

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 15+055,33 a pk 15+548,56
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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	2	5	0	0	0	0	1	C	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Febbraio 2022

Progettazione:

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

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI2500001C.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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 2 di 112

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	9
4.3	Livello di falda	11
4.4	Condizioni geotecniche del sito	12
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	22
4.6	Materiale da rilevato.....	23
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	24
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	24
5.1.1	Vita Nominale.....	24
5.1.2	Classe d'uso	24
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	25
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	25
5.1.5	Condizioni topografiche	25
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	26
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	26
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	28
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	30
5.2.3	Commento ai risultati	33
5.2.4	Soil improvement	36
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	39
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	39
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	39
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE).....	41
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	41
6.2	Azioni di progetto	41
6.2.1	Azioni permanenti	41
6.2.2	Azioni variabili	42



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2500001C	3 di 112

6.2.3	Azione sismica	42
6.3	Verifiche e risultati SLU	43
6.3.1	Premessa.....	43
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	43
6.3.1	Verifiche SLU in condizioni sismiche	45
6.3.2	Verifiche SLU in condizioni post sismiche	46
6.4	Verifica e risultati SLE.....	48
6.4.1	Metodologia di calcolo	48
6.4.1	Schematizzazione e risultati	50
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	54
	Allegati	55
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO	56
	ALLEGATO 2 - SONDAGGI.....	58
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA	63
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU IN CAMPO SISMICO	78
	ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA.....	93
	ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE	108
	ALLEGATO 7 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI	112

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 4 di 112

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI25, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 15+055 e il km 15+549.

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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 5 di 112

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] IN1710EI2LZGE0000015B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico da pk 13+500 a pk 18+000
- [4] IN1710EI2RHGE0000005B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001B Planimetrie con classificazione sismica del territorio
- [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-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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 6 di 112

- [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".



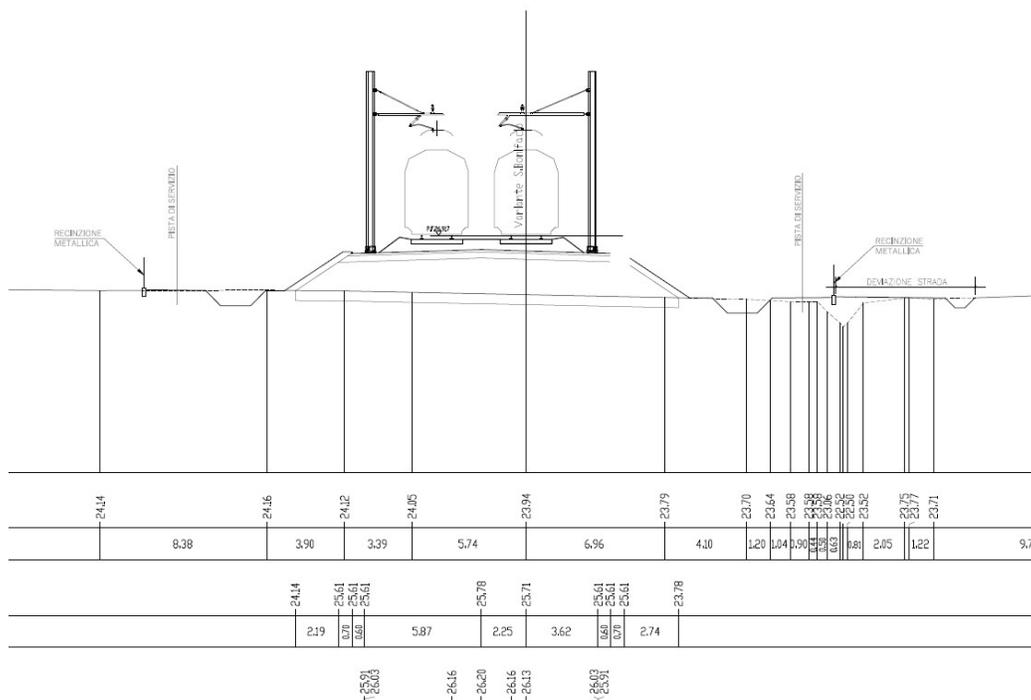
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
8 di 112



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 9 di 112

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 4, 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]).

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 da pk 15+055,00 a pk 15+549,00

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
15+150	SA203C011	2002
15+280	P7	2015
15+280	P7bis	2015
15+325	CPTU35BisB	2014/2015
15+548	CPTU-PE-11	2020-2021
15+860	BH-PE-33	2020-2021
16+160	SPA24	2015

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 5 a 6 m ca.

Tale coltre è costituita, nella prima parte del tratto, e fino all'incirca alla 15+400 (SA203C011, e prove precedenti, e fino CPTU-35Bbis inclusa), da terreni prevalentemente di terreni limoso/argillosi superficiali (Unità 3b); nella seconda parte da terreni invece prevalentemente limoso-sabbiosi sciolti (Unità 3b, CPTU-PE11) .

Su tutta la WBS (e su tutto questo tratto di tracciato), al disotto di tali coperture superficiali si trova uno strato di ghiaie

Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

10 di 112

ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di circa 12 m..

Al di sotto delle ghiaie si incontrano circa 2-3 m di limi argillosi (Unità 2) ed infine il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità a partire da 15 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 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI25, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 3 di 11 (Doc. Rif. [3]).

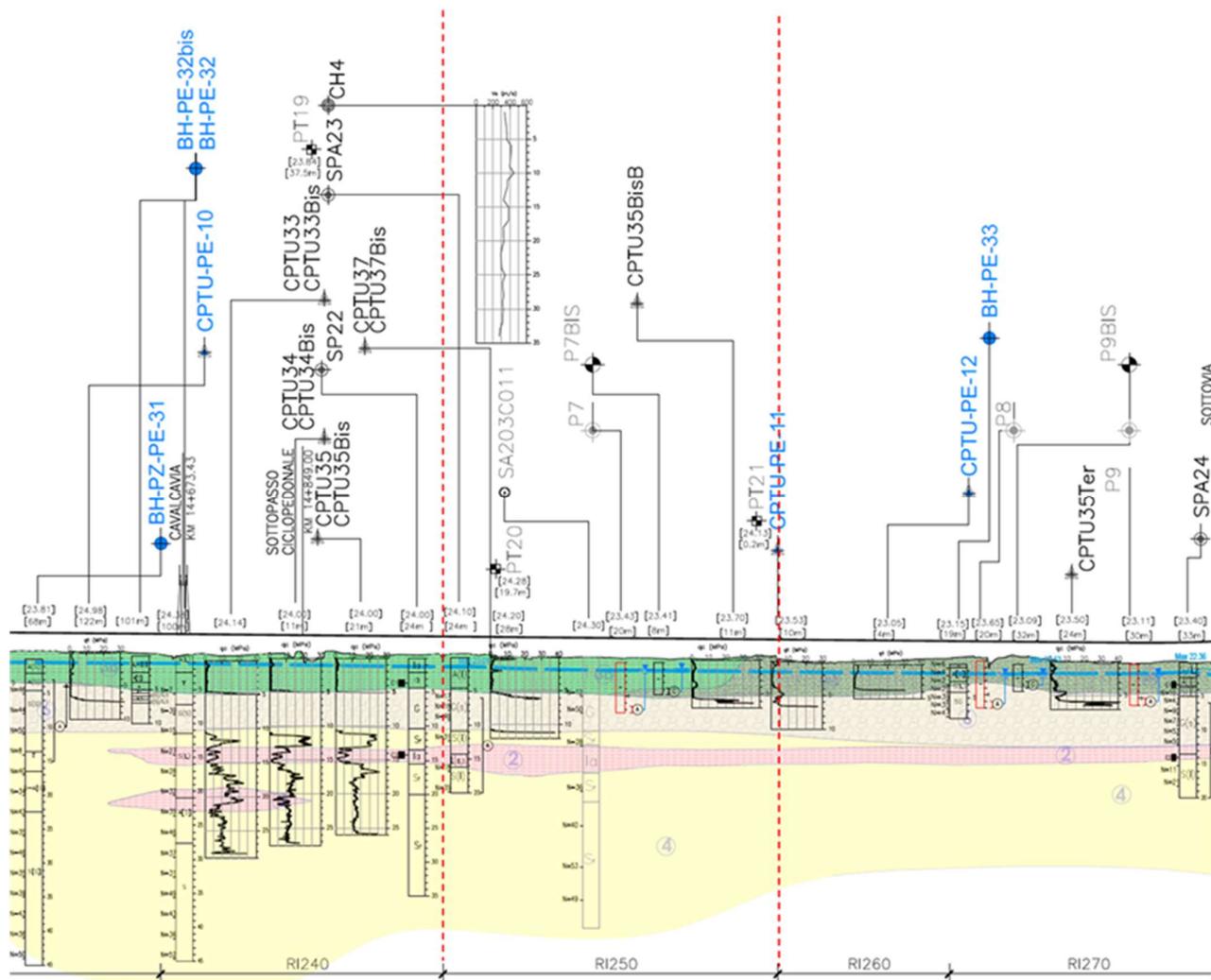


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI25, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3]). Cfr.

Allegato 1.

Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

11 di 112

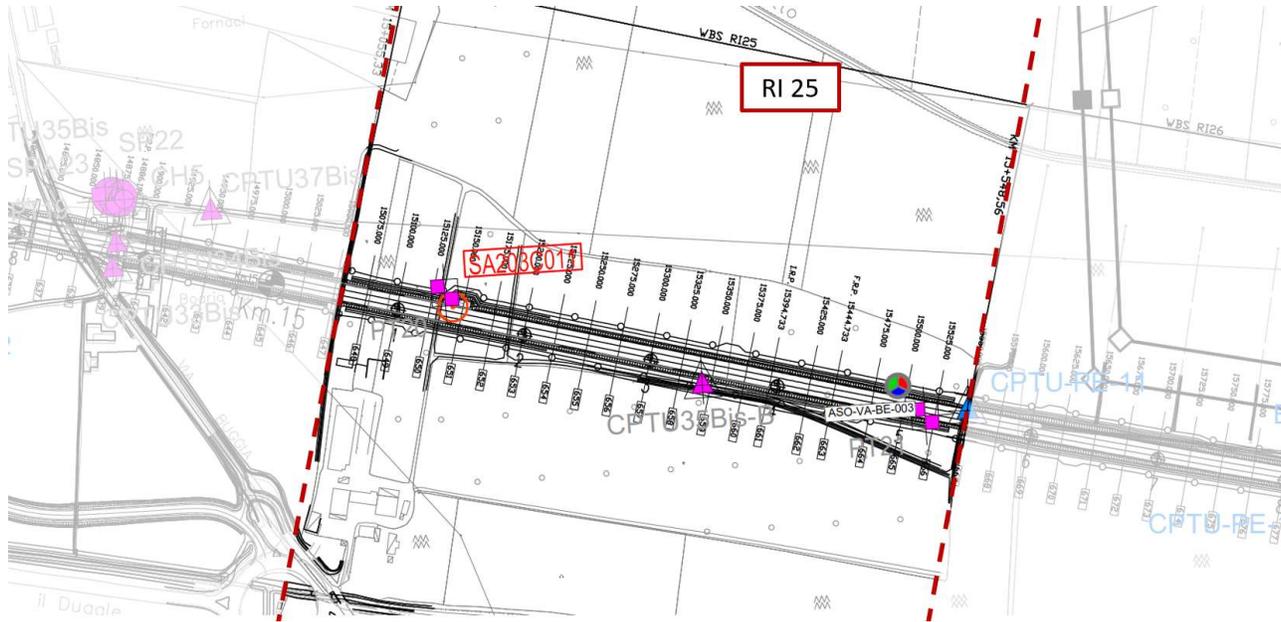


Figura 4 - Planimetria Rilevato RI25, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

4.3 Livello di falda

Per il livello di falda si è fatto riferimento ai valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo l'area in cui si inserisce l'opera in esame e riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [6]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

Ai fini progettuali si assume perciò una falda di progetto a piano campagna.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 12 di 112

4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale composta da prevalenti materiali fini, (Unità 3b) per circa 5 m di spessore, che verso l'estremità Est della WBS si alternano con materiali più granulari sciolti (Unità 3a).

La Figura 5 riporta i dati granulometrici dei materiali sciolti (Unità 3a), così come ottenuti dalle determinazioni granulometriche di laboratorio delle indagini effettuate nella zona più ad Est della WBS. Come si può notare, gran parte dei materiali di superficie ricade nell'ambito dei terreni potenzialmente liquefacibili, così come definiti dalle NTC 2008. Nel primo tratto, invece, come documentato dalle numerose indagini eseguite su RI24, ove ricade anche il cavalcavia IV05, prevalgono in superficie i materiali a grana fine.

Per i terreni argillosi, sulla base dei dati edometrici disponibili nell'area, si sono considerati i seguenti parametri di compressibilità in condizioni edometriche:

$$RR = 0.2, CR = 0.18$$

Tali depositi possono essere caratterizzati con un valore di resistenza al taglio non drenata caratteristico pari a $c_u=40$ kPa, così come desunto dalla interpretazione della prova CPTU 35bisB (Figura 6). Sulla base delle correlazioni riportate in [2], per questi materiali risulta stimabile una pressione di preconsolidazione di 135 kPa.

Tali valori sono anche riscontrabili con quelli dei livelli argillosi presenti nella CPTU-PE-11 (Figura 7)

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino a circa 11 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 20% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 50 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta pari 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

La Figura 8 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame.

Più in profondità si individua un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 11 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 40 colpi/30cm con valori fino a 60 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 70%.

L'unità 4 è interrotta da uno strato di limi con argilla debolmente sabbiosi, (Unità 2) a profondità tra 12 e 15 m pc. Tali materiali sono debolmente sovraconsolidati.

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 11 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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 13 di 112

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 (v. Figura 5);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 8);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 9);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 10);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 11);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 12).



GRANULOMETRIE DEI MATERIALI DA TRATTARE CON COLONNE IN GHIAIA

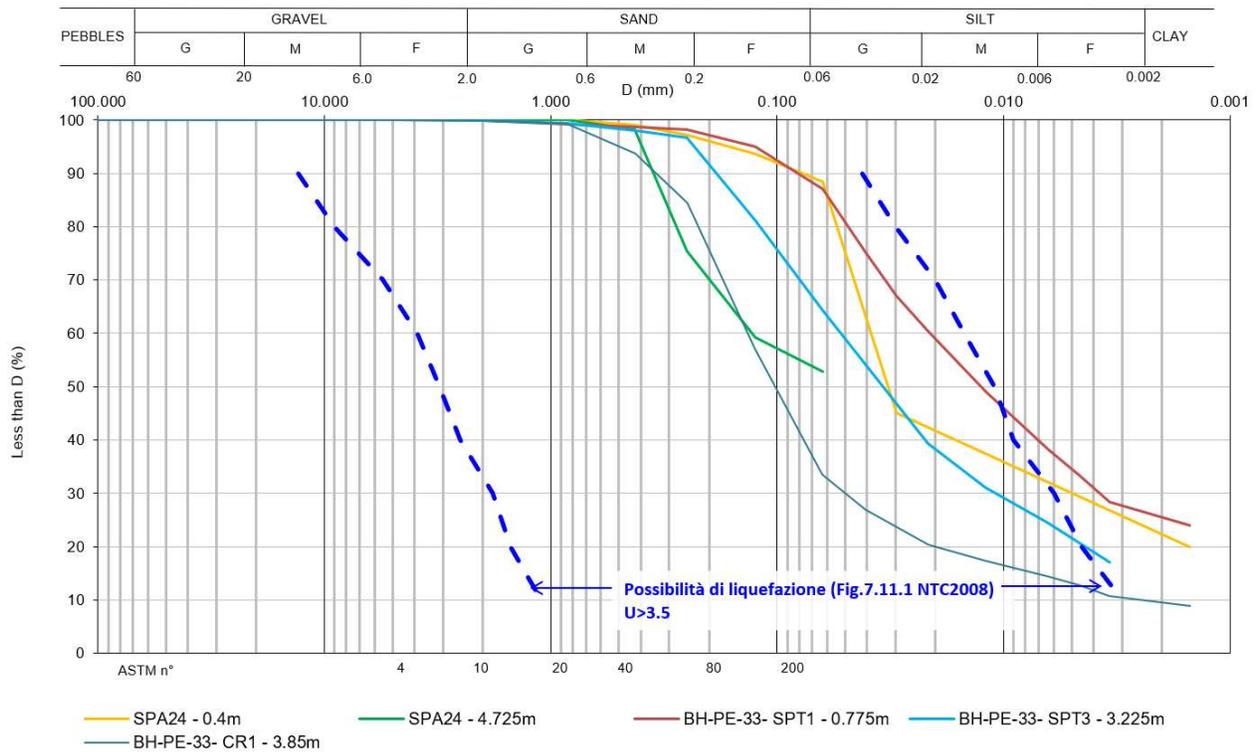


Figura 5 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni suscettibili alla liquefazione



