kPa.
- Condizioni sismiche: carico permanente pari a 14.4 kPa, carico accidentale pari a 11.5 kPa (coefficiente di combinazione pari a 0.2 come da § 5.2.2.8 della NTC2018). In condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni vanno posti pari ad 1.

## 6 RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ

Di seguito si riportano i risultati delle analisi di stabilità per le due combinazioni SLU in condizioni statiche e sismiche.

**Si precisa che i fattori di sicurezza sotto riportati per le due sezioni analizzate tengono conto dei fattori parziali sulle resistenze  $\gamma_R= 1.1$  per lo SLU statico e  $\gamma_R= 1.2$  per lo SLU sismico.**

Le scarpate dei rilevati risultano pertanto verificate per un valore del fattore di sicurezza ODF (*Over Design Factor*)  $\geq 1$ .

### Sezione quadruplicamento

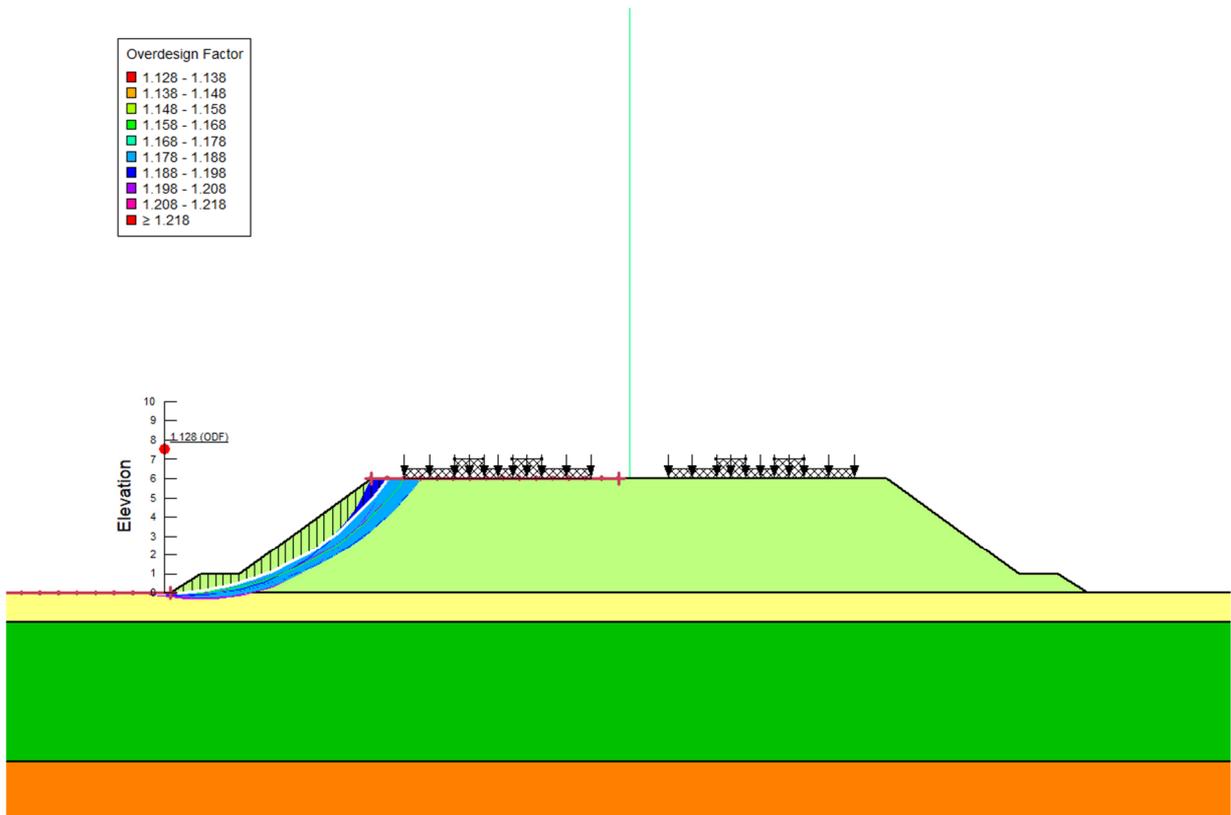


Figura 3: fattore di sicurezza per il rilevato convenzionale in condizioni statiche (A2+M2+R2)-  $F_s= 1.128 \geq 1$

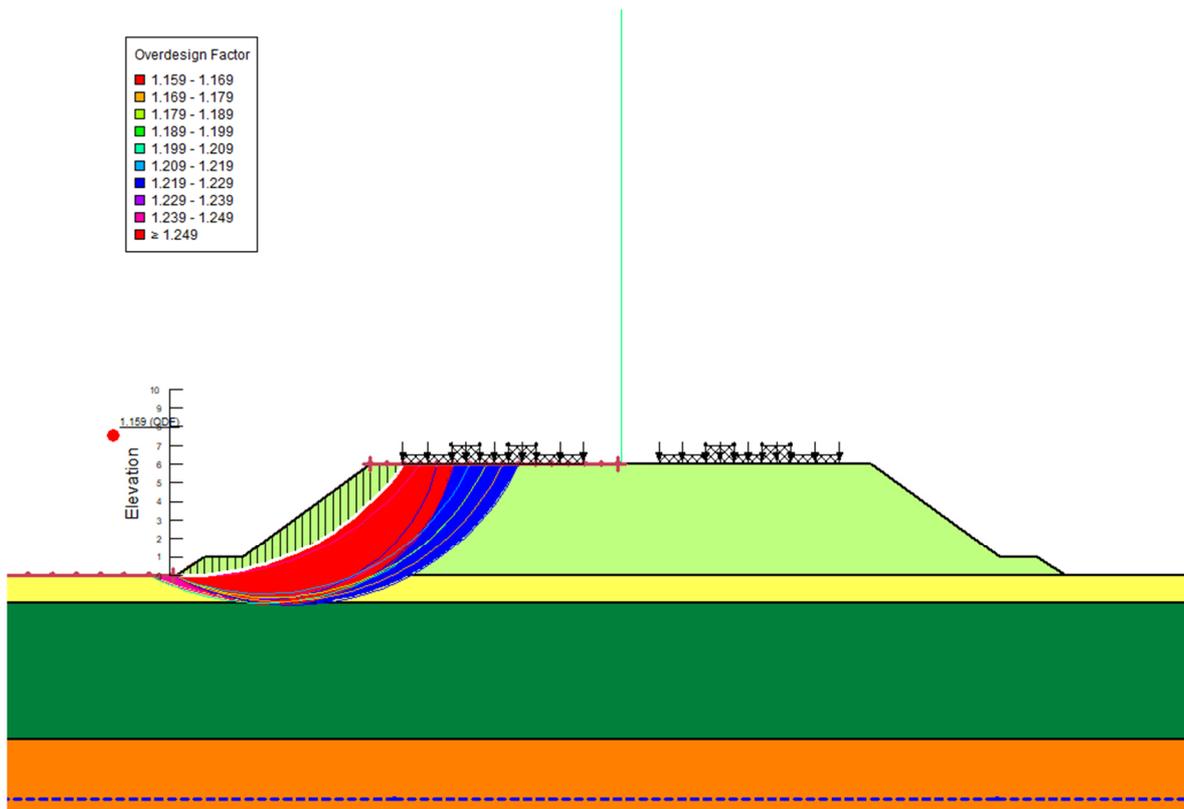


Figura 4: fattore di sicurezza per il rilevato convenzionale in condizioni sismiche SLV –  $F_s=1.159 \geq 1$

Sezione doppio binario

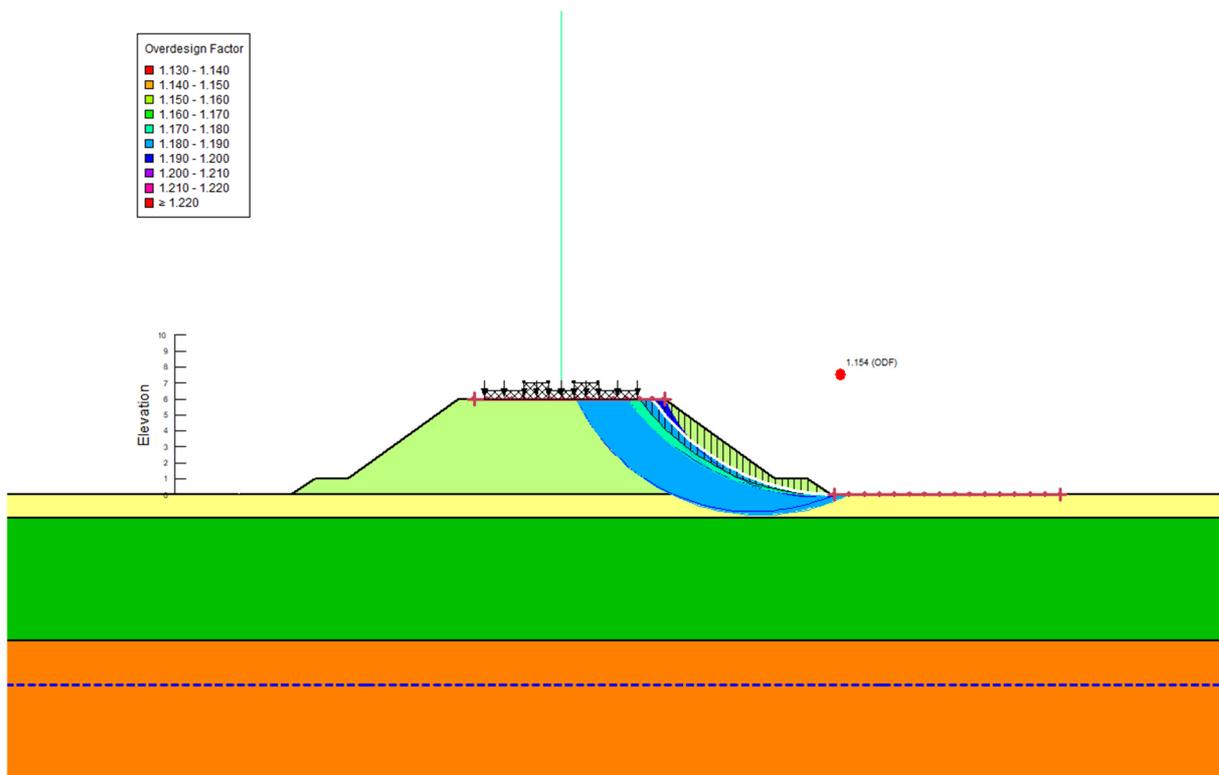


Figura 5: fattore di sicurezza per il rilevato convenzionale in condizioni statiche (A2+M2+R2)-  $F_s = 1.154 \geq 1$

