

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
RILEVATI
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
GENERALE
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due Ing. Paolo Carmona Data: Febbraio 2022			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	I2	RB	RI2800	001	B	- - - D - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Febbraio 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti <i>Maria Conti</i>	Luglio 2021	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Luglio 2021	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Luglio 2021	
B	REVISIONE	M. Conti <i>Maria Conti</i>	Febbraio 2022	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Febbraio 2022	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Febbraio 2022	

Data: Febbraio 2022

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI2800001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 2 di 87

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	5
2.3	Bibliografia	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	7
3.1	Geometria del rilevato.....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	9
4.1	Indagini disponibili.....	9
4.2	Inquadramento stratigrafico	10
4.3	Livello di falda	11
4.4	Condizioni geotecniche del sito	12
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	19
4.5.1	Materiale da rilevato.....	20
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	21
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	21
5.1.1	Vita Nominale.....	21
5.1.2	Classe d'uso	21
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	22
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	22
5.1.5	Condizioni topografiche	22
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	22
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	23
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	25
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	27
5.2.3	Soil improvement	35
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	36
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	36
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	36
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE).....	38
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	38
6.2	Azioni di progetto	38
6.2.1	Azioni permanenti	38
6.2.2	Azioni variabili	39
6.2.3	Azione sismica	39



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2800001B	3 di 87

6.3	Verifiche e risultati SLU	40
6.3.1	Premessa	40
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	40
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	41
6.3.4	Verifiche SLU in condizioni post sismiche	42
6.4	Verifica e risultati SLE	43
6.4.1	Metodologia di calcolo	43
6.4.2	Schematizzazione e risultati	45
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	49
Allegati		50
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO		51
ALLEGATO 2 - SONDAGGI		53
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA		60
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA		68
ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA		76
ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE		83
ALLEGATO 7 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI		87

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 4 di 87

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI28, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 16+193,94 e il km 16+494,86.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa vigente (v. capitolo seguente) e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità dei rilevati ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

- documenti e normativa di riferimento (capitolo 2);
- inquadramento dell'opera e caratteristiche geometriche del rilevato (capitolo 3);
- definizione del modello geotecnico di riferimento (capitolo 4);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 5);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 6);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 7).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 5 di 87

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000002C Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [3] IN1710EI2LZGE0000014B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 4 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003C Relazione idrogeologica 1/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007C-8C Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001B-2B, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000003B-4B, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005B-6B-7C-8B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009B-12B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001B-2B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003B-4B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

- [14] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [15] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [16] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [17] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [18] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [19] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [20] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- [21] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [22] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI
- [23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 6 di 87

[24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (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)

2.3 Bibliografia

- [25] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), "Influence of confining stress on liquefaction resistance", Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [26] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), "Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes". In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.
- [27] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), "Overburden Correction Factors for SPT in sand", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.
- [28] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.
- [29] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [30] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [31] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [32] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [33] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [34] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.
- [35] Priebe H.J., "Vibroreplacement to prevent earthquake induced liquefaction". Ground Engineering, September 1998.
- [36] Idriss I.M. and Boulanger R.W. (2008), "Soil liquefaction during earthquakes".

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2800001B</p>	<p>Foglio 7 di 87</p>

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km 16+194 e il km 16+495 per una lunghezza totale di circa 300 m. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

3.1 Geometria del rilevato

Il rilevato presenta una sezione regolare per tutto il tracciato, con scarpate di pendenza 2/3 (V:H). Alla pk 16+450, si riscontra l'altezza massima del rilevato pari a 4.2 m. La sezione citata, denominata Sezione A (Figura 1) è quella ritenuta più significativa per le verifiche del rilevato in esame.



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
8 di 87

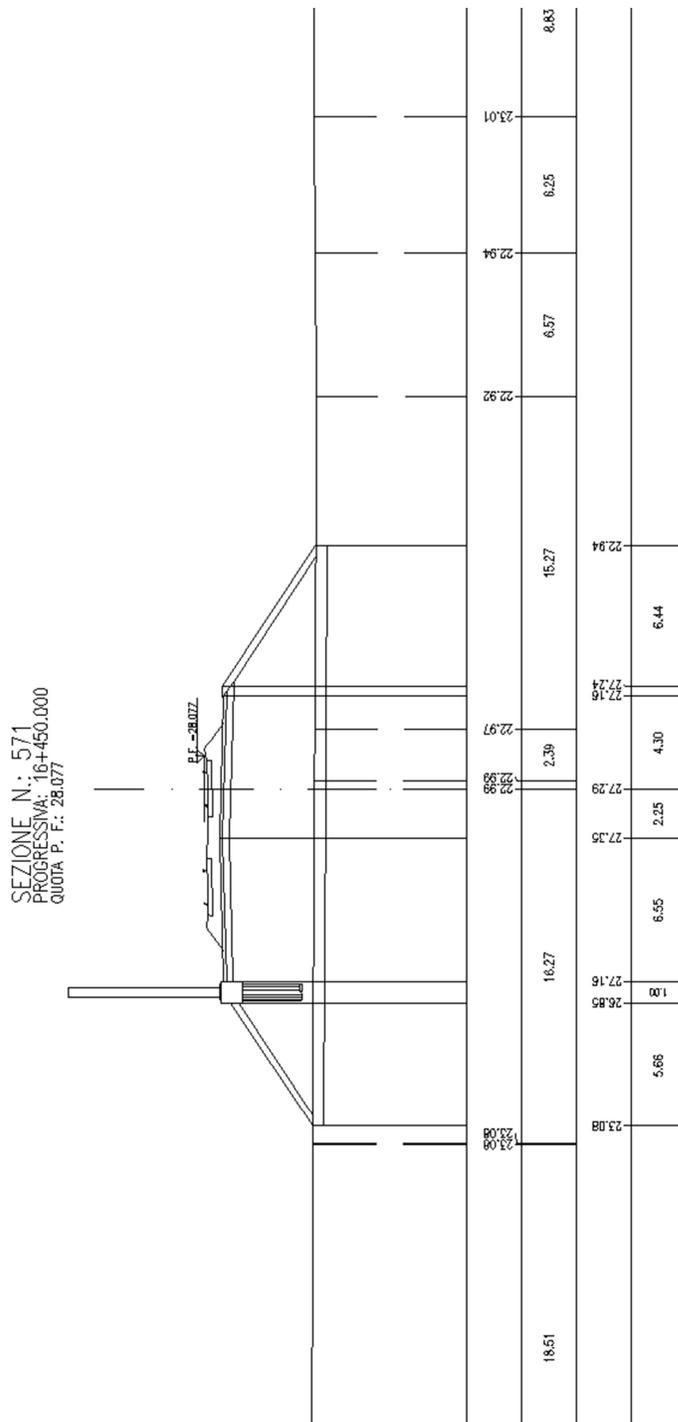


Figura 1 – Sezione di riferimento A (pk 16+450, n. 571) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 9 di 87

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 3, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13][2]).

Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'area di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]).

Per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la valutazione dei parametri geotecnici a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio, si rimanda al capitolo 5 della Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [2])

Tabella 1 - Indagini tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
16+160	SPA24	2014/2015
16+170	BH1V	2015
16+237	CPTU-PE-13	2020-2021
16+297	PT22	
16+495	CPTU-PE-14	2020-2021
16+499	BH-PZ-PE-35	2020-2021

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2800001B</p>	<p>Foglio 10 di 87</p>

4.2 Inquadramento stratigrafico

Dal punto di vista stratigrafico, l'area del rilevato è interessata dalla presenza di una coltre superficiale di spessore variabile da 4 a 3 m circa di terreni sciolti di natura limoso sabbiosa, alternata a livelli limosi teneri (Unità 3a/3b). Al di sotto di questi depositi si riscontra uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di circa 12 m. Al di sotto delle ghiaie si incontra il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità a partire da 12 m pc.

Da quanto sopra, risulta evidente che il comportamento del rilevato sarà governato principalmente dalle caratteristiche della coltre superficiale soprastante le ghiaie. Pertanto, nei capitoli successivi, si presterà quindi particolare attenzione alle caratteristiche geotecniche di tale strato.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [2]).

Nella Figura 2 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI28, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 3 di 11 (Doc. Rif. [3]).

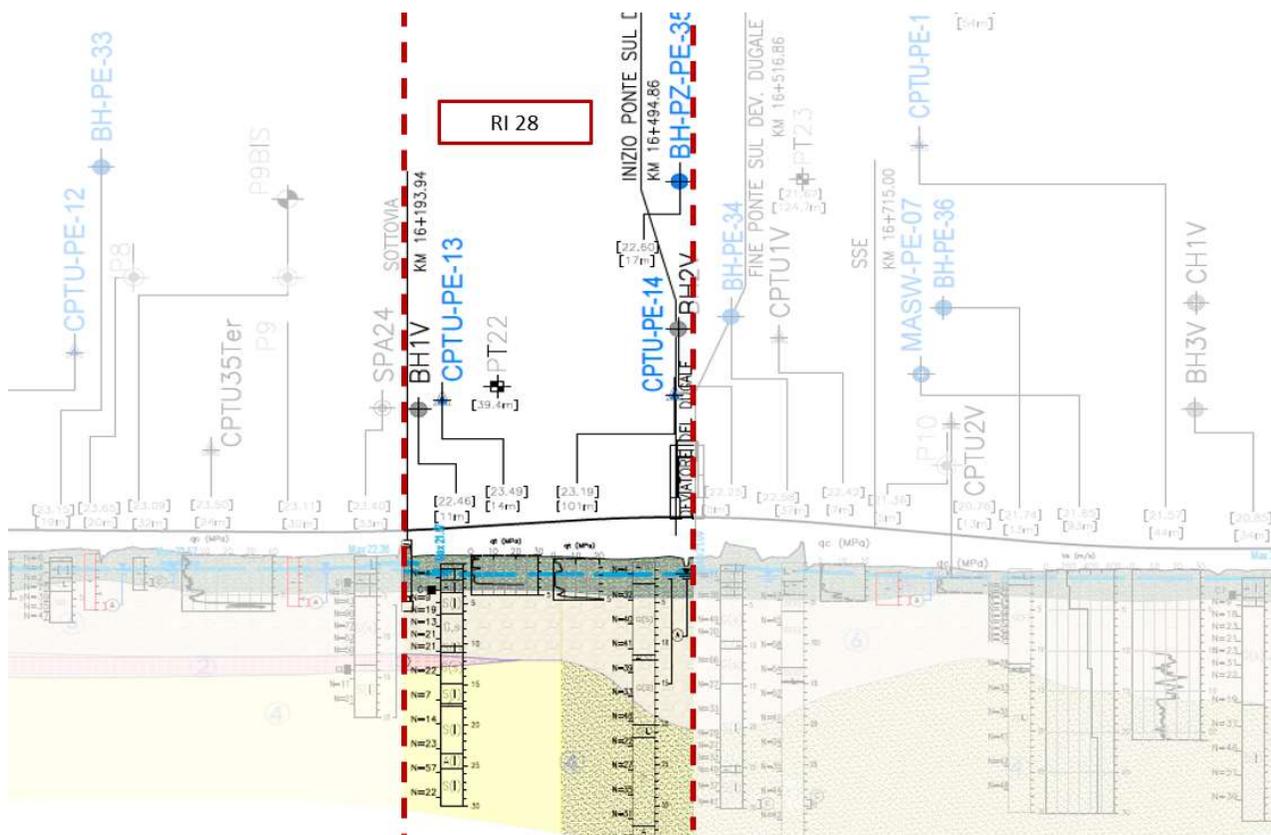


Figura 2 - Profilo Geotecnico Rilevato RI28, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 12 di 87

4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di prevalenti limi sabbiosi e limi argillosi (Unità3a/3b) per uno spessore che varia da 4m (all'inizio della tratta) a 3 m (procedendo verso est. Il progressivo assottigliamento della copertura superficiale spostandosi verso Est è confermato dai successivi dati stratigrafici

La Figura 5 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame. I valori registrati sono indice di terreni molto sciolti (SPT=5), così come confermato dai valori di resistenza alla punta q_c , dell'ordine di 1-2 MPa, e talora anche inferiori ad 1.0 MPa. Le descrizioni dei materiali dei sondaggi, e le caratteristiche granulometriche stimabili dalla prova CPT indicano che tali coltri sono costituiti, in predominanza, da limi sabbiosi, generalmente sciolti.

A tale proposito, la Figura 4 riporta i dati granulometrici dei materiali sciolti, così come ottenuti dalle determinazioni granulometriche di laboratorio delle indagini effettuate nella zona. Come si può notare, gran parte dei materiali di superficie ricade nell'ambito dei terreni potenzialmente liquefacibili, così come definiti dalle NTC 2008.

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino a circa 12 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 40% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 45 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta pari 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Più in profondità si individua un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 15 m pc fino alla quota di fine sondaggi. In questo deposito le percentuali di materiale fino sono inferiori al 10%, i valori medi di N_{SPT} sono pari a 30 colpi/30cm con valori fino a 60 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 50%.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 12 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di V_s pari a 320-350 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono pari a 370 m/s. Sulla base dei valori di V_s si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per le ghiaie si considera un valore di 200 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 300 MPa.

Per i materiali a grana grossa, si è stimato il valore del modulo di Young (E_0) utilizzando da teoria dell'elasticità a partire dal valore del modulo G_0 , ed utilizzando valori di $\nu = 0.25-0.30$. Il valore del modulo di Young operativo (E_{op}) per il calcolo di cedimenti di fondazioni superficiali e rilevati è stato calcolato ipotizzando valori del decadimento del modulo dell'ordine di 1/5 di quello iniziale per gli strati superficiali e dell'ordine di 1/3 di quello iniziale per gli strati più in profondità, dove le deformazioni attese sono minori.

Le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni, interpretati alla luce di quanto riferito in [2] e [4].

- Distribuzione delle granulometrie da analisi di laboratorio, con riferimento all'Unità 3a/3b (v. Figura 4);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 5);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 6);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 7);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 8);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 9).

GRANULOMETRIE DEI MATERIALI DA TRATTARE CON COLONNE IN GHIAIA

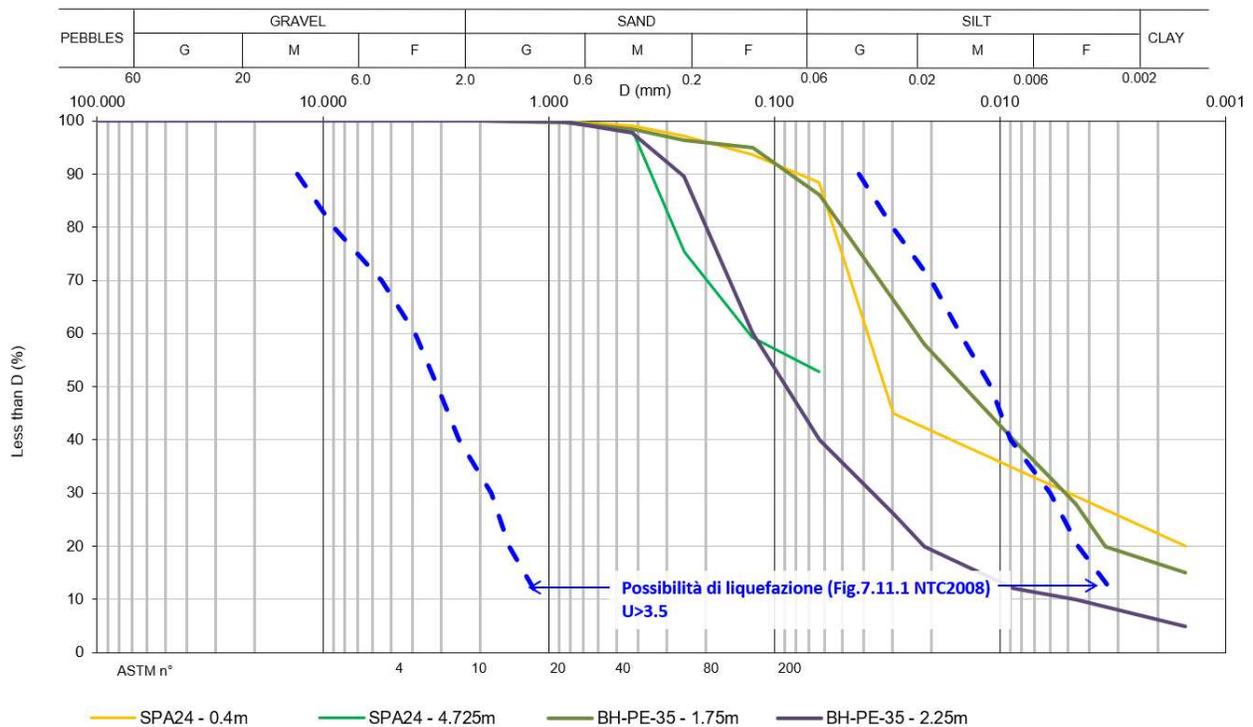


Figura 4 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni superficiali, suscettibili alla liquefazione