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2500001C

Foglio
15 di 112

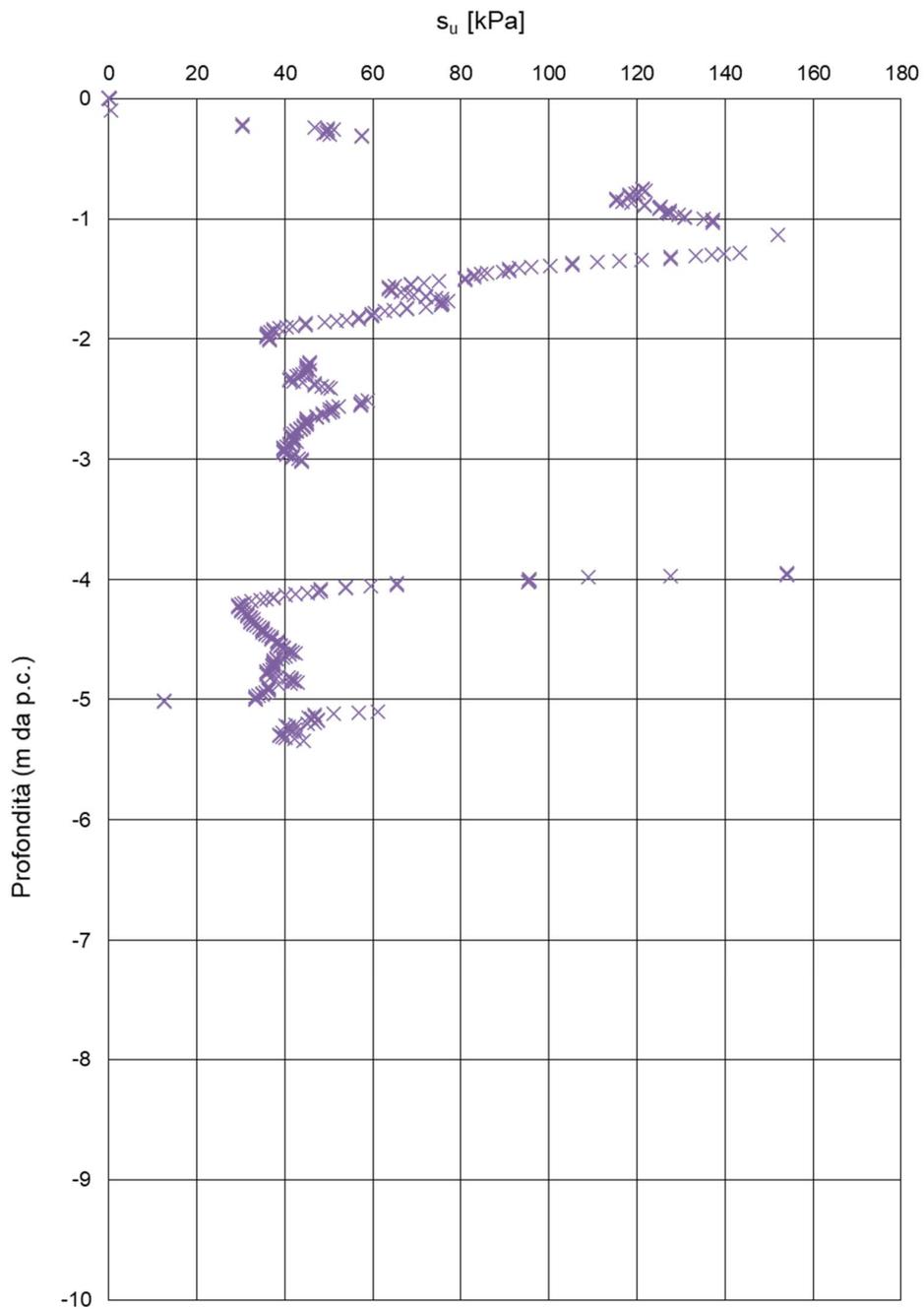


Figura 6 – Resistenza al taglio non drenata da prova CPTU35bisB



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2500001C

Foglio
16 di 112

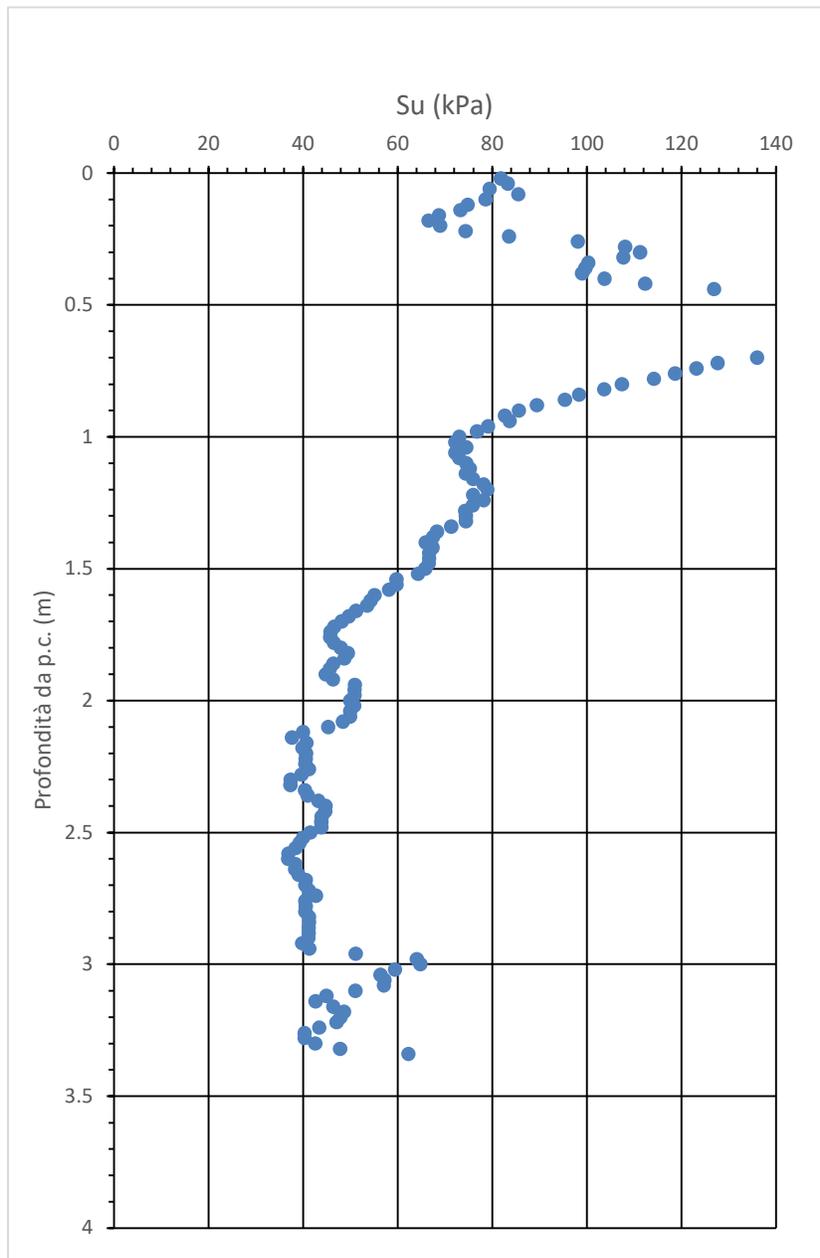


Figura 7 – Resistenza al taglio non drenata da prova CPTU-PE-11



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2500001C

Foglio
17 di 112

AV/AC VERONA VICENZA

RI25 pk 15+055 - pk 15+549

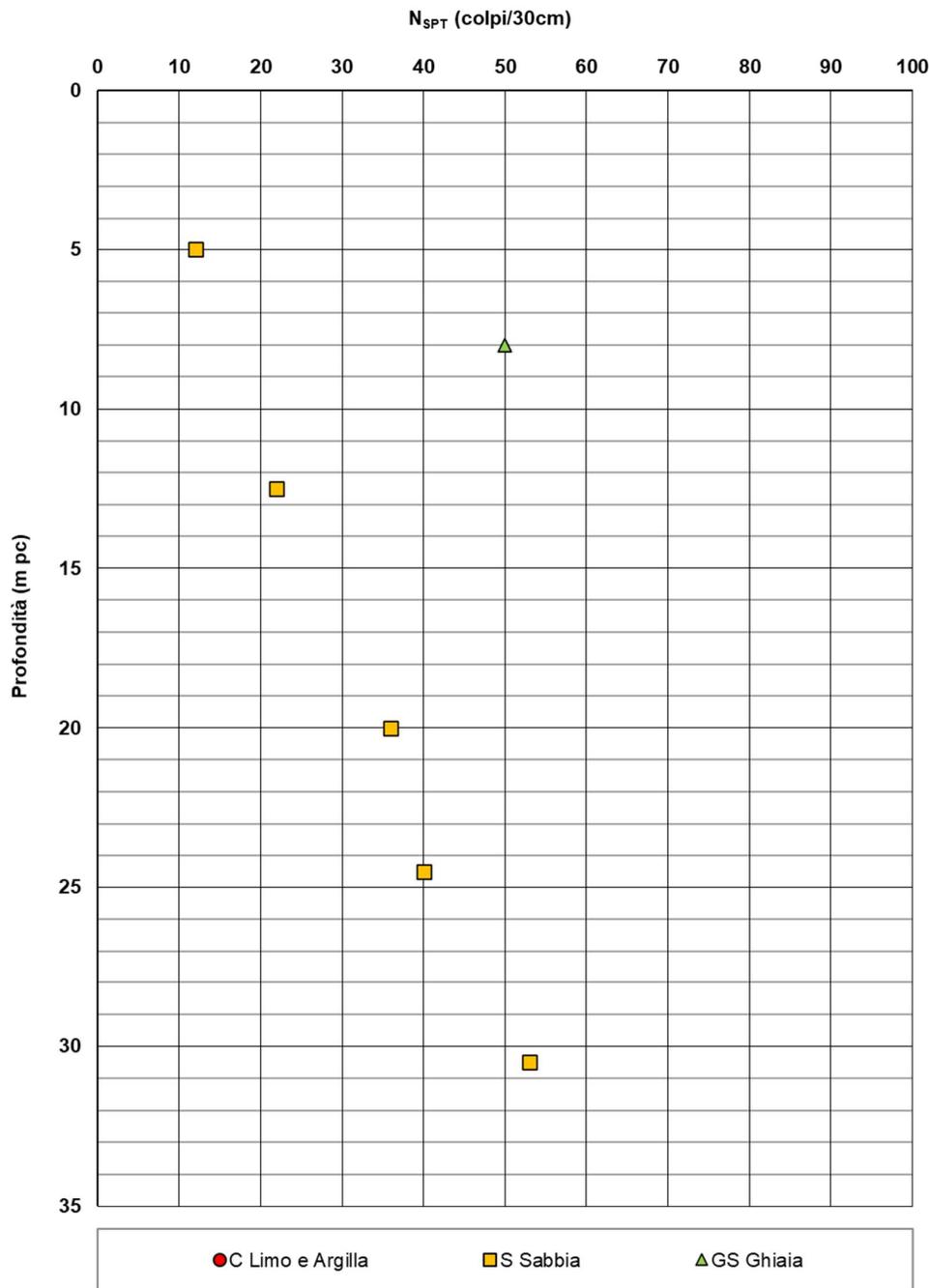


Figura 8 – Esito delle prove SPT tra pk 15+055 e pk 15+549



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2500001C

Foglio
18 di 112

AV/AC VERONA VICENZA

RI25 pk 15+055 - pk 15+549

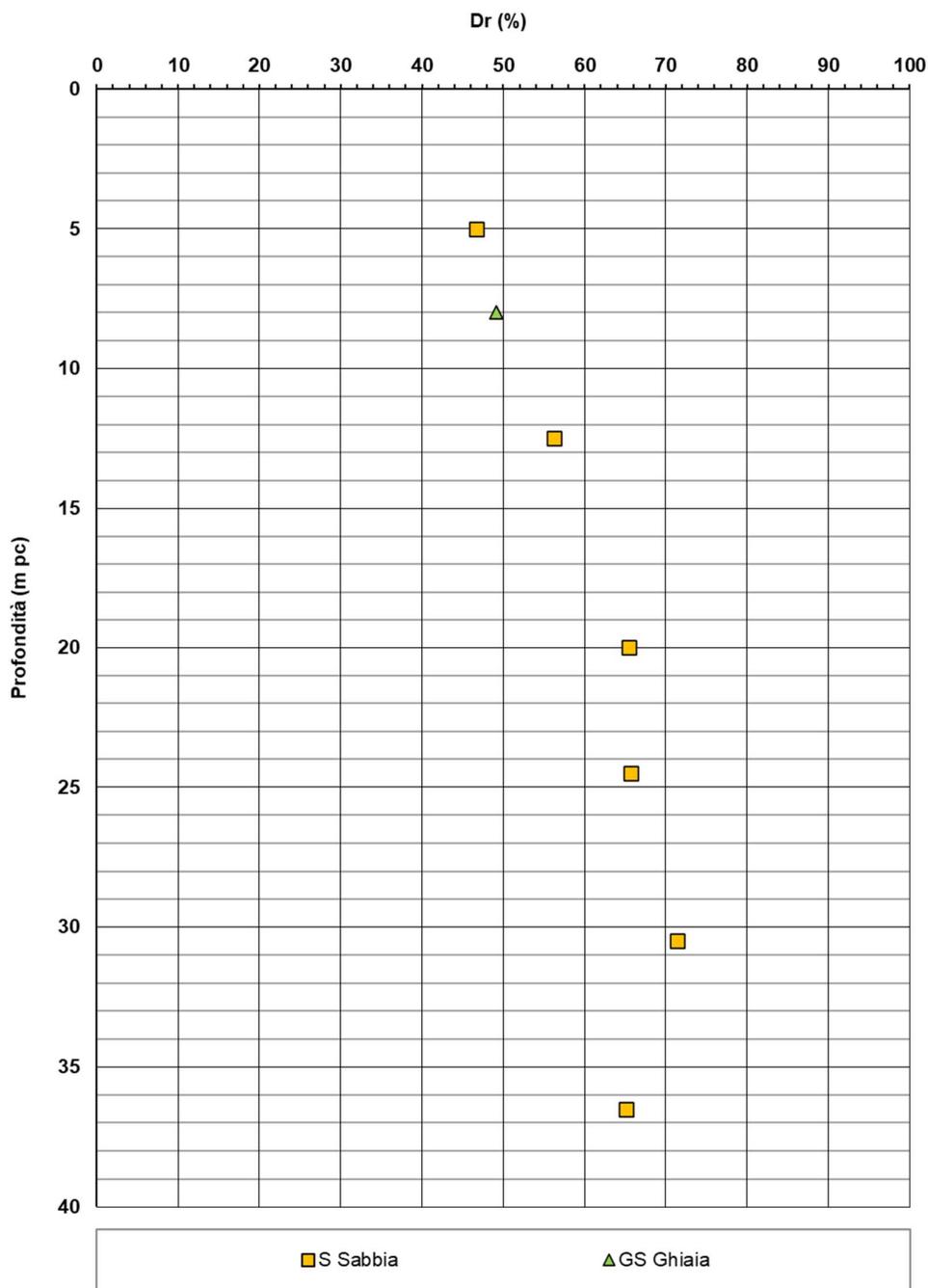


Figura 9 – Densità relativa da prove SPT tra pk 15+055 e pk 15+549



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2500001C

Foglio
19 di 112

AV/AC VERONA VICENZA

RI25 pk 15+055 - pk 15+549

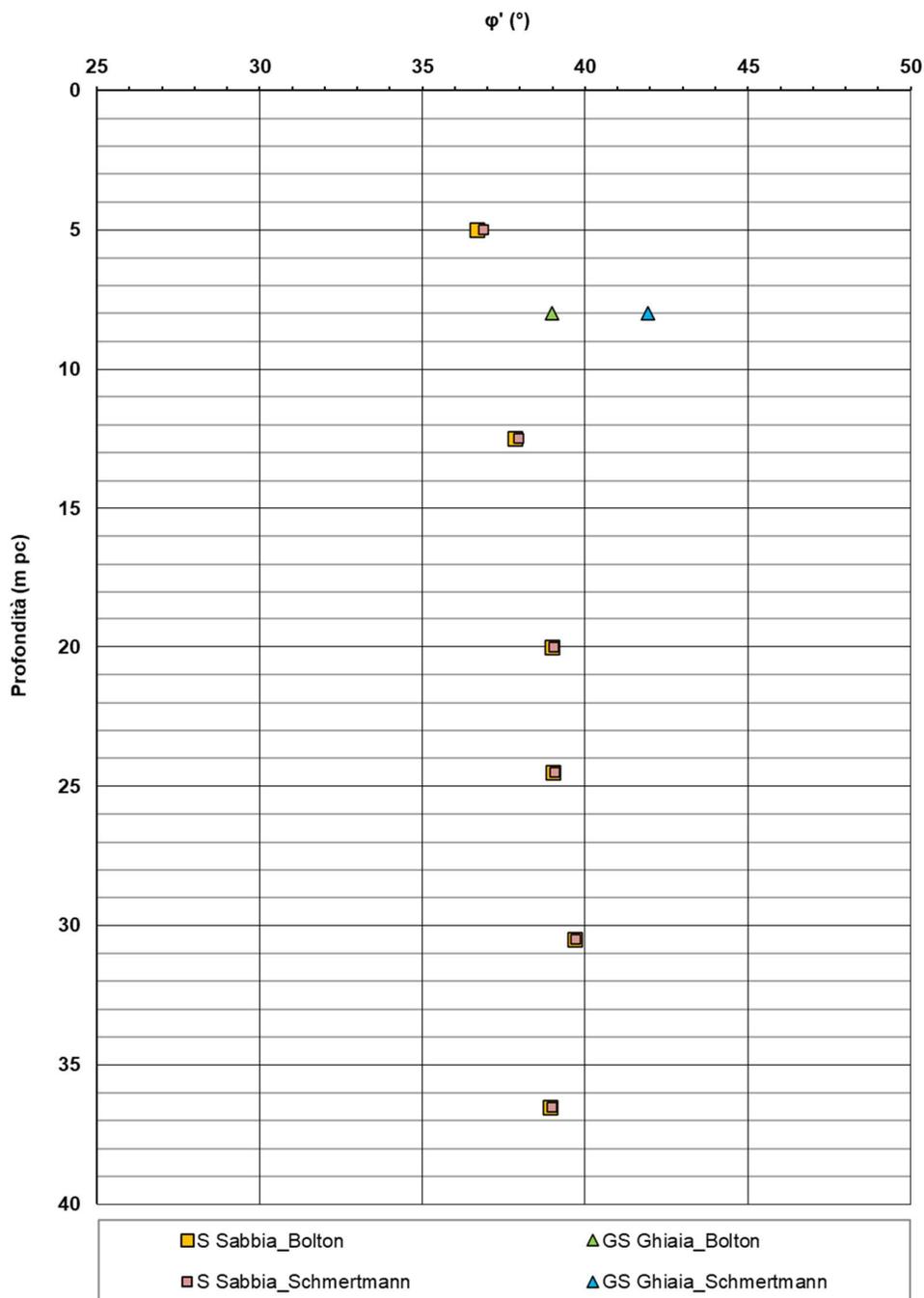


Figura 10 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 15+055 e pk 15+549

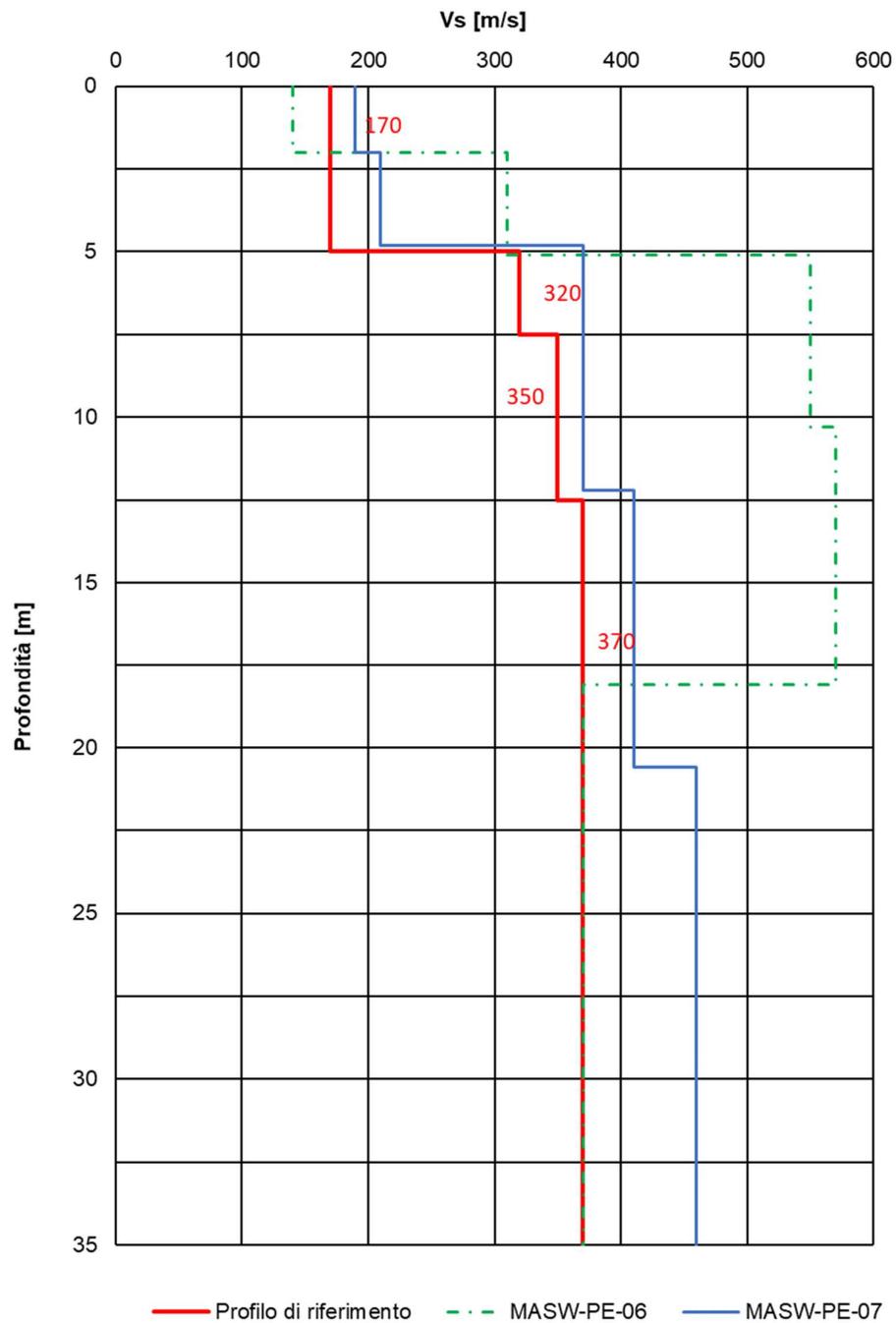


Figura 11 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 15+055 e pk 15+549



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

21 di 112

AV/AC VERONA VICENZA

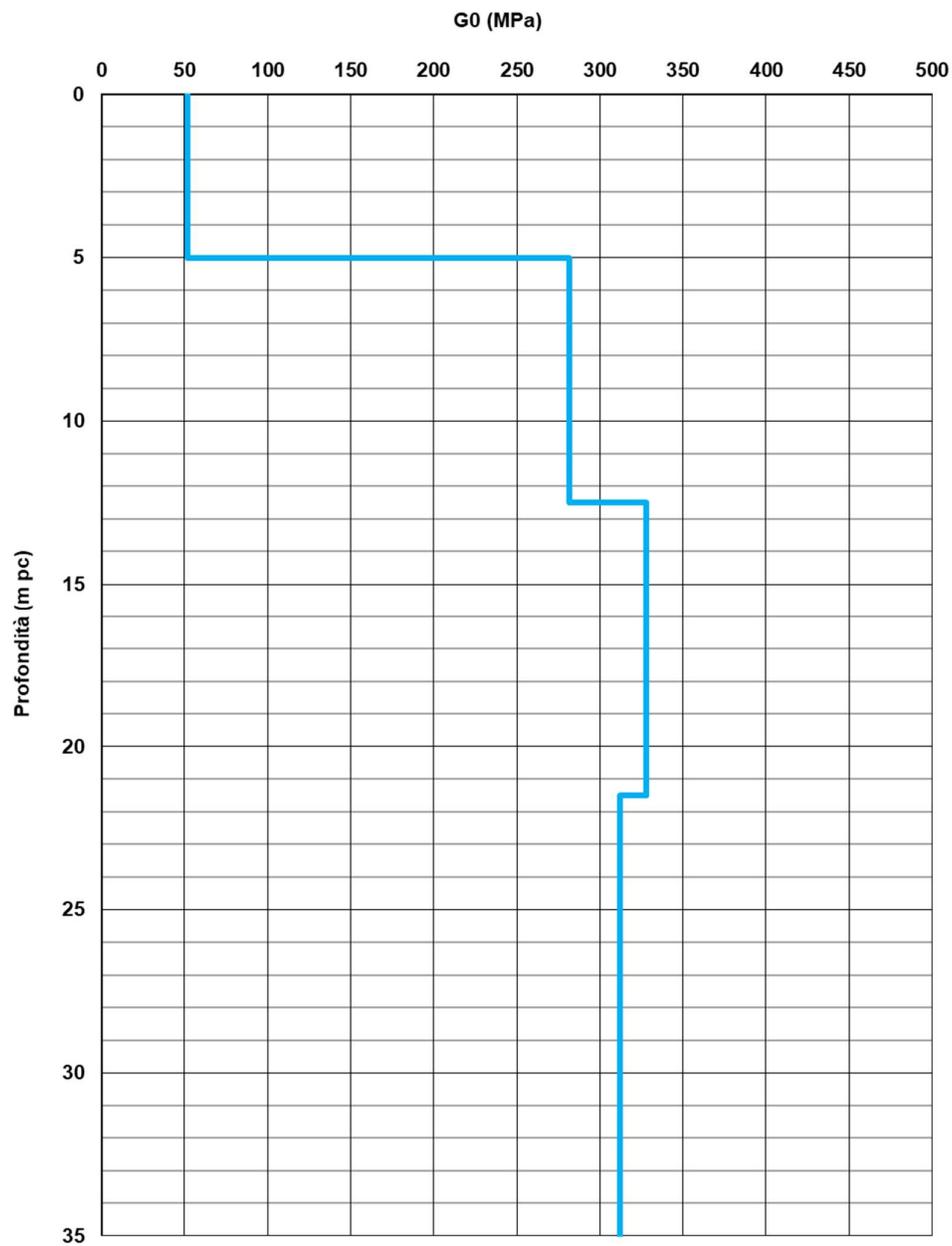


Figura 12 – Modulo di taglio G_0 tra pk 15+055 e pk 15+549

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 22 di 112

4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto esposto al punto precedente, il modello geotecnico considerato per le verifiche del rilevato in questione è riportato in Tabella 2.

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento- sezione A (da pk 15+055 a pk 15+400)

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR	CR	σ'_p KPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3b	1	3	18	-	-	40	0.02	0.18	135	-	5
3a	3	4	18	34	-	-	-	-	-	-	5
3b	4	5	18	-	-	40	0.02	0.18	135	-	5
6	5	11	19	39	-	-	-	-	-	200	60
4	11	13	19	38	-	-	-	-	-	300	80
2	13	17	19	28	-	60	-	-	-	-	25
4	17	-	19	38	-	-	-	-	-	300	80

Tabella 3 – Modello geotecnico di riferimento- sezione B (da pk 15+400 a pk 15+549)

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR	CR	σ'_p KPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3b	0.5	3	18	-	-	40	0.02	0.18	135	-	5(12)**
3a	3	6	18	34	-	-	-	-	-	-	5(12)**
6	6	11	19	39	-	-	-	-	-	200	60
4	11	13	19	38	-	-	-	-	-	300	80
2	13	15	19	28	-	60	-	-	-	-	25
4	15	-	19	38	-	-	-	-	-	300	80

* quota piano campagna = 24.1 m s.l.m.

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 23 di 112

In relazione a quanto riportato nelle tabelle, si precisa quanto segue:

- Come si vedrà in seguito, nella porzione est del rilevato le coperture superficiali si presentano sciolte, e necessitano di interventi di miglioramento delle caratteristiche meccaniche, in relazione all'esito delle verifiche di liquefazione.
- I valori dei parametri indicati fra parentesi sono quelli del terreno migliorato con le colonne di ghiaia. In particolare:
 - Il valore dell'angolo di resistenza al taglio del terreno sciolto, una volta trattato con colonne di ghiaia avente angolo di resistenza al taglio $\phi' = 40^\circ$ è stato stimato pari a 36°
- I moduli E' del terreno naturale sono stati impiegati per ricavare le caratteristiche del terreno migliorato con colonne di ghiaia, secondo quanto riportato al punto 6.4.
- Per la falda si fa riferimento a quanto riportato in 4.3.

4.6 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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 24 di 112

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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 25 di 112

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 $i > 30^\circ$.*

<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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2500001C</p>	<p>Foglio 26 di 112</p>

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 27 di 112

(CRR) così definiti:

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

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

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 $M=7.5$.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 28 di 112

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e 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 13: 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 13, 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:

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

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

Tanto maggiore è il valore di I_c , tanto maggiore sarà il contenuto presunto di fini. Nell'analisi condotta il valore $I_c =$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 29 di 112

2.6 è stato considerato lo spartiacque tra terreni con contenuto di fine inferiore a 35% e comportamento assimilabile 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 $I_c > 1.64$ $K_c = -0.403(I_c)^4 + 5.581(I_c)^3 - 21.63(I_c)^2 + 33.75(I_c) - 17.88$

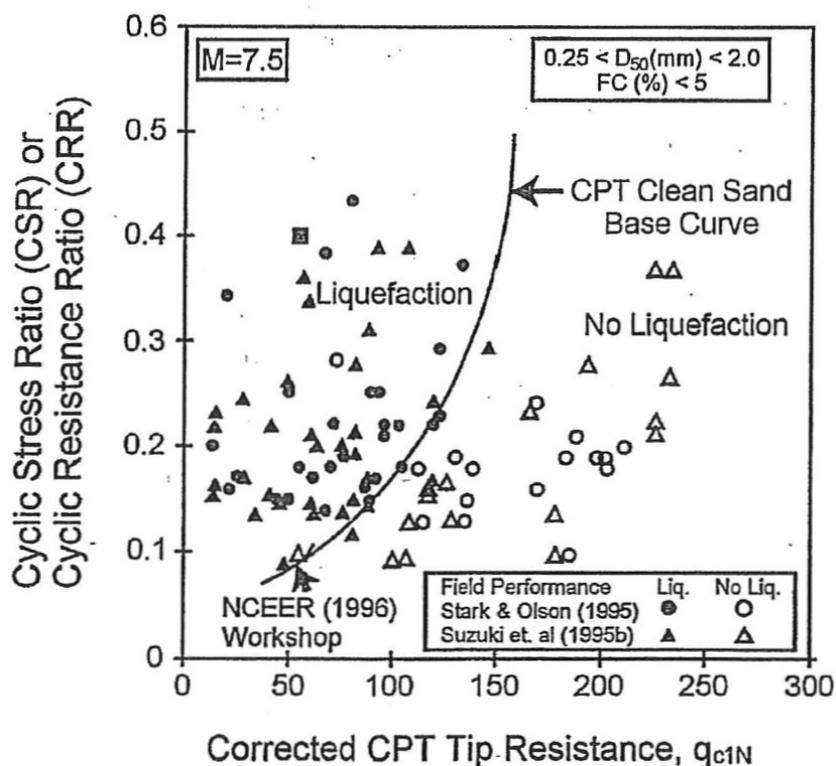


Figura 13: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 30 di 112

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 14, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 14, 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 14, 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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 31 di 112

Si può osservare dalla Figura 14 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):

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

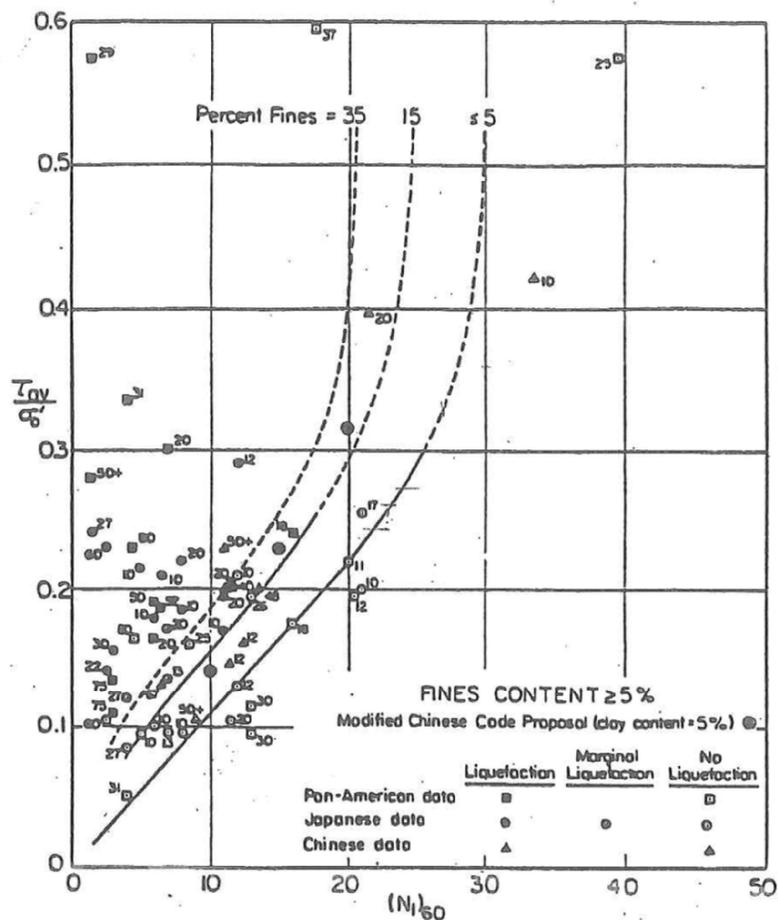


Figura 14: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 33 di 112

5.2.3 Commento ai risultati

I risultati (cfr. Figura 15, Figura 16) indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI25. In particolare:

- i dati della CPTU35bisB indicano la presenza di materiali per lo più di matrice argillosa nei primi 5 metri, e pertanto generalmente non liquefacibili;
- dall'analisi sulla CPTU-PE-11 si evidenzia la presenza di tra 3 e 6 m pc di materiale potenzialmente liquefacibile, con $FL < 1.0$.