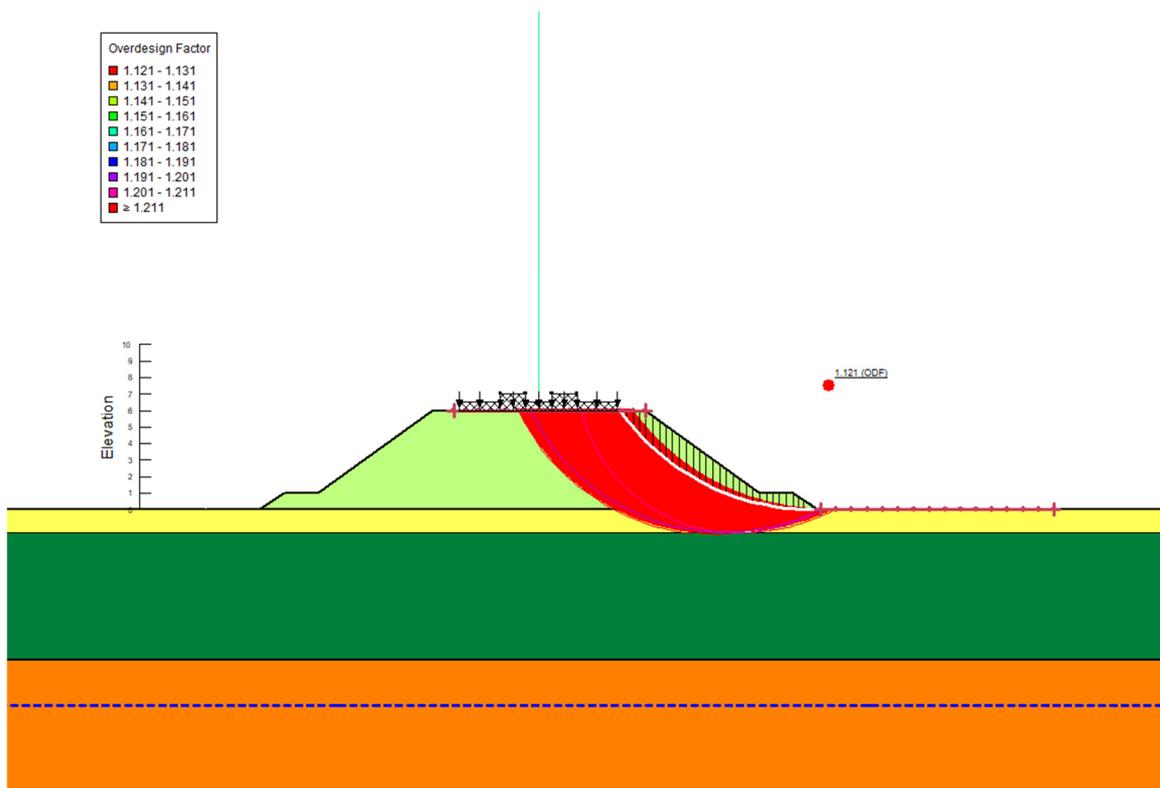


Figura 6: fattore di sicurezza per il rilevato convenzionale in condizioni sismiche SLV –  $F_s=1.121 \geq 1$

## 7 STIMA DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI

La stima dei cedimenti, trattandosi di terreni a grana fine, è stata eseguita calcolando il cedimento di consolidazione  $W_t$ , e l'aliquota dovuta alla consolidazione secondaria a carico costante  $W_s$ .

La falda è stata considerata a circa 13 m di profondità dal piano campagna.

E' stato utilizzato il metodo di Terzaghi che si basa sulle ipotesi di consolidazione edometrica (deformazioni verticali senza contrazioni o espansioni laterali e moto di filtrazione in direzione verticale). Il metodo si articola attraverso i seguenti passaggi:

- suddivisione del banco di terreno comprimibile in un conveniente numero di strati aventi spessore iniziale  $H_i$
- in corrispondenza della mezzeria di ciascuno strato si calcola la tensione efficace verticale iniziale  $\sigma'_{v0}$  e si definisce la tensione di preconsolidazione  $\sigma'_p$  (pari a  $OCR \cdot \sigma'_{v0}$ );
- in corrispondenza della mezzeria di ciascuno strato si calcola l'incremento di tensione efficace verticale  $\Delta\sigma'_v$  prodotta dal carico applicato;
- si calcola il cedimento di ciascuno strato, nell'ipotesi che le deformazioni dell'elemento di volume siano monodimensionali, attraverso le prime due dell'equazione;
- il cedimento edometrico  $w_{ed}$  è pari alla somma dei cedimenti di ciascuno strato compreso fino alla profondità in corrispondenza della quale si risentono degli effetti del carico applicato.

Il cedimento è dato dalla:

$$\begin{cases} \text{se } \sigma'_{vF} \leq \sigma'_p & w_i = \frac{H_i}{1 + e_0} \cdot C_r \cdot \log \frac{\sigma'_{vF}}{\sigma'_{v0}} \\ \text{se } \sigma'_{vF} > \sigma'_p & w_i = \frac{H_i}{1 + e_0} \cdot \left( C_r \cdot \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} + C_c \cdot \log \frac{\sigma'_{vF}}{\sigma'_p} \right) \end{cases}$$

$$w_{ed} = \sum_{z_{int}} w_i$$

essendo  $\sigma'_{vF} = \sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v$

ed in cui  $H_i$  è lo spessore dello strato  $i$ -esimo,  $e_0$  l'indice dei vuoti iniziale,  $c_c$  è coefficiente di compressibilità e  $c_s$  il coefficiente di rigonfiamento.

Poiché il metodo di Terzaghi si basa sulle ipotesi di consolidazione monodimensionale ( $\epsilon_r = 0$ ,  $\Delta u = \Delta \sigma$ ). Poiché il terreno sottostante la fondazione non è confinato lateralmente, l'incremento di pressione interstiziale

all'istante di applicazione del carico, in condizione non drenate, è diverso e in genere inferiore all'incremento di tensione verticale totale ( $\Delta u < \Delta \sigma$ ). Poiché le deformazioni per consolidazione sono dovute alla riduzione di volume derivante dal dissiparsi delle sovrappressioni interstiziali, ne consegue che le deformazioni reali di consolidazione sono inferiori a quelle calcolate con il metodo di Terzaghi. Skempton e Bjerrum propongono di calcolare l'incremento di pressione interstiziale per mezzo della relazione

$$\Delta u = B \cdot [\Delta \sigma_3 + A \cdot (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)]$$

I parametri A e B (*coefficienti di Skempton*) dipendono da:

- coeff. A= 0.2 (dipendente dalla storia tensionale ovvero dal grado di sovraconsolidazione)

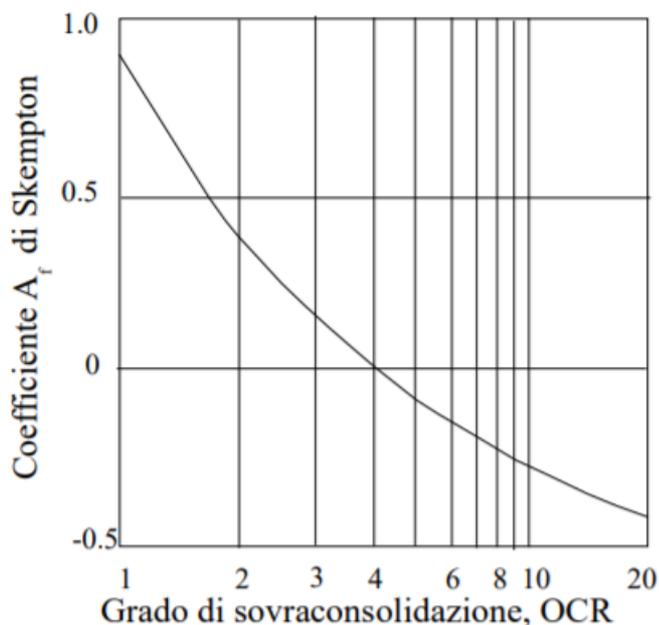


Figura 7: tipica variazione del coefficiente A di Skempton con il grado di sovraconsolidazione OCR

- coeff. B= 0.9 (dipendente dal grado di saturazione considerato mediamente pari al 90% per il deposito superficiale limoso)

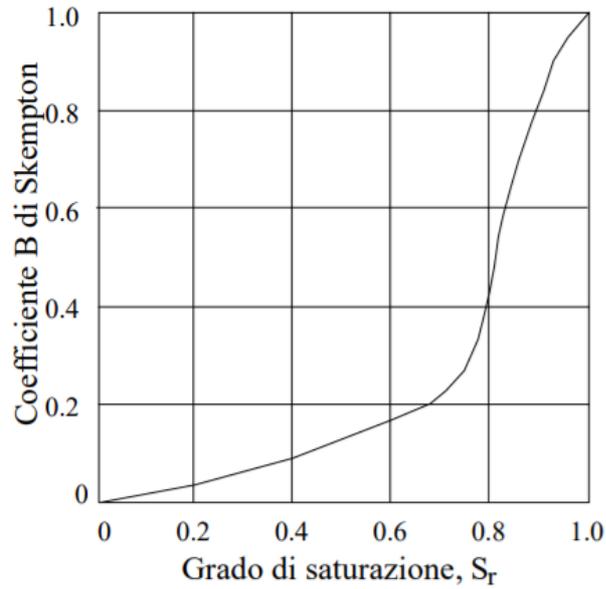


Figura 8: tipica variazione del coefficiente B di Skempton con il grado di saturazione

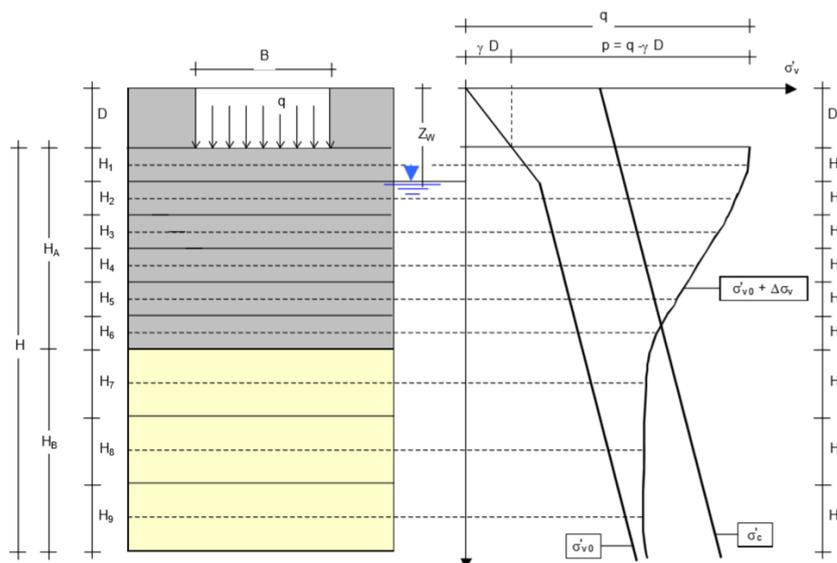


Figura 9: Metodo Edometrico per la stima dei cedimenti di consolidazione di fondazioni superficiali su terreni a grana fine

L'incremento di tensione verticale efficace  $\Delta \sigma'_v$  è stato valutato sulla base della teoria dell'elasticità, facendo

riferimento ad aree di carico infinitamente flessibili nastriformi; con riferimento allo schema nella figura seguente, risulta (Terzaghi, 1943; Tsytoovich, 1976):

$$\Delta\sigma'_z = \frac{q}{\pi}(\alpha + \sin\alpha \cos 2\beta)$$

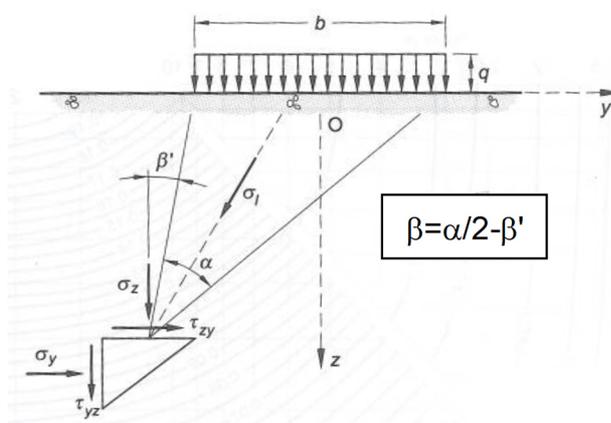


Figura 10: Schema di calcolo delle tensioni indotte nel terreno.

La stima dei cedimenti indotti dalla costruzione dei rilevati è stata eseguita per le due sezioni di calcolo già considerate per le verifiche di stabilità.

I parametri di deformabilità considerati sono di seguito riportati e rappresentano un set cautelativo per i terreni limo-argillosi oggetto delle valutazioni.

- $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$
- $e_0 = 0.705$
- $c_c = 0.23$
- $c_s = 0.048$
- $\text{OCR} = 3.3$

Seguono i grafici riepilogativi dei parametri sopra indicati.