AV/AC VERONA VICENZA

RI28 tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86

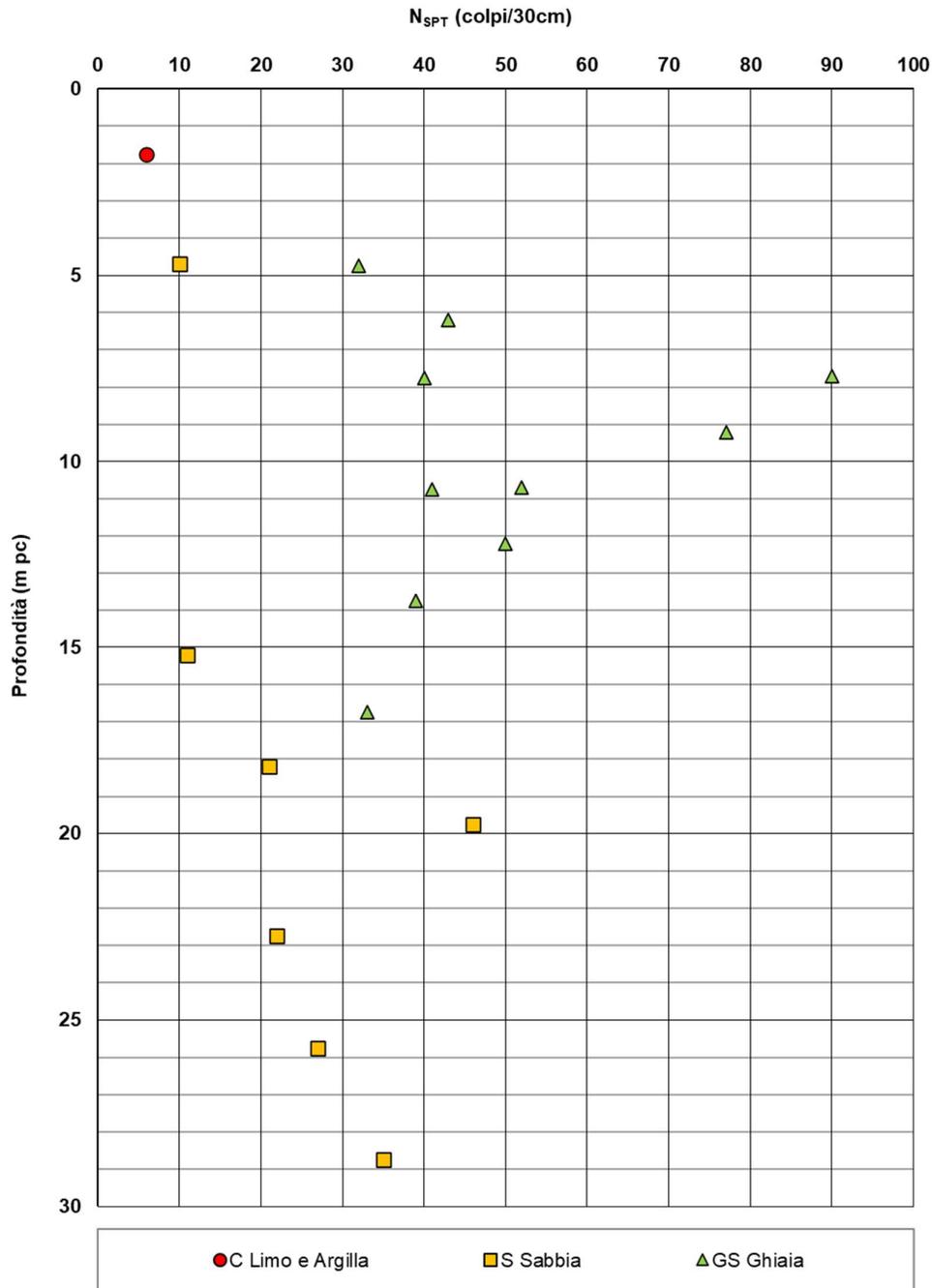


Figura 5 – Esito delle prove SPT tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
15 di 87

AV/AC VERONA VICENZA

RI28 tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86

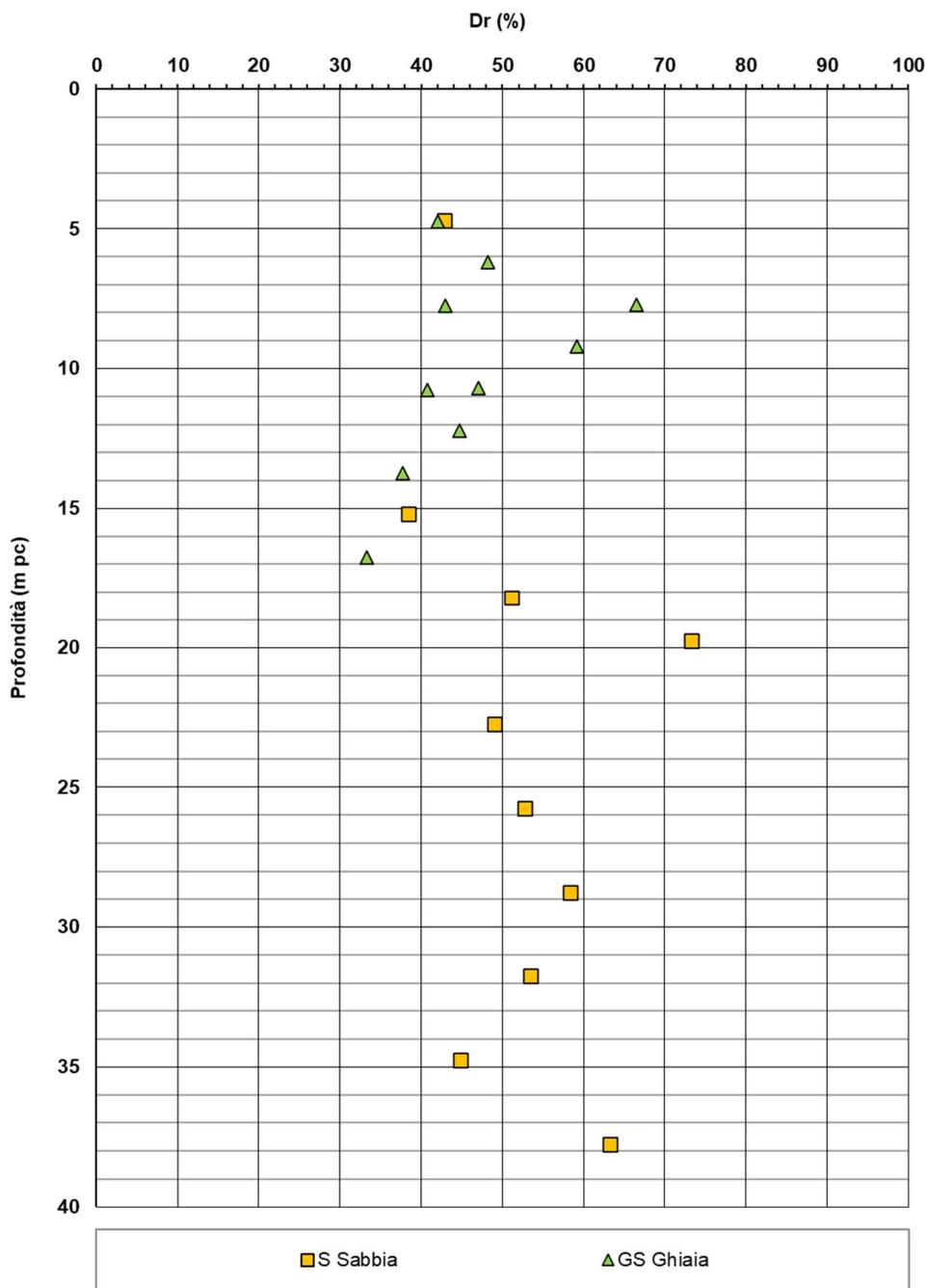


Figura 6 – Densità relativa da prove SPT tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
16 di 87

AV/AC VERONA VICENZA

RI28 tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86

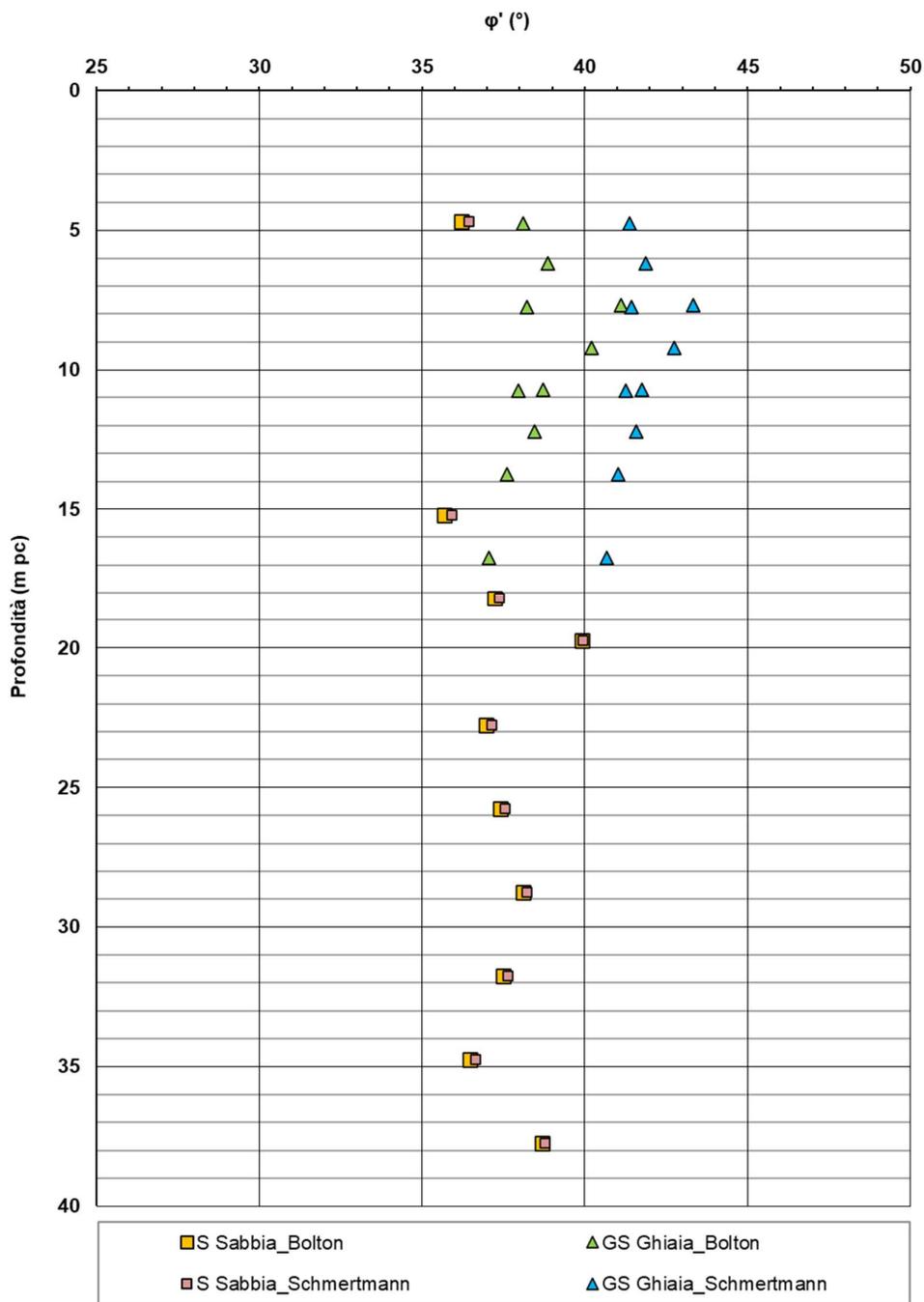


Figura 7 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86

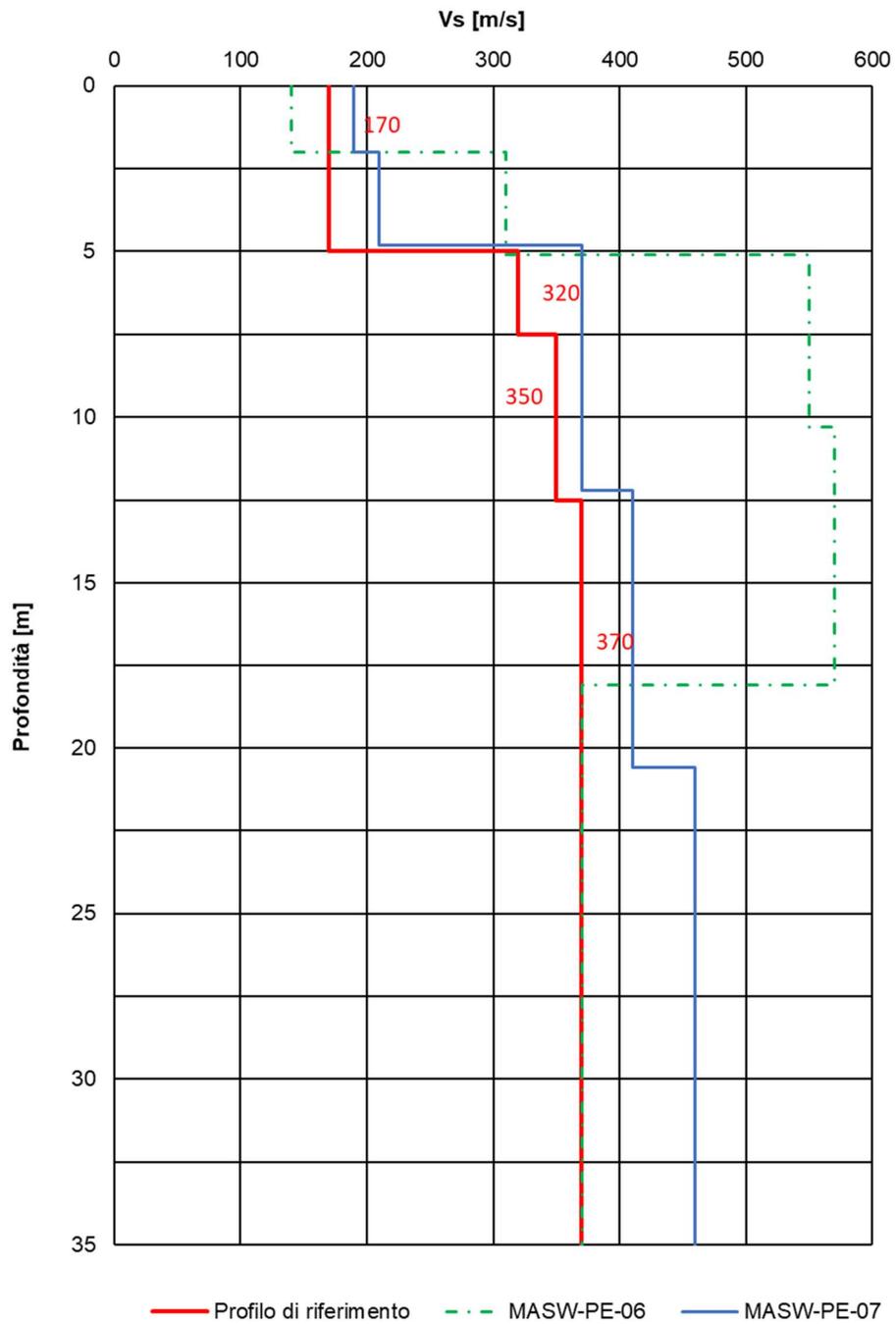


Figura 8 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
18 di 87

AV/AC VERONA VICENZA

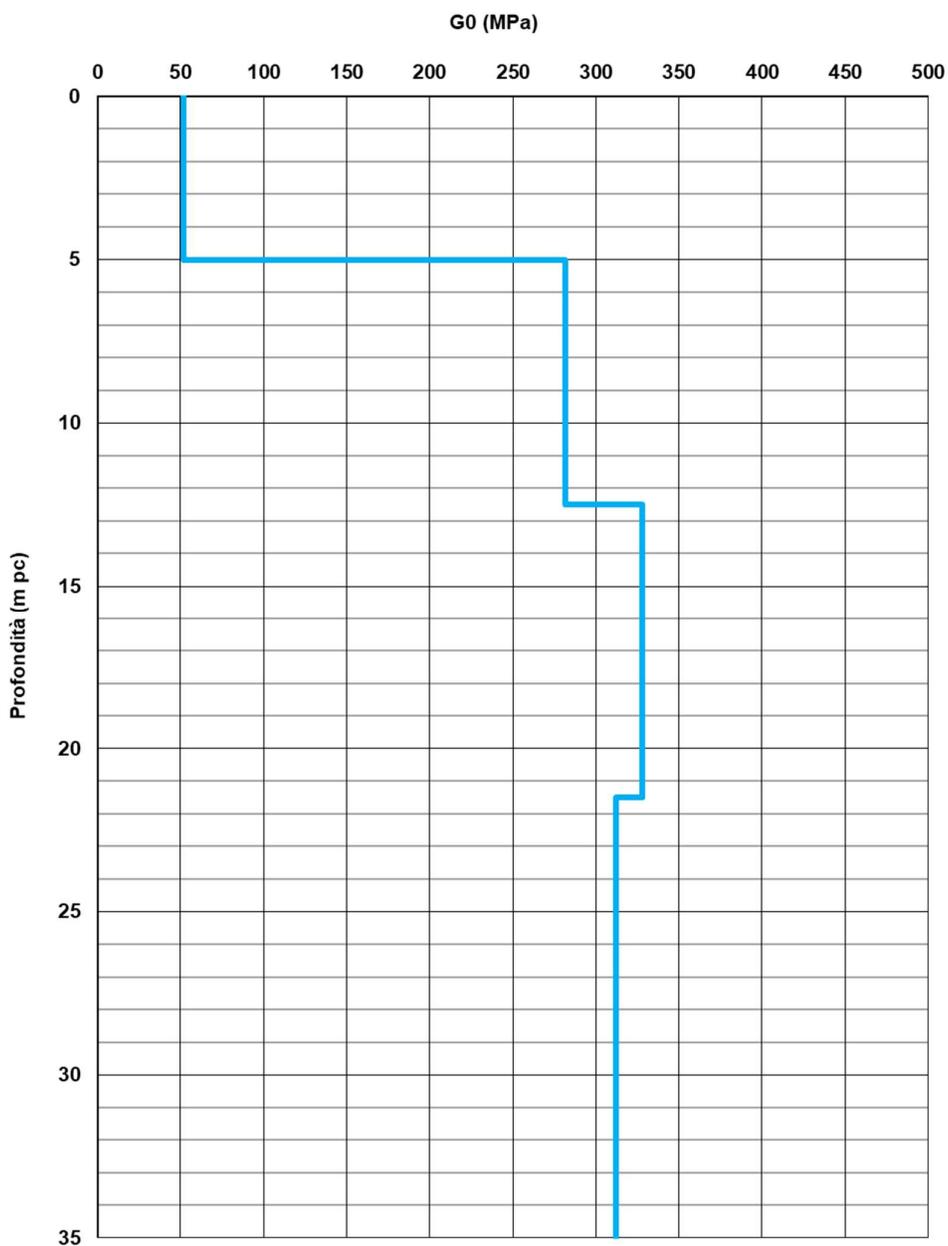


Figura 9 – Modulo di taglio G_0 tra pk 16+193,94 e pk 16+494,86

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 19 di 87

4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto esposto al punto precedente, i modelli geotecnici considerati per le verifiche del rilevato in questione sono riportati in Tabella 2 e Tabella 3.

Per la prima parte, si fa riferimento al modello già adottato per il precedente rilevato RI 27, che si riporta in Tabella 2. Per la rimanente parte del tracciato, si fa invece riferimento ad una più sottile copertura olocenica, come da profilo stratigrafico.