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 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
34 di 112

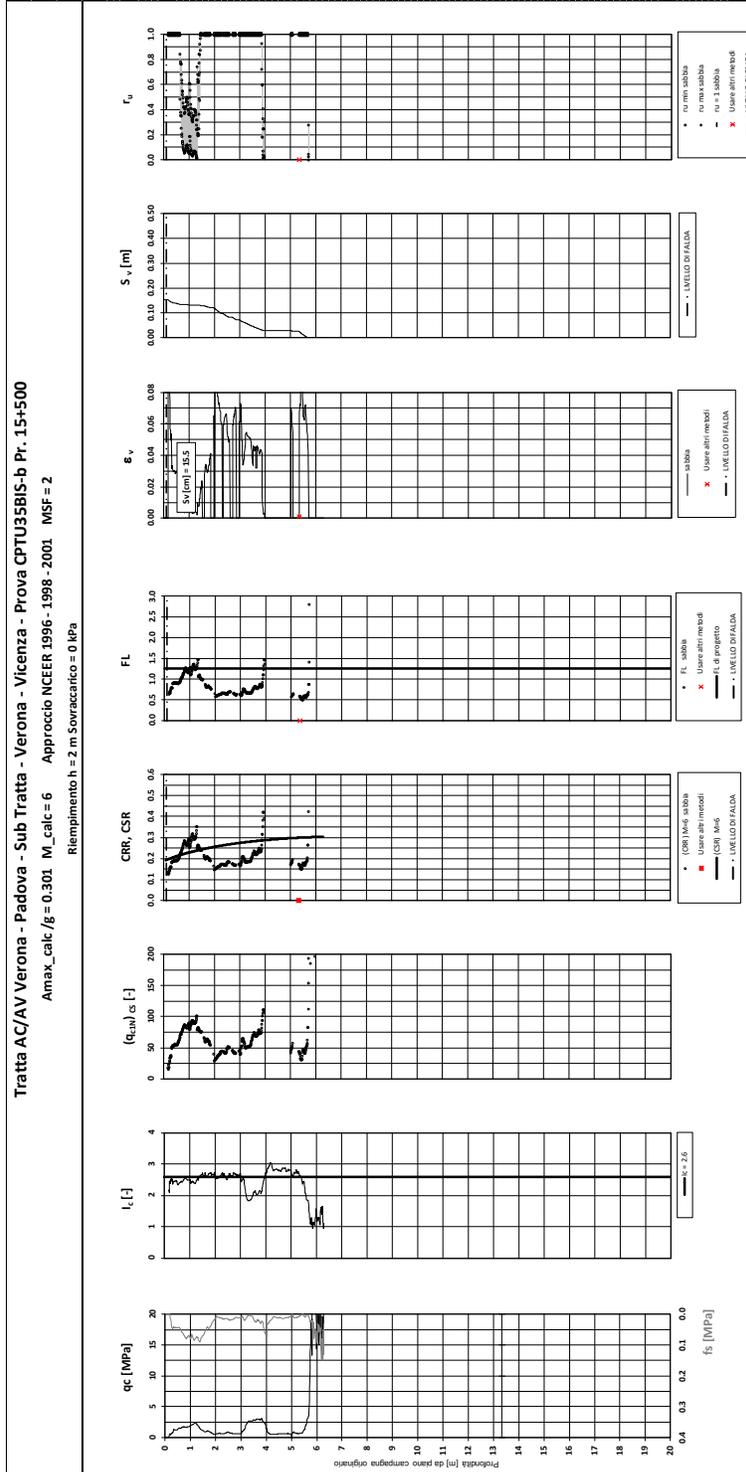


Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU35bisB



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
35 di 112

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prove CPTU-PE-11 Pr. 15+548
a_{max} = 0.301g M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 2m

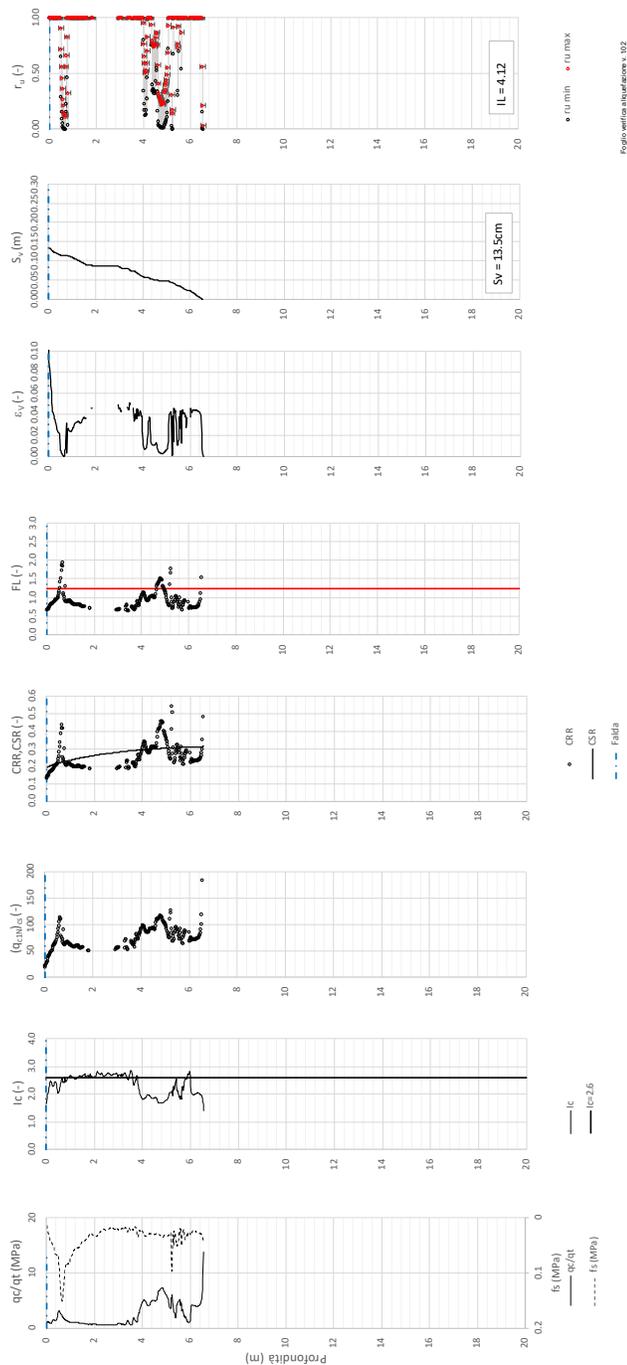


Figura 16 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-11

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 36 di 112

5.2.4 Soil improvement

Visti i rischi di potenziale liquefazione nella tratta in esame, si prescrive quanto segue a riguardo dei trattamenti da eseguire.

Dalla pk 15+055 e fino alla pk 15+300, lo spessore di terreno interessato dal fenomeno di liquefazione è molto superficiale e tale da non suggerire la realizzazione di colonne in ghiaia. Pertanto, sono da preferire i trattamenti di cui sotto, in grado di ovviare al fenomeno della liquefazione sugli spessori interessati:

- realizzazione di uno scotico + bonifico per uno spessore complessivo di 1.0 m così da rimuovere, al disotto del rilevato e per uno spessore allargato di 2 m all'esterno del piede del rilevato, i 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 ($M_d > 20$ MPa), aumenterà la densità relativa dei materiali in misura tale da renderlo non più suscettibile a liquefazione.
- Realizzazione del rinterro in accordo alle specifiche.

Per il tratto compreso tra la pk 15+400 a 15+549, poiché il materiale soggetto a liquefazione si approfondisce, si prescrive l'installazione di colonne in ghiaia aventi diametro $D=800$ mm, lunghezza $L=6$ m, interasse $i=2$ m, a maglia quadrata.

Per la descrizione accurata delle metodologie operative e per la geometria del trattamento si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto.

Per il dimensionamento delle colonne, si è proceduto come segue:

- Si è dimensionata la spaziatura degli interventi sulla base delle indicazioni di Priebe (Doc.Rif.[35]). Il metodo proposto da Priebe consiste nel valutare, in funzione della "densità" del trattamento (i.e., la spaziatura fra le colonne), la diminuzione di azione ciclica sul terreno dovuta alla presenza delle colonne stesse. Nel grafico di Figura 17 A_c è l'area della colonna, mentre A è l'area di pertinenza della colonna stessa. A titolo di esempio, spaziando colonne $D=800$ mm su maglia quadrata 2×2 m, si ottiene un "area ratio" $A/A_c=4/0.5=8$, che consente di ridurre l'azione ciclica sul terreno di un fattore (P_s/P nel grafico in ordinate) che può essere stimato pari a 0.6 per colonne realizzate con materiale avente angolo di resistenza al taglio dell'ordine dei 40° .
- Sulla base di tale riduzione, si è rivalutato l'effetto dell'azione ciclica ridotta sui terreni naturali. In Figura 18 si riporta la verifica di liquefazione del CPTU-PE-11 eseguita con tale criterio. Come si può notare, per effetto della riduzione della PGA da 0.301 a 0.18 (appunto di un fattore 0.6), il materiale non viene più portato a liquefazione, ma si limita a sviluppare sovrappressioni interstiziali del tutto compatibili con la stabilità del rilevato.

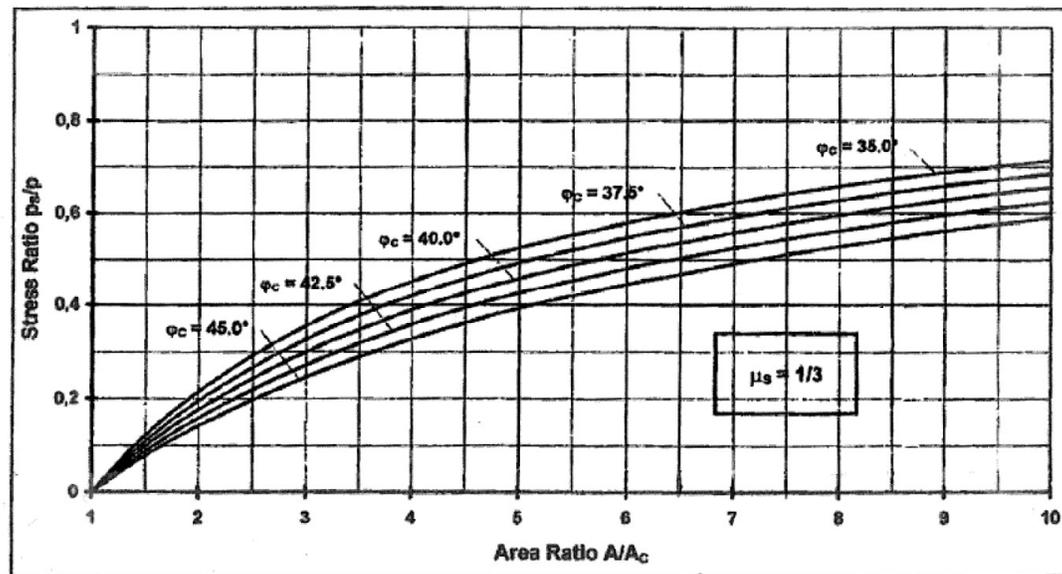


Figura 17 – Riduzione dello stress ratio sismico in funzione dell'area ratio delle colonne di ghiaia (Doc.Rif.[35])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 39 di 112

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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 40 di 112

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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 41 di 112

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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 42 di 112

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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 43 di 112

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 e per le condizioni post sisma anche per la sezione B di Figura 2. La verifica è stata condotta facendo ricorso al metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2.

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, il coefficiente parziale sulle azioni A2 applicato nelle analisi è a 1.3. Per quanto riguarda la falda, è stata considerato 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 Figura 19 e Figura 20 sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

sezione A (scotico): $FS_{MIN}=1.474 > R2=1.1$

sezione B (colonne in ghiaia): $FS_{MIN}=1.457 > R2=1.1$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
44 di 112

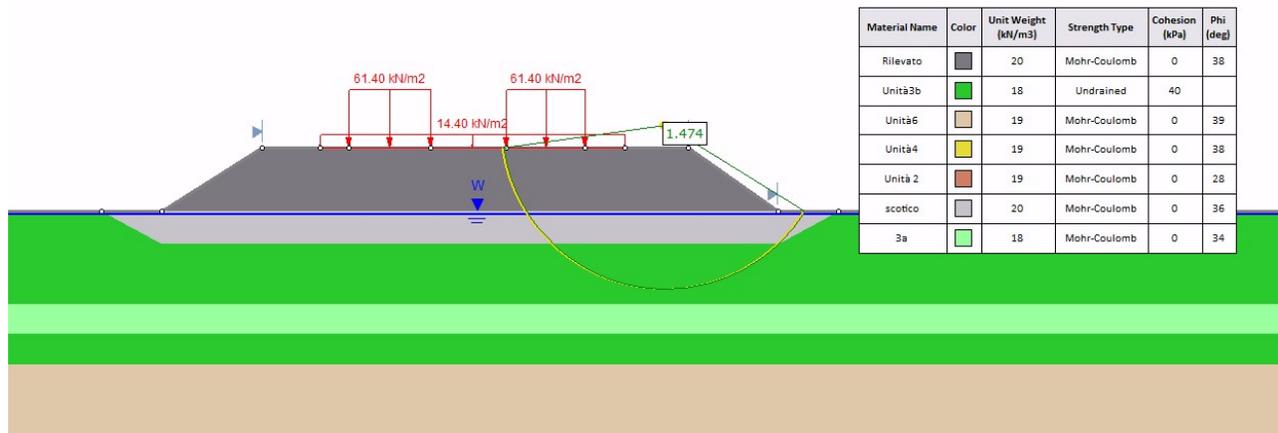


Figura 19 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

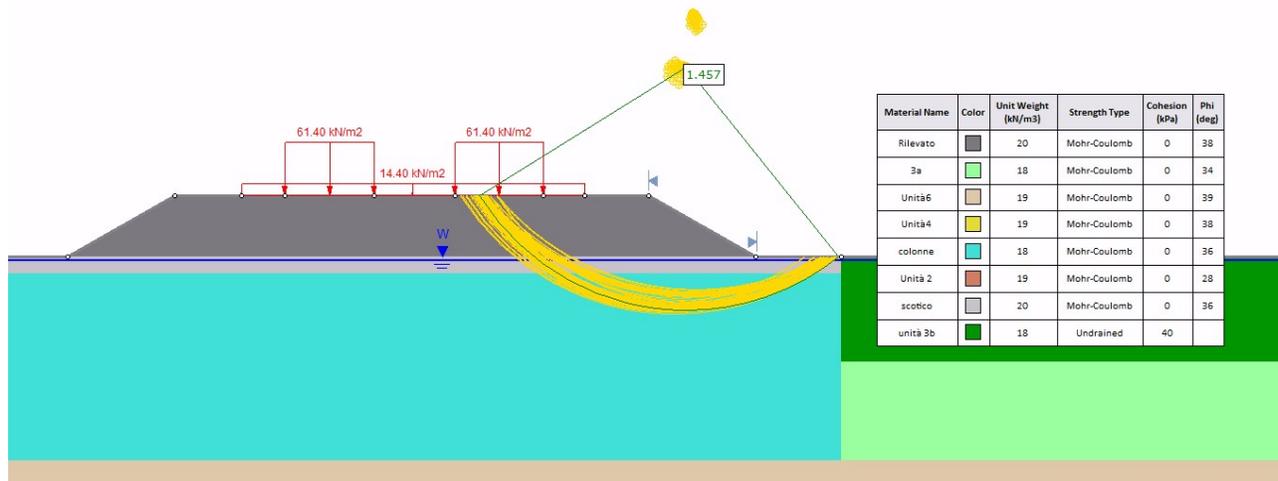


Figura 20 – Sezione B - Analisi SLU in campo statico DA1C2

6.3.1 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

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

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

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 quelle superfici di spessore ridotto e 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 21 e Figura 22 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