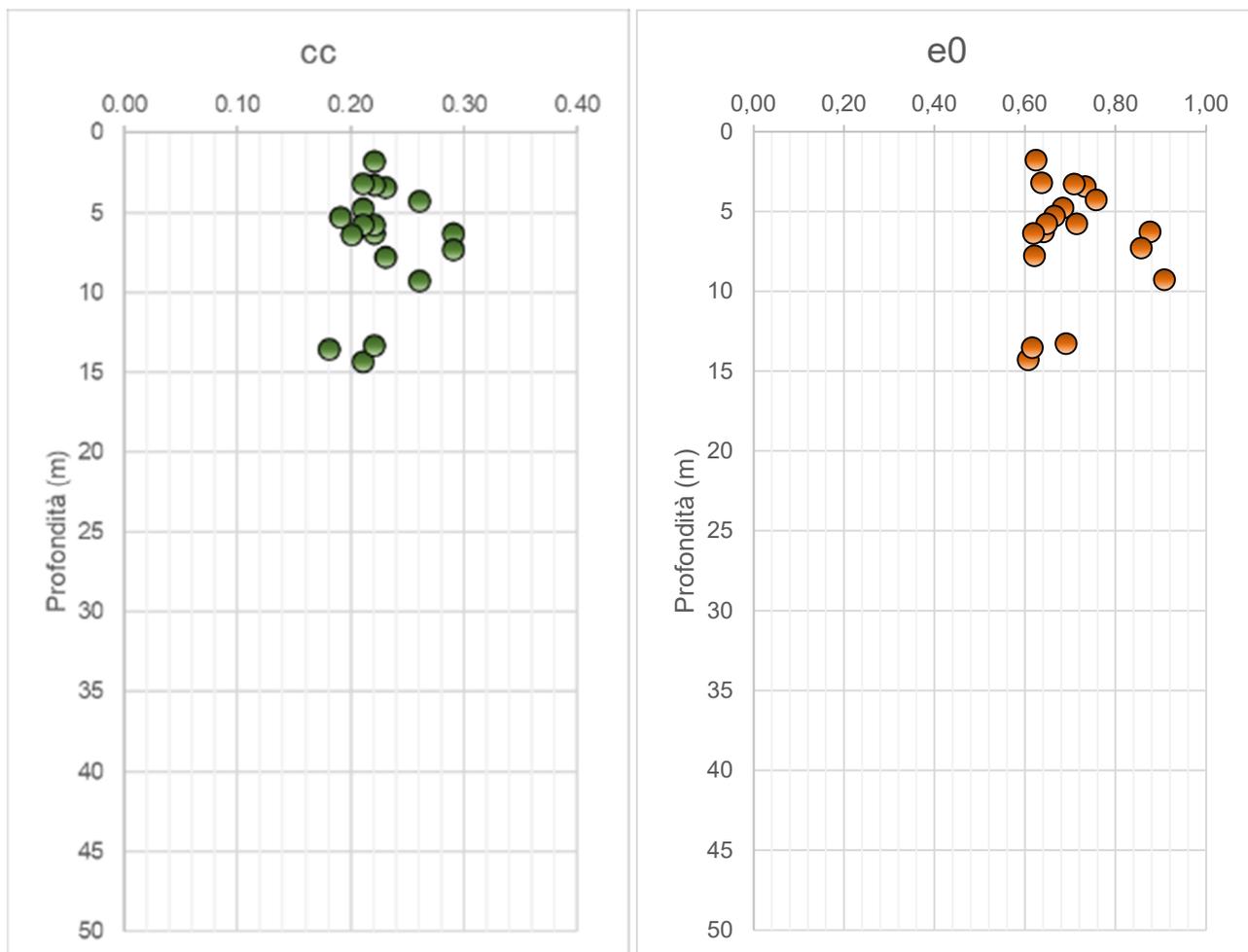


Figura 11 parametri di deformabilità  $e_0$  e coefficiente di consolidazione primaria in fase di carico

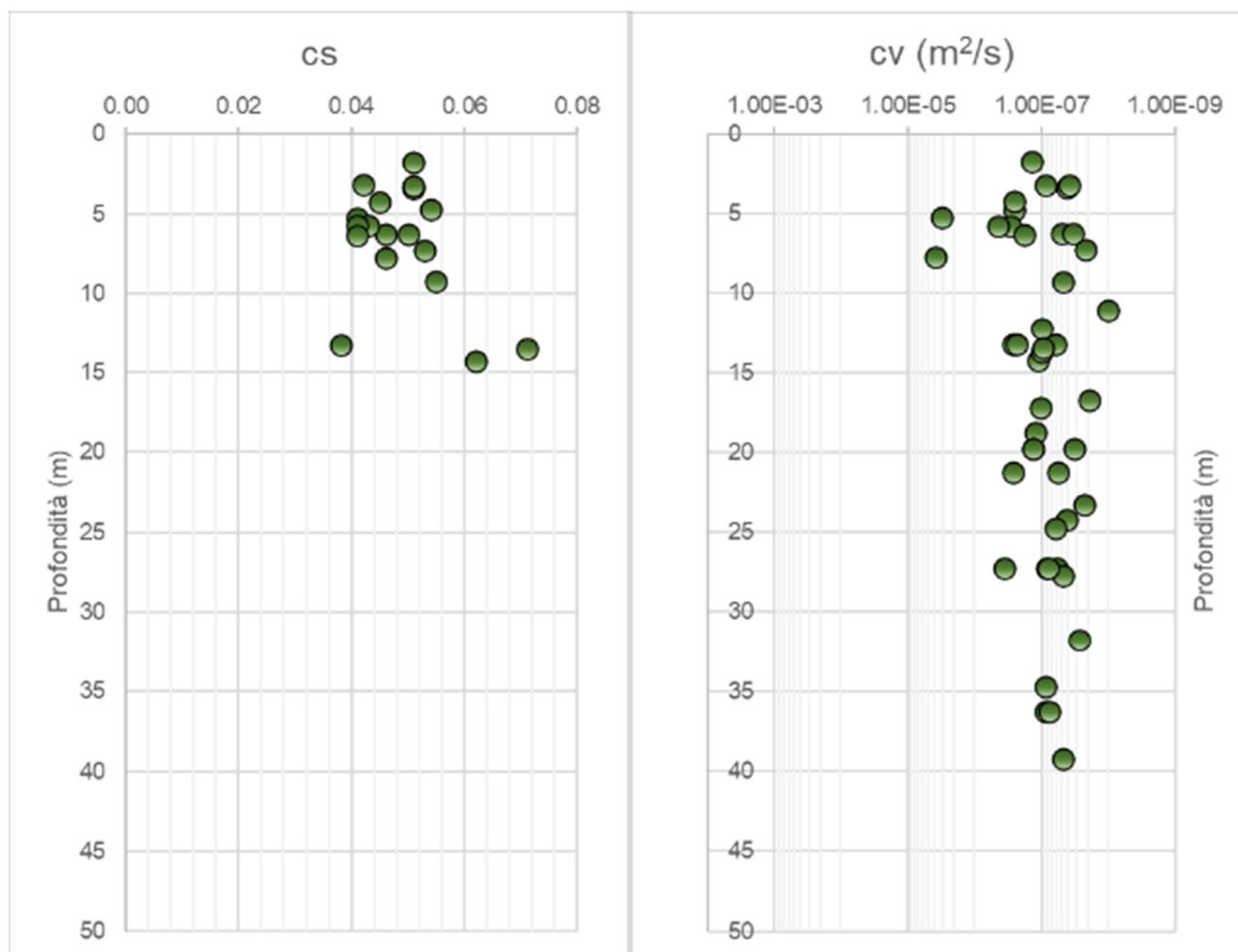


Figura 12 parametri di deformabilità coefficiente di rigonfiamento e coefficiente di consolidazione verticale

I terreni sabbio-ghiaiosi, compresi tra i 9 e i 23 m circa da p.c. per la sezione al quadruplicamento e tra i 9 e 32 m circa per la sezione tipologica di altezza maggiore, sono stati considerati in condizioni drenate e pertanto ammettono un cedimento soltanto immediato e calcolato in base all'aliquota di carico in funzione della profondità e secondo il valore del modulo elastico di riferimento considerato pari a  $E = 79 \text{ MPa}$ .

Di seguito si riportano i due andamenti del sovraccarico indotto dal peso della struttura in terra e l'andamento dei cedimenti del rilevato con la profondità.

Sezione rilevato al quadruplicamento (H=6m)

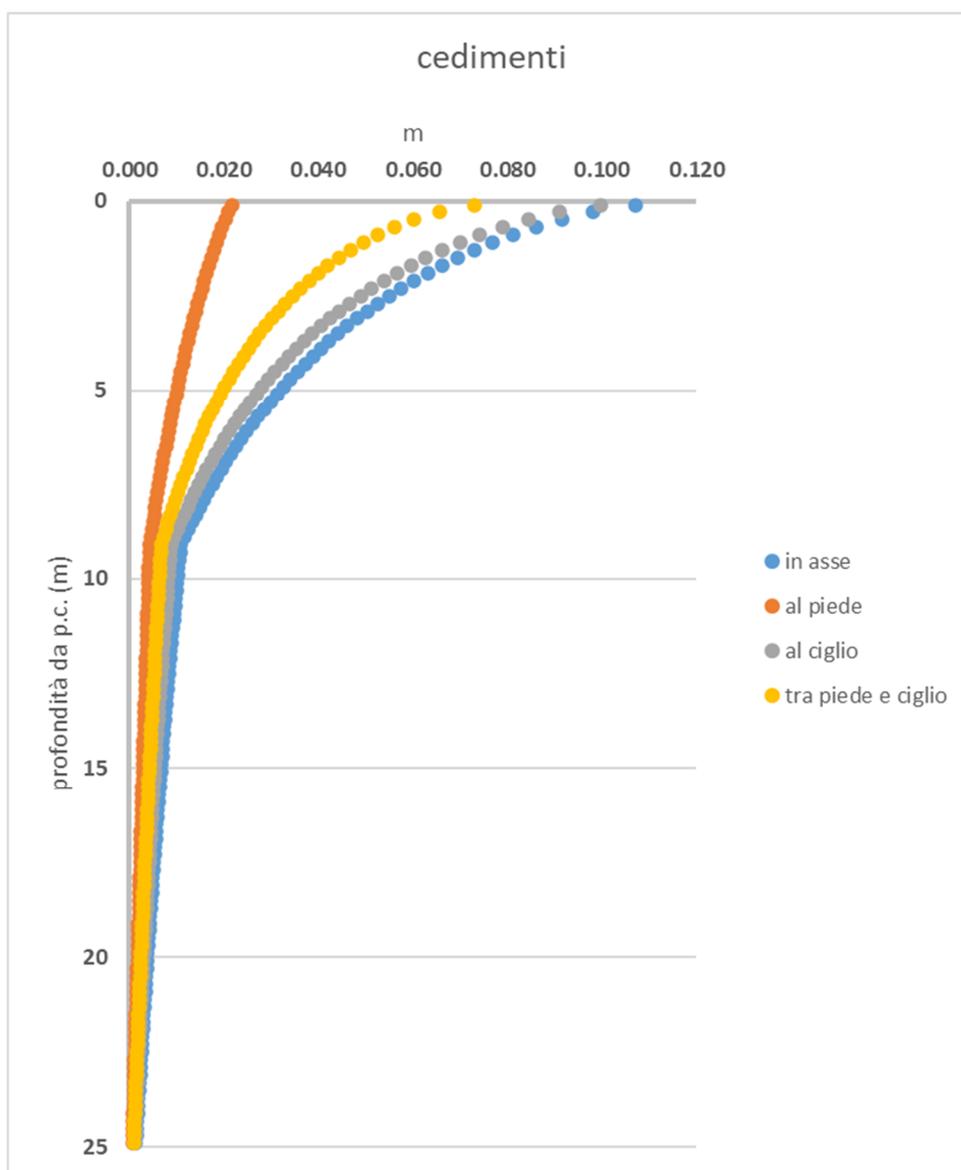
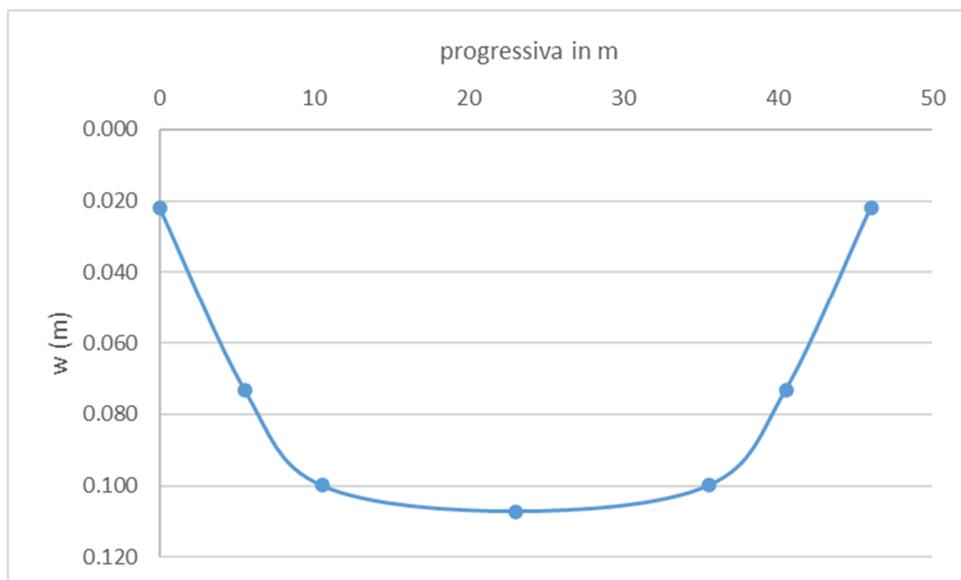