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento per il tratto dalla pk 16+193 alla pk 16+400

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3a	0.5	4	18	34 (36)***	-	-	-	5(12)***
3a	4	5	18	36	-	-	-	30
3a	5	6	18	34	-	-	-	5
6	6	12	19	39	-	-	200	60
2	12	14	19	28	-	60	-	25
4	14	-	19	38	0	-	300	80

* quota piano campagna = 23.2 m s.l.m.

***i valori tra parentesi () si riferiscono alle caratteristiche del terreno trattato con colonne in ghiaia

Tabella 3 – Modello geotecnico di riferimento dalla pk 16+400 fino alla fine della WBS

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3a	1.5	3	18	34[36]**	-	-	-	5[15]**
6	3	12	19	39	-	-	200	60
4	12	-	19	38	0	-	300	80

* quota piano campagna = 23.20 m s.l.m.

**i valori tra parentesi [] si riferiscono alle caratteristiche del terreno compattato

Per la falda si fa riferimento a quanto riportato in 4.3.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

20 di 87

4.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [19]) e sono di seguito riassunte:

Tabella 4 - Caratteristiche materiale da rilevato

	γ kN/m ³	φ °	c' kPa
Materiale da rilevato	20	38	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 21 di 87

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 Vita Nominale

La vita nominale di un'opera V_N è intesa come il numero di anni nel quale la stessa, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Coerentemente a quanto previsto dal MdP (Doc. rif. [18] e [19]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con $V_N = 100$ anni.

Tabella 5 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

<i>Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14.01.2008 a velocità convenzionale ($V < 250$ km/h)</i>	$V_N = 50$ anni
<i>Altre opere nuove a velocità $V < 250$ km/h</i>	$V_N = 75$ anni
<i>Altre opere nuove a velocità $V \geq 250$ km/h</i>	$V_N = 100$ anni
<i>Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m</i>	$V_N \geq 100$ anni

5.1.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso III (Tabella §2.5.1.1.2.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 B):

- I *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- II *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- III *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- IV *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 22 di 87

Tabella 6 – Valori del coefficiente di uso C_u

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente d'uso	0.7	1.0	1.5	2.0

5.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150$ anni.

5.1.4 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [4]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [5]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

- A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*
- C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

5.1.5 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

- T1 *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.*
- T2 *Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.*
- T3 *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.*
- T4 *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.*

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2800001B</p>	<p>Foglio 23 di 87</p>

a_g (g) (SLV)	0.218
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.382
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.301

5.2 Suscettibilità alla liquefazione

Lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei terreni identificati nell'area di realizzazione del rilevato è stato eseguito nel rispetto della normativa vigente (Doc. rif. [14]). Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [4]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

Nello specifico, verificata la non rispondenza ai criteri di esclusione di cui alle NTC2008, la determinazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente a quello dello stato limite ultimo di verifica (SLV) utilizzando i valori di pericolosità sismica al sito riportati al par. 5.1.6 relativi allo SLV (opere di linea ad esclusione delle gallerie artificiali, $V_R = 150$ anni).

Il valore di magnitudo necessario per la valutazione della pericolosità a liquefazione è stato determinato tenendo conto di tre differenti "fonti di dati" alla base delle definizioni dell'azione sismica di NTC2008, ossia:

- L'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2008, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1.
- Analisi dei dati di magnitudo da terremoti storici aventi epicentro entro una distanza di 30Km dal tracciato di progetto, sulla base delle informazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11.
- Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello delle zone sismogenetiche ZS9 (riportato in Figura 1), alla base delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano allegate alle NTC2008, e sulla distribuzione dei valori di magnitudo associati ai massimi terremoti storici.

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [4] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

La valutazione di suscettibilità alla liquefazione è stata quindi condotta in accordo al "metodo semplificato" originariamente proposto da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), confrontando lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico (CRR) così definiti:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 24 di 87

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un terreno a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene approssimata da un valore efficace dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{max} come segue:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

σ_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

σ'_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni efficaci

r_d coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio ciclico in funzione della profondità da piano campagna, calcolato come segue in accordo a Blake (Blake, 1996, riportato da Youd et al., 2001):

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M . Per $M \neq 7.5$ è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{(CSR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

dove CSR_M e N_M rappresentano i valori di CSR e numero di cicli equivalenti per il valore di magnitudo di progetto, mentre $(CSR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$.

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 25 di 87

Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per $M = 6.0 - MSF = 2$.

Il rapporto di resistenza ciclica CRR è stato valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT o CPT.

5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

Per la stima del CRR sulla base di prove in-situ o di laboratorio sono disponibili diverse procedure. La procedura basata sui risultati di prove CPT è piuttosto ben consolidata e diffusa e viene qui utilizzata ai fini di una analisi del potenziale di liquefazione, considerando i dati di prove in sito disponibili allo stato attuale delle conoscenze.

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 10: la curva in figura si riferisce alla resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} per le sabbie pulite che può essere espressa come segue (Robertson & Wride, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

$$\text{per } (q_{c1N})_{cs} < 50 \quad CRR_{7.5} = 0.833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05$$

$$\text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160 \quad CRR_{7.5} = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

In Figura 10, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100 \text{ kPa}$) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

$$q_{c1N} = (q_c / P_a) (P_a / \sigma'_{v0})^n$$

dove σ'_{v0} è la tensione verticale efficace alla profondità in e l'esponente "n" varia da 0.5 per i materiali a grana grossa a 1 per i materiali a grana fine.

La natura dei materiali ed il relativo valore dell'esponente "n" sono determinati con procedura iterativa in relazione al valore del parametro I_c , indice del tipo di terreno, determinato come:

$$I_c = \left[(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2 \right]^{0.5}$$

dove:

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{P_a} \right) \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \cdot 100$$

Tanto maggiore è il valore di I_c , tanto maggiore sarà il contenuto presunto di fini. Nell'analisi condotta il valore $I_c = 2.6$ è stato considerato lo spartiacque tra terreni con contenuto di fine inferiore a 35% e comportamento assimilabile

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 26 di 87

a quello delle sabbie e terreni con contenuto di fine superiore al 35% e comportamento più simile a quello delle argille. Nel primo caso l'esponente n nella formula con cui viene determinato il parametro Q è pari a 0.5, nel secondo è pari a 1. Come detto, i valori effettivi di n e I_c sono determinati al termine di una procedura iterativa, ipotizzando in prima istanza $n = 1$. Se I_c così calcolato è superiore a 2.6, il risultato è consolidato. In caso contrario, il calcolo viene ripetuto ipotizzando $n = 0.5$. Se in questo secondo calcolo I_c è ancora inferiore a 2.6, i nuovi valori di n e I_c sono confermati. In caso contrario si è in presenza di terreni intermedi e il calcolo finale viene svolto con $n = 0.75$.

Il valore della resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la seguente relazione:

$$q_{c1Nes} = q_{c1N} \cdot k_c$$

dove K_c è definito dalle seguenti equazioni (Robertson & Wride, 1998):

per $I_c \leq 1.64$ $K_c = 1.0$

per $I_c > 1.64$ $K_c = -0.403(I_c)^4 + 5.581(I_c)^3 - 21.63(I_c)^2 + 33.75(I_c) - 17.88$

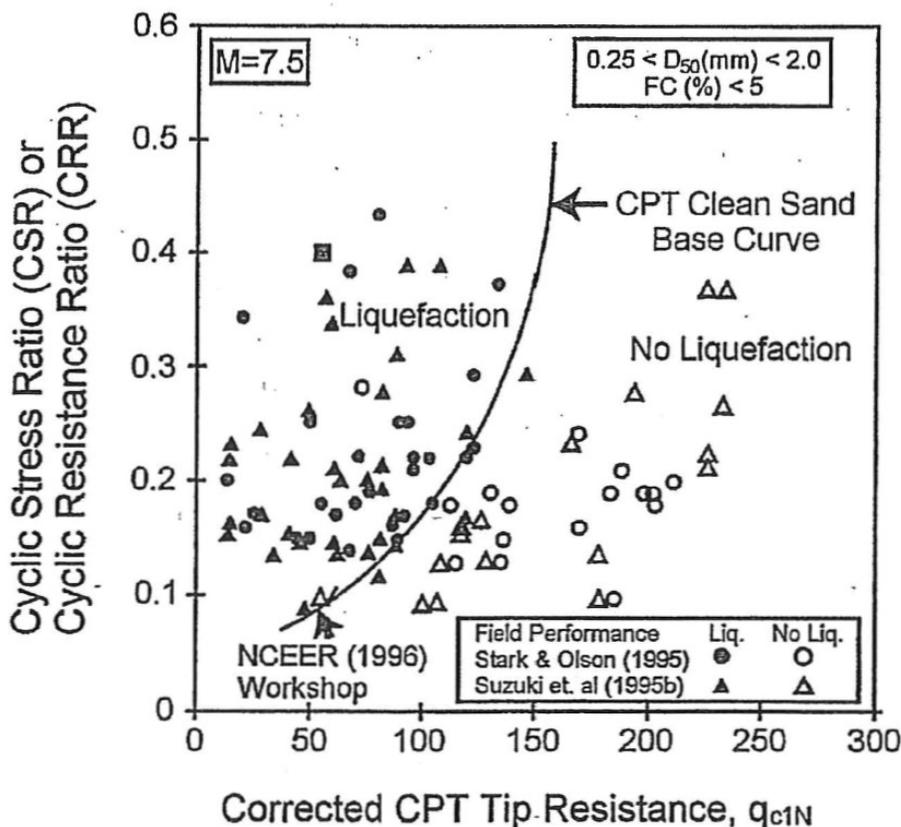


Figura 10: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 27 di 87

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 11, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 11, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

dove:

C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N . Qui è stata applicata la seguente relazione proposta da Liao e Whitman (1986):

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \leq 1.7$$

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e σ'_{v0} è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

C_E = coefficiente correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del maglio all'attrezzo campionario, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

I coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionario) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 11, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari $M = 7.5$. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

Le curve sono valide per eventi simili di Magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 28 di 87

Si può osservare dalla Figura 11 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC < 5%).

La curva di riferimento per sabbie pulite è descritta dalla seguente equazione (Rauch, 1998, come riportato da Youd et al., 2001)

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

L'equazione è valida per $N_{1(60)} < 30$. Nel caso in cui sia $N_{1(60)} \geq 30$, le sabbie pulite sono classificate come non liquefacibili, a causa della loro elevata densità.

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di $N_{1(60)}$ ai valori corrispondenti per sabbia pulita $N_{1(60)cs}$:

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N_1)_{60}$$

In cui:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\alpha = \exp [1.76 - (190/FC^2)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\beta = [0.99 + (FC \cdot 1.5/1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\beta = 1.2 \text{ per } FC \geq 35\%$$

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001), elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

$$k_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \leq 1$$

dove:

$$\sigma'_{v0} = \text{tensione verticale efficace}$$

$$p_a = \text{pressione atmosferica di riferimento}$$

$$f = \text{fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.}$$

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore "f" si può stimare come segue, sia per sabbie pulite o limose e per ghiaie:

$$40\% < DR < 60\% \quad f = 0.7 \div 0.8$$

$$60\% < DR < 80\% \quad f = 0.6 \div 0.7$$

Quando possibile, il contenuto di fini è stato determinato sulla base dei risultati delle rispettive granulometrie ottenute da laboratorio per ogni prova SPT. Nel caso quest'ultime non erano disponibili, facendo riferimento alla stratigrafia locale, si è ipotizzato un valore di contenuto di fini pari al 5% per i materiali sabbioso/ghiaiosi, mentre per i terreni limosi/argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 30-40%.

Pertanto, in accordo a Youd et al. (2001):

$$FL = (CRR_{7.5}/CSR) MSF k_{\sigma}$$

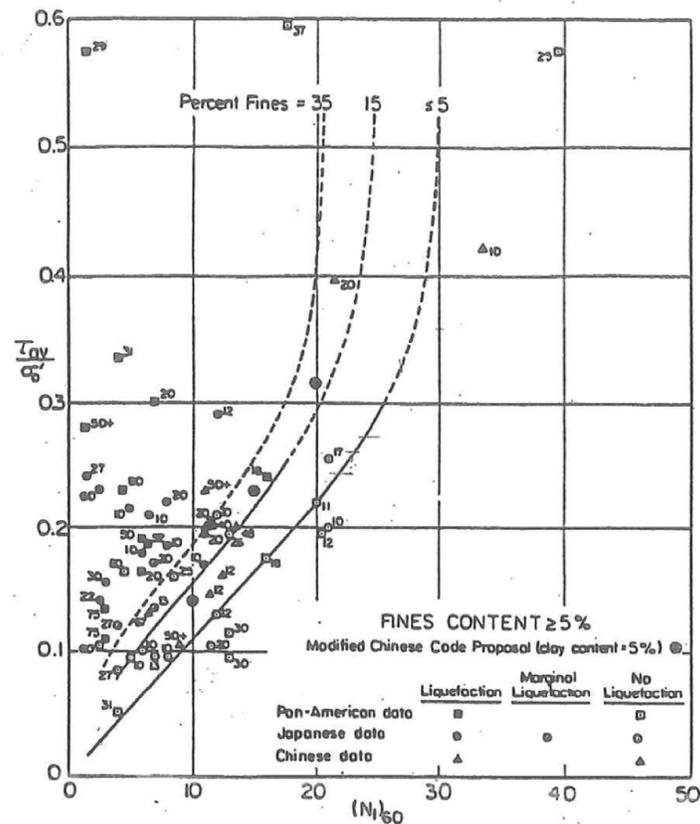


Figura 11: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 30 di 87

I risultati (cfr. Figura 12 - Figura 15) indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI28. In particolare:

- dall'analisi sulla CPTU-PE-13 si evidenzia la presenza di tra 0 e 4 m pc di materiale potenzialmente liquefacibile, con $FL < 1.0$;
- dall'analisi sulla CPTU-PE-14 si evidenzia la presenza di tra 0 e 2 m pc di materiale potenzialmente liquefacibile, con $FL < 1.0$.
- dall'analisi sulle prove SPT effettuate nel BH-PE-35 non si riscontra il rischio di liquefazione, anche viste le analisi granulometriche in Figura 4 non si può escludere completamente tale rischio.

Si conclude quindi che l'area è interessata da coperture superficiali di terreni potenzialmente liquefacibili, in misura tale da compromettere la stabilità dei rilevati. Si prescrivono pertanto interventi di miglioramento dei terreni, che verranno illustrati nel paragrafo successivo.



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
31 di 87

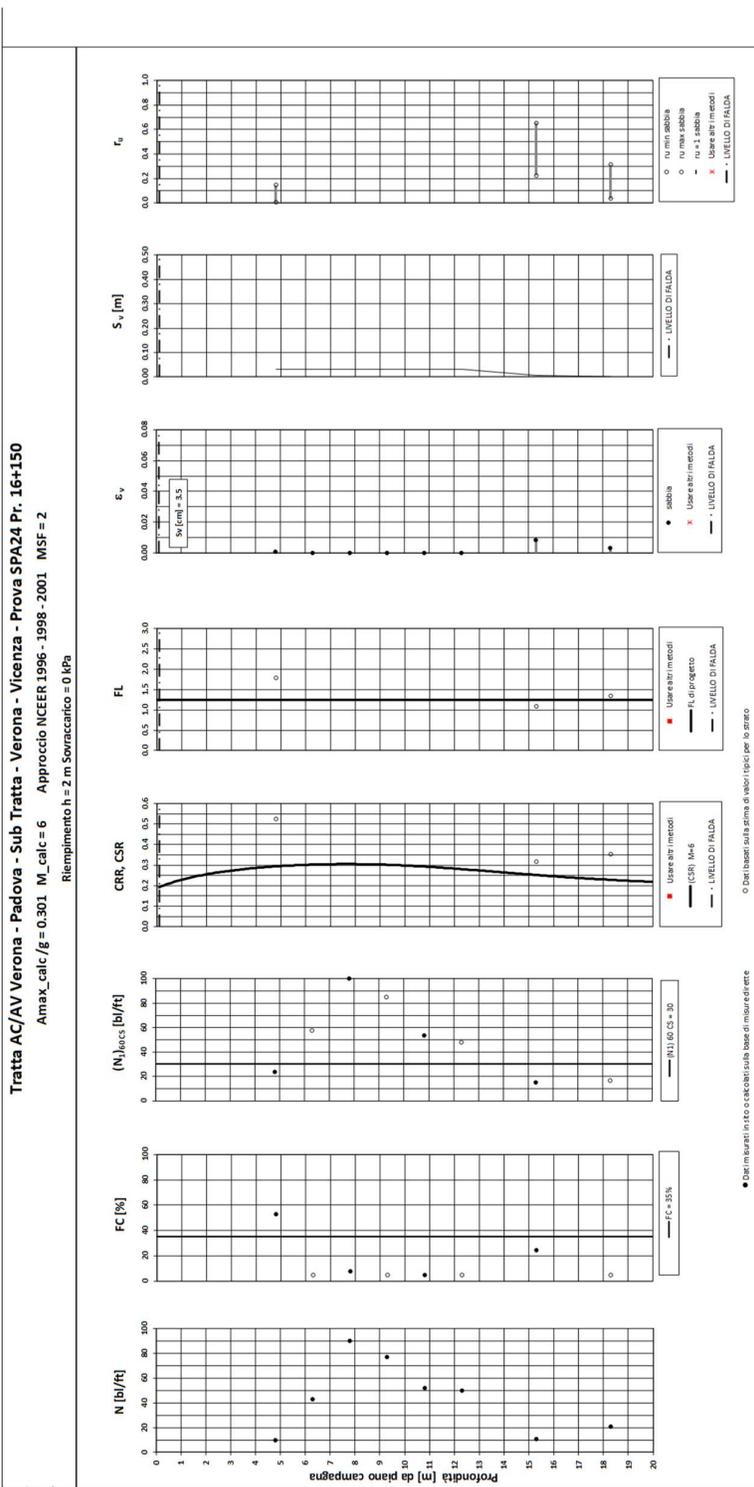


Figura 12 – Verifica Liquefazione da risultati SPA24



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
32 di 87

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-13 Pr. 16+237
a_{max} = 0.301g M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 2m