sezione A (scotico): $FS_{MIN} = 1.277 > R2 = 1.1$

sezione B (colonne in ghiaia): $FS_{MIN} = 1.309 > R2 = 1.1$

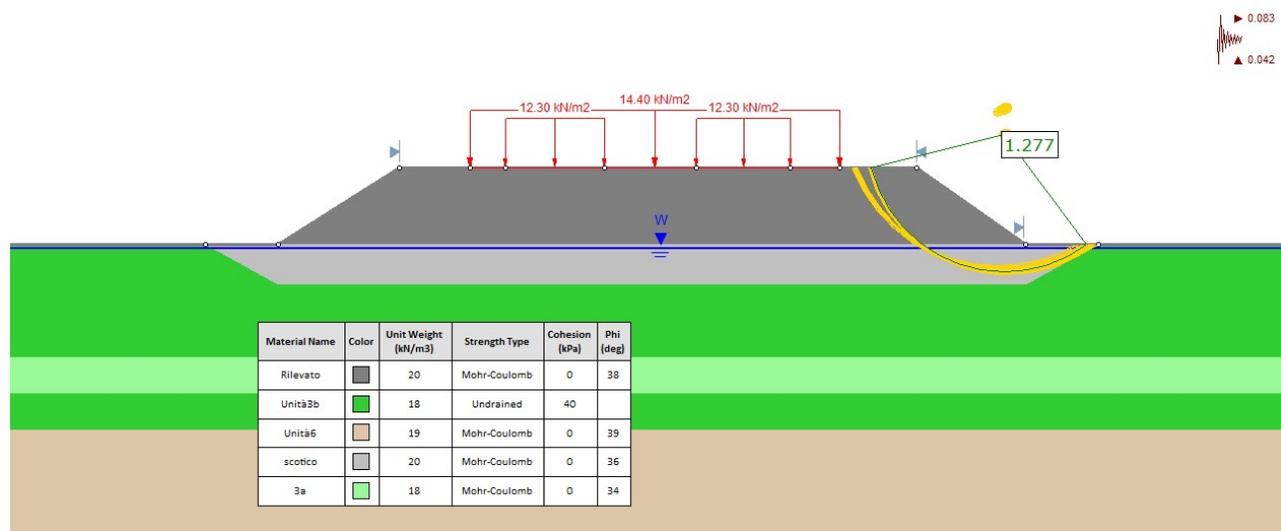


Figura 21 – Sezione A - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI250001C	Foglio 46 di 112

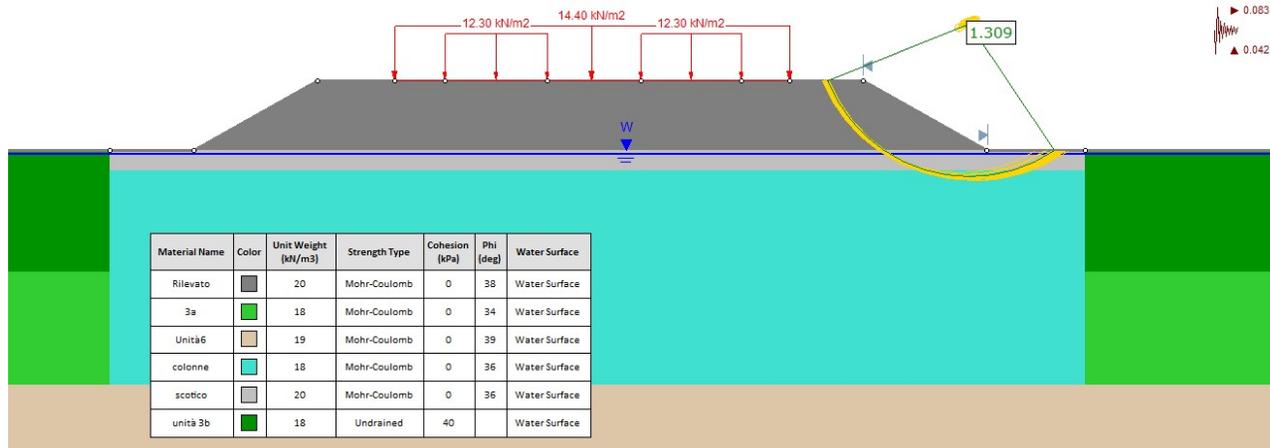


Figura 22 – Sezione B - Analisi SLU in campo sismico

6.3.2 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 che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 23 e Figura 24 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

sezione A (scotico): $FS_{MIN}=1.452 > R2=1.1$

sezione B (colonne in ghiaia): $FS_{MIN}=1.632 > R2=1.1$

la verifica di stabilità globale post liquefazione risulta soddisfatta.

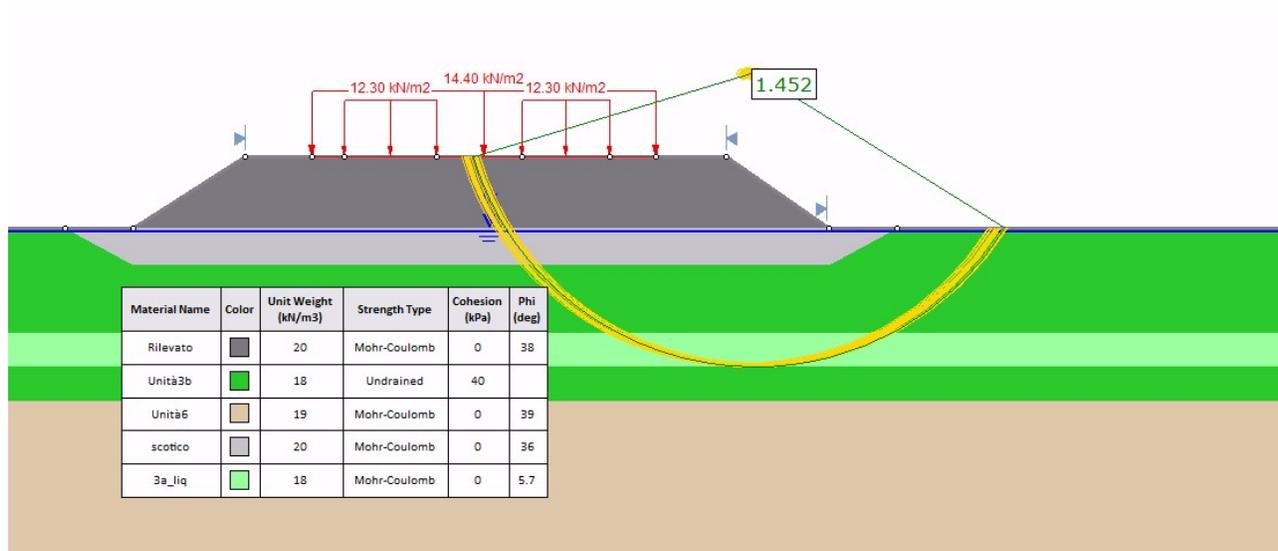


Figura 23 – Sezione A - Analisi SLU post sisma

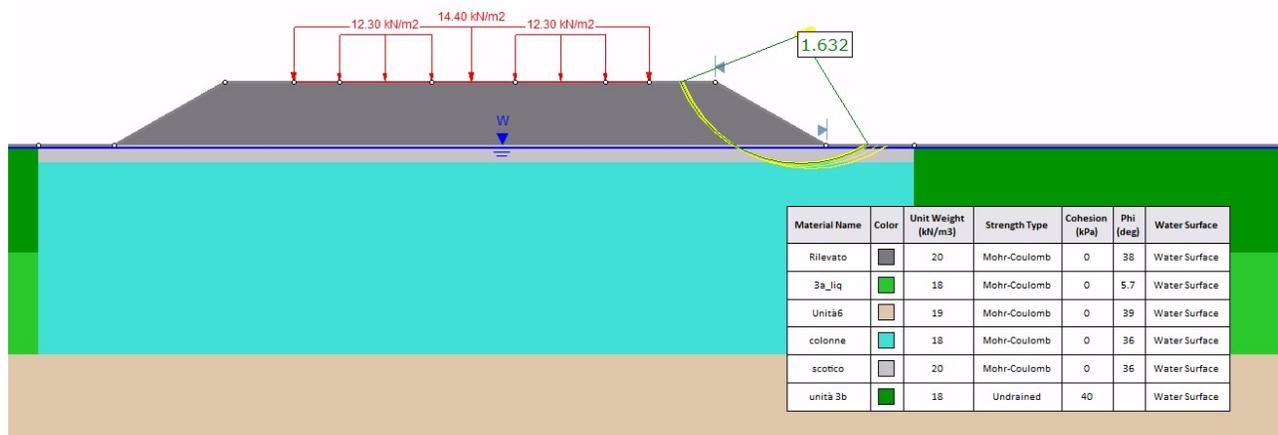


Figura 24 – Sezione B - Analisi SLU in condizioni post sisma

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 48 di 112

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 rigidità 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 = semi-larghezza dell'area di carico in direzione x

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

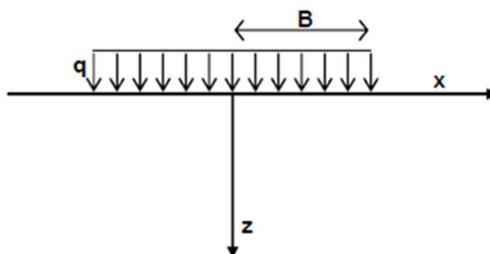


Figura 25 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

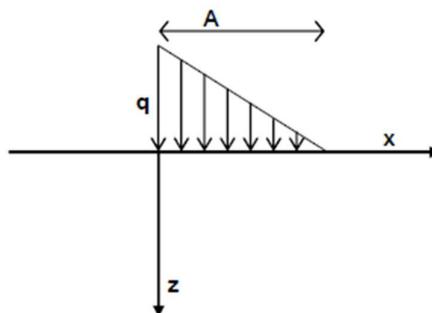


Figura 26 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 50 di 112

di progetto riportata in Tabella 2. 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.

6.4.1 Schematizzazione e risultati

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1, da considerarsi cautelativa per la maggior presenza di strati argillosi, e per l'assenza delle colonne di ghiaia. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 2.2 m, è riportato in Figura 27. La larghezza del rilevato è pari a 20 m, con pendenza delle scarpate è 2V:3H. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2.

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 28.

Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 6 cm.

Considerando che:

- La maggior parte (4 cm) avviene per compressione degli strati argillosi in superficie (Figura 28), che verranno ricompresi nel ramo di ricarico, con valori di c_v elevati ($\geq 5 \cdot 10^{-7}$ m²/s);
- Gli strati di argilla hanno spessore esiguo, e sono intervallati da una lente di sabbia, quindi, i tempi di consolidazione saranno molto rapidi;

Si conclude che tali cedimenti si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione dei carichi, e quindi non risultano essere necessarie dettagliate analisi di consolidazione.

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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 51 di 112

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 2×2), si ottiene un modulo equivalente pari a:

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

Considerata la similitudine con la stratigrafia e le caratteristiche dello strato migliorato con colonne di ghiaia (che arrivano a 6 m pc), e il fatto che la sezione interessata dalle colonne presenta altezze minori (dell'ordine di 1.8 m) rispetto alla sezione analizzata, l'analisi sopra riportata può essere considerata valida anche per la sezione trattata con colonne di ghiaia.

Considerando la presenza delle colonne di ghiaia $D=800$ a maglia quadrata con lato 2 m, se ne deduce che, per i tratti interessati da quest'intervento, 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.

Considerata la natura dei terreni della tratta, i cedimenti secondari sono trascurabili.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2500001C