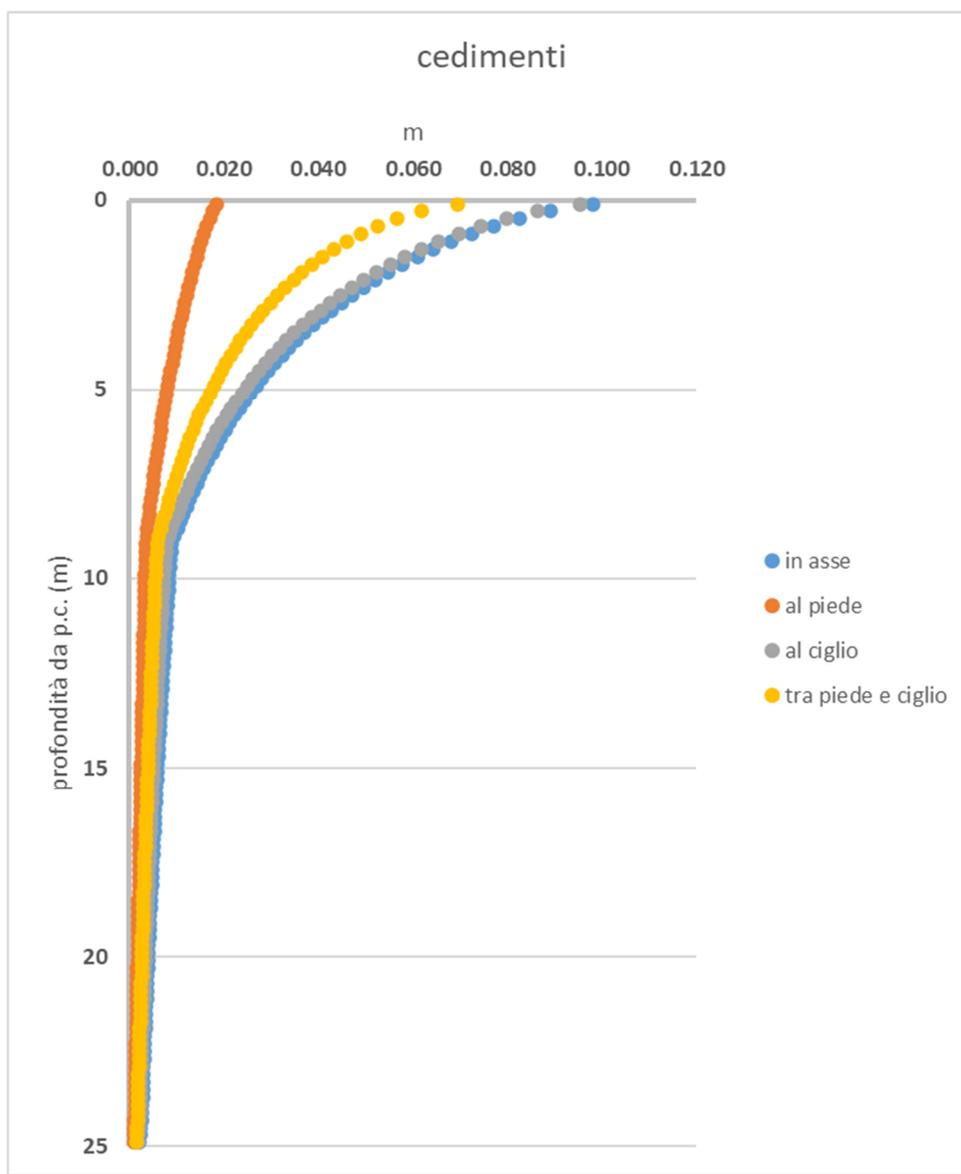
Figura 13 andamento del cedimento di consolidazione con la profondità



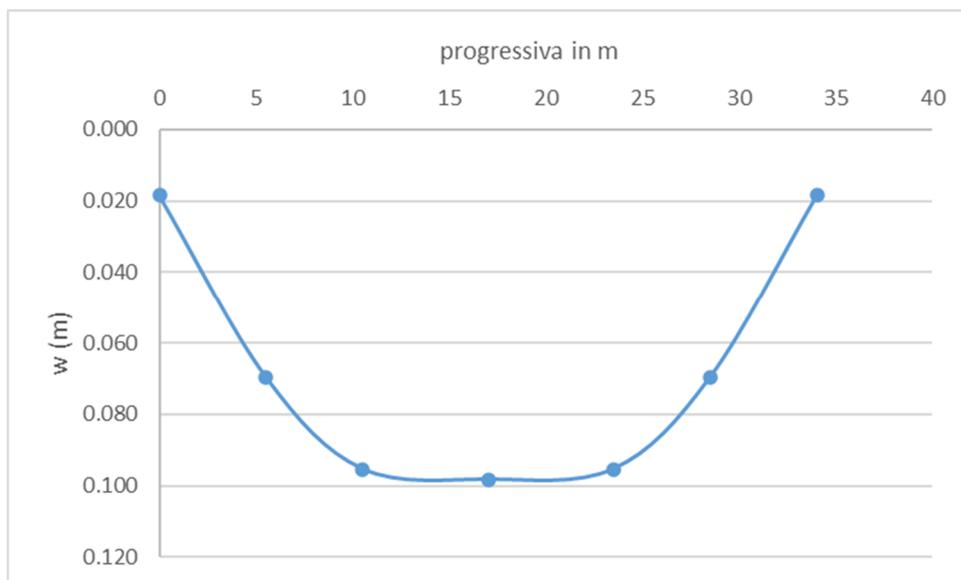
**Figura 14 andamento del cedimento a piano campagna sotto il rilevato**

La stima dei cedimenti attesi, al termine del processo di consolidazione fornisce 10.7 cm in asse rilevato, comprensivo anche dei cedimenti immediati del valore di circa 1 cm (unità G (L,S) ).

Sezione rilevato tipico (H=6m)



**Figura 15** andamento del cedimento di consolidazione con la profondità



**Figura 16 andamento del cedimento a piano campagna sotto il rilevato**

La stima dei cedimenti attesi, al termine del processo di consolidazione fornisce 9.8 cm in asse rilevato, comprensivo anche dei cedimenti immediati del valore di circa 1 cm (unità G (L,S) ).



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IQ01

01

R 26

RH RI0000 001

A

31 di 95

## 8 CALCOLO DEL DECORSO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Il decorso dei cedimenti nel tempo è stato valutato con la teoria della consolidazione monodimensionale di Terzaghi (1923) che, in particolare, consente di ricavare il tempo necessario a raggiungere il valore del cedimento finale di consolidazione  $w_c$ .

La soluzione dell'equazione differenziale che governa il fenomeno della consolidazione porta, infatti, ad una relazione  $U_m=f(T)$  tra il grado di consolidazione medio  $U_m$  e il fattore tempo  $T$ , ricavato come:

$$T = \frac{C_v \cdot t}{H_{dre}^2}$$

in cui  $C_v$  è il coefficiente di consolidazione,  $t$  è il tempo in secondi e  $H_{dre}$  è il massimo percorso di filtrazione all'interno del banco.

La relazione  $U_m=f(T)$  permette di costruire il decorso dei cedimenti nel tempo in quanto il cedimento totale al tempo  $t$  si ricava come:

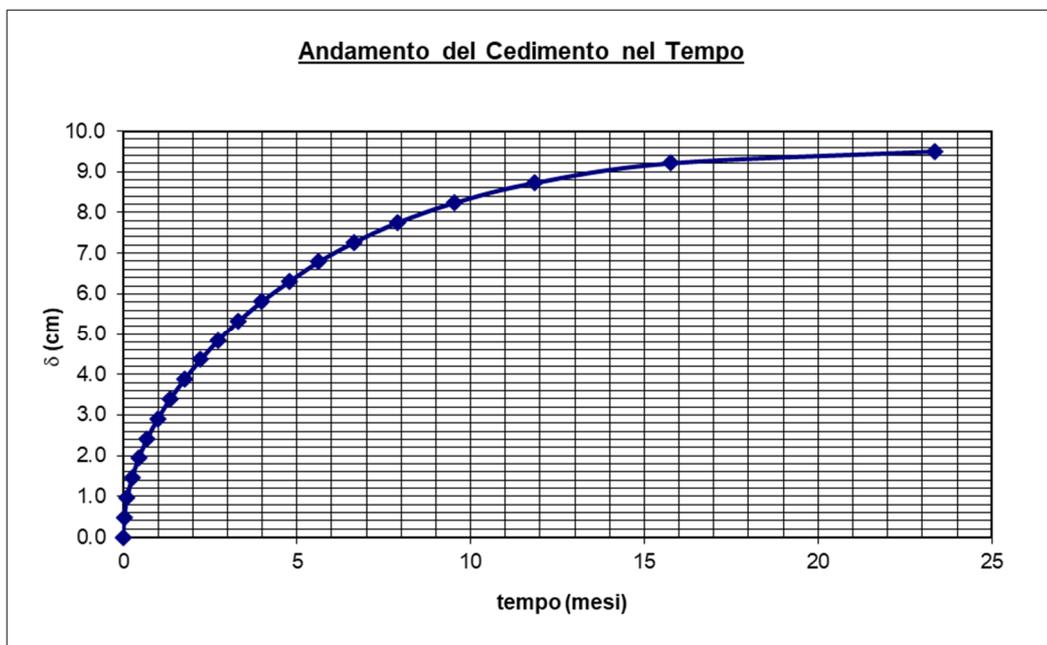
$$w_{TOT}(t) = w_0 + U_m \cdot w_c(t)$$

Considerando per il percorso di drenaggio l'intero spessore dello strato che subisce cedimenti, e per  $c_v$  un valore di  $5.6 \cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s e un massimo percorso di drenaggio pari a 4.5 metri in entrambe le sezioni analizzate.