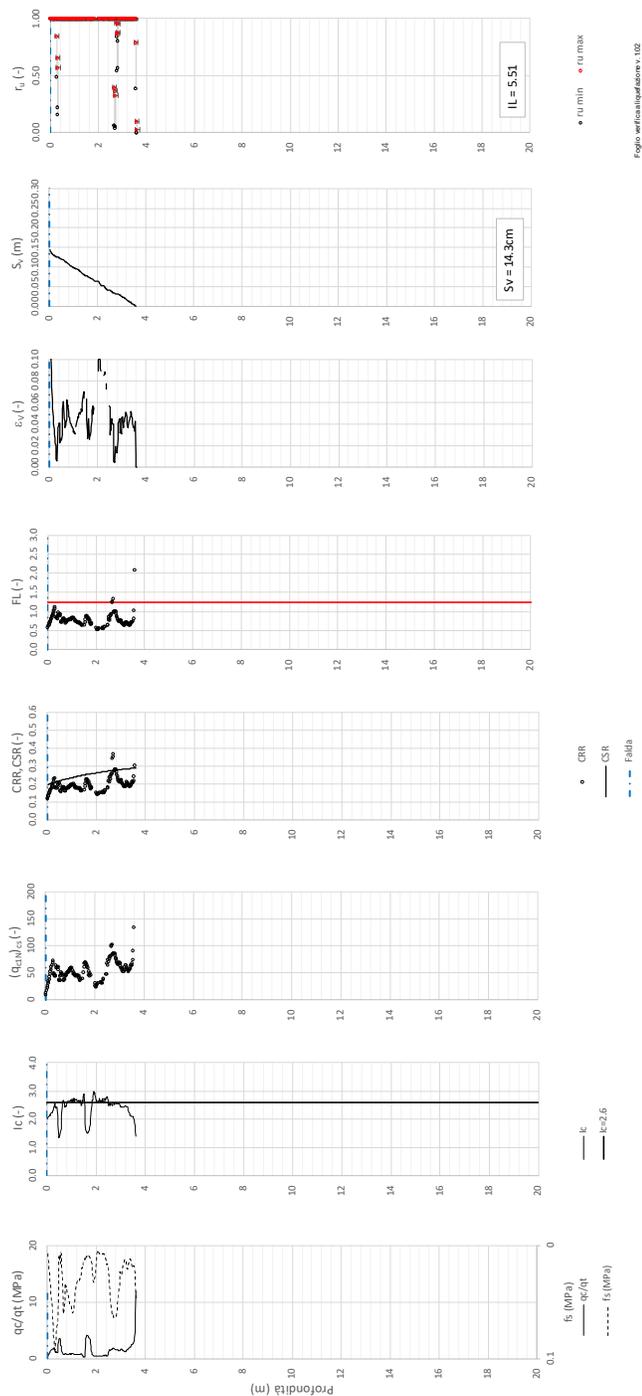


Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-13



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
33 di 87

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-14 Pr. 16+494
a_{max} = 0.30lg M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 4m

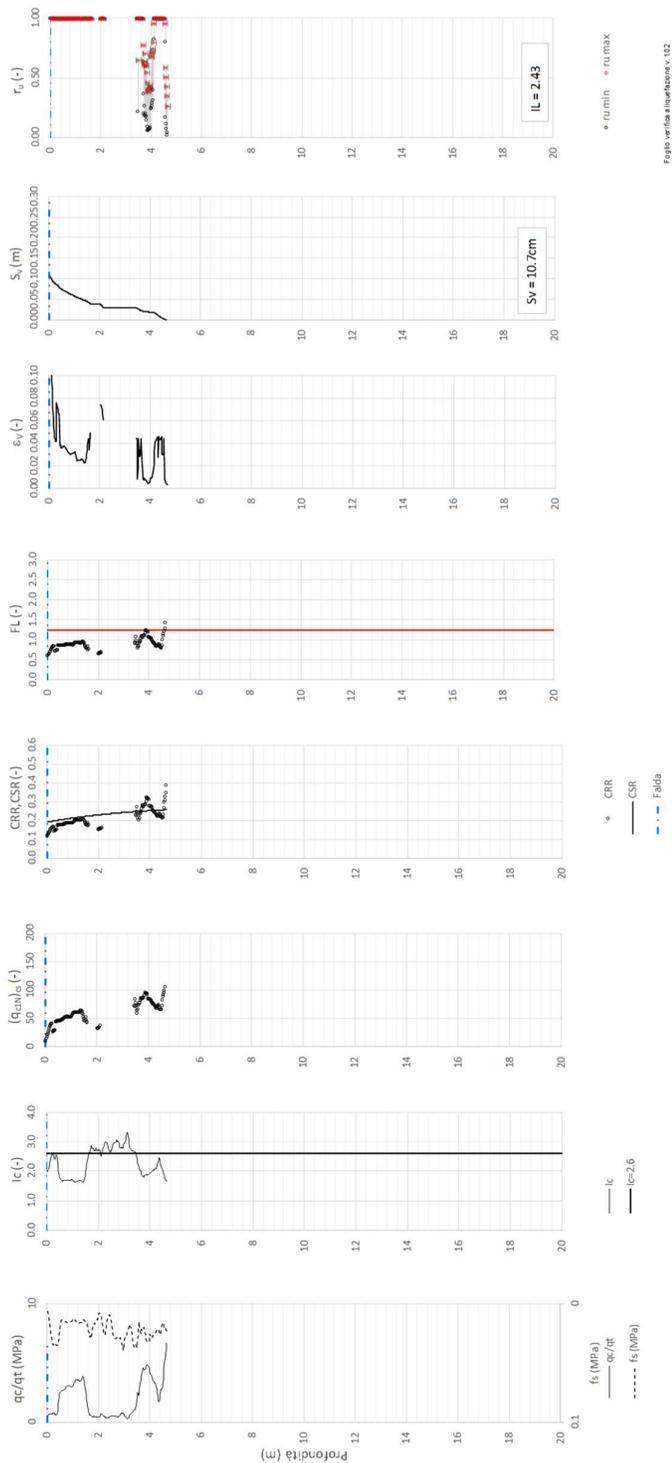


Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-14



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

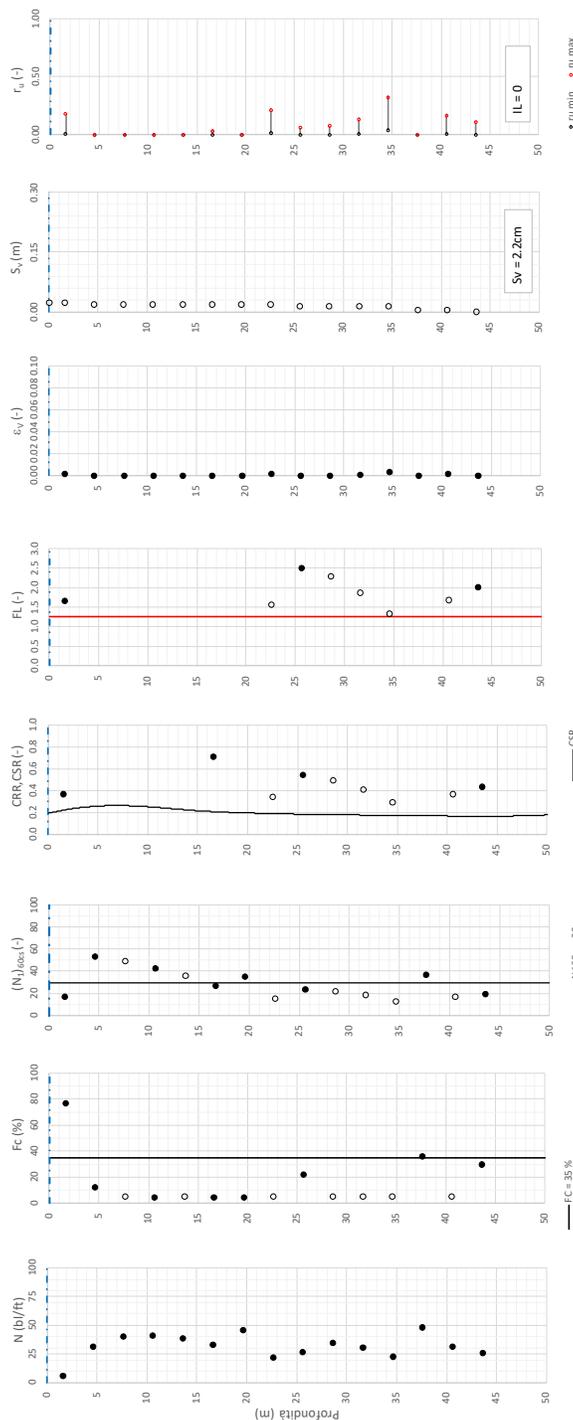
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
34 di 87

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-35 Pr. 16-499
a_{max} = 0.30lg M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 4m



Regio verticale liquefazione NCEER 1996 - 102

F_c = 35 %
 • Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
 ○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-35

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 35 di 87

5.2.3 Soil improvement

Come illustrato al punto precedente, la CPTU-PE-13 alla pk 16+237 evidenzia la presenza di materiali liquefacibili. Pertanto, in continuità con gli interventi per Ri27, si prescrive dalla pk 16+193 alla 16+400 l'esecuzione di un trattamento di miglioramento delle caratteristiche dei terreni.

Tale trattamento prevede l'installazione di colonne in ghiaia con diametro $D=800$ mm, lunghezza $L=4$ m, interasse $i=2$ m, a maglia quadrata.

Per la descrizione delle fasi realizzative e per la geometria del trattamento, si faccia riferimento agli elaborati di progetto.

Procedendo verso est lo spessore dei materiali a rischio di liquefazione diminuisce ed il tetto delle ghiaie (Unità 6) diventa più superficiale, come evidenziato dalla CPTU-PE-14 e dal BH-PE-35. Per questa seconda parte della WBS, ovvero alla pk 16+400 alla pk 16+494, si prescrive quanto segue:

- realizzazione di uno scotico + bonifico per uno spessore complessivo di 1.5 m così da rimuovere, al disotto del rilevato e per uno spessore allargato di 2 m all'esterno del piede del rilevato, eventuali materiali sciolti passibili di liquefazione;
- compattazione del fondo scavo per mezzo di rulli vibranti con peso statico equivalente di almeno 15 t, raggiungendo i livelli di compattazione come da capitolato. Il grado di addensamento raggiunto, da verificare a fondo scavo con prove di carico su piastra ($Md > 20$ MPa), aumenterà la densità relativa dei materiali in misura tale da renderlo non più suscettibile a liquefazione.
- relazione del rinterro in accordo alle specifiche.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 36 di 87

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [14]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [14]})$$

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 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 (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [14]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [14]})$$

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.

In base a quanto indicato dalle NTC 2008 le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [14]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [15]), calcolata sulla base delle azioni

di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto $R = R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 37 di 87

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

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [14]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

Tabella 7 – Coefficienti parziali sulle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

dove:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Tabella 8 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [14])

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 9 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Si segnala da subito che le verifiche in condizioni SLU e SLE verranno condotte con analisi statiche o pseudostatiche e, in accordo al MDP ITALFERR, il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno sarà assunto pari all'unità.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 38 di 87

6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [14]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

In particolare, successivamente al completamento del ballast, e per la durata della vita utile dell'opera (100 anni) i cedimenti residui devono essere inferiori a 5 cm.

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede che una stima del cedimento delle due rotaie in una stessa sezione verticale del rilevato, valutandone il decorso nel tempo. Inoltre, con riferimento alla tabella che segue, è necessario verificare che gli spostamenti indotti sui binari in esercizio durante la costruzione siano inferiori a 15 mm, ovvero inferiori ai valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità (Doc. rif. [19] e [23]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [23]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

Tabella 10 – Valori limite dei difetti in direzione trasversale (in mm)

	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 6	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 4
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < \text{SCARTXL} \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < \text{SCARTXL} \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < \text{SCARTXL} \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < \text{SCARTXL} \leq 12$
(1) il valore di ΔH può essere ammesso solo a seguito di una verifica di assenza di problemi di sagoma (gallerie, interasse, posizione linea di contatto ecc.)		
(2) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.		

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche

La stabilità globale in condizioni sismiche e post-sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [19]).

6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [18]) e nelle NTC (Doc. rif. [14]) e sono di seguito descritte.

6.2.1 Azioni permanenti

In funzione della configurazione esaminata e della presenza o meno di elementi strutturali, i carichi permanenti sono

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 39 di 87

stati calcolati assumendo:

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 25 kN/m³

In particolare, il peso della sovrastruttura ferroviaria è stato applicato sull'impronta del ballast, per un'altezza media fra il piano del ferro e l'estradosso del sub-ballast pari a 0.80 m.

6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, valutati nel rispetto delle normative di riferimento e considerando il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti: LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71) ed applicata su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m in totale).

6.2.3 Azione sismica

L'azione sismica di progetto è stata definita sulla base della pericolosità sismica di base ed in considerazione di quanto discusso nel capitolo 5. Nelle analisi essa è stata definita adottando un'azione statica equivalente definita dal prodotto tra il peso W del volume di terreno potenzialmente instabile ed i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v):

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

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

dove

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 11)

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito (v. capitolo 5.1.6)

g accelerazione di gravità.

Tabella 11 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 40 di 87

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [29]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 8 della presente relazione.

Come da NTC 2008 (Doc. Rif. [14]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1, secondo il metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 3.

6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

Il carico da traffico ferroviario (q), assunto pari a 61.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile- sfavorevole, pertanto, in accordo al coefficiente parziale sulle azioni A2 riportato e pari a 1.3. Per quanto riguarda la falda, è stata considerata la condizione a lungo termine e quindi è stato preso un livello coincidente a piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$F_{S\text{MIN}} (DA1C2) = 1.318 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

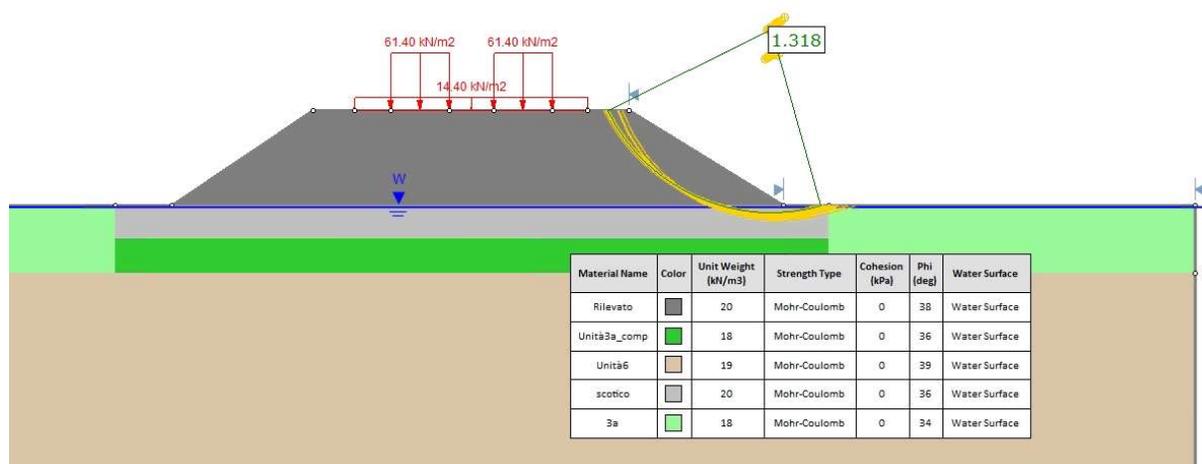


Figura 16 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

In accordo a quanto riportato precedentemente, la azione sismica è stata definita attraverso i seguenti coefficienti sismici:

$$K_H = + 0.083 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.042 \quad (\text{verificando la più cautelativa tra negativo e positivo})$$

Per quanto riguarda la falda è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte le superfici di spessore ridotto e quelle che non interessano la sede ferroviaria.

Per i parametri di resistenza al taglio degli strati interessati dall'intervento di soil improvement, si veda quanto riportato al punto 4.5.

In Figura 17 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.116 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

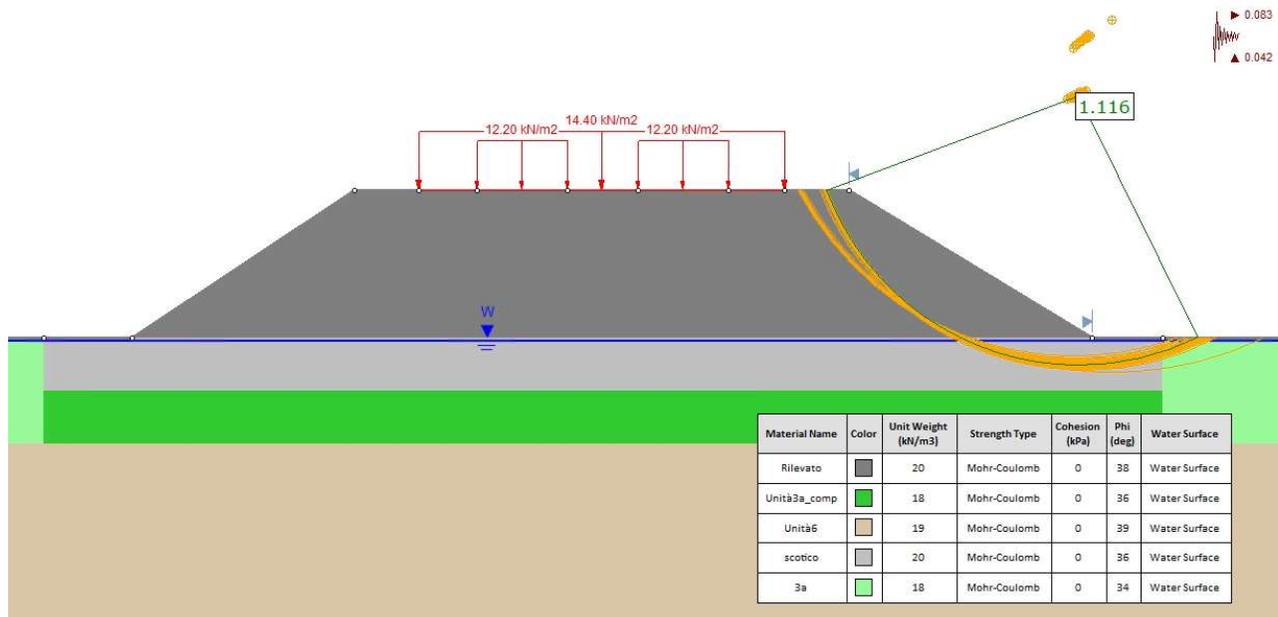


Figura 17 – Sezione A - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 42 di 87

6.3.4 Verifiche SLU in condizioni post sismiche

Nel caso di analisi di stabilità su terreno liquefatto, si è considerata la liquefazione come l'evento terminale, prodotto dall'intero ciclo di carichi dovuto al sisma. Pertanto, a liquefazione avvenuta, il sisma non è più presente e la verifica viene intesa come post-sismica. In sostanza, nelle verifiche post sismiche non è stata applicata l'accelerazione, ma si esamina la stabilità del rilevato a seguito dell'effetto prodotto dall'intero carico ciclico.