Foglio
52 di 112

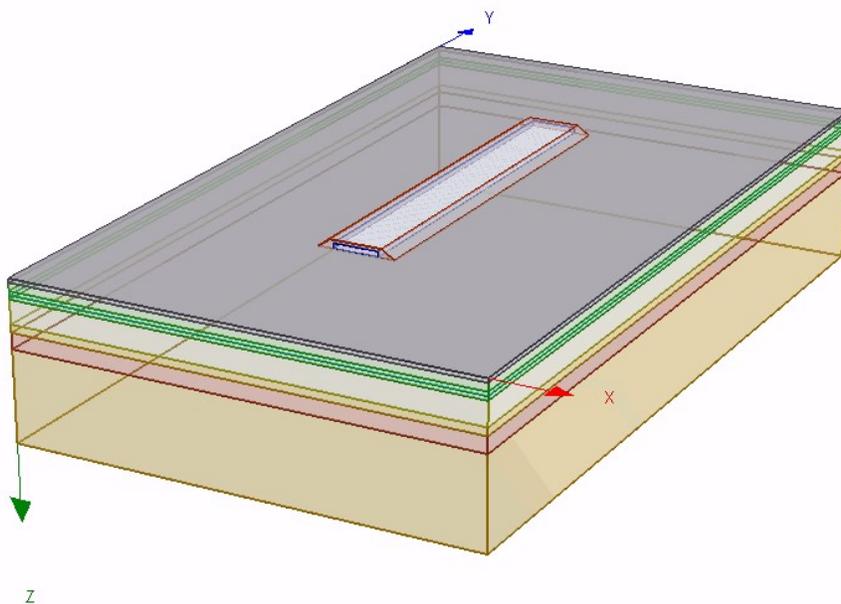


Figura 27 – Rilevato RI25 H=2.20 m - Analisi SLE – Modello di calcolo

Ri25 : Cedimento del rilevato ferroviario linea AV

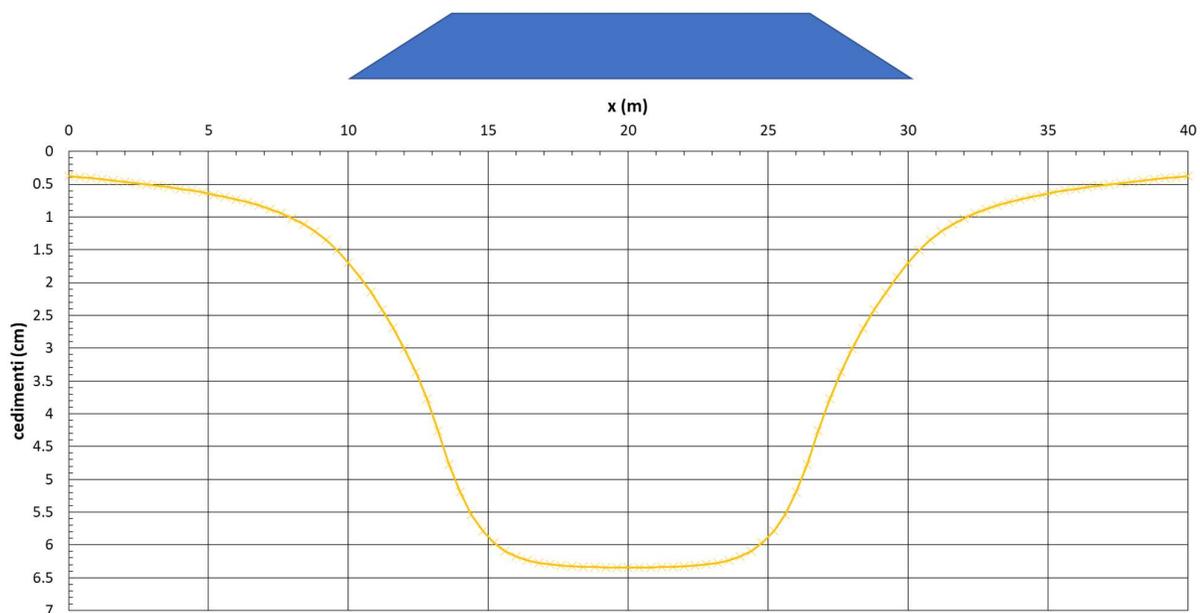


Figura 28 - Rilevato RI25 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

53 di 112

Ri25 : Cedimento del rilevato ferroviario linea AV

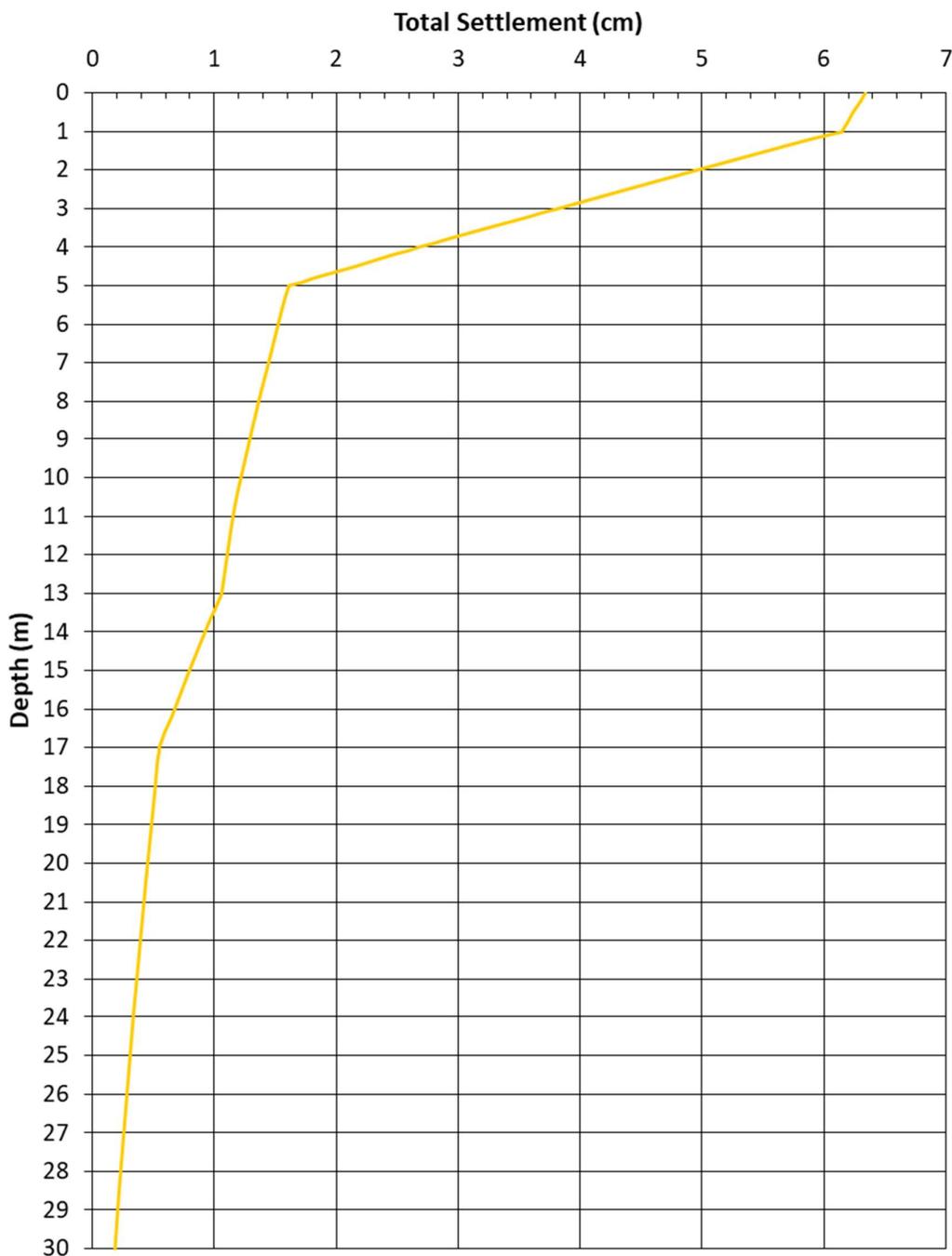


Figura 29 - Rilevato Ri25 - Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

54 di 112

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



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 55 di 112
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



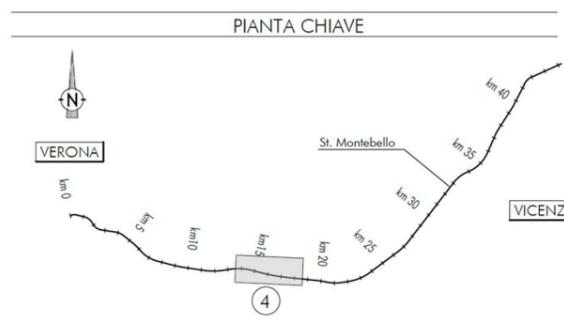
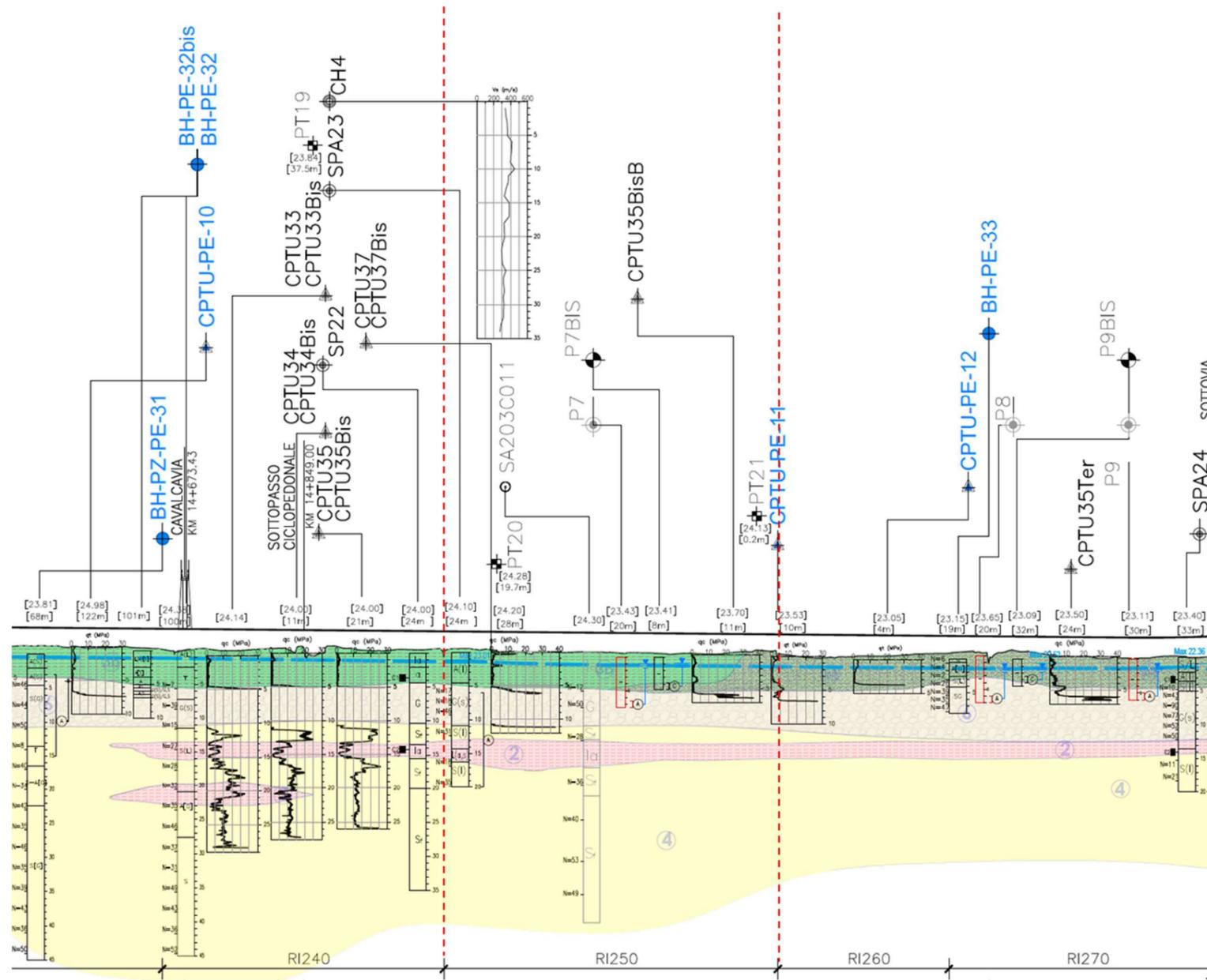
IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2500001C	56 di 112

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO



- Campagna indagini integrative PE**
- BH-PE: Sondaggio a carotaggio continuo
 - BH-PZ-PE: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - MDR-PE: Indagine MDR
 - CPTU-PE: Prova penetrometrica statica con piezocono
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- SP: Sondaggio a carotaggio continuo
 - SP-A: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SDC: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SP-A: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - CPTU: Prova penetrometrica statica con piezocono (possibilità di avanzamento con trivellazione)
 - CPTU-A: Prova penetrometrica statica con piezocono "tradizionale"
 - CH: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
 - PT: Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
 - Profondità delle indagini
- Campagna indagini 2015**
- P1-P15, P20: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - P1-15Bis: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- SP: Sondaggio a carotaggio continuo
 - SP-A: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SDC: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SP-A: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - CPTU: Prova penetrometrica statica con piezocono (possibilità di avanzamento con trivellazione)
 - CPTU-A: Prova penetrometrica statica con piezocono "tradizionale"
 - CH: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
 - PT: Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
 - Profondità delle indagini
- Campagna indagini pregresse**
- 31: Sondaggio geognostico (campagna 1998)
 - 32: Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
 - CPTU: CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
 - Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Novaledo s.r.l.)
- Classi dei terreni**
- 1: Riporto
 - 2: Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati
 - 3a: Area con prevalenza di sabbie limose/limi e limi sabbiosi/limi da sciolti a mediamente densi
 - 3b: Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a moderatamente compatte, generalmente NC o debolmente OC
 - 3c: Area di siltone, sia in verticale che planimetrica, di materiali 3a e 3b
 - 4: Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
 - 4a: Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 58 di 112
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATO 2 - SONDAGGI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
60 di 112

VICENZETTO		SCHEDA DI SONDAGGIO				COMMESSA 038cm14	
Rev 0		Data Gennaio 2015		CERTIFICATO N°		SPERIMENTATORE P.I. CALORE	
PAG. 1		DI 1		DIRETTORE Dott. Geol. T. Vicenzetto			
COMMITTENTE Consorzio Iricav Due PROGETTO Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebello V. PERFORAZIONE N. PT 21 DATA INIZIO 15/01/2015 ULTIMAZIONE 15/01/2015 COORDINATE: Nord Est QUOTA P.C. = RESPONSABILE Dott. P. Pasqualetto OPERATORE P.I. Calore ATTREZZATURA TERNA							
Da m	0.00	A m	1.50	Profondità Filo m	1.50	PAG.	1
						DI	1
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA				PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	TIPO	CAMPIONI
Argilla limosa - debolmente limosa marron nocciola							NUMERO
							PROFONDITA' m da p.c.
Argilla limosa grigia				1.10			POCKET PENETROMETER Kg/cm²
				1.50			TORVANE Kg/cm²
Pc1 0.50m Pc2 1.00m							S.P.T. N H

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



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
61 di 112



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 33
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 19/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. 15+860	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 33

Pagina 1/1

Prof. (m)	R (mm)	metri	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. (m)	Quota (m)	Spess. (m)	Descrizione	Campioni	RP	Sondaggio			N	D	prova in situ	A	Pz
												in	S.P.T.	Penetrazione					
0						0,5	0,5	0,5	Materiale di riporto, sabbia limosa debolmente argillosa, dura, colore marrone scuro. Presenti frammenti di laterzi e inclusi litici di varia natura.	SPT1) SPT 0,85 SPT 1,00	>4	2-3-3	6	A					
1									Argilla debolmente ghiaiosa, a tratti sabbiosa, da consistente a molto consistente, colore marrone chiaro con venature grigiastre.		1,5	2-2-2	4	A					
2						2,5	2,5	2,0	Sabbia limosa debolmente argillosa e ghiaiosa, fine, da sciolta a poco addensata, colore grigio-verdastro.	SPT2) SPT 1,75 SPT 2,20	2,4	1-1-1	2	A					
3									Sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa, da moderatamente addensata ad addensata, colore marrone scuro. Presenti ciottoli da sub-arrotondati ad arrotondati, Ø max. 7-8 cm.	SPT3) SPT 3,00 SPT 3,45	4,2	13-12-14	28	C					
4						4,2	4,2	1,7		SPT4) SPT 4,20 SPT 4,65	5,4	18-18-21	30	C					
5										SPT5) SPT 5,40 SPT 5,85	6,6	15-16-19	35	C					
6										SPT6) SPT 6,60 SPT 7,05	7,8	19-21-26	47	C					
7										SPT8) SPT 7,80 SPT 8,25									
8						8,0	8,0	3,8											
101						8,3	8,3	0,3											

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 7 campioni rimaneggiati S.P.T.
Eseguite n. 7 prove S.P.T.
Approvvigionamento e trasporto di acqua necessaria per la perforazione.

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Giuseppe Pacitti

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 63 di 112
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

64 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 7

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI25_A_35bis_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 $\alpha < 0.2$: 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 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

65 di 112

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]: 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: Permanent

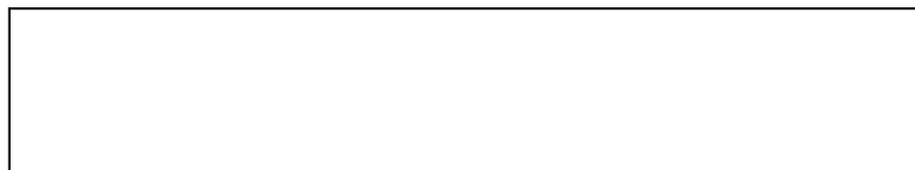
Distributed Load 2

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





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

66 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Property	Rilevato	Unità3b	Unità6	Unità4	Unità 2	scotico	3a
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	19	20	18
Cohesion [kPa]	0		0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38		39	38	28	36	34
Cohesion Type		40					
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.474290
Center:	34.749, 26.951
Radius:	5.439
Left Slip Surface Endpoint:	29.360, 26.212
Right Slip Surface Endpoint:	39.381, 24.100
Resisting Moment:	2127.4 kN-m
Driving Moment:	1443 kN-m
Total Slice Area:	32.4274 m2
Surface Horizontal Width:	10.0208 m
Surface Average Height:	3.23603 m

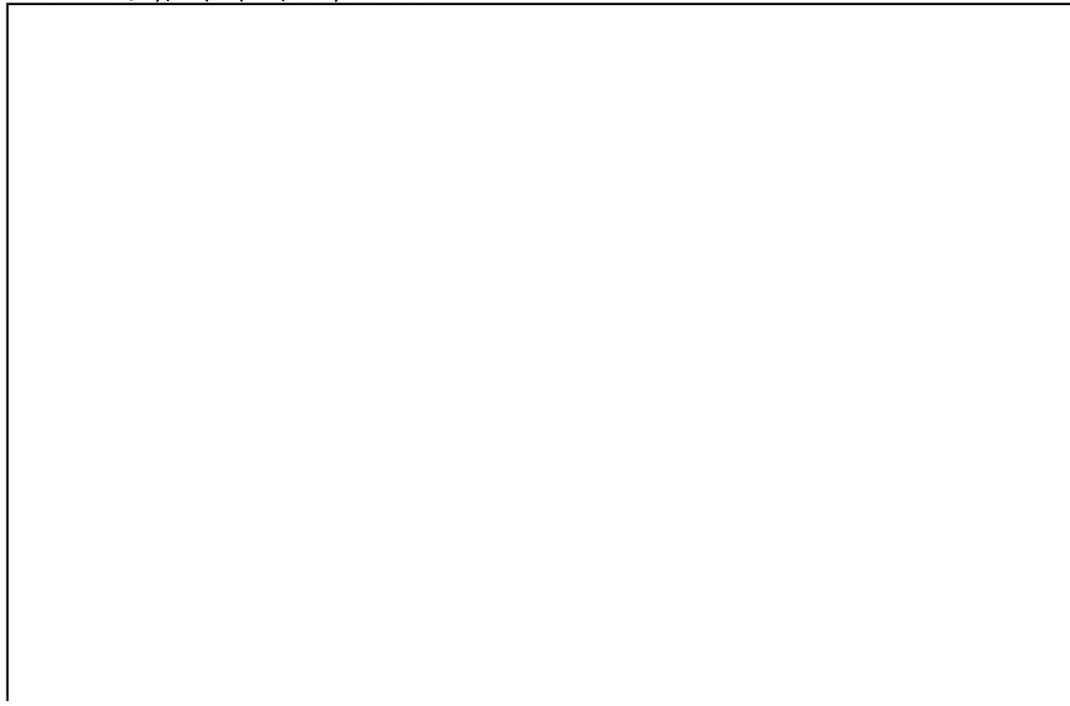
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 967
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.47429