$\delta_{tmax} = 9.70$  (cm) (Cedimento massimo)

$h = 4.50$  (m) (Massimo Percorso di Drenaggio)

$cv = 5.6.E-07$  (m<sup>2</sup>/sec) (Coeff. di Consolidazione) verticale



$t = 8$ (mesi)	$Um = 80.3$ (%)	$\delta_t = 7.79$ (cm)
$\delta_t = 8.70$ (cm)	$Um = 89.7$ (%)	$t = 12$ (mesi)
$Um = 95$ (%)	$t = 16$ (mesi)	$\delta_t = 9.22$ (cm)

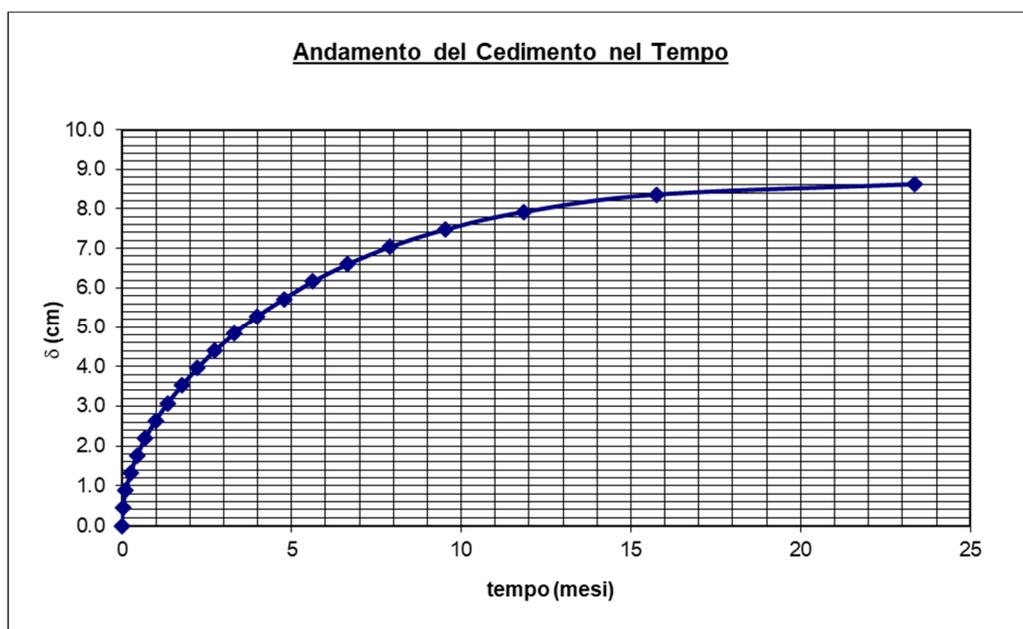
Figura 17 decorso naturale dei cedimenti (sezione di rilevato del quadruplicamento)

I cedimenti stimati risultano compatibili con i tempi di costruzione e con l'esercizio dell'opera .

$\delta_{tmax} = 8.80$  (cm) (Cedimento massimo)

$h = 4.50$  (m) (Massimo Percorso di Drenaggio)

$cv = 5.6.E-07$  (m<sup>2</sup>/sec) (Coeff. di Consolidazione) verticale



$t = 8$ (mesi)	$Um = 80.3$ (%)	$\delta_t = 7.07$ (cm)
$\delta_t = 7.80$ (cm)	$Um = 88.6$ (%)	$t = 11$ (mesi)
$Um = 95$ (%)	$t = 16$ (mesi)	$\delta_t = 8.36$ (cm)

Figura 18 decorso naturale dei cedimenti (sezione di rilevato tipologico)

I cedimenti stimati risultano compatibili con i tempi di costruzione e con l'esercizio dell'opera .



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

34 di 95

## 9 APPENDICE A: TABULATI DI CALCOLO

### 9.1 SEZIONE QUADRUPPLICAMENTO – STATICA

Analysis Settings

SEZ statica

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Limit State Design Approach: STATICA

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

Slip Surface

Direction of movement: Right to Left



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

35 di 95

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

ODF Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.25 m

Number of Slices: 30

Overdesign Factor Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in ODF: 0.001



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

36 di 95

Solution Settings

Search Method: Root Finder

Tolerable difference between starting and converged ODF: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

Materials

R

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 5 kPa

Phi': 26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

37 di 95

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 0 kPa

Phi': 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

LA

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 5 kPa

Phi': 26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

38 di 95

GS

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 0 kPa

Phi: 35 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Type: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-38; 0) m

Left-Zone Right Coordinate: (-23.685118; 0) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: Range

Right-Zone Left Coordinate: (-13.3; 6) m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	39 di 95

Right-Zone Right Coordinate: (-0.544884; 6) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 5

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50; 0) m

Right Coordinate: (50; 0) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X Y

Coordinate 1 -50 m -15 m

Coordinate 2 -12 m -15 m

Coordinate 3 20 m -15 m

Coordinate 4 50 m -15 m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 93.7 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

40 di 95

Coordinates

X Y

-9 m 7 m

-7.5 m 7 m

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 93.7 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

-6 m 7 m

-4.5 m 7 m

Surcharge Load 3

Surcharge (Unit Weight): 93.7 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

7.5 m 7 m

9 m 7 m

Surcharge Load 4

Surcharge (Unit Weight): 93.7 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	41 di 95

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

4.5 m 7 m

6 m 7 m

Surcharge Load 5

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-11.6 m 6.5 m

-9 m 6.5 m

Surcharge Load 6

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	42 di 95

X Y

-7.5 m 6.5 m

-6 m 6.5 m

Surcharge Load 7

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-4.5 m 6.5 m

-2 m 6.5 m

Surcharge Load 8

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

2 m 6.5 m

4.5 m 6.5 m

Surcharge Load 9

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

43 di 95

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

6 m 6.5 m

7.5 m 6.5 m

Surcharge Load 10

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

9 m 6.5 m

11.6 m 6.5 m

Design Factor Set: STATICA

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1.25



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

44 di 95

Effective Coefficient of Friction: 1.25

Undrained Strength: 1.4

Shear Strength (Other Models): 1

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.1

Points

X Y

Point 1 -50 m 0 m

Point 2 -50 m -20 m

Point 3 50 m 0 m

Point 4 50 m -20 m

Point 5 -23.64 m 0 m

Point 6 -13.3 m 6 m

Point 7 13.3 m 6 m

Point 8 23.64 m 0 m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	45 di 95

Point 9 -25 m 0 m

Point 10 25 m 0 m

Point 11 -11.6 m 6 m

Point 12 11.6 m 6 m

Point 13 -25 m -0.5 m

Point 14 25 m -0.5 m

Point 15 25 m -1 m

Point 16 -25 m -1 m

Point 17 -20.14 m 1 m

Point 18 -22.14 m 1 m

Point 19 -50 m -1.5 m

Point 20 -50 m -8.8 m

Point 21 50 m -1.5 m

Point 22 50 m -8.8 m

Point 23 20.14 m 1 m

Point 24 22.14 m 1 m

Point 25 -2 m 6 m

Point 26 2 m 6 m

Regions

Material Points Area

Region 1 GS 2;4;22;20 1,120 m<sup>2</sup>

Region 2 RILEVATO 5;8;24;23;7;12;26;25;11;6;17;18 212.98 m<sup>2</sup>

Region 3 R 9;5;8;10;14;13 25 m<sup>2</sup>

Region 4 R 13;16;15;14 25 m<sup>2</sup>

Region 5 R 1;19;21;3;10;14;15;16;13;9 100 m<sup>2</sup>

Region 6 LA 19;20;22;21 730 m<sup>2</sup>

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1133 of 1536 converged



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

46 di 95

Current Slip Surface

Slip Surface: 1,353

Overdesign Factor: 1.128

Degree of Utilization: 0.887

Volume: 11.105119 m<sup>3</sup>

Weight: 222.09808 kN

Resisting Moment: 1,701.7777 kN·m

Activating Moment: 1,508.7928 kN·m

Resisting Force: 103.91346 kN

Activating Force: 92.144024 kN

Slip Rank: 1 of 1,536 slip surfaces

Exit: (-24.639443; 0) m

Entry: (-12.449659; 6) m

Radius: 14.177997 m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	47 di 95

Center: (-24.0403; 14.165332) m

Slip Slices

X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-24.389583 m	-0.0061582887 m	-147.04461 kPa	0.46541838 kPa	0.1650907 kPa	3.6363636 kPa	0 kPa R
Slice 2	-23.889861 m	-0.0096648109 m	-147.01022 kPa	0.94947921 kPa	0.33679415 kPa	3.6363636 kPa	0 kPa R
Slice 3	-23.540578 m	-0.0035065223 m	-147.07061 kPa	2.4869882 kPa	0.88217105 kPa	3.6363636 kPa	0 kPa R
Slice 4	-23.224297 m	0.012503358 m	-147.22762 kPa	6.4282294 kPa	3.6525697 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 5	-22.790578 m	0.044198789 m	-147.53846 kPa	12.20943 kPa	6.9374924 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 6	-22.356859 m	0.089326469 m	-147.98102 kPa	17.717669 kPa	10.067317 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 7	-21.94 m	0.14522332 m	-148.52921 kPa	19.744348 kPa	11.218891 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 8	-21.54 m	0.21102009 m	-149.17447 kPa	18.280432 kPa	10.387083 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 9	-21.14 m	0.28865668 m	-149.93586 kPa	16.405961 kPa	9.321994 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 10	-20.74 m	0.37833329 m	-150.81531 kPa	14.174451 kPa	8.0540325 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 11	-20.34 m	0.48028683 m	-151.81517 kPa	11.649042 kPa	6.6190759 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 12	-19.938824 m	0.59516886 m	-152.94182 kPa	11.725383 kPa	6.6624532 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 13	-19.536471 m	0.7233786 m	-154.19917 kPa	14.213471 kPa	8.0762041 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 14	-19.134118 m	0.86499358 m	-155.58799 kPa	16.231295 kPa	9.2227475 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 15	-18.731765 m	1.0204476 m	-157.11253 kPa	17.807413 kPa	10.11831 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 16	-18.329412 m	1.1902386 m	-158.77767 kPa	18.980556 kPa	10.784899 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 17	-17.927059 m	1.3749383 m	-160.58902 kPa	19.794491 kPa	11.247383 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 18	-17.524706 m	1.5752038 m	-162.55302 kPa	20.293645 kPa	11.531006 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 19	-17.122353 m	1.791792 m	-164.6771 kPa	20.5197 kPa	11.659452 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 20	-16.72 m	2.025578 m	-166.96984 kPa	20.509122 kPa	11.653441 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 21	-16.317647 m	2.2775784 m	-169.44121 kPa	20.291466 kPa	11.529768 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 22	-15.915294 m	2.5489808 m	-172.10285 kPa	19.888255 kPa	11.30066 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 23	-15.512941 m	2.8411836 m	-174.96849 kPa	19.312172 kPa	10.973326 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO
Slice 24	-15.110588 m	3.1558471 m	-178.05439 kPa	18.566356 kPa	10.549547 kPa	0 kPa	0 kPa RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	48 di 95

Slice 25	-14.708235 m	3.4949643 m	-181.38011 kPa	17.643514 kPa	10.025181 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 26	-14.305882 m	3.8609577 m	-184.96941 kPa	16.524629 kPa	9.3894221 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 27	-13.903529 m	4.2568175 m	-188.85161 kPa	15.176959 kPa	8.6236655 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 28	-13.501176 m	4.6863036 m	-193.06358 kPa	13.551015 kPa	7.6997915 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 29	-13.087415 m	5.1687918 m	-197.79534 kPa	9.6337124 kPa	5.4739498 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 30	-12.662244 m	5.7138024 m	-203.14026 kPa	3.3018163 kPa	1.8761175 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

49 di 95

## 9.2 SEZIONE QUADRUPPLICAMENTO – SISMICA

Analysis Settings

SEZ sismica

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Limit State Design Approach: SISMICA

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

Slip Surface

Direction of movement: Right to Left

Use Passive Mode: No



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

50 di 95

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

ODF Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.25 m

Number of Slices: 30

Overdesign Factor Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in ODF: 0.001

Solution Settings



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

51 di 95

Search Method: Root Finder

Tolerable difference between starting and converged ODF: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

Materials

RILEVATO

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 0 kPa

Phi': 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

GS

Model: Mohr-Coulomb



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

52 di 95

Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 0 kPa

Phi': 35 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

R cud

Model: Undrained (Phi=0)

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 50 kPa

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

LA cud

Model: Undrained (Phi=0)

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

53 di 95

Cohesion: 70 kPa

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Type: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-43; 0) m

Left-Zone Right Coordinate: (-23.80573; 0) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: Range

Right-Zone Left Coordinate: (-13.3; 6) m

Right-Zone Right Coordinate: (-0.165082; 6) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 5

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50; 0) m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

54 di 95

Right Coordinate: (50; 0) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X Y