La resistenza al taglio degli strati liquefatti è stata posta convenzionalmente pari a $0.1 \sigma'_v$ (Rif.Doc[36]), che è stata modellata nelle analisi con un terreno avente angolo di resistenza al taglio pari a 5.7° ($\arctg. 0.1$).

Per quanto riguarda la falda è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e quelle che non interessano la sede ferroviaria.

Per i parametri di resistenza al taglio degli strati interessati dall'intervento con colonne, si veda quanto riportato al punto 4.5.

In Figura 17 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN}=1.329 > R2=1.1$$

la verifica di stabilità globale post liquefazione risulta soddisfatta.

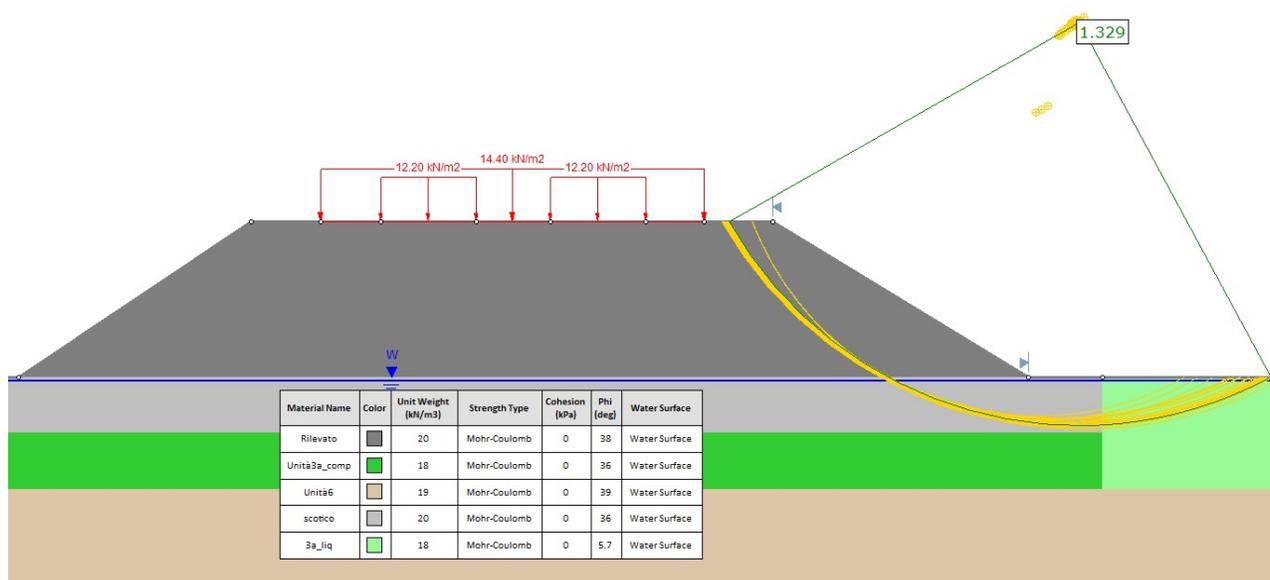


Figura 18 – Sezione A - Analisi SLU in condizioni post sisma

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 43 di 87

6.4 Verifica e risultati SLE

6.4.1 Metodologia di calcolo

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [30]) che permette di valutare l'andamento dei cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta all'interno del codice di calcolo con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è ipotizzata avere rigidezza nulla.

Per una generica condizione di carico viene quindi eseguita una discretizzazione in un numero finito di aree di carico sulle quali è applicata una pressione uniforme o variabile linearmente.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti.

Il calcolo dell'incremento delle tensioni normali indotte da un'area di carico nastriforme, soggetta a un carico uniformemente distribuito (parte centrale del rilevato), viene eseguita sulla base delle formule di Jumikis (1971).

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) - \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} + \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) + \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} - \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_x)$$

dove:

$\Delta\sigma_z$, $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$ = incremento delle tensioni normali verticali e orizzontali

q = carico applicato

ν = coefficiente di Poisson

B = semilarghezza dell'area di carico in direzione x

x , y , z = coordinate geometriche di riferimento come indicato nella figura seguente.

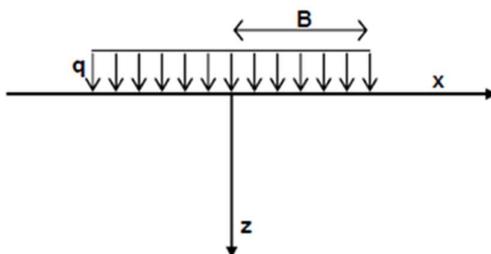


Figura 19 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

Nel caso di un'area di carico nastroforme soggetta a un carico linearmente crescente (bordo del rilevato), le formule di Jumikis da applicare sono le seguenti:

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[(x - A) \cdot \left(\tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[(x - A) \cdot \left(\tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + z \cdot \ln\left(\frac{x^2 + z^2}{(x - A)^2 + z^2}\right) - \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_x)$$

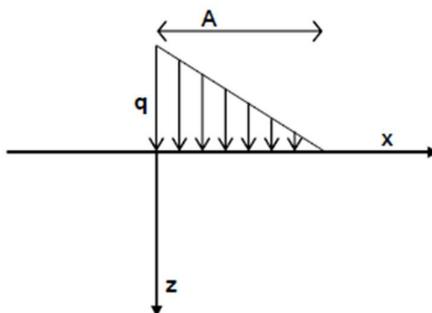


Figura 20 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

Il calcolo della deformazione verticale per ogni singolo sublayer viene valutato sulla base dell'incremento di sforzo verticale, utilizzando la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{E}$$

Il cedimento verticale totale viene quindi calcolato come sommatoria dei cedimenti dei diversi strati.

Il calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione del rilevato ferroviario è stato svolto modellando la successione stratigrafica in sito tenendo conto delle diverse caratteristiche di deformabilità degli strati, in accordo alla stratigrafia

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 45 di 87

di progetto riportata in Tabella 3. Si sono assunti i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

Si osserva come, in accordo con la stratigrafia e i parametri di progetto riportati nel Capitolo 4, i moduli elastici risultano di fatto indipendenti dallo stato tensionale ed il valore della quota della falda non ha alcuna influenza sull'esito del calcolo. Pertanto, nel calcolo la falda è stata rappresentata ad una quota convenzionale praticamente coincidente con il p.c.

Nell'ambito delle verifiche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [14]})$$

dove

E_d è il valore di progetto dell'effetto dell'azione, e C_d è il valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

Sulla base di quanto riportato sopra, le verifiche geotecniche sono pertanto volte ad identificare un campo di spostamenti/cedimenti.

6.4.2 Schematizzazione e risultati

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 4.2 m, è riportato in Figura 21. La larghezza del rilevato è pari a 27 m, con pendenza delle scarpate è 2V:3H. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 3.

Il carico dato dal completamento della linea ferroviaria, assunto pari a 14.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza dell'impronta del rilevato ferroviario.

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, i valori calcolati sono riportati nella Figura 22.

Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 4 cm.

Considerando la natura per lo più granulare dei terreni, tali cedimenti si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione dei carichi, e quindi non risultano essere necessarie dettagliate analisi di consolidazione. Inoltre, considerata la natura dei terreni i cedimenti secondari sono trascurabili.

I cedimenti di lungo termine, e più in particolare quelli a far data dal termine dell'applicazione del carico del ballast e fino alla fine di vita utile dell'opera (100 anni), sono pertanto da considerare trascurabili.

Per quanto concerne la sezione con colonne di ghiaia, si può valutare un modulo equivalente dello strato trattato con colonne come media pesata fra l'area delle colonne e quella del terreno naturale.

Assumendo per le colonne un valore del modulo $E'=60$ MPa, ed un'area di competenza di ciascuna colonna $D=800$ mm pari a 4 m^2 (maglia 2x2), si ottiene un modulo equivalente pari a:

$$E'_{eq} = (5 \cdot 3.5 + 60 \cdot 0.5) / 4 \approx 12 \text{ MPa.}$$

Questo trattamento coinvolge la parte iniziale della tratta, dove le altezze del rilevato sono inferiori a quelle della sezione A. Per le verifiche di questa configurazione si rimanda a quanto fatto per Ri27.

Considerando la presenza delle colonne di ghiaia $D=800$ a maglia quadrata con lato 2 m, se ne deduce che i massimi percorsi di drenaggio saranno dell'ordine del metro.



In tali condizioni di drenaggio, e considerando la natura dei terreni, con prevalenza di componente sabbiosa, i cedimenti si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione dei carichi, e quindi non risultano essere necessarie dettagliate analisi di consolidazione.

Inoltre, considerata la natura dei terreni i cedimenti secondari sono trascurabili

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

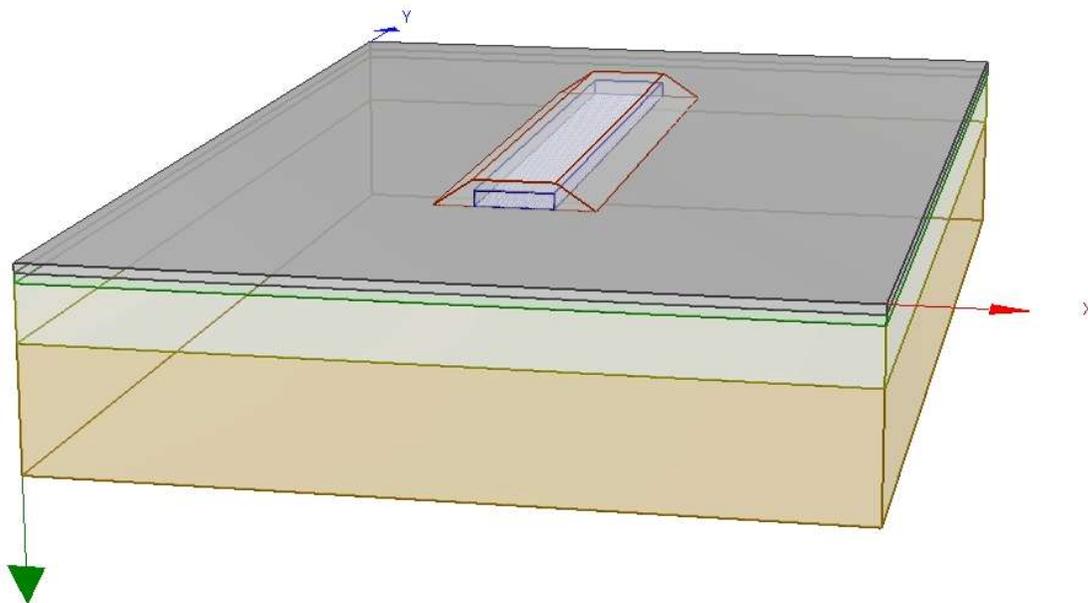


Figura 21 – Rilevato RI28 H=4.20 m - Analisi SLE – Modello di calcolo



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
 Relazione Geotecnica

Progetto
 IN17

Lotto
 12

Codifica
 EI2RBRI2800001B

Foglio
 47 di 87

Ri28 : Cedimento del rilevato ferroviario linea AV

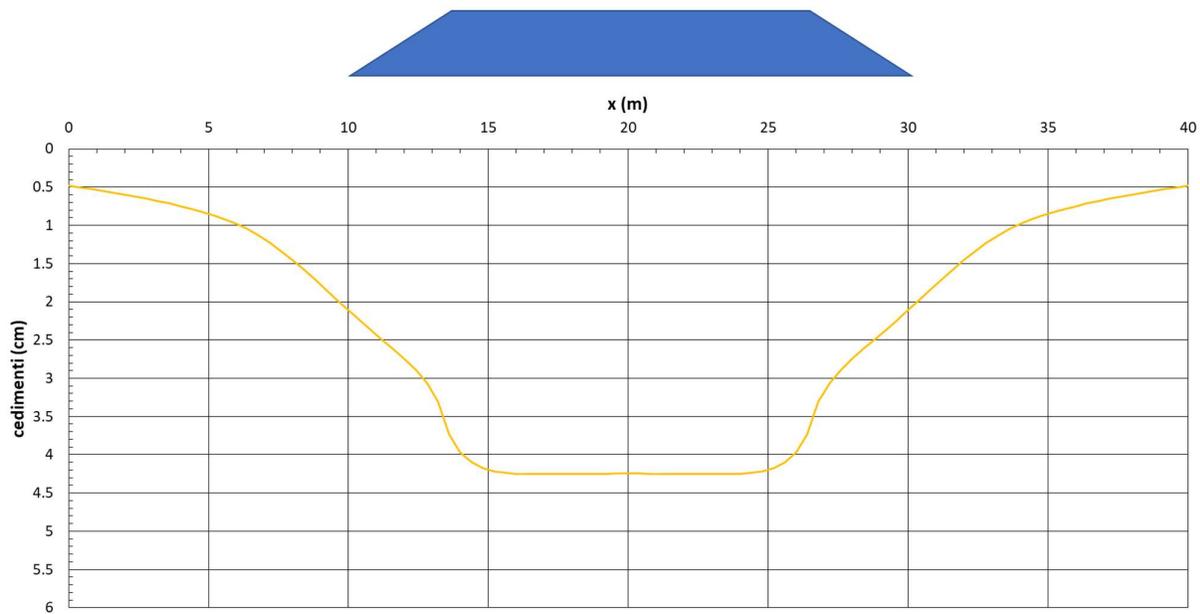


Figura 22 - Rilevato RI28 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI280001B

Foglio
48 di 87

Ri28: Cedimento al centro del rilevato ferroviario

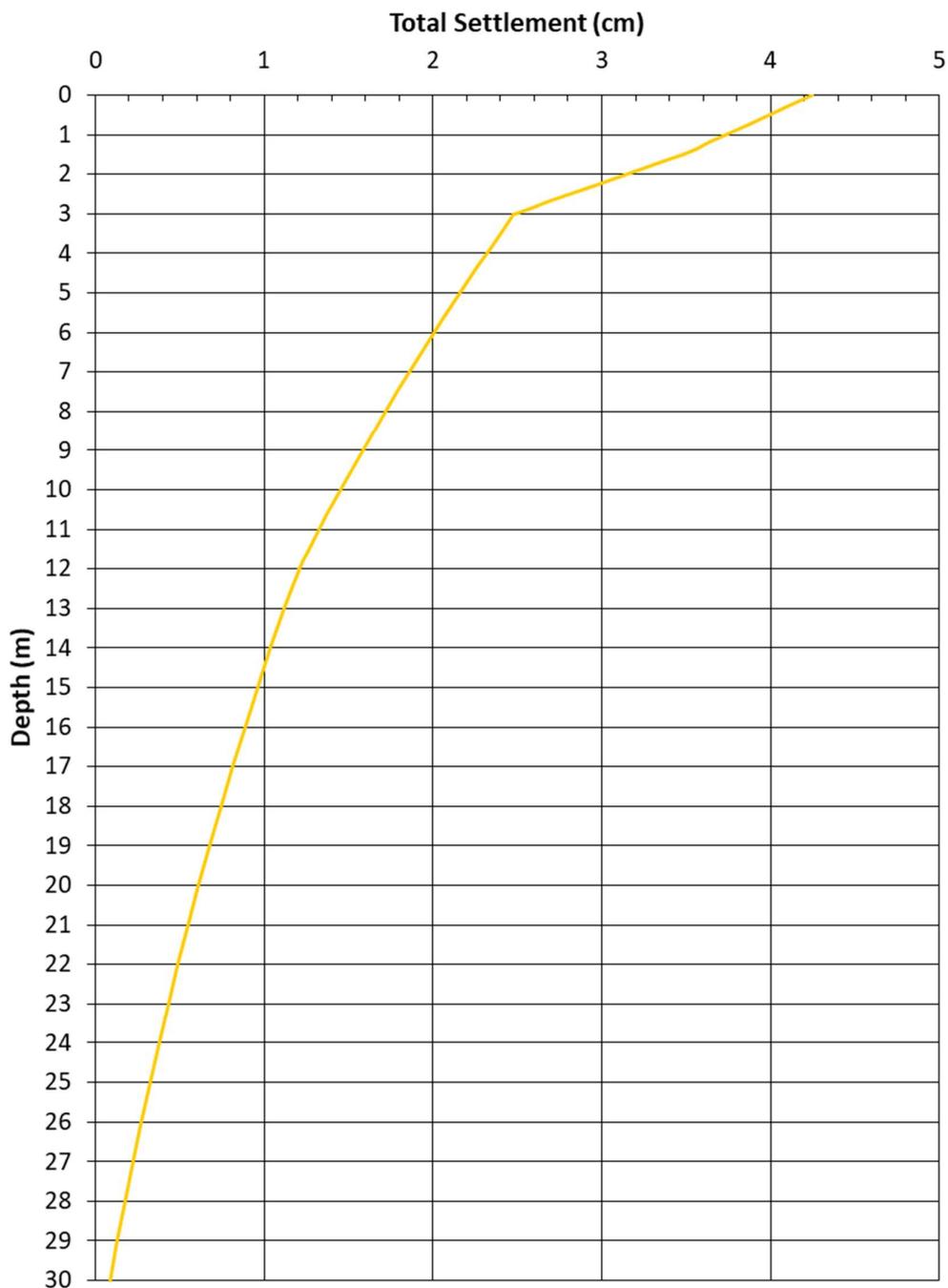


Figura 23 - Rilevato RI28 - Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

49 di 87

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile e i cedimenti attesi sono limitati e non differiti nel tempo. Non si evidenziano criticità di tipo geotecnico e pertanto non è previsto un monitoraggio.