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI250001C	67 di 112

SLIDEINTERPRET 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	0.189224	1.62303	-77.5592	Rilevato	0	32.0066	8.02549	11.8319	18.9302	0	18.9302	55.3086	55.3086
2	0.189224	4.23042	-70.0112	Rilevato	0	32.0066	22.8359	33.6668	53.8644	0	53.8644	116.644	116.644
3	0.189224	5.9742	-64.7569	Rilevato	0	32.0066	28.0946	41.4196	66.2684	0	66.2684	125.856	125.856
4	0.189224	7.36396	-60.4011	Rilevato	0	32.0066	32.3361	47.6728	76.2731	0	76.2731	133.198	133.198
5	0.0630703	2.72764	-57.7602	scotico	0	30.1666	33.3634	49.1873	84.6255	0	84.6255	137.524	137.524
6	0.207753	9.81402	-55.219	scotico	0	30.1666	35.2201	51.9246	90.8023	1.46723	89.3351	141.513	140.046
7	0.207753	10.9789	-51.5409	scotico	0	30.1666	37.6496	55.5065	99.7152	4.21743	95.4977	147.117	142.899
8	0.207753	12.004	-48.1414	scotico	0	30.1666	39.8098	58.6912	107.615	6.63777	100.977	152.048	145.41
9	0.207753	12.9167	-44.955	scotico	0	30.1666	41.7678	61.5778	114.736	8.79257	105.943	156.438	147.645
10	0.207658	13.6902	-41.9381	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	142.754	0	142.754	160.166	160.166
11	0.207658	14.3539	-39.059	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	147.633	0	147.633	163.36	163.36
12	0.207658	14.9538	-36.2932	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	152.015	0	152.015	166.247	166.247
13	0.207658	15.4969	-33.6226	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	155.974	0	155.974	168.861	168.861
14	0.207658	15.9885	-31.0325	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	159.567	0	159.567	171.227	171.227
15	0.207658	16.4328	-28.5113	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	166.678	0	166.678	175.2053	175.2053
16	0.207658	16.8333	-26.0491	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	171.227	0	171.227	178.861	178.861
17	0.207658	17.1929	-23.6377	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	175.2053	0	175.2053	182.511	182.511
18	0.207658	17.5138	-21.27	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	180.099	0	180.099	186.267	186.267
19	0.207658	17.7981	-18.9398	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	184.194	0	184.194	190.116	190.116
20	0.207658	18.0472	-16.6419	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	188.306	0	188.306	194.068	194.068
21	0.207658	18.2627	-14.3712	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	192.528	0	192.528	198.136	198.136
22	0.207658	18.4455	-12.1233	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	196.677	0	196.677	202.316	202.316
23	0.207658	18.5965	-9.89431	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	200.873	0	200.873	206.606	206.606
24	0.207658	18.7166	-7.68034	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	205.115	0	205.115	211.004	211.004
25	0.207658	18.8061	-5.47788	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	209.404	0	209.404	215.509	215.509
26	0.207658	18.8656	-3.28352	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	213.741	0	213.741	220.121	220.121
27	0.207658	18.8953	-1.09397	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	218.124	0	218.124	224.839	224.839
28	0.207658	18.8953	1.09397	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	222.552	0	222.552	229.662	229.662
29	0.207658	18.8656	3.28352	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	227.024	0	227.024	234.591	234.591
30	0.207658	18.8061	5.47788	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	231.547	0	231.547	239.625	239.625
31	0.207658	18.721	7.68034	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	236.119	0	236.119	244.764	244.764
32	0.207658	18.606	9.89431	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	240.741	0	240.741	250.007	250.007
33	0.207658	17.3023	12.1233	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	245.404	0	245.404	255.354	255.354
34	0.207658	16.5122	14.3712	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	250.107	0	250.107	260.804	260.804
35	0.207658	15.6895	16.6419	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	254.849	0	254.849	266.356	266.356
36	0.207658	14.833	18.9398	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	259.624	0	259.624	272.009	272.009
37	0.207658	13.9415	21.27	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	264.428	0	264.428	277.763	277.763
38	0.207658	13.0133	23.6377	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	269.252	0	269.252	283.617	283.617
39	0.207658	12.0465	26.0491	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	274.095	0	274.095	289.571	289.571
40	0.207658	11.0387	28.5113	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	278.957	0	278.957	295.625	295.625
41	0.207658	9.98712	31.0325	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	283.837	0	283.837	301.779	301.779
42	0.207658	8.88829	33.6226	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	288.732	0	288.732	308.033	308.033
43	0.207658	7.73793	36.2932	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	293.641	0	293.641	314.387	314.387
44	0.207658	6.53071	39.059	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	298.564	0	298.564	320.841	320.841
45	0.207658	5.25982	41.9381	Unità3b	28.5714	0	19.3798	28.5714	303.501	0	303.501	327.395	327.395
46	0.207753	4.14088	44.955	scotico	0	30.1666	7.23738	10.67	27.15	8.79257	18.3575	19.924	11.1315
47	0.207753	3.22695	48.1414	scotico	0	30.1666	6.25722	9.22496	22.5091	6.63777	15.8713	15.5252	8.88743
48	0.207753	2.20181	51.5409	scotico	0	30.1666	4.98962	7.35614	16.8735	4.21743	12.6561	10.5915	6.37406
49	0.207753	1.03695	55.219	scotico	0	30.1666	3.20896	4.73094	9.6067	1.46723	8.13947	4.98634	3.51911
50	0.0630703	0.0630703	57.7602	scotico	0	30.1666	1.04971	1.54757	2.66256	0	2.66256	0.998217	0.998217

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.47429

--



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

68 di 112

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	29.36	26.2124	0	0	0
2	29.5492	25.3547	14.72	0	0
3	29.7384	24.8344	38.4241	0	0
4	29.9277	24.4331	59.7096	0	0
5	30.1169	24.1	79.0047	0	0
6	30.1799	24	85.3653	0	0
7	30.3877	23.7009	105.218	0	0
8	30.5955	23.4393	123.486	0	0
9	30.8032	23.2074	140.178	0	0
10	31.011	23	155.309	0	0
11	31.2186	22.8134	177.923	0	0
12	31.4263	22.6449	198.781	0	0
13	31.6339	22.4924	217.943	0	0
14	31.8416	22.3543	235.461	0	0
15	32.0493	22.2294	251.376	0	0
16	32.2569	22.1166	257.134	0	0
17	32.4646	22.0151	261.843	0	0
18	32.6722	21.9242	265.886	0	0
19	32.8799	21.8434	269.239	0	0
20	33.0875	21.7721	271.879	0	0
21	33.2952	21.71	273.788	0	0
22	33.5029	21.6568	274.625	0	0
23	33.7105	21.6122	274.382	0	0
24	33.9182	21.576	273.483	0	0
25	34.1258	21.548	271.914	0	0
26	34.3335	21.5281	269.66	0	0
27	34.5412	21.5162	266.709	0	0
28	34.7488	21.5122	263.049	0	0
29	34.9565	21.5162	258.666	0	0
30	35.1641	21.5281	253.551	0	0
31	35.3718	21.548	247.69	0	0
32	35.5794	21.576	241.079	0	0
33	35.7871	21.6122	233.786	0	0
34	35.9948	21.6568	225.864	0	0
35	36.2024	21.71	217.349	0	0
36	36.4101	21.7721	208.28	0	0
37	36.6177	21.8434	198.697	0	0
38	36.8254	21.9242	188.64	0	0
39	37.033	22.0151	178.155	0	0
40	37.2407	22.1166	167.286	0	0
41	37.4484	22.2294	156.083	0	0
42	37.656	22.3543	144.6	0	0
43	37.8637	22.4924	132.891	0	0
44	38.0713	22.6449	121.021	0	0
45	38.279	22.8134	109.054	0	0
46	38.4867	23	97.0628	0	0
47	38.6944	23.2074	89.9292	0	0
48	38.9022	23.4393	83.4112	0	0
49	39.1099	23.7009	77.9623	0	0
50	39.3177	24	74.4227	0	0
51	39.3807	24.1	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-2	24
59	24

Distributed Load

X	Y
33.4149	26.2124
23.2768	26.2124



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

69 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
269481	26.2124
242388	26.2124

Distributed Load

X	Y
32.0588	26.2124
29.4727	26.2124

External Boundary

X	Y
0	0
57.7597	0
57.7597	7.1
57.7597	11.1
57.7597	13.1
57.7597	19
57.7597	20
57.7597	21
57.7597	24.1
40.5	24.1
38.5	24.1
35.5	26.2124
21.325	26.2124
18	24.1
16	24.1
9.25967	24.1
0	24.1
0	21
0	20
0	19
0	13.1
0	11.1
0	7.1

Material Boundary

X	Y
16	24.1
18	23
38.5	23
40.5	24.1

Material Boundary

X	Y
18	24.1
38.5	24.1

Material Boundary

X	Y
0	20
57.7597	20

Material Boundary

X	Y
0	13.1
57.7597	13.1

Material Boundary

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

70 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
0	11.1
57.7597	11.1

Material Boundary

X	Y
0	7.1
37.3746	7.1
57.7597	7.1

Material Boundary

X	Y
0	21
57.7597	21

Material Boundary

X	Y
0	19
57.7597	19



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

71 di 112

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI25_B_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 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

72 di 112

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]: 1.5
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





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

73 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Property	Rilevato	3a	Unità6	Unità4	colonne	Unità 2	scotico	unità 3b
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained						
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	18	19	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	34	39	38	36	28	36	36
Cohesion Type								40
Water Surface	Water Table	Water Table						
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.456680
Center:	36.425, 29.726
Radius:	7.193
Left Slip Surface Endpoint:	30.334, 25.900
Right Slip Surface Endpoint:	40.906, 24.100
Resisting Moment:	2148.01 kN-m
Driving Moment:	1474.6 kN-m
Total Slice Area:	20.127 m2
Surface Horizontal Width:	10.5724 m
Surface Average Height:	1.90372 m

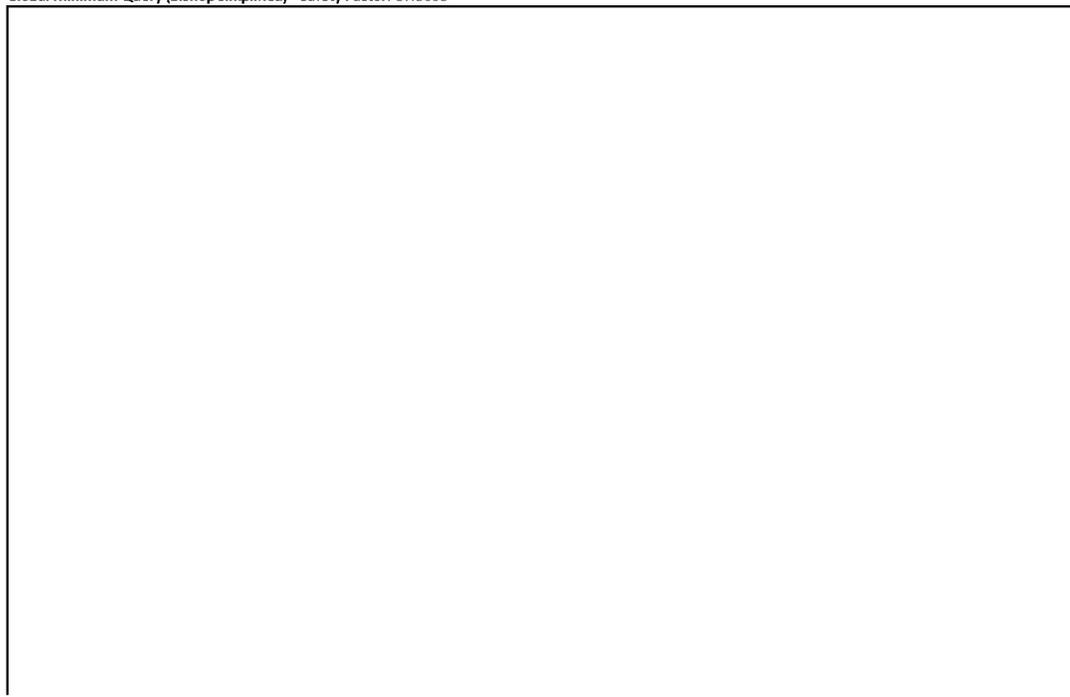
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	1480
Number of Invalid Surfaces:	0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.45668





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI250001C	74 di 112



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	0.229891	0.789995	-56.218	Rilevato	0	32.0066	25.5598	37.2324	59.5691	0	59.5691	97.7757	97.7757
2	0.229891	2.28255	-53.0477	Rilevato	0	32.0066	28.4888	41.4991	66.3956	0	66.3956	104.267	104.267
3	0.229891	3.61711	-50.097	Rilevato	0	32.0066	31.213	45.4673	72.7445	0	72.7445	110.071	110.071
4	0.229891	4.82222	-47.3187	Rilevato	0	32.0066	33.7661	49.1864	78.6947	0	78.6947	115.311	115.311
5	0.229891	5.91795	-44.6801	Rilevato	0	32.0066	36.1726	52.6919	84.3034	0	84.3034	120.074	120.074
6	0.229891	6.91907	-42.1571	Rilevato	0	32.0066	38.451	56.0108	89.6132	0	89.6132	124.426	124.426
7	0.229891	7.83681	-39.7312	Rilevato	0	32.0066	40.6155	59.1638	94.6578	0	94.6578	128.415	128.415
8	0.128493	4.75423	-37.892	scotico	0	30.1666	39.9817	58.2405	100.201	0	100.201	131.317	131.317
9	0.194552	7.67084	-36.2822	scotico	0	30.1666	32.2567	46.9877	81.5418	0.70053	80.8413	105.221	104.521
10	0.194552	8.20769	-34.3819	scotico	0	30.1666	17.1043	24.9155	44.9207	2.05403	42.8667	56.6244	54.5703
11	0.194552	8.70804	-32.5239	scotico	0	30.1666	17.7742	25.8913	47.8608	3.3155	44.5453	59.1947	55.8792
12	0.215397	10.1553	-30.6081	colonne	0	30.1666	18.4106	26.8183	50.6895	4.54903	46.1405	61.581	57.032
13	0.215397	10.6303	-28.6338	colonne	0	30.1666	19.0139	27.6972	53.4031	5.7509	47.6522	63.7844	58.0335
14	0.215397	11.0683	-26.696	colonne	0	30.1666	19.5933	28.5412	55.9633	6.85902	49.1043	65.816	58.9569
15	0.215397	11.4711	-24.7907	colonne	0	30.1666	18.2768	26.6234	53.6833	7.87828	45.805	62.1248	54.2465
16	0.215397	11.8405	-22.9142	colonne	0	30.1666	15.7665	22.9667	48.3266	8.81285	39.5138	54.9912	46.1784
17	0.215397	12.1778	-21.0634	colonne	0	30.1666	16.2174	23.6235	50.3103	9.66636	40.6439	56.5561	46.8898
18	0.215397	12.4843	-19.2354	colonne	0	30.1666	16.6493	24.2527	52.1682	10.4419	41.7263	57.9777	47.5358
19	0.215397	12.7611	-17.4275	colonne	0	30.1666	17.0629	24.8552	53.905	11.1422	42.7628	59.2612	48.119
20	0.215397	13.009	-15.6374	colonne	0	30.1666	17.4586	25.4316	55.524	11.7696	43.7544	60.4109	48.6413
21	0.215397	13.229	-13.8628	colonne	0	30.1666	17.8369	25.9826	57.0285	12.3261	44.7024	61.4304	49.1043
22	0.215397	13.4215	-12.1017	colonne	0	30.1666	18.198	26.5087	58.4209	12.8133	45.6076	62.3228	49.5095
23	0.215397	13.5874	-10.3522	colonne	0	30.1666	18.5425	27.0105	59.7037	13.2329	46.4708	63.0909	49.858
24	0.215397	13.6276	-8.61234	colonne	0	30.1666	18.6972	27.2358	60.4443	13.5859	46.8584	63.2761	49.6902
25	0.215397	13.2535	-6.88047	colonne	0	30.1666	18.1448	26.4312	59.3479	13.8734	45.4745	61.5374	47.664
26	0.215397	12.8144	-5.15491	colonne	0	30.1666	17.486	25.4715	57.9192	14.0962	43.823	59.4967	45.4005
27	0.215397	12.35	-3.43403	colonne	0	30.1666	16.7891	24.4564	56.3316	14.2549	42.0767	57.3391	43.0842
28	0.215397	11.8604	-1.71624	colonne	0	30.1666	16.0537	23.3851	54.5835	14.3499	40.2336	55.0645	40.7146
29	0.215397	11.3458	0	colonne	0	30.1666	15.2791	22.2568	52.6739	14.3816	38.2923	52.6739	38.2923
30	0.215397	10.8062	1.71624	colonne	0	30.1666	14.4645	21.0701	50.6005	14.3499	36.2506	50.1671	35.8172
31	0.215397	10.2415	3.43403	colonne	0	30.1666	13.6088	19.8236	48.3607	14.2549	34.1058	47.5441	33.2892
32	0.215397	9.6516	5.15491	colonne	0	30.1666	12.7107	18.5154	45.9515	14.0962	31.8553	44.8048	30.7086
33	0.215397	9.03642	6.88047	colonne	0	30.1666	11.7687	17.1433	43.368	13.8734	29.4946	41.9479	28.0745
34	0.215397	8.39566	8.61234	colonne	0	30.1666	10.7811	15.7046	40.6053	13.5859	27.0194	38.9725	25.3866
35	0.215397	7.72901	10.3522	colonne	0	30.1666	9.74565	14.1963	37.6573	13.2329	24.4244	35.877	22.6441
36	0.215397	7.03607	12.1017	colonne	0	30.1666	8.6599	12.6147	34.5165	12.8133	21.7032	32.6597	19.8464
37	0.215397	6.31636	13.8628	colonne	0	30.1666	7.52073	10.9553	31.1745	12.3261	18.8484	29.3185	16.9924
38	0.215397	5.5693	15.6374	colonne	0	30.1666	6.32483	9.21326	27.6208	11.7696	15.8512	25.8504	14.0808
39	0.215397	5.00925	17.4275	colonne	0	30.1666	5.52314	8.04545	24.9842	11.1422	13.842	23.2505	12.1083
40	0.215397	4.73001	19.2354	colonne	0	30.1666	5.33629	7.77327	23.8157	10.4419	13.3738	21.9537	11.5118
41	0.215397	4.42349	21.0634	colonne	0	30.1666	5.12195	7.46104	22.5029	9.66636	12.8366	20.5303	10.8639
42	0.215397	4.08616	22.9142	colonne	0	30.1666	4.87218	7.09721	21.0234	8.81285	12.2106	18.9639	10.1511
43	0.215397	3.7168	24.7907	colonne	0	30.1666	4.58376	6.67707	19.366	7.87828	11.4878	17.2489	9.37067
44	0.215397	3.31396	26.696	colonne	0	30.1666	4.25276	6.19491	17.5172	6.85902	10.6582	15.3787	8.51967
45	0.215397	2.876	28.6338	colonne	0	30.1666	3.87439	5.64375	15.4609	5.7509	9.70996	13.3455	7.59461
46	0.215397	2.401	30.6081	colonne	0	30.1666	3.44273	5.01496	13.1771	4.54903	8.62811	11.1405	6.59143
47	0.194552	1.70416	32.5239	scotico	0	30.1666	2.91038	4.23949	10.6094	3.3155	7.29394	8.75361	5.43811
48	0.194552	1.20381	34.3819	scotico	0	30.1666	2.26613	3.30103	7.73339	2.05403	5.67936	6.18279	4.12876
49	0.194552	0.666963	36.2822	scotico	0	30.1666	1.53725	2.23928	4.55317	0.70053	3.85264	3.42468	2.72415
50	0.128493	0.128493	37.892	scotico	0	30.1666	0.577913	0.841835	1.44836	0	1.44836	0.998596	0.998596