Coordinate 1 -50 m -12 m

Coordinate 2 -12 m -12 m

Coordinate 3 20 m -12 m

Coordinate 4 50 m -12 m

Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.0553

Vert Seismic Coef.: 0.0276

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

-9 m 7 m

-7.5 m 7 m

Surcharge Load 2



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	55 di 95

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

-6 m 7 m

-4.5 m 7 m

Surcharge Load 3

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

7.5 m 7 m

9 m 7 m

Surcharge Load 4

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	56 di 95

Coordinates

X Y

4.5 m 7 m

6 m 7 m

Surcharge Load 5

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-11.6 m 6.5 m

-9 m 6.5 m

Surcharge Load 6

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-7.5 m 6.5 m

-6 m 6.5 m

Surcharge Load 7

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	57 di 95

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-4.5 m 6.5 m

-2 m 6.5 m

Surcharge Load 8

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

2 m 6.5 m

4.5 m 6.5 m

Surcharge Load 9

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

58 di 95

X Y

6 m 6.5 m

7.5 m 6.5 m

Surcharge Load 10

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

9 m 6.5 m

11.6 m 6.5 m

Design Factor Set: SISMICA

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1.25

Effective Coefficient of Friction: 1.25

Undrained Strength: 1.4

Shear Strength (Other Models): 1



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

59 di 95

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.2

Points

X Y

Point 1 -50 m 0 m

Point 2 -50 m -20 m

Point 3 50 m 0 m

Point 4 50 m -20 m

Point 5 -23.64 m 0 m

Point 6 -13.3 m 6 m

Point 7 13.3 m 6 m

Point 8 23.64 m 0 m

Point 9 -25 m 0 m

Point 10 25 m 0 m

Point 11 -11.6 m 6 m

Point 12 11.6 m 6 m

Point 13 -25 m -0.5 m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	60 di 95

Point 14 25 m -0.5 m

Point 15 25 m -1 m

Point 16 -25 m -1 m

Point 17 -20.14 m 1 m

Point 18 -22.14 m 1 m

Point 19 -50 m -1.5 m

Point 20 -50 m -8.8 m

Point 21 50 m -1.5 m

Point 22 50 m -8.8 m

Point 23 20.14 m 1 m

Point 24 22.14 m 1 m

Point 25 -2 m 6 m

Point 26 2 m 6 m

Regions

Material Points Area

Region 1 GS 2;4;22;20 1,120 m<sup>2</sup>

Region 2 RILEVATO 5;8;24;23;7;12;26;25;11;6;17;18 212.98 m<sup>2</sup>

Region 3 R cud 9;5;8;10;14;13 25 m<sup>2</sup>

Region 4 R cud 13;16;15;14 25 m<sup>2</sup>

Region 5 R cud 1;19;21;3;10;14;15;16;13;9 100 m<sup>2</sup>

Region 6 LA cud 19;20;22;21 730 m<sup>2</sup>

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1163 of 1536 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1,455

Overdesign Factor: 1.159



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	61 di 95

Degree of Utilization: 0.863

Volume: 16.491729 m<sup>3</sup>

Weight: 329.82869 kN

Resisting Moment: 2,802.9957 kN·m

Activating Moment: 2,418.5557 kN·m

Resisting Force: 176.32458 kN

Activating Force: 152.24323 kN

Slip Rank: 1 of 1,536 slip surfaces

Exit: (-23.80573; 0) m

Entry: (-11.548678; 6) m

Radius: 14.210742 m

Center: (-23.157785; 14.195963) m

Slip Slices

X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-23.722865 m	-0.00329773 m	-117.65166 kPa	1.7063244 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa R cud



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	62 di 95

Slice 2	-23.45164 m	-0.010491608 m	-117.58111 kPa	5.9490696 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa	R cud
Slice 3	-23.07492 m	-0.013289286 m	-117.55367 kPa	13.166521 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa	R cud
Slice 4	-22.698201 m	-0.006095408 m	-117.62422 kPa	19.941764 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa	R cud
Slice 5	-22.32492 m	0.010857422 m	-117.79048 kPa	23.486948 kPa	12.233343 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 6	-21.94 m	0.038918794 m	-118.06568 kPa	25.707541 kPa	13.389955 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 7	-21.54 m	0.079042549 m	-118.45917 kPa	24.802969 kPa	12.918802 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 8	-21.14 m	0.13065402 m	-118.96532 kPa	23.41295 kPa	12.194801 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 9	-20.74 m	0.19388033 m	-119.58538 kPa	21.568832 kPa	11.234279 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 10	-20.34 m	0.26887982 m	-120.3209 kPa	19.319265 kPa	10.062576 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 11	-19.938824 m	0.35613565 m	-121.17662 kPa	19.663825 kPa	10.242042 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 12	-19.536471 m	0.45594868 m	-122.15549 kPa	22.459397 kPa	11.698136 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 13	-19.134118 m	0.56836984 m	-123.258 kPa	24.731788 kPa	12.881727 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 14	-18.731765 m	0.69371438 m	-124.48726 kPa	26.512135 kPa	13.809034 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 15	-18.329412 m	0.83234634 m	-125.84682 kPa	27.845395 kPa	14.503471 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 16	-17.927059 m	0.98468446 m	-127.3408 kPa	28.784792 kPa	14.992763 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 17	-17.524706 m	1.1512095 m	-128.97391 kPa	29.386668 kPa	15.306254 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 18	-17.122353 m	1.3324732 m	-130.75156 kPa	29.706167 kPa	15.472668 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 19	-16.72 m	1.529109 m	-132.67997 kPa	29.793964 kPa	15.518397 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 20	-16.317647 m	1.7418462 m	-134.76629 kPa	29.69399 kPa	15.466325 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 21	-15.915294 m	1.9715269 m	-137.01876 kPa	29.442002 kPa	15.335075 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 22	-15.512941 m	2.2191274 m	-139.44698 kPa	29.064773 kPa	15.138593 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 23	-15.110588 m	2.4857867 m	-142.06211 kPa	28.579666 kPa	14.885921 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 24	-14.708235 m	2.7728424 m	-144.87727 kPa	27.994365 kPa	14.581063 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 25	-14.305882 m	3.081879 m	-147.90799 kPa	27.306516 kPa	14.222792 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 26	-13.903529 m	3.4147919 m	-151.17286 kPa	26.503047 kPa	13.8043 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 27	-13.501176 m	3.7738767 m	-154.69441 kPa	25.558933 kPa	13.312551 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 28	-13.083333 m	4.1781694 m	-158.65931 kPa	22.308996 kPa	11.619799 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 29	-12.65 m	4.6341638 m	-163.13124 kPa	16.687257 kPa	8.6916759 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	63 di 95

Slice 30 -12.216667 m 5.1338584 m -168.03175 kPa 10.607835 kPa 5.5251662 kPa 0 kPa 0 kPa RILEVATO

Slice 31 -11.8 m 5.6616171 m -173.20748 kPa 4.1462881 kPa 2.1596235 kPa 0 kPa 0 kPa RILEVATO

Slice 32 -11.574339 m 5.9638918 m -176.17189 kPa 9.2361769 kPa 4.8107282 kPa 0 kPa 0 kPa RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

64 di 95

### 9.3 SEZIONE TIPO – STATICA

Analysis Settings

SEZ statica

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Limit State Design Approach: STATICA

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

65 di 95

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

ODF Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.25 m

Number of Slices: 30

Overdesign Factor Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in ODF: 0.001

Solution Settings



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

66 di 95

Search Method: Root Finder

Tolerable difference between starting and converged ODF: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

Materials

R

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 5 kPa

Phi': 26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

RILEVATO

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

67 di 95

Cohesion': 0 kPa

Phi': 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

LA

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 5 kPa

Phi': 26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

GS

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

68 di 95

Cohesion: 0 kPa

Phi: 35 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Type: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-5.426924; 6) m

Left-Zone Right Coordinate: (6.45; 6) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: Range

Right-Zone Left Coordinate: (16.975466; 0) m

Right-Zone Right Coordinate: (31; 0) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 5



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

69 di 95

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50; 0) m

Right Coordinate: (50; 0) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X Y

Coordinate 1 -50 m -12 m

Coordinate 2 -12 m -12 m

Coordinate 3 20 m -12 m

Coordinate 4 50 m -12 m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 97.3 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

-2.3 m 7 m

-0.8 m 7 m

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 97.3 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

70 di 95

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

0.8 m 7 m

2.3 m 7 m

Surcharge Load 3

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-4.75 m 6.5 m

-2.3 m 6.5 m

Surcharge Load 4

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-0.8 m 6.5 m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	71 di 95

0.8 m 6.5 m

Surcharge Load 5

Surcharge (Unit Weight): 37.4 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

2.3 m 6.5 m

4.75 m 6.5 m

Design Factor Set: STATICA

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1.25

Effective Coefficient of Friction: 1.25

Undrained Strength: 1.4

Shear Strength (Other Models): 1

Pullout Resistance: 1



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	72 di 95

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.1

Points

X Y

Point 1 -50 m 0 m

Point 2 -50 m -20 m

Point 3 50 m 0 m

Point 4 50 m -20 m

Point 5 -16.79 m 0 m

Point 6 -6.45 m 6 m

Point 7 6.45 m 6 m

Point 8 16.79 m 0 m

Point 9 -20 m 0 m

Point 10 20 m 0 m

Point 11 -4.75 m 6 m

Point 12 4.75 m 6 m

Point 13 -20 m -0.5 m

Point 14 20 m -0.5 m

Point 15 20 m -1 m

Point 16 -20 m -1 m

Point 17 -13.29 m 1 m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	73 di 95

Point 18 -15.29 m 1 m

Point 19 -50 m -1.5 m

Point 20 -50 m -9.2 m

Point 21 50 m -1.5 m

Point 22 50 m -9.2 m

Point 23 13.29 m 1 m

Point 24 15.29 m 1 m

Regions

Material Points Area

Region 1 GS 2;4;22;20 1,080 m<sup>2</sup>

Region 2 RILEVATO 5;8;24;23;7;12;11;6;17;18 130.78 m<sup>2</sup>

Region 3 R 9;5;8;10;14;13 20 m<sup>2</sup>

Region 4 R 13;16;15;14 20 m<sup>2</sup>

Region 5 R 1;19;21;3;10;14;15;16;13;9 110 m<sup>2</sup>

Region 6 LA 19;20;22;21 770 m<sup>2</sup>

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1126 of 1536 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1,251

Overdesign Factor: 1.154

Degree of Utilization: 0.866

Volume: 15.530786 m<sup>3</sup>

Weight: 310.61255 kN



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	74 di 95

Resisting Moment: 2,340.2129 kN·m

Activating Moment: 2,027.4269 kN·m

Resisting Force: 144.14104 kN

Activating Force: 124.8919 kN

Slip Rank: 2 of 1,536 slip surfaces

Exit: (16.975466; 0) m

Entry: (4.8664101; 6) m

Radius: 14.138943 m

Center: (16.435133; 14.128615) m

#### Slip Slices

X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material		
Slice 1	5.0643589 m		5.731938 m	-173.89712 kPa	3.1198542 kPa	1.7727252 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 2	5.4602563 m		5.2200146 m	-168.87668 kPa	9.1079972 kPa	5.1752344 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 3	5.8561538 m		4.7528025 m	-164.29473 kPa	14.615947 kPa	8.3048941 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 4	6.2520513 m		4.3238648 m	-160.08814 kPa	19.798447 kPa	11.249631 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 5	6.6511765 m		3.9253686 m	-156.18009 kPa	22.989652 kPa	13.062898 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 6	7.0535294 m		3.5539795 m	-152.53788 kPa	24.199049 kPa	13.750087 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 7	7.4558824 m		3.2100554 m	-149.16501 kPa	25.248237 kPa	14.346243 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 8	7.8582353 m		2.8910661 m	-146.03668 kPa	26.159104 kPa	14.863805 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 9	8.2605882 m		2.5949363 m	-143.13254 kPa	26.94114 kPa	15.308164 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	75 di 95