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2800001B	50 di 87

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

51 di 87

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 53 di 87
--	------------------	-------------	-----------------------------	--------------------

ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
54 di 87

VICENZETTO S.r.l. - 35040 VILLA ESTENSE (PD) - VIA MUNICIPIO n. 18 - TEL. 0429/91798 - FAX 0429/91200 - info@vicenzetto.it

VICENZETTO		SCHEDE DI SONDAGGIO		COMMESSA		OBRIGI 14				
SECONDO PROTOCOLLO N. 1/2011		PAG. 1		DI 1						
COMMITTENTE Consorzio Iricav Due PROGETTO Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebellio V. PERFEZIONAMENTO SPA 24 DATA INIZIO 17/02/2015 COORDINATE Nord EM RESPONSABILE Ing. P. Zampieri OPERATORE SGL Chimaggio QUOTAZIONE QUOTI P.C. ATTREZZATURA MARYS (SGL)										
Dia. m. 100 Ave. 2000 Profondità massima m. 30,00 Pac. 1 m / 1	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA L'uno argilla nocciola L'uno argilla debolmente sabbiosa nocciola Sabbia fine limosa nocciola, da 2,00 m grigia Argilla debolmente limosa grigia Sabbia medio fine debolmente limosa nocciola Sabbia da fine a grossa debolmente limosa nocciola con ghiaia antracitica fine e media (Dmax 4 cm) Ghiaia poligenica antracitica in prevalenza fine e media (Dmax 5 cm) sabbiosa limosa nocciola	PROFONDITA' m da p.c. 0,40 1,30 2,20 3,20 5,00 6,00	EMBOLOGIA STRATIGRAFICA 	TIPO 1 2 3 4 5 6 7	NUMERO 0,80 0,80 3,00 3,00 4,95 7,50 7,50	PROFONDITA' m da p.c. 0,80 2,50 2,70 3,00 4,95 7,50 7,50	POCKET / METRO Kg/m ³ 1,25 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5	TORNARE Kg/m ³ 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	N 2 6 6 6 6 6 6	H 4,50 4,55 4,55 4,55 6,00 6,00 6,45 7,50 7,50 7,50 9,00 9,00 9,45 10,50 10,50 10,50 12,00 12,00 12,45 15,00 15,00 15,30 15,45 18,00 18,00 18,45
PROVE <input type="checkbox"/> CAMPIONE BRANDEGGATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE BRANDEGGATO DA 0,3 T <input type="checkbox"/> CAMPIONE BRANDEGGATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SEZIONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO Note: Prova Lefranc										
MANOVRA DI CAROTAGGIO T.C. % S.C.E. T.C.O. I Direzione sondaggio > 6 cm 5-10 cm < 5 cm TIPO 1 2 3 4 5 6 7										
STRUMENTAZIONE 100 20,00 20,00 20,00 20,00 20,00										
METODO DI PERFORAZIONE CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO ATTREZZO DI PERFORAZIONE CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm RIVESTIMENTO TUBI Ø 127 mm DATA 18/02/2015										
NOTE ALTEZZA CHIUSSA PER SPT PESO MAGLIO 20,5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 60 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CHIUSA CHIUSSO CARIBABILE MATERIALE PRODOTTO N° 4 CASSETTE CATALOGRIFICI										



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

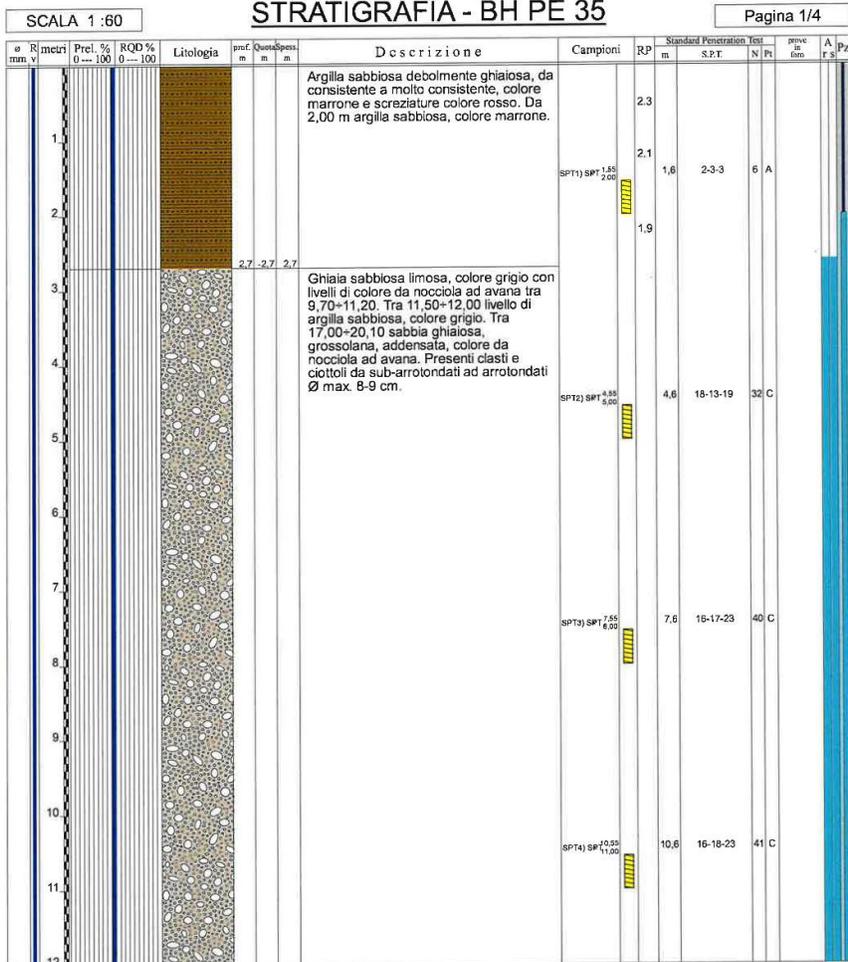
Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2800001B	56 di 87

GEOSERVING S.r.l. Laboratorio Sperimentale
per prove geotecniche terre, rocce e prove in situ
Via Collemaroni, 3 - San Vittore del Lazio (FR)
e-mail: info@geoserving.it

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 35
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 20/11/2020 - 26/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. 16+517	

STRATIGRAFIA - BH PE 35

Pagina 1/4



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

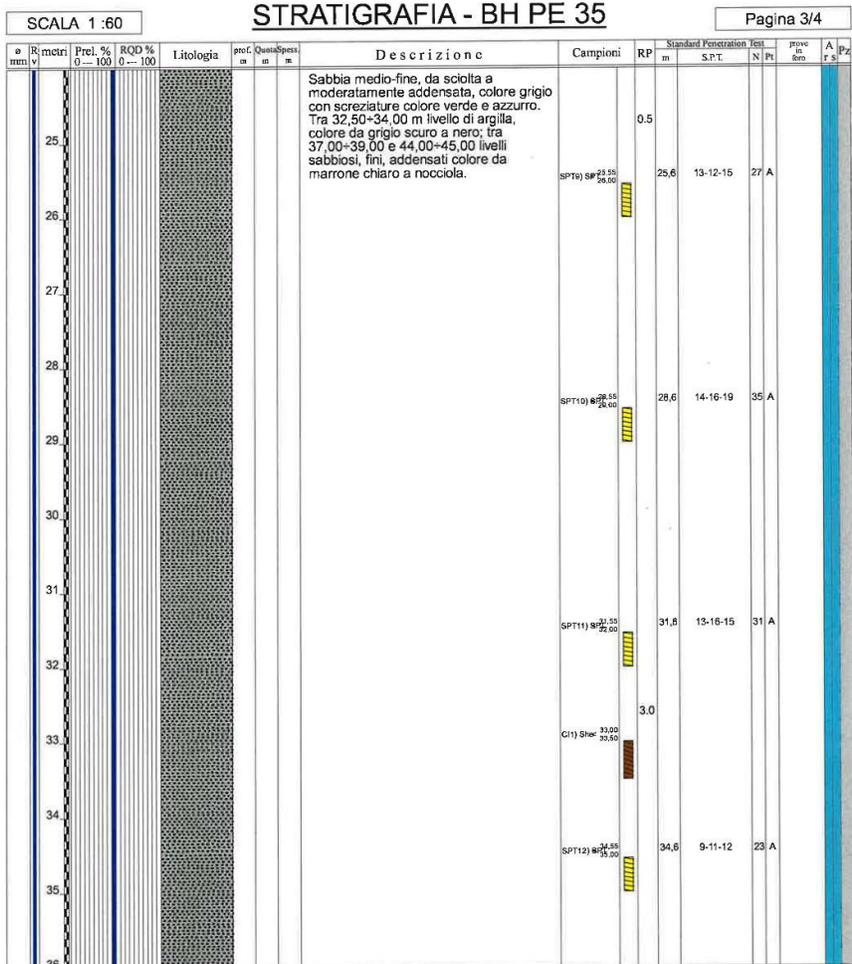
Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2800001B	58 di 87

GEOSERVING S.r.l. Laboratorio Sperimentale
per prove geotecniche terre, rocce e prove in situ
Via Collemaroni, 3 - San Vito del Lazio (FR)
e-mail: info@geoserving.it

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 35
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 20/11/2020 - 26/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. 16+517	

STRATIGRAFIA - BH PE 35

Pagina 3/4



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

59 di 87

GEOSERVING S.r.l.
Laboratorio Sperimentale
per prove geotecniche terre, rocce e prove in situ
Via Collemaroni, 3 - San Viliore del Lazio (FR)
e-mail: info@geoserving.it

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 35
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 20/11/2020 - 26/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. 16+517	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 35

Pagina 4/4

# metri	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration m	Test S.P.T.	N	PR	prova in foro	A	Pz
37							Sabbia medio-fine, da sciolta a moderatamente addensata, colore grigio con screziature colore verde e azzurro. Tra 32,50-34,00 m livello di argilla, colore da grigio scuro a nero; tra 37,00-39,00 e 44,00-45,00 livelli sabbiosi, fini, addensati colore da marrone chiaro a nocciola.	SPT13) #27,50 #36,00	>4	37,6	18-22-26	48	A			
38																
39																
40																
41								SPT14) #40,55 #41,00	>4	40,6	9-13-19	32	A			
42																
43								SPT15) #42,55 #43,00	>4	43,6	10-11-15	26	A			
44																
101				45,0	45,0	23,5										

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevato n. 1 campione indisturbato.
Prelevati n. 15 campioni rimaneggiati S.P.T.
Eseguite n. 15 prove S.P.T.
Installato tubo piezometrico a tubo aperto da 2" fino a 15,00 m da p.c.
Installato pozzetto carrabile in pvc.

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 60 di 87
--	------------------	-------------	-----------------------------	--------------------

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

61 di 87

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI28_stat.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_A2+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 75
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen iteration: Yes

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

62 di 87

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 7

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 2
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

3 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Permanent

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Rilevato	Unità3a_comp	Unità6	Unità4	scotico	3a
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	36	39	38	36	34
Water Surface	Water Table					
Hu Value	1	0	1	1	1	1



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

63 di 87

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 7

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.317780
Center:	51.471, 31.249
Radius:	8.055
Left Slip Surface Endpoint:	44.260, 27.659
Right Slip Surface Endpoint:	53.672, 23.500
Resisting Moment:	1046.62 kN-m
Driving Moment:	794.228 kN-m
Total Slice Area:	11.4861 m ²
Surface Horizontal Width:	9.4115 m
Surface Average Height:	1.22043 m

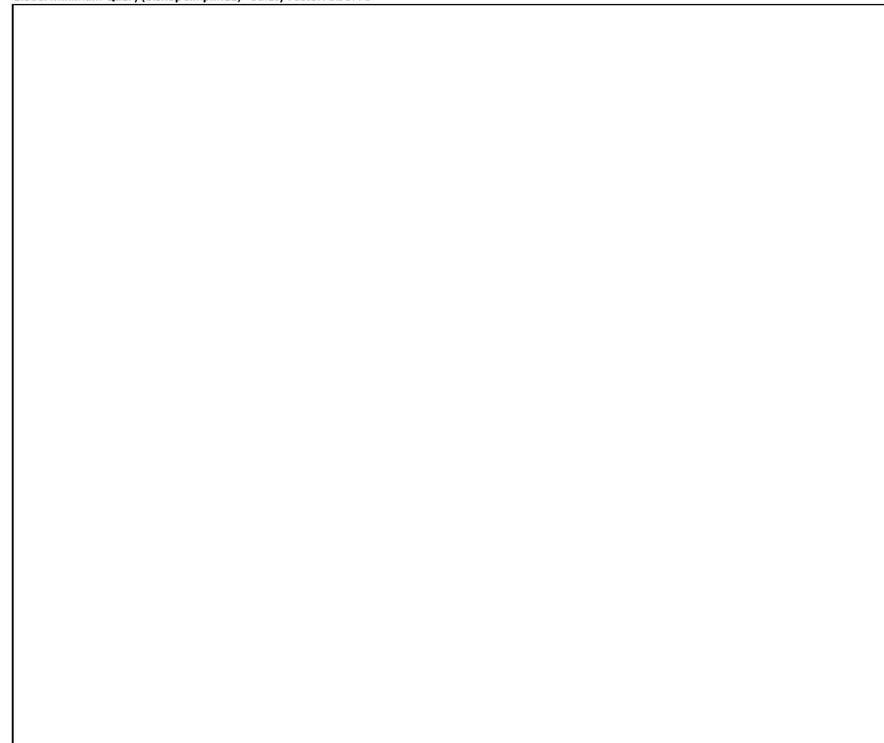
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1076
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.31778





Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

64 di 87

SLIDENETPREP 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.185579	0.651131	-62.1249	Rilevato	0	32.0066	0.878531	1.15771	1.85226	0	1.85226	3.51326	3.51326
2	0.185579	1.88497	-59.4158	Rilevato	0	32.0066	2.67604	3.52643	5.64204	0	5.64204	10.1698	10.1698
3	0.185579	2.99616	-56.9095	Rilevato	0	32.0066	4.43709	5.84711	9.35495	0	9.35495	16.1639	16.1639
4	0.185579	4.00859	-54.5622	Rilevato	0	32.0066	6.15465	8.11048	12.9762	0	12.9762	21.6245	21.6245
5	0.185579	4.93789	-52.3434	Rilevato	0	32.0066	7.82445	10.3109	16.4967	0	16.4967	26.6362	26.6362
6	0.185579	5.56117	-50.2312	Rilevato	0	32.0066	9.06274	11.9427	19.1074	0	19.1074	29.9969	29.9969
7	0.185579	5.9405	-48.2089	Rilevato	0	32.0066	9.92874	13.0839	20.9334	0	20.9334	32.0415	32.0415
8	0.185579	6.26595	-46.2637	Rilevato	0	32.0066	10.717	14.1226	22.5951	0	22.5951	33.7955	33.7955
9	0.185579	6.54318	-44.3854	Rilevato	0	32.0066	11.4311	15.0637	24.1009	0	24.1009	35.2894	35.2894
10	0.185579	6.77679	-42.5657	Rilevato	0	32.0066	12.0748	15.9119	25.4579	0	25.4579	36.5479	36.5479
11	0.185579	6.97056	-40.7976	Rilevato	0	32.0066	12.6509	16.6711	26.6725	0	26.6725	37.5915	37.5915
12	0.185579	7.12766	-39.0755	Rilevato	0	32.0066	13.1621	17.3447	27.7503	0	27.7503	38.4374	38.4374
13	0.185579	7.25077	-37.3945	Rilevato	0	32.0066	13.6106	17.9358	28.696	0	28.696	39.1	39.1
14	0.185579	7.34217	-35.7504	Rilevato	0	32.0066	13.9986	18.4471	29.5139	0	29.5139	39.5917	39.5917
15	0.185579	7.40384	-34.1397	Rilevato	0	32.0066	14.3277	18.8808	30.2079	0	30.2079	39.923	39.923
16	0.185579	7.43748	-32.5591	Rilevato	0	32.0066	14.5996	19.239	30.781	0	30.781	40.1031	40.1031
17	0.185579	7.44458	-31.006	Rilevato	0	32.0066	14.8154	19.5235	31.2361	0	31.2361	40.1402	40.1402
18	0.185579	7.42644	-29.4777	Rilevato	0	32.0066	14.9765	19.7357	31.5757	0	31.5757	40.0413	40.0413
19	0.185579	7.38423	-27.9722	Rilevato	0	32.0066	15.0837	19.877	31.8018	0	31.8018	39.8126	39.8126
20	0.185579	7.31897	-26.4874	Rilevato	0	32.0066	15.138	19.9485	31.9162	0	31.9162	39.4596	39.4596
21	0.185579	7.23155	-25.0216	Rilevato	0	32.0066	15.1399	19.9511	31.9204	0	31.9204	38.9872	38.9872
22	0.185579	7.12278	-23.5731	Rilevato	0	32.0066	15.0902	19.8856	31.8155	0	31.8155	38.3998	38.3998
23	0.185579	6.9934	-22.1404	Rilevato	0	32.0066	14.9891	19.7524	31.6024	0	31.6024	37.7012	37.7012
24	0.185579	6.84403	-20.7222	Rilevato	0	32.0066	14.8372	19.5521	31.2819	0	31.2819	36.895	36.895
25	0.185579	6.67525	-19.3171	Rilevato	0	32.0066	14.6344	19.2849	30.8544	0	30.8544	35.9842	35.9842
26	0.185579	6.48758	-17.924	Rilevato	0	32.0066	14.3809	18.9509	30.32	0	30.32	34.9716	34.9716
27	0.185579	6.28148	-16.5418	Rilevato	0	32.0066	14.0768	18.5501	29.6788	0	29.6788	33.8597	33.8597
28	0.194378	6.33856	-15.1371	scotico	0	30.1666	12.8537	16.9383	29.1419	0	29.1419	32.619	32.619
29	0.194378	6.0724	-13.7093	scotico	0	30.1666	12.4439	16.3983	28.2129	0	28.2129	31.2485	31.2485
30	0.190703	5.67978	-12.3035	scotico	0	30.1666	11.9046	15.6876	27.1942	0.20401	26.9901	29.7905	29.5865
31	0.190703	5.38597	-10.9186	scotico	0	30.1666	11.2435	14.8164	26.0797	0.588465	25.4913	28.2487	27.6602
32	0.190703	5.07395	-9.54003	scotico	0	30.1666	10.5472	13.8989	24.8388	0.926113	23.9127	26.6114	25.6853
33	0.190703	4.74397	-8.16706	scotico	0	30.1666	9.81552	12.9347	23.4714	1.21756	22.2538	24.8801	23.6625
34	0.190703	4.39623	-6.7998	scotico	0	30.1666	9.04794	11.9232	21.977	1.46333	20.5137	23.0557	21.5924
35	0.190703	4.0309	-5.43443	scotico	0	30.1666	8.24409	10.8639	20.3549	1.66383	18.691	21.1392	19.4753
36	0.190703	3.6481	-4.07314	scotico	0	30.1666	7.40318	9.75576	18.604	1.81943	16.7846	19.1312	17.3117
37	0.190703	3.24795	-2.71416	scotico	0	30.1666	6.52457	8.59795	16.723	1.93039	14.7926	17.0323	15.1019
38	0.190703	2.83051	-1.3567	scotico	0	30.1666	5.60741	7.38933	14.7101	1.99688	12.7132	14.8429	12.846
39	0.190703	2.39584	0	scotico	0	30.1666	4.6507	6.1286	12.5632	2.01904	10.5441	12.5632	10.5441
40	0.190703	1.94393	1.3567	scotico	0	30.1666	3.65333	4.81429	10.2798	1.99688	8.2829	10.1933	8.19638
41	0.190703	1.47479	2.71416	scotico	0	30.1666	2.61405	3.44474	7.857	1.93039	5.92661	7.73308	5.80269
42	0.190703	1.10536	4.07314	scotico	0	30.1666	1.81077	2.3862	5.92485	1.81943	4.10542	5.7959	3.97647
43	0.190703	1.0283	5.43443	scotico	0	30.1666	1.71625	2.26164	5.55494	1.66383	3.89111	5.39167	3.72784
44	0.190703	0.950339	6.7988	scotico	0	30.1666	1.63849	2.15917	5.17814	1.46333	3.71481	4.98279	3.51946
45	0.190703	0.854788	8.16706	scotico	0	30.1666	1.53699	2.02542	4.70226	1.21756	3.4847	4.48168	3.26412
46	0.190703	0.741474	9.54003	scotico	0	30.1666	1.41073	1.85903	4.12453	0.926113	3.19842	3.88744	2.96133
47	0.190703	0.610199	10.9186	scotico	0	30.1666	1.25853	1.65847	3.44183	0.588465	2.85336	3.19905	2.61059
48	0.190703	0.460725	12.3035	scotico	0	30.1666	1.07913	1.42206	2.65063	0.20401	2.44662	2.41527	2.21126
49	0.194378	0.296587	13.7093	scotico	0	30.1666	0.753886	0.993456	1.70922	0	1.70922	1.52531	1.52531
50	0.194378	0.102208	15.1371	scotico	0	30.1666	0.263247	0.346902	0.596837	0	0.596837	0.525625	0.525625