Slice 10	8.6629412 m	2.319942 m	-140.43567 kPa	27.592721 kPa	15.678397 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 11	9.0652941 m	2.0646345 m	-137.93187 kPa	28.101859 kPa	15.967694 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 12	9.4676471 m	1.8277853 m	-135.60909 kPa	28.446683 kPa	16.163625 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 13	9.87 m	1.6083452 m	-133.45704 kPa	28.5959 kPa	16.248411 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 14	10.272353 m	1.4054117 m	-131.46687 kPa	28.509531 kPa	16.199336 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 15	10.674706 m	1.2182054 m	-129.63094 kPa	28.14016 kPa	15.989456 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 16	11.077059 m	1.04605 m	-127.94261 kPa	27.434963 kPa	15.588758 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 17	11.479412 m	0.88835779 m	-126.39612 kPa	26.338763 kPa	14.965889 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 18	11.881765 m	0.74461686 m	-124.98646 kPa	24.798217 kPa	14.090538 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 19	12.284118 m	0.61438153 m	-123.70924 kPa	22.767085 kPa	12.936434 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 20	12.686471 m	0.49726429 m	-122.56067 kPa	20.212231 kPa	11.484746 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 21	13.088824 m	0.39292923 m	-121.53746 kPa	17.119657 kPa	9.7275216 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 22	13.49 m	0.30131949 m	-120.63904 kPa	16.491996 kPa	9.3708796 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 23	13.89 m	0.22211716 m	-119.8623 kPa	18.47112 kPa	10.495433 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 24	14.29 m	0.15481146 m	-119.20224 kPa	20.044673 kPa	11.389538 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 25	14.69 m	0.099231007 m	-118.65716 kPa	21.172047 kPa	12.030121 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 26	15.09 m	0.055236769 m	-118.22571 kPa	21.832541 kPa	12.405419 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 27	15.5924 m	0.018060391 m	-117.86112 kPa	17.752701 kPa	10.087222 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 28	16.118599 m	-0.0050121734 m	-117.63485 kPa	10.2767 kPa	3.6452955 kPa	3.6363636 kPa	0 kPa	R
Slice 29	16.5662 m	-0.0079493827 m	-117.60604 kPa	3.6856718 kPa	1.3073616 kPa	3.6363636 kPa	0 kPa	R
Slice 30	16.882733 m	-0.0029372093 m	-117.65519 kPa	0.25113367 kPa	0.089080783 kPa	3.6363636 kPa	0 kPa	R



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

76 di 95

## 9.4 SEZIONE TIPO – SISMICA

Analysis Settings

SEZ sismica

Kind: SLOPE/W

Method: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Interslice force function option: Half-Sine

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Limit State Design Approach: SISMICA

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m<sup>3</sup>

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

77 di 95

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

ODF Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.25 m

Number of Slices: 30

Overdesign Factor Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in ODF: 0.001

Solution Settings

Search Method: Root Finder



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

78 di 95

Tolerable difference between starting and converged ODF: 3

Maximum iterations to calculate converged lambda: 20

Max Absolute Lambda: 2

Materials

RILEVATO

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 0 kPa

Phi': 38 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

GS

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

79 di 95

Cohesion': 0 kPa

Phi': 35 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

R cud

Model: Undrained (Phi=0)

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 50 kPa

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

LA cud

Model: Undrained (Phi=0)

Unit Weight: 19.5 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 70 kPa



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

80 di 95

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Type: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-5.113719; 6) m

Left-Zone Right Coordinate: (6.45; 6) m

Left-Zone Increment: 15

Right Type: Range

Right-Zone Left Coordinate: (16.958982; 0) m

Right-Zone Right Coordinate: (31; 0) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 5

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50; 0) m

Right Coordinate: (50; 0) m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	81 di 95

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

X Y

Coordinate 1 -50 m -12 m

Coordinate 2 -12 m -12 m

Coordinate 3 20 m -12 m

Coordinate 4 50 m -12 m

Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.0553

Vert Seismic Coef.: 0.0276

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 11.54 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

-2.3 m 7 m

-0.8 m 7 m

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 11.54 kN/m<sup>3</sup>



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	82 di 95

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

X Y

0.8 m 7 m

2.3 m 7 m

Surcharge Load 3

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

-4.75 m 6.5 m

-2.3 m 6.5 m

Surcharge Load 4

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

83 di 95

-0.8 m 6.5 m

0.8 m 6.5 m

Surcharge Load 5

Surcharge (Unit Weight): 28.8 kN/m<sup>3</sup>

Direction: Vertical

Mode: Permanent

Coordinates

X Y

2.3 m 6.5 m

4.75 m 6.5 m

Design Factor Set: SISMICA

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1.25

Effective Coefficient of Friction: 1.25

Undrained Strength: 1.4

Shear Strength (Other Models): 1



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

**IQ01**

01

R 26

RH RI0000 001

A

84 di 95

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.2

Points

X Y

Point 1 -50 m 0 m

Point 2 -50 m -20 m

Point 3 50 m 0 m

Point 4 50 m -20 m

Point 5 -16.79 m 0 m

Point 6 -6.45 m 6 m

Point 7 6.45 m 6 m

Point 8 16.79 m 0 m

Point 9 -20 m 0 m

Point 10 20 m 0 m

Point 11 -4.75 m 6 m

Point 12 4.75 m 6 m

Point 13 -20 m -0.5 m

Point 14 20 m -0.5 m



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	85 di 95

Point 15 20 m -1 m

Point 16 -20 m -1 m

Point 17 -13.29 m 1 m

Point 18 -15.29 m 1 m

Point 19 -50 m -1.5 m

Point 20 -50 m -9.2 m

Point 21 50 m -1.5 m

Point 22 50 m -9.2 m

Point 23 13.29 m 1 m

Point 24 15.29 m 1 m

Regions

Material Points Area

Region 1 GS 2;4;22;20 1,080 m<sup>2</sup>

Region 2 RILEVATO 5;8;24;23;7;12;11;6;17;18 130.78 m<sup>2</sup>

Region 3 R cud 9;5;8;10;14;13 20 m<sup>2</sup>

Region 4 R cud 13;16;15;14 20 m<sup>2</sup>

Region 5 R cud 1;19;21;3;10;14;15;16;13;9 110 m<sup>2</sup>

Region 6 LA cud 19;20;22;21 770 m<sup>2</sup>

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1143 of 1536 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1,251

Overdesign Factor: 1.121

Degree of Utilization: 0.892



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IQ01</b>	01	R 26	RH RI0000 001	A	86 di 95

Volume: 15.301265 m<sup>3</sup>

Weight: 306.02282 kN

Resisting Moment: 2,515.3695 kN·m

Activating Moment: 2,244.6527 kN·m

Resisting Force: 158.71828 kN

Activating Force: 141.64864 kN

Slip Rank: 1 of 1,536 slip surfaces

Exit: (16.958982; 0) m

Entry: (4.9081708; 6) m

Radius: 14.110935 m

Center: (16.461248; 14.102154) m

Slip Slices

X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material		
Slice 1	5.1008995 m		5.7382253 m	-173.95878 kPa	3.1861794 kPa	1.6595441 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 2	5.4863568 m		5.2378339 m	-169.05144 kPa	9.2404855 kPa	4.8129723 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 3	5.8718141 m		4.7802817 m	-164.56422 kPa	14.727252 kPa	7.6707933 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 4	6.2572713 m		4.359492 m	-160.43754 kPa	19.812791 kPa	10.319632 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 26	RH RI0000 001	A	87 di 95

Slice 5	6.6511765 m	3.9629909 m	-156.54905 kPa	22.860878 kPa	11.90725 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 6	7.0535294 m	3.5883324 m	-152.87478 kPa	23.923565 kPa	12.460758 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 7	7.4558824 m	3.2415103 m	-149.47349 kPa	24.822278 kPa	12.928859 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 8	7.8582353 m	2.9199254 m	-146.31971 kPa	25.588875 kPa	13.328147 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 9	8.2605882 m	2.6214507 m	-143.39257 kPa	26.241954 kPa	13.668308 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 10	8.6629412 m	2.3443215 m	-140.67476 kPa	26.788459 kPa	13.952959 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 11	9.0652941 m	2.0870573 m	-138.15177 kPa	27.224594 kPa	14.180122 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 12	9.4676471 m	1.8484044 m	-135.81113 kPa	27.536287 kPa	14.34247 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 13	9.87 m	1.6272925 m	-133.64286 kPa	27.699489 kPa	14.427475 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 14	10.272353 m	1.4228026 m	-131.63742 kPa	27.680549 kPa	14.41761 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 15	10.674706 m	1.2341408 m	-129.78722 kPa	27.436952 kPa	14.290731 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 16	11.077059 m	1.0606194 m	-128.08549 kPa	26.91866 kPa	14.020775 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 17	11.479412 m	0.90164039 m	-126.52639 kPa	26.070332 kPa	13.578917 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 18	11.881765 m	0.75668348 m	-125.10479 kPa	24.834623 kPa	12.93529 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 19	12.284118 m	0.62529569 m	-123.81627 kPa	23.156638 kPa	12.061299 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 20	12.686471 m	0.50708316 m	-122.65696 kPa	20.989374 kPa	10.932464 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 21	13.088824 m	0.4017045 m	-121.62352 kPa	18.299706 kPa	9.5315316 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 22	13.49 m	0.3091008 m	-120.71535 kPa	18.045133 kPa	9.3989355 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 23	13.89 m	0.22894972 m	-119.92931 kPa	20.37539 kPa	10.612666 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 24	14.29 m	0.16073373 m	-119.26032 kPa	22.304748 kPa	11.617586 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 25	14.69 m	0.10427819 m	-118.70666 kPa	23.780426 kPa	12.386203 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 26	15.09 m	0.059441137 m	-118.26694 kPa	24.767719 kPa	12.900442 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 27	15.458378 m	0.027913547 m	-117.95775 kPa	22.856595 kPa	11.90502 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 28	15.795135 m	0.0079578141 m	-117.76204 kPa	18.193463 kPa	9.4761942 kPa	0 kPa	0 kPa	RILEVATO
Slice 29	16.170135 m	-0.0042640257 m	-117.64218 kPa	14.160287 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa	R cud
Slice 30	16.583378 m	-0.006739477 m	-117.61791 kPa	6.1951407 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa	R cud
Slice 31	16.874491 m	-0.0024754513 m	-117.65972 kPa	1.5077903 kPa	0 kPa	29.761905 kPa	0 kPa	R cud





VELOCITÀ DI PREDIMENSIONAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA

QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

COMMESSA IQ01

LOTTO 01

CODIFICA R\_26

DOCUMENTO RH RI0000 001

REV. A

FOGLIO 89 di 95

Al piede

Table with columns: LINEA, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AQ, AR, AS, AT, AU, AV, AW, AX, AY, AZ, BA, BB, BC, BD, BE, BF, BG, BH, BI, BJ, BK, BL, BM, BN, BO, BP, BQ, BR, BS, BT, BU, BV, BW, BX, BY, BZ, CA, CB, CC, CD, CE, CF, CG, CH, CI, CJ, CK, CL, CM, CN, CO, CP, CQ, CR, CS, CT, CU, CV, CW, CX, CY, CZ, DA, DB, DC, DD, DE, DF, DG, DH, DI, DJ, DK, DL, DM, DN, DO, DP, DQ, DR, DS, DT, DU, DV, DW, DX, DY, DZ, EA, EB, EC, ED, EE, EF, EG, EH, EI, EJ, EK, EL, EM, EN, EO, EP, EQ, ER, ES, ET, EU, EV, EW, EX, EY, EZ, FA, FB, FC, FD, FE, FF, FG, FH, FI, FJ, FK, FL, FM, FN, FO, FP, FQ, FR, FS, FT, FU, FV, FW, FX, FY, FZ, GA, GB, GC, GD, GE, GF, GG, GH, GI, GJ, GK, GL, GM, GN, GO, GP, GQ, GR, GS, GT, GU, GV, GW, GX, GY, GZ, HA, HB, HC, HD, HE, HF, HG, HH, HI, HJ, HK, HL, HM, HN, HO, HP, HQ, HR, HS, HT, HU, HV, HW, HX, HY, HZ, IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG, IH, II, IJ, IK, IL, IM, IN, IO, IP, IQ, IR, IS, IT, IU, IV, IW, IX, IY, IZ, JA, JB, JC, JD, JE, JF, JG, JH, JI, JJ, JK, JL, JM, JN, JO, JP, JQ, JR, JS, JT, JU, JV, JW, JX, JY, JZ, KA, KB, KC, KD, KE, KF, KG, KH, KI, KJ, KK, KL, KM, KN, KO, KP, KQ, KR, KS, KT, KU, KV, KW, KX, KY, KZ, LA, LB, LC, LD, LE, LF, LG, LH, LI, LJ, LK, LL, LM, LN, LO, LP, LQ, LR, LS, LT, LU, LV, LW, LX, LY, LZ, MA, MB, MC, MD, ME, MF, MG, MH, MI, MJ, MK, ML, MM, MN, MO, MP, MQ, MR, MS, MT, MU, MV, MW, MX, MY, MZ, NA, NB, NC, ND, NE, NF, NG, NH, NI, NJ, NK, NL, NM, NN, NO, NP, NQ, NR, NS, NT, NU, NV, NW, NX, NY, NZ, OA, OB, OC, OD, OE, OF, OG, OH, OI, OJ, OK, OL, OM, ON, OO, OP, OQ, OR, OS, OT, OU, OV, OW, OX, OY, OZ, PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG, PH, PI, PJ, PK, PL, PM, PN, PO, PP, PQ, PR, PS, PT, PU, PV, PW, PX, PY, PZ, QA, QB, QC, QD, QE, QF, QG, QH, QI, QJ, QK, QL, QM, QN, QO, QP, QQ, QR, QS, QT, QU, QV, QW, QX, QY, QZ, RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG, RH, RI, RJ, RK, RL, RM, RN, RO, RP, RQ, RR, RS, RT, RU, RV, RW, RX, RY, RZ, SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SK, SL, SM, SN, SO, SP, SQ, SR, SS, ST, SU, SV, SW, SX, SY, SZ, TA, TB, TC, TD, TE, TF, TG, TH, TI, TJ, TK, TL, TM, TN, TO, TP, TQ, TR, TS, TT, TU, TV, TW, TX, TY, TZ, UA, UB, UC, UD, UE, UF, UG, UH, UI, UJ, UK, UL, UM, UN, UO, UP, UQ, UR, US, UT, UU, UV, UW, UX, UY, UZ, VA, VB, VC, VD, VE, VF, VG, VH, VI, VJ, VK, VL, VM, VN, VO, VP, VQ, VR, VS, VT, VU, VW, VX, VY, VZ, WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WI, WJ, WK, WL, WM, WN, WO, WP, WQ, WR, WS, WT, WU, WV, WW, WX, WY, WZ, XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XJ, XK, XL, XM, XN, XO, XP, XQ, XR, XS, XT, XU, XV, XW, XX, XY, XZ, YA, YB, YC, YD, YE, YF, YG, YH, YI, YJ, YK, YL, YM, YN, YO, YP, YQ, YR, YS, YT, YU, YV, YW, YX, YY, YZ, ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF, ZG, ZH, ZI, ZJ, ZK, ZL, ZM, ZN, ZO, ZP, ZQ, ZR, ZS, ZT, ZU, ZV, ZW, ZX, ZY, ZZ.







VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO - GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Table with 6 columns: Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari, COMMESSA IQ01, LOTTO 01, CODIFICA R 26, DOCUMENTO RH R10000 001, REV. A, FOGLIO 92 di 95

9.6 SEZIONE TIPO - CEDIMENTI

In asse

Main data table with columns for coordinates (x, y, z), elevations (e.g., e\_s, e\_n), and various engineering parameters. The table contains a dense grid of numerical data points for each coordinate along the track.







VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO - GENOVA

QUADROPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERVENTO

Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari

Table with 6 columns: Relazione di predimensionamento rilevati e trincee ferroviari, COMESSA (IQ01), LOTTO (01), CODIFICA (R 26), DOCUMENTO (RH RI0000 001), REV. (A), FOGLIO (95 di 95)

Tra piede e ciglio

Main data table with columns: n (m), e (m), a (m), b (m), c (m), d (m), e (m), f (m), g (m), h (m), i (m), j (m), k (m), l (m), m (m), n (m), o (m), p (m), q (m), r (m), s (m), t (m), u (m), v (m), w (m), x (m), y (m), z (m), aa (m), ab (m), ac (m), ad (m), ae (m), af (m), ag (m), ah (m), ai (m), aj (m), ak (m), al (m), am (m), an (m), ao (m), ap (m), aq (m), ar (m), as (m), at (m), au (m), av (m), aw (m), ax (m), ay (m), az (m), ba (m), bb (m), bc (m), bd (m), be (m), bf (m), bg (m), bh (m), bi (m), bj (m), bk (m), bl (m), bm (m), bn (m), bo (m), bp (m), bq (m), br (m), bs (m), bt (m), bu (m), bv (m), bw (m), bx (m), by (m), bz (m), ca (m), cb (m), cc (m), cd (m), ce (m), cf (m), cg (m), ch (m), ci (m), cj (m), ck (m), cl (m), cm (m), cn (m), co (m), cp (m), cq (m), cr (m), cs (m), ct (m), cu (m), cv (m), cw (m), cx (m), cy (m), cz (m), da (m), db (m), dc (m), dd (m), de (m), df (m), dg (m), dh (m), di (m), dj (m), dk (m), dl (m), dm (m), dn (m), do (m), dp (m), dq (m), dr (m), ds (m), dt (m), du (m), dv (m), dw (m), dx (m), dy (m), dz (m), ea (m), eb (m), ec (m), ed (m), ee (m), ef (m), eg (m), eh (m), ei (m), ej (m), ek (m), el (m), em (m), en (m), eo (m), ep (m), eq (m), er (m), es (m), et (m), eu (m), ev (m), ew (m), ex (m), ey (m), ez (m), fa (m), fb (m), fc (m), fd (m), fe (m), ff (m), fg (m), fh (m), fi (m), fj (m), fk (m), fl (m), fm (m), fn (m), fo (m), fp (m), fq (m), fr (m), fs (m), ft (m), fu (m), fv (m), fw (m), fx (m), fy (m), fz (m), ga (m), gb (m), gc (m), gd (m), ge (m), gf (m), gg (m), gh (m), gi (m), gj (m), gk (m), gl (m), gm (m), gn (m), go (m), gp (m), gq (m), gr (m), gs (m), gt (m), gu (m), gv (m), gw (m), gx (m), gy (m), gz (m), ha (m), hb (m), hc (m), hd (m), he (m), hf (m), hg (m), hh (m), hi (m), hj (m), hk (m), hl (m), hm (m), hn (m), ho (m), hp (m), hq (m), hr (m), hs (m), ht (m), hu (m), hv (m), hw (m), hx (m), hy (m), hz (m), ia (m), ib (m), ic (m), id (m), ie (m), if (m), ig (m), ih (m), ii (m), ij (m), ik (m), il (m), im (m), in (m), io (m), ip (m), iq (m), ir (m), is (m), it (m), iu (m), iv (m), iw (m), ix (m), iy (m), iz (m), ja (m), jb (m), jc (m), jd (m), je (m), jf (m), jg (m), jh (m), ji (m), jj (m), jk (m), jl (m), jm (m), jn (m), jo (m), jp (m), jq (m), jr (m), js (m), jt (m), ju (m), jv (m), jw (m), jx (m), jy (m), jz (m), ka (m), kb (m), kc (m), kd (m), ke (m), kf (m), kg (m), kh (m), ki (m), kj (m), kk (m), kl (m), km (m), kn (m), ko (m), kp (m), kq (m), kr (m), ks (m), kt (m), ku (m), kv (m), kw (m), kx (m), ky (m), kz (m), la (m), lb (m), lc (m), ld (m), le (m), lf (m), lg (m), lh (m), li (m), lj (m), lk (m), ll (m), lm (m), ln (m), lo (m), lp (m), lq (m), lr (m), ls (m), lt (m), lu (m), lv (m), lw (m), lx (m), ly (m), lz (m), ma (m), mb (m), mc (m), md (m), me (m), mf (m), mg (m), mh (m), mi (m), mj (m), mk (m), ml (m), mn (m), mo (m), mp (m), mq (m), mr (m), ms (m), mt (m), mu (m), mv (m), mw (m), mx (m), my (m), mz (m), na (m), nb (m), nc (m), nd (m), ne (m), nf (m), ng (m), nh (m), ni (m), nj (m), nk (m), nl (m), nm (m), no (m), np (m), nq (m), nr (m), ns (m), nt (m), nu (m), nv (m), nw (m), nx (m), ny (m), nz (m), oa (m), ob (m), oc (m), od (m), oe (m), of (m), og (m), oh (m), oi (m), oj (m), ok (m), ol (m), om (m), on (m), oo (m), op (m), oq (m), or (m), os (m), ot (m), ou (m), ov (m), ow (m), ox (m), oy (m), oz (m), pa (m), pb (m), pc (m), pd (m), pe (m), pf (m), pg (m), ph (m), pi (m), pj (m), pk (m), pl (m), pm (m), pn (m), po (m), pp (m), pq (m), pr (m), ps (m), pt (m), pu (m), pv (m), pw (m), px (m), py (m), pz (m), qa (m), qb (m), qc (m), qd (m), qe (m), qf (m), qg (m), qh (m), qi (m), qj (m), qk (m), ql (m), qm (m), qn (m), qo (m), qp (m), qq (m), qr (m), qs (m), qt (m), qu (m), qv (m), qw (m), qx (m), qy (m), qz (m), ra (m), rb (m), rc (m), rd (m), re (m), rf (m), rg (m), rh (m), ri (m), rj (m), rk (m), rl (m), rm (m), rn (m), ro (m), rp (m), rq (m), rr (m), rs (m), rt (m), ru (m), rv (m), rw (m), rx (m), ry (m), rz (m), sa (m), sb (m), sc (m), sd (m), se (m), sf (m), sg (m), sh (m), si (m), sj (m), sk (m), sl (m), sm (m), sn (m), so (m), sp (m), sq (m), sr (m), ss (m), st (m), su (m), sv (m), sw (m), sx (m), sy (m), sz (m), ta (m), tb (m), tc (m), td (m), te (m), tf (m), tg (m), th (m), ti (m), tj (m), tk (m), tl (m), tm (m), tn (m), to (m), tp (m), tq (m), tr (m), ts (m), tt (m), tu (m), tv (m), tw (m), tx (m), ty (m), tz (m), ua (m), ub (m), uc (m), ud (m), ue (m), uf (m), ug (m), uh (m), ui (m), uj (m), uk (m), ul (m), um (m), un (m), uo (m), up (m), uq (m), ur (m), us (m), ut (m), uu (m), uv (m), uw (m), ux (m), uy (m), uz (m), va (m), vb (m), vc (m), vd (m), ve (m), vf (m), vg (m), vh (m), vi (m), vj (m), vk (m), vl (m), vm (m), vn (m), vo (m), vp (m), vq (m), vr (m), vs (m), vt (m), vu (m), vv (m), vw (m), vx (m), vy (m), vz (m), wa (m), wb (m), wc (m), wd (m), we (m), wf (m), wg (m), wh (m), wi (m), wj (m), wk (m), wl (m), wm (m), wn (m), wo (m), wp (m), wq (m), wr (m), ws (m), wt (m), wu (m), wv (m), ww (m), wx (m), wy (m), wz (m), xa (m), xb (m), xc (m), xd (m), xe (m), xf (m), xg (m), xh (m), xi (m), xj (m), xk (m), xl (m), xm (m), xn (m), xo (m), xp (m), xq (m), xr (m), xs (m), xt (m), xu (m), xv (m), xw (m), xx (m), xy (m), xz (m), ya (m), yb (m), yc (m), yd (m), ye (m), yf (m), yg (m), yh (m), yi (m), yj (m), yk (m), yl (m), ym (m), yn (m), yo (m), yp (m), yq (m), yr (m), ys (m), yt (m), yu (m), yv (m), yw (m), yx (m), yy (m), yz (m), za (m), zb (m), zc (m), zd (m), ze (m), zf (m), zg (m), zh (m), zi (m), zj (m), zk (m), zl (m), zm (m), zn (m), zo (m), zp (m), zq (m), zr (m), zs (m), zt (m), zu (m), zv (m), zw (m), zx (m), zy (m), zz (m)