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.31778

--



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

65 di 87

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	44.26	27.6592	0	0	0
2	44.4456	27.3083	0.487309	0	0
3	44.6312	26.9943	1.76364	0	0
4	44.8168	26.7095	3.6066	0	0
5	45.0023	26.4487	5.85139	0	0
6	45.1879	26.2083	8.37061	0	0
7	45.3735	25.9853	10.9541	0	0
8	45.5591	25.7777	13.4629	0	0
9	45.7447	25.5837	15.8619	0	0
10	45.9302	25.4021	18.1241	0	0
11	46.1158	25.2316	20.2286	0	0
12	46.3014	25.0714	22.1596	0	0
13	46.487	24.9208	23.9054	0	0
14	46.6726	24.7789	25.4573	0	0
15	46.8581	24.6453	26.8097	0	0
16	47.0437	24.5195	27.9593	0	0
17	47.2293	24.401	28.9049	0	0
18	47.4149	24.2894	29.647	0	0
19	47.6004	24.1845	30.1877	0	0
20	47.786	24.086	30.5306	0	0
21	47.9716	23.9935	30.6805	0	0
22	48.1572	23.9069	30.6437	0	0
23	48.3428	23.8259	30.4273	0	0
24	48.5283	23.7504	30.0396	0	0
25	48.7139	23.6802	29.4899	0	0
26	48.8995	23.6151	28.7888	0	0
27	49.0851	23.5551	27.9474	0	0
28	49.2707	23.5	26.9781	0	0
29	49.465	23.4474	26.0189	0	0
30	49.6594	23.4	24.9446	0	0
31	49.8501	23.3584	23.8118	0	0
32	50.0408	23.3216	22.633	0	0
33	50.2315	23.2896	21.4232	0	0
34	50.4222	23.2622	20.199	0	0
35	50.6129	23.2395	18.9779	0	0
36	50.8036	23.2213	17.7794	0	0
37	50.9943	23.2077	16.6242	0	0
38	51.185	23.1987	15.5346	0	0
39	51.3757	23.1942	14.5346	0	0
40	51.5664	23.1942	13.6502	0	0
41	51.7572	23.1987	12.909	0	0
42	51.9479	23.2077	12.3408	0	0
43	52.1386	23.2213	11.916	0	0
44	52.3293	23.2395	11.4888	0	0
45	52.52	23.2622	11.0595	0	0
46	52.7107	23.2896	10.6385	0	0
47	52.9014	23.3216	10.238	0	0
48	53.0921	23.3584	9.87207	0	0
49	53.2828	23.4	9.5566	0	0
50	53.4772	23.4474	9.32942	0	0
51	53.6715	23.5	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	23.4
71	23.4

Distributed Load

X	Y
43.3447	27.6592
33.0728	27.6592



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

66 di 87

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 7

Distributed Load

X	Y
37.2452	27.6592
34.6819	27.6592

Distributed Load

X	Y
41.7731	27.6592
39.2285	27.6592

External Boundary

X	Y
70.2043	-0.00713098
70.2043	11.5
70.2043	20.5
70.2043	23.5
54	23.5
52	23.5
45.1756	27.6592
31.2356	27.6592
25	23.5
22.5	23.5
0	23.5
0	20.5
0	11.5
0	0

Material Boundary

X	Y
22.5	23.5
22.5	22
54	22
54	20.5

Material Boundary

X	Y
25	23.5
52	23.5

Material Boundary

X	Y
0	20.5
22.5	20.522
54	20.5
70.2043	20.5

Material Boundary

X	Y
0	11.5
70.2043	11.5

Material Boundary

X	Y
22.5	20.522
22.5	22

Material Boundary

X	Y
54	22
54	23.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2800001B	67 di 87

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

68 di 87

ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12RBRI2800001B

Foglio

69 di 87

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI28_ssism.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 75
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezoes: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

70 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 7

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 2.3
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.083
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.042

3 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Dead

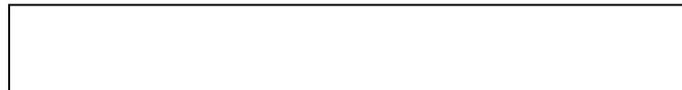
Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties





Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2800001B

71 di 87



Property	Rilevato	Unità3a_comp	Unità6	Unità4	scotico	3a
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	36	39	38	36	34
Water Surface	Water Table					
Hu Value	1	0	1	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.115810
Center:	51.639, 30.321
Radius:	7.601
Left Slip Surface Endpoint:	44.519, 27.659
Right Slip Surface Endpoint:	54.992, 23.500
Resisting Moment:	1071.2 kN-m
Driving Moment:	960.025 kN-m
Total Slice Area:	14.6237 m2
Surface Horizontal Width:	10.4727 m
Surface Average Height:	1.39636 m

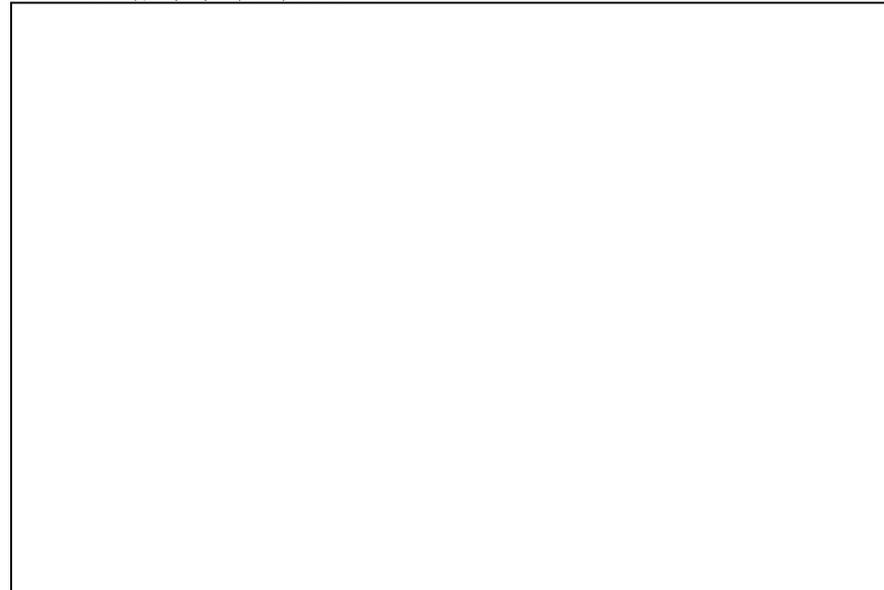
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	1051
Number of Invalid Surfaces:	0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.11581





Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2800001B	72 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.209237	1.05392	-67.4419	Rilevato	0	32.0066	1.15122	1.28454	2.05518	0	2.05518	4.8265	4.8265
2	0.209237	2.99022	-63.6111	Rilevato	0	32.0066	3.60296	4.02022	6.43205	0	6.43205	13.6937	13.6937
3	0.209237	4.63851	-60.2472	Rilevato	0	32.0066	6.00956	6.70553	10.7284	0	10.7284	21.2417	21.2417
4	0.209237	5.88525	-57.2019	Rilevato	0	32.0066	8.07629	9.01161	14.4179	0	14.4179	26.9508	26.9508
5	0.209237	6.64735	-54.3913	Rilevato	0	32.0066	9.56776	10.6758	17.0805	0	17.0805	30.4404	30.4404
6	0.209237	7.28062	-51.7625	Rilevato	0	32.0066	10.9158	12.18	19.4872	0	19.4872	33.34	33.34
7	0.209237	7.8112	-49.2793	Rilevato	0	32.0066	12.1377	13.5434	21.6684	0	21.6684	35.7695	35.7695
8	0.209237	8.25428	-46.9157	Rilevato	0	32.0066	13.2419	14.7755	23.6397	0	23.6397	37.7981	37.7981
9	0.209237	8.62127	-44.6525	Rilevato	0	32.0066	14.2358	15.8845	25.4141	0	25.4141	39.4783	39.4783
10	0.209237	8.92097	-42.4746	Rilevato	0	32.0066	15.1257	16.8774	27.0026	0	27.0026	40.8504	40.8504
11	0.209237	9.16035	-40.3702	Rilevato	0	32.0066	15.9166	17.7599	28.4145	0	28.4145	41.9463	41.9463
12	0.209237	9.34504	-38.3297	Rilevato	0	32.0066	16.613	18.5969	29.6576	0	29.6576	42.7918	42.7918
13	0.209237	9.47965	-36.3452	Rilevato	0	32.0066	17.2185	19.2126	30.7387	0	30.7387	43.4079	43.4079
14	0.209237	9.56803	-34.4102	Rilevato	0	32.0066	17.7364	19.7905	31.6633	0	31.6633	43.8123	43.8123
15	0.209237	9.61338	-32.519	Rilevato	0	32.0066	18.1693	20.2735	32.4362	0	32.4362	44.0198	44.0198
16	0.209237	9.61846	-30.6668	Rilevato	0	32.0066	18.5195	20.6642	33.0612	0	33.0612	44.0428	44.0428
17	0.209237	9.5856	-28.8496	Rilevato	0	32.0066	18.7887	20.9646	33.5418	0	33.5418	43.8921	43.8921
18	0.209237	9.51682	-27.0635	Rilevato	0	32.0066	18.9783	21.1762	33.8804	0	33.8804	43.5769	43.5769
19	0.211592	9.51901	-25.2958	scotico	0	30.1666	18.0165	20.103	34.5868	0	34.5868	43.1015	43.1015
20	0.211653	9.38265	-23.5435	scotico	0	30.1666	17.8392	19.9052	34.6988	0.452342	34.2464	42.4716	42.0193
21	0.211653	9.21111	-21.8141	scotico	0	30.1666	17.403	19.4184	34.7292	1.32021	33.4089	41.6948	40.3746
22	0.211653	9.00836	-20.1053	scotico	0	30.1666	16.9137	18.8725	34.5855	2.11576	32.4697	40.7768	38.661
23	0.211653	8.77545	-18.415	scotico	0	30.1666	16.3721	18.2681	34.2713	2.84143	31.4299	39.7223	36.8809
24	0.211653	8.51332	-16.7411	scotico	0	30.1666	15.7783	17.6056	33.7894	3.49936	30.2901	38.5355	35.0361
25	0.211653	8.22275	-15.0819	scotico	0	30.1666	15.1327	16.8852	33.1421	4.0914	29.0507	37.2201	33.1287
26	0.211653	7.90445	-13.4355	scotico	0	30.1666	14.4352	16.1069	32.3307	4.61917	27.7115	35.7791	31.1599
27	0.211653	7.55902	-11.8003	scotico	0	30.1666	13.6854	15.2703	31.3563	5.08406	26.2722	34.2154	29.1313
28	0.211653	7.18697	-10.1749	scotico	0	30.1666	12.8829	14.3749	30.219	5.48727	24.7317	32.5312	27.0439
29	0.211653	6.78875	-8.55765	scotico	0	30.1666	12.0271	13.42	28.9186	5.82982	23.0888	30.7285	24.8966
30	0.211653	6.36471	-6.94728	scotico	0	30.1666	11.1171	12.4046	27.4543	6.11254	21.3418	28.809	22.6964
31	0.211653	5.91515	-5.34241	scotico	0	30.1666	10.1517	11.3274	25.8247	6.33612	19.4885	26.774	20.4379
32	0.211653	5.44031	-3.74174	scotico	0	30.1666	9.1296	10.1869	24.0275	6.5011	17.5264	24.6246	18.1235
33	0.211653	4.94034	-2.14399	scotico	0	30.1666	8.04921	8.98139	22.0601	6.60786	15.4523	22.3615	15.7536
34	0.211653	4.41536	0.547913	scotico	0	30.1666	6.90851	7.70859	19.9191	6.65665	13.2625	19.9852	13.3285
35	0.211653	3.86542	1.04774	scotico	0	30.1666	5.70533	6.36606	17.6003	6.64759	10.9527	17.4959	10.8483
36	0.211653	3.34565	2.64421	scotico	0	30.1666	4.57027	5.09955	15.3543	6.58066	8.77366	15.1433	8.56259
37	0.211653	3.20897	4.24274	scotico	0	30.1666	4.37208	4.87841	14.8489	6.4557	8.3932	14.5246	8.06886
38	0.211653	3.12988	5.84459	scotico	0	30.1666	4.34372	4.84677	14.6112	6.27241	8.33878	14.1666	7.89414
39	0.211653	3.02544	7.45103	scotico	0	30.1666	4.28375	4.77985	14.254	6.03037	8.22362	13.6937	7.66338
40	0.211653	2.89539	9.0634	scotico	0	30.1666	4.19047	4.67577	13.7736	5.72899	8.04456	13.1051	7.3761
41	0.211653	2.73942	10.683	scotico	0	30.1666	4.06195	4.53236	13.1653	5.36754	7.7978	12.3991	7.03153
42	0.211653	2.55715	12.3114	scotico	0	30.1666	3.89596	4.34715	12.4243	4.94513	7.47919	11.5741	6.62892
43	0.211653	2.34811	13.9499	scotico	0	30.1666	3.68997	4.11731	11.5444	4.46068	7.08372	10.6278	6.16714
44	0.211653	2.11176	15.6001	scotico	0	30.1666	3.44103	3.83954	10.5188	3.91294	6.60584	9.55801	5.64507
45	0.211653	1.84746	17.2638	scotico	0	30.1666	3.14571	3.51001	9.33933	3.30045	6.03888	8.36173	5.06128
46	0.195079	1.29993	18.8762	3a	0	28.3516	2.16279	2.41326	7.12292	2.65066	4.47226	6.38444	3.73278
47	0.195079	1.05519	20.4379	3a	0	28.3516	1.89635	2.11597	5.88825	1.96692	3.92133	5.18157	3.21465
48	0.195079	0.789064	22.0157	3a	0	28.3516	1.59381	1.77839	4.51915	1.22344	3.29571	3.8747	2.65126
49	0.195079	0.500858	23.6113	3a	0	28.3516	1.2517	1.39666	3.00656	0.418267	2.5883	2.45942	2.04115
50	0.211592	0.190432	25.2958	3a	0	28.3516	0.540429	0.603016	1.11751	0	1.11751	0.862098	0.862098

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.11581

--



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2800001B

73 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	44.5192	27.6592	0	0	0
2	44.7284	27.1555	0.881879	0	0
3	44.9376	26.7337	3.08896	0	0
4	45.1469	26.3677	6.14412	0	0
5	45.3561	26.043	9.62484	0	0
6	45.5653	25.7508	13.1658	0	0
7	45.7746	25.4853	16.6615	0	0
8	45.9838	25.2422	20.0384	0	0
9	46.1931	25.0185	23.2425	0	0
10	46.4023	24.8118	26.234	0	0
11	46.6115	24.6202	28.9835	0	0
12	46.8208	24.4423	31.4694	0	0
13	47.03	24.2769	33.6763	0	0
14	47.2392	24.123	35.5942	0	0
15	47.4485	23.9796	37.2167	0	0
16	47.6577	23.8462	38.5413	0	0
17	47.867	23.7222	39.5682	0	0
18	48.0762	23.6069	40.3003	0	0
19	48.2854	23.5	40.7427	0	0
20	48.497	23.4	41.1808	0	0
21	48.7087	23.3078	41.3853	0	0
22	48.9203	23.2231	41.41	0	0
23	49.132	23.1456	41.2588	0	0
24	49.3436	23.0751	40.9384	0	0
25	49.5553	23.0115	40.458	0	0
26	49.7669	22.9544	39.8291	0	0
27	49.9786	22.9039	39.0658	0	0
28	50.1902	22.8596	38.1843	0	0
29	50.4019	22.8217	37.2031	0	0
30	50.6136	22.7898	36.1431	0	0
31	50.8252	22.764	35.0274	0	0
32	51.0369	22.7442	33.8816	0	0
33	51.2485	22.7304	32.7347	0	0
34	51.4602	22.7225	31.6161	0	0
35	51.6718	22.7204	30.5613	0	0
36	51.8835	22.7243	29.6069	0	0
37	52.0951	22.7341	28.7676	0	0
38	52.3068	22.7498	27.8758	0	0
39	52.5184	22.7714	26.9	0	0
40	52.7301	22.7991	25.8502	0	0
41	52.9417	22.8329	24.7389	0	0
42	53.1534	22.8728	23.5813	0	0
43	53.365	22.919	22.3953	0	0
44	53.5767	22.9716	21.2026	0	0
45	53.7883	23.0307	20.0283	0	0
46	54	23.0965	18.9018	0	0
47	54.1951	23.1632	18.1128	0	0
48	54.3902	23.2358	17.4025	0	0
49	54.5852	23.3147	16.8008	0	0
50	54.7803	23.4	16.3419	0	0
51	54.9919	23.5	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	23.4
71	23.4

Distributed Load

X	Y
43.3447	27.6592
33.0728	27.6592



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

74 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
37.2452	27.6592
34.6819	27.6592

Distributed Load

X	Y
41.7731	27.6592
39.2285	27.6592

External Boundary

X	Y
70.2043	-0.00713098
70.2043	11.5
70.2043	20.5
70.2043	23.5
54	23.5
52	23.5
45.1756	27.6592
31.2356	27.6592
25	23.5
22.5	23.5
0	23.5
0	20.5
0	11.5
0	0

Material Boundary

X	Y
22.5	23.5
22.5	22
54	22
54	20.5

Material Boundary

X	Y
25	23.5
52	23.5

Material Boundary

X	Y
0	20.5
22.5	20.522
54	20.5
70.2043	20.5

Material Boundary

X	Y
0	11.5
70.2043	11.5

Material Boundary

X	Y
22.5	20.522
22.5	22

Material Boundary

--	--

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2800001B	75 di 87

SLIDEINTERPRET 7.0208



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 7

X	Y
54	22
54	23.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 76 di 87
--	------------------	-------------	-----------------------------	--------------------

ALLEGATO 5- TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

77 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 6

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI28_post
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 75
Check malpha < 0.2: Yes
Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

78 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 6

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 2.3
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

3 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Dead

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties

Property	Rilevato	Unità3a_comp	Unità6	Unità4	scotico	3a_liq
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	36	39	38	36	5.7
Water Surface	Water Table					
Hu Value	1	0	1	1	1	1



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

79 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 6

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.329300
Center:	53.379, 32.987
Radius:	10.786
Left Slip Surface Endpoint:	44.001, 27.659
Right Slip Surface Endpoint:	58.511, 23.500
Resisting Moment:	1855.48 kN-m
Driving Moment:	1395.83 kN-m
Total Slice Area:	20.8902 m ²
Surface Horizontal Width:	14.5097 m
Surface Average Height:	1.43975 m

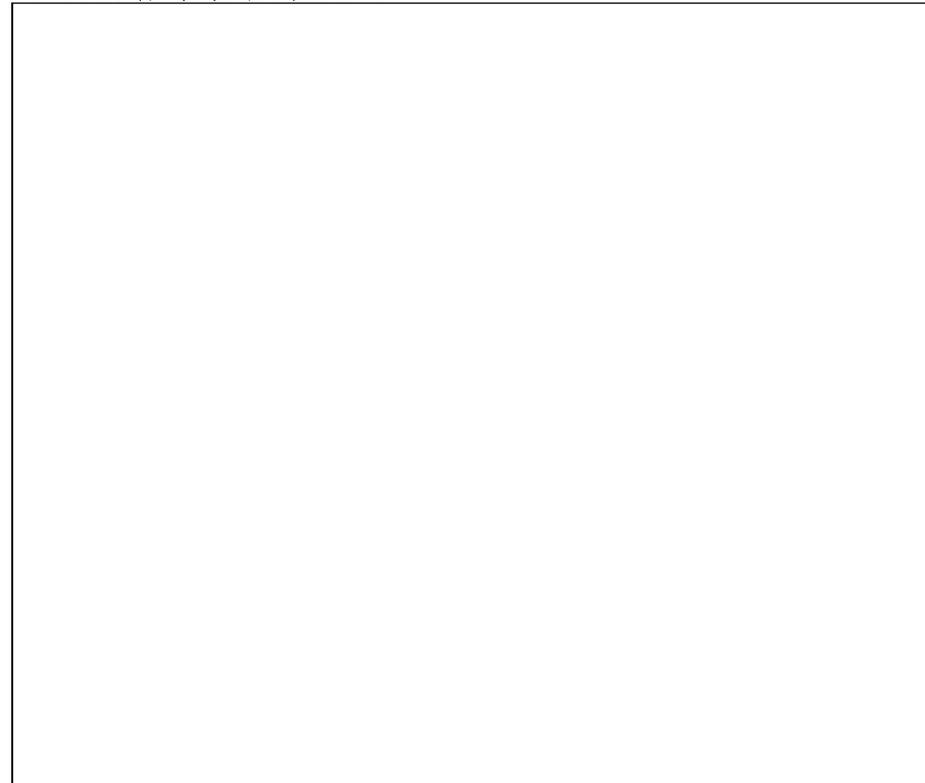
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1128
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.3293





Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2800001B

Foglio
80 di 87



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 6

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.303338	1.52176	-58.8406	Rilevato	0	32.0066	1.32875	1.76631	2.82596	0	2.82596	5.02351	5.02351
2	0.303338	4.39991	-55.8481	Rilevato	0	32.0066	4.03325	5.3614	8.57784	0	8.57784	14.5233	14.5233
3	0.303338	6.98055	-53.0717	Rilevato	0	32.0066	6.66412	8.85862	14.1731	0	14.1731	23.0398	23.0398
4	0.303338	9.31052	-50.4648	Rilevato	0	32.0066	9.20447	12.2355	19.576	0	19.576	30.7279	30.7279
5	0.303338	10.7525	-47.995	Rilevato	0	32.0066	10.9616	14.5712	23.3128	0	23.3128	35.4847	35.4847
6	0.303338	11.5936	-45.6386	Rilevato	0	32.0066	12.148	16.1484	25.8363	0	25.8363	38.2582	38.2582
7	0.303338	12.2823	-43.3777	Rilevato	0	32.0066	13.1943	17.5392	28.0615	0	28.0615	40.529	40.529
8	0.303338	12.8357	-41.1983	Rilevato	0	32.0066	14.1074	18.753	30.0036	0	30.0036	42.353	42.353
9	0.303338	13.2671	-39.0895	Rilevato	0	32.0066	14.8935	19.7979	31.6752	0	31.6752	43.7742	43.7742
10	0.303338	13.5875	-37.042	Rilevato	0	32.0066	15.5577	20.6809	33.0879	0	33.0879	44.8294	44.8294
11	0.303338	13.8058	-35.0484	Rilevato	0	32.0066	16.1046	21.4078	34.2508	0	34.2508	45.5476	45.5476
12	0.303338	13.9295	-33.1024	Rilevato	0	32.0066	16.5378	21.9837	35.1722	0	35.1722	45.9541	45.9541
13	0.303338	13.9651	-31.1986	Rilevato	0	32.0066	16.8606	22.4128	35.859	0	35.859	46.0696	46.0696
14	0.303338	13.9178	-29.3325	Rilevato	0	32.0066	17.0758	22.6988	36.3164	0	36.3164	45.9116	45.9116
15	0.18935	8.63132	-27.8395	scotico	0	30.1666	16.2017	21.5369	37.0538	0	37.0538	45.6103	45.6103
16	0.29279	13.2046	-26.4025	scotico	0	30.1666	15.9549	21.2089	37.2024	0.712983	36.4895	45.1234	44.4104
17	0.29279	12.9791	-24.6784	scotico	0	30.1666	15.3886	20.456	37.2801	2.08586	35.1943	44.351	42.2652
18	0.29279	12.6916	-22.9779	scotico	0	30.1666	14.7587	19.6188	37.1086	3.3547	33.7539	43.3666	40.0119
19	0.29279	12.3444	-21.2985	scotico	0	30.1666	14.0666	18.6987	36.6943	4.52353	32.1707	42.1782	37.6546
20	0.29279	11.9396	-19.6381	scotico	0	30.1666	13.3129	17.6968	36.0428	5.59587	30.4469	40.7932	35.1974
21	0.29279	11.479	-17.9947	scotico	0	30.1666	12.4982	16.6138	35.1585	6.57482	28.5837	39.2181	32.6433
22	0.29279	10.9643	-16.3665	scotico	0	30.1666	11.6228	15.4502	34.0446	7.46306	26.5816	37.458	29.995
23	0.29279	10.3969	-14.7517	scotico	0	30.1666	10.6869	14.2061	32.7043	8.26297	24.4413	35.5183	27.2553
24	0.29279	9.77792	-13.1489	scotico	0	30.1666	9.69044	12.8815	31.1389	8.97662	22.1623	33.4026	24.426
25	0.29279	9.10855	-11.5565	scotico	0	30.1666	8.63296	11.4758	29.3496	9.60577	19.7439	31.1149	21.5091
26	0.29279	8.38967	-9.97314	scotico	0	30.1666	7.51411	9.9885	27.337	10.152	17.185	28.6583	18.5063
27	0.29279	7.62204	-8.39742	scotico	0	30.1666	6.33306	8.41854	25.1004	10.6165	14.4839	26.0353	15.4188
28	0.29279	7.16696	-6.82807	scotico	0	30.1666	5.60075	7.44508	23.8095	11.0005	12.809	24.4802	13.4797
29	0.29279	7.33363	-5.26386	scotico	0	30.1666	5.77694	7.67929	24.5168	11.3047	13.2121	25.049	13.7443
30	0.29279	7.4681	-3.70358	scotico	0	30.1666	5.94356	7.90078	25.1231	11.53	13.5931	25.5079	13.9779
31	0.29279	7.55572	-2.14604	scotico	0	30.1666	6.07864	8.08033	25.5788	11.6768	13.902	25.8066	14.1298
32	0.29279	7.59667	0.590094	scotico	0	30.1666	6.18134	8.21685	25.8823	11.7454	14.1369	25.946	14.2006
33	0.29279	7.59105	0.96542	scotico	0	30.1666	6.25073	8.3091	26.0316	11.736	14.2956	25.9263	14.1903
34	0.29279	7.53885	2.52165	scotico	0	30.1666	6.28577	8.35567	26.0243	11.6485	14.3758	25.7475	14.099
35	0.288081	6.58929	4.06719	3a_liq	0	4.56541	0.687014	0.913248	22.9218	11.4848	11.437	22.8729	11.3881
36	0.288081	6.46291	5.60313	3a_liq	0	4.56541	0.676069	0.898699	22.5005	11.2457	11.2548	22.4341	11.1884
37	0.288081	6.29603	7.14314	3a_liq	0	4.56541	0.661227	0.878969	21.9377	10.93	11.0077	21.8548	10.9248
38	0.288081	6.08828	8.68835	3a_liq	0	4.56541	0.642434	0.853988	21.2318	10.537	10.6948	21.1336	10.5966
39	0.288081	5.83922	10.24	3a_liq	0	4.56541	0.619628	0.823671	20.381	10.0658	10.3152	20.269	10.2032
40	0.288081	5.54826	11.7992	3a_liq	0	4.56541	0.592735	0.787923	19.3828	9.51537	9.86746	19.259	9.74364
41	0.288081	5.21474	13.3674	3a_liq	0	4.56541	0.561671	0.746629	18.2347	8.88441	9.3503	18.1012	9.21683
42	0.288081	4.83787	14.9458	3a_liq	0	4.56541	0.526336	0.699658	16.9335	8.17143	8.7621	16.793	8.6216
43	0.288081	4.41674	16.536	3a_liq	0	4.56541	0.486619	0.646862	15.4756	7.37472	8.1009	15.3311	7.95643
44	0.288081	3.95028	18.1393	3a_liq	0	4.56541	0.442391	0.588071	13.8569	6.49227	7.36463	13.712	7.2197
45	0.288081	3.4373	19.7576	3a_liq	0	4.56541	0.393507	0.523089	12.0726	5.5218	6.55084	11.9313	6.4095
46	0.288081	2.87643	21.3924	3a_liq	0	4.56541	0.339801	0.451698	10.1175	4.46071	5.65678	9.98438	5.52367
47	0.288081	2.26608	23.0457	3a_liq	0	4.56541	0.281083	0.373644	7.98532	3.30603	4.67929	7.86574	4.55971
48	0.288081	1.60447	24.7196	3a_liq	0	4.56541	0.217139	0.288643	5.66919	2.05439	3.6148	5.56923	3.51484
49	0.288081	0.889583	26.4164	3a_liq	0	4.56541	0.147722	0.196367	3.16112	0.701941	2.45918	3.08774	2.38579
50	0.18935	0.170415	27.8395	3a_liq	0	4.56541	0.0558283	0.0742126	0.929394	0	0.929394	0.89991	0.89991

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.3293





Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2800001B

81 di 87



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 6

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	44.0009	27.6592	0	0	0
2	44.3042	27.1575	1.01589	0	0
3	44.6076	26.7103	3.63185	0	0
4	44.9109	26.3067	7.33677	0	0
5	45.2143	25.9392	11.7478	0	0
6	45.5176	25.6024	16.2855	0	0
7	45.8209	25.2922	20.6257	0	0
8	46.1243	25.0056	24.6789	0	0
9	46.4276	24.74	28.3798	0	0
10	46.7309	24.4936	31.6815	0	0
11	47.0343	24.2647	34.5516	0	0
12	47.3376	24.0519	36.9695	0	0
13	47.641	23.8541	38.9241	0	0
14	47.9443	23.6705	40.4126	0	0
15	48.2476	23.5	41.4391	0	0
16	48.437	23.4	42.0861	0	0
17	48.7298	23.2546	42.8368	0	0
18	49.0226	23.1201	43.3605	0	0
19	49.3154	22.996	43.6595	0	0
20	49.6081	22.8818	43.7421	0	0
21	49.9009	22.7773	43.6219	0	0
22	50.1937	22.6822	43.3175	0	0
23	50.4865	22.5962	42.8524	0	0
24	50.7793	22.5192	42.2543	0	0
25	51.0721	22.4508	41.5557	0	0
26	51.3649	22.3909	40.793	0	0
27	51.6577	22.3394	40.0071	0	0
28	51.9505	22.2962	39.2435	0	0
29	52.2433	22.2611	38.4434	0	0
30	52.536	22.2341	37.4185	0	0
31	52.8288	22.2152	36.1598	0	0
32	53.1216	22.2042	34.6662	0	0
33	53.4144	22.2012	32.94	0	0
34	53.7072	22.2061	30.987	0	0
35	54	22.219	28.8167	0	0
36	54.2881	22.2395	28.1499	0	0
37	54.5762	22.2678	27.3198	0	0
38	54.8642	22.3039	26.3379	0	0
39	55.1523	22.3479	25.2187	0	0
40	55.4404	22.3999	23.9801	0	0
41	55.7285	22.4601	22.6435	0	0
42	56.0166	22.5286	21.2338	0	0
43	56.3046	22.6055	19.7805	0	0
44	56.5927	22.691	18.3171	0	0
45	56.8808	22.7854	16.8823	0	0
46	57.1689	22.8889	15.5201	0	0
47	57.457	23.0017	14.2807	0	0
48	57.745	23.1243	13.2213	0	0
49	58.0331	23.2569	12.4071	0	0
50	58.3212	23.4	11.9123	0	0
51	58.5106	23.5	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	23.4
71	23.4

Distributed Load

X	Y
43.3447	27.6592
33.0728	27.6592

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

82 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 6

X	Y
37.2452	27.6592
34.6819	27.6592

Distributed Load

X	Y
41.7731	27.6592
39.2285	27.6592

External Boundary

X	Y
70.2043	-0.00713098
70.2043	11.5
70.2043	20.5
70.2043	23.5
54	23.5
52	23.5
45.1756	27.6592
31.2356	27.6592
25	23.5
22.5	23.5
0	23.5
0	20.5
0	11.5
0	0

Material Boundary

X	Y
22.5	23.5
22.5	22
54	22
54	20.5

Material Boundary

X	Y
25	23.5
52	23.5

Material Boundary

X	Y
0	20.5
22.5	20.522
54	20.5
70.2043	20.5

Material Boundary

X	Y
0	11.5
70.2043	11.5

Material Boundary

X	Y
22.5	20.522
22.5	22

Material Boundary

X	Y
54	22
54	23.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2800001B	Foglio 83 di 87
--	------------------	-------------	-----------------------------	--------------------

ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE



Settle3D Analysis Information

Rilevato

Project Settings

Document Name: Ri28.s3z
Project Title: Rilevato
Date Created: 08/06/2021, 14:59:10
Stress Computation Method: Boussinesq

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1

Results

Time taken to compute: 0.982692 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.0425265
Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.0425265
Loading Stress [kPa]	0	134.744
Total Stress [kPa]	0	641.127
Total Strain	-0	0.00738365
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	1.5	640.947
Over-consolidation Ratio	1	4.13502
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

Length: 12.6 m
Width: 100 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 1260 m²
Load: 12 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 1

Coordinates



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

85 di 87

X [m]	Y [m]
-6.29696	-50
6.30304	-50
6.30304	50
-6.29696	50

Embankments

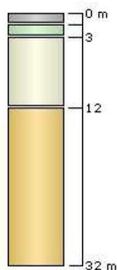
1. Embankment

Center Line: (0, -50) to (0, 50)
Number of Layers: 1
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 26

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	34	4.3	20	34	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	scotico	1.5	0
2	3a-tratt	1.5	1.5
3	u6	9	3
4	u4	20	12



Soil Properties

Property	3a-tratt	u6	u4	scotico
Color				
Unit Weight [kN/m ³]	18	19	19	20
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	15000	60000	80000	20000
Esur [kPa]	15000	60000	80000	20000



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

86 di 87

Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0.00303833, 4.9738e-014	Auto: 61

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-20, 0	20, 0	100	Auto: 41

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+193,94 a pk 16+494,86
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2800001B

Foglio

87 di 87

ALLEGATO 7 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) Settle 3D ver 2.003