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.45668

--



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

75 di 112

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	30.334	25.9	0	0	0
2	30.5639	25.5564	14.6127	0	0
3	30.7938	25.2508	28.3747	0	0
4	31.0237	24.9758	41.2202	0	0
5	31.2536	24.7265	53.1	0	0
6	31.4835	24.4992	63.9755	0	0
7	31.7134	24.2911	73.8156	0	0
8	31.9432	24.1	82.5939	0	0
9	32.0717	24	87.4928	0	0
10	32.2663	23.8572	92.8825	0	0
11	32.4608	23.7241	95.5452	0	0
12	32.6554	23.6	98.0355	0	0
13	32.8708	23.4726	100.542	0	0
14	33.0862	23.355	102.739	0	0
15	33.3016	23.2467	104.594	0	0
16	33.517	23.1472	106.01	0	0
17	33.7324	23.0561	107.025	0	0
18	33.9478	22.9732	107.716	0	0
19	34.1632	22.898	108.062	0	0
20	34.3786	22.8304	108.043	0	0
21	34.594	22.7701	107.642	0	0
22	34.8094	22.7169	106.843	0	0
23	35.0248	22.6708	105.634	0	0
24	35.2402	22.6314	104.001	0	0
25	35.4556	22.5988	101.958	0	0
26	35.671	22.5728	99.6048	0	0
27	35.8864	22.5534	96.9756	0	0
28	36.1017	22.5404	94.0987	0	0
29	36.3171	22.534	91.0039	0	0
30	36.5325	22.534	87.7231	0	0
31	36.7479	22.5404	84.2906	0	0
32	36.9633	22.5534	80.7434	0	0
33	37.1787	22.5728	77.1212	0	0
34	37.3941	22.5988	73.467	0	0
35	37.6095	22.6314	69.8274	0	0
36	37.8249	22.6708	66.253	0	0
37	38.0403	22.7169	62.7994	0	0
38	38.2557	22.7701	59.5274	0	0
39	38.4711	22.8304	56.504	0	0
40	38.6865	22.898	53.6288	0	0
41	38.9019	22.9732	50.693	0	0
42	39.1173	23.0561	47.7264	0	0
43	39.3327	23.1472	44.766	0	0
44	39.5481	23.2467	41.8552	0	0
45	39.7635	23.355	39.0446	0	0
46	39.9789	23.4726	36.3945	0	0
47	40.1943	23.6	33.9761	0	0
48	40.3888	23.7241	32.0955	0	0
49	40.5834	23.8572	30.6265	0	0
50	40.778	24	29.6781	0	0
51	40.9664	24.1	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1.494	24
59.971	24

Distributed Load

X	Y
33.4339	25.9
23.2958	25.9



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

76 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
27.2093	25.9
24.5924	25.9

Distributed Load

X	Y
32.1968	25.9
29.6107	25.9

External Boundary

X	Y
18.1579	24.1
16	24.1
0	24.1
0	21
0	18.1
0	13.1
0	11.1
0	7.1
0	0
57.7597	0
57.7597	7.1
57.7597	11.1
57.7597	13.1
57.7597	18.1
57.7597	21
57.7597	24.1
41	24.1
38.492	24.1
35.3234	25.9
21.325	25.9

Material Boundary

X	Y
16	18.1
16	21
16	23.6
16	24.1

Material Boundary

X	Y
41	18.1
41	21
41	23.6
41	24.1

Material Boundary

X	Y
0	13.1
57.7597	13.1

Material Boundary

X	Y
0	11.1
57.7597	11.1

Material Boundary

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

77 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
0	7.1
57.7597	7.1

Material Boundary

X	Y
0	18.1
16	18.1
41	18.1
57.7597	18.1

Material Boundary

X	Y
16	23.6
41	23.6

Material Boundary

X	Y
18.1579	24.1
38.492	24.1

Material Boundary

X	Y
0	21
16	21

Material Boundary

X	Y
41	21
57.7597	21

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2500001C	78 di 112

ALLEGATO 4- TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU IN CAMPO SISMICO



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI25_A_sism.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 piezos: Yes
 Initial trial value of FS: 1
 Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

80 di 112

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
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

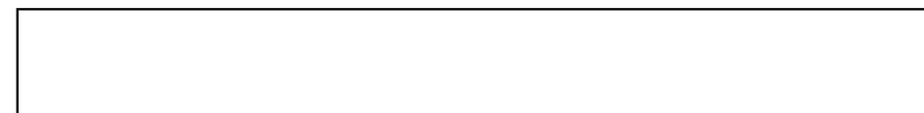
Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI250001C

Foglio
81 di 112



Property	Rilevato	Unità3b	Unità6	Unità4	Unità 2	scotico	3a
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	18	19	19	19	20	18
Cohesion [kPa]	0		0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38		39	38	28	36	34
Cohesion Type		40					
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.276900
Center:	37.908, 27.130
Radius:	3.776
Left Slip Surface Endpoint:	34.245, 26.212
Right Slip Surface Endpoint:	40.161, 24.100
Resisting Moment:	254.271 kN-m
Driving Moment:	199.132 kN-m
Total Slice Area:	6.9881 m ²
Surface Horizontal Width:	5.91568 m
Surface Average Height:	1.18129 m

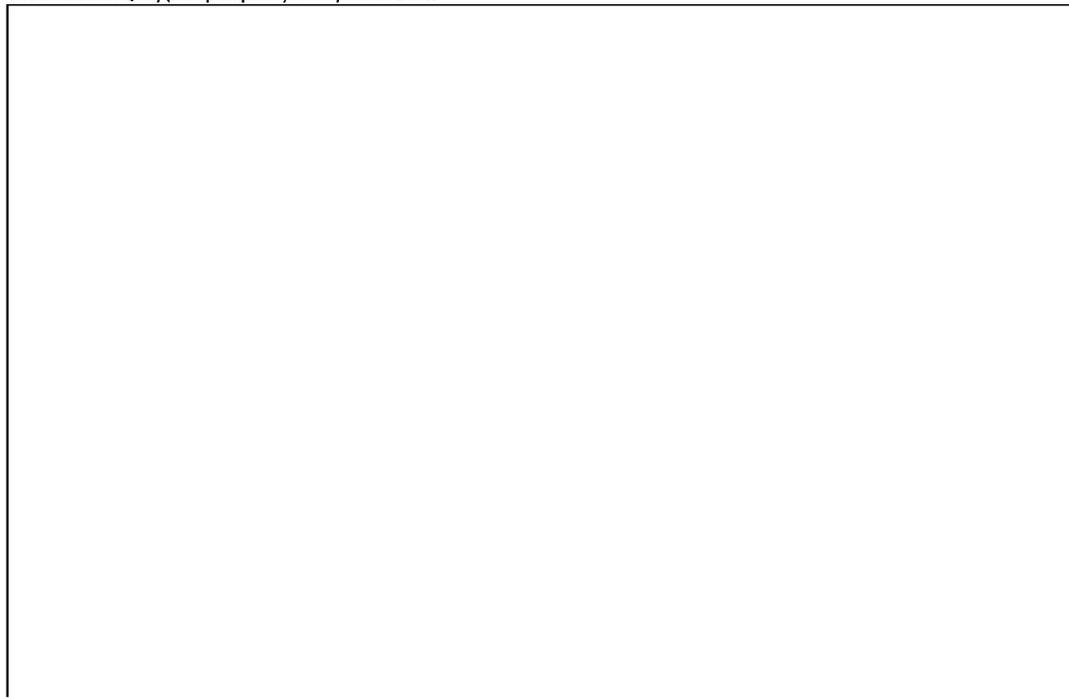
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 983
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.2769





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

82 di 112

SLIDEINTERPRET 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	0.11749	0.448639	-72.8977	Rilevato	0	32.0066	0.691634	0.883147	1.41297	0	1.41297	3.66084	3.66084
2	0.11749	1.23107	-67.5322	Rilevato	0	32.0066	2.25162	2.87509	4.59992	0	4.59992	10.0445	10.0445
3	0.11749	1.83837	-63.2204	Rilevato	0	32.0066	3.72696	4.75896	7.61399	0	7.61399	14.9987	14.9987
4	0.11749	2.34609	-59.4859	Rilevato	0	32.0066	5.11815	6.53537	10.4561	0	10.4561	19.1401	19.1401
5	0.11749	2.78596	-56.1304	Rilevato	0	32.0066	6.43336	8.21476	13.143	0	13.143	22.7278	22.7278
6	0.11749	3.17513	-53.0479	Rilevato	0	32.0066	7.68075	9.80755	15.6914	0	15.6914	25.9018	25.9018
7	0.11749	3.52415	-50.1731	Rilevato	0	32.0066	8.86733	11.3227	18.1155	0	18.1155	28.7482	28.7482
8	0.11749	3.84012	-47.4626	Rilevato	0	32.0066	9.9989	12.7676	20.4273	0	20.4273	31.3249	31.3249
9	0.11749	4.12806	-44.8859	Rilevato	0	32.0066	11.0804	14.1485	22.6366	0	22.6366	33.6729	33.6729
10	0.11749	4.39168	-42.4202	Rilevato	0	32.0066	12.1156	15.4704	24.7516	0	24.7516	35.8225	35.8225
11	0.11749	4.62404	-40.0481	Rilevato	0	32.0066	13.0804	16.7023	26.7225	0	26.7225	37.717	37.717
12	0.11749	4.69784	-37.7562	Rilevato	0	32.0066	13.6005	17.3665	27.7852	0	27.7852	38.3182	38.3182
13	0.141151	5.65643	-35.3162	scotico	0	30.1666	13.2176	16.8776	29.0376	0	29.0376	38.4018	38.4018
14	0.117319	4.69441	-32.943	scotico	0	30.1666	13.3471	17.0429	29.6949	0.372889	29.322	38.3437	37.9708
15	0.117319	4.67196	-30.8456	scotico	0	30.1666	13.2674	16.9412	30.2363	1.08944	29.1468	38.1596	37.0701
16	0.117319	4.63598	-28.7931	scotico	0	30.1666	13.1497	16.7909	30.6378	1.74936	28.8884	37.8648	36.1155
17	0.117319	4.58726	-26.7804	scotico	0	30.1666	12.9962	16.5948	30.907	2.35606	28.551	37.4663	35.1102
18	0.117319	4.5265	-24.8028	scotico	0	30.1666	12.8082	16.3548	31.0504	2.91243	28.138	36.9694	34.057
19	0.117319	4.4543	-22.8563	scotico	0	30.1666	12.5871	16.0725	31.0734	3.42092	27.6524	36.379	32.9581
20	0.117319	4.37115	-20.9373	scotico	0	30.1666	12.3341	15.7494	30.9802	3.88365	27.0965	35.6993	31.8157
21	0.117319	4.27748	-19.0426	scotico	0	30.1666	12.05	15.3866	30.7747	4.30245	26.4722	34.9338	30.6314
22	0.117319	4.17369	-17.1693	scotico	0	30.1666	11.7353	14.9848	30.4598	4.67886	25.781	34.0856	29.4068
23	0.117319	4.06007	-15.3148	scotico	0	30.1666	11.3906	14.5447	30.038	5.01424	25.0238	33.1573	28.1431
24	0.117319	3.93692	-13.4766	scotico	0	30.1666	11.0162	14.0666	29.5111	5.30973	24.2014	32.1511	26.8414
25	0.117319	3.80446	-11.6525	scotico	0	30.1666	10.6123	13.5509	28.8804	5.56631	23.314	31.0689	25.5026
26	0.117319	3.66289	-9.84027	scotico	0	30.1666	10.1789	12.9975	28.1468	5.7848	22.362	29.9124	24.2176
27	0.117319	3.51237	-8.03793	scotico	0	30.1666	9.71603	12.4064	27.3108	5.96588	21.3449	28.6828	22.717
28	0.117319	3.35304	-6.24358	scotico	0	30.1666	9.22312	11.777	26.3722	6.1101	20.2621	27.3813	21.2712
29	0.117319	3.18499	-4.45537	scotico	0	30.1666	8.70005	11.1091	25.3307	6.21789	19.1128	26.0086	19.7907
30	0.117319	3.00831	-2.67149	scotico	0	30.1666	8.14606	10.4017	24.1855	6.28958	17.8959	24.5656	18.276
31	0.117319	2.82304	0.890211	scotico	0	30.1666	7.56051	9.65402	22.9349	6.32537	16.6095	23.0524	16.727
32	0.117319	2.62921	0.890211	scotico	0	30.1666	6.94251	8.86489	21.5772	6.32537	15.2519	21.4694	15.144
33	0.117319	2.42682	2.67149	scotico	0	30.1666	6.29093	8.03289	20.11	6.28958	13.8204	19.8165	13.5269
34	0.117319	2.21584	4.45537	scotico	0	30.1666	5.60445	7.15632	18.5302	6.21789	12.3123	18.0935	11.8756
35	0.117319	1.99623	6.24358	scotico	0	30.1666	4.88149	6.23318	16.8341	6.1101	10.724	16.3001	10.19
36	0.117319	1.76791	8.03793	scotico	0	30.1666	4.12018	5.26106	15.0174	5.96588	9.05151	14.4356	8.46968
37	0.117319	1.61849	9.84027	scotico	0	30.1666	3.67232	4.68918	13.8524	5.7848	8.0676	13.2154	7.43063
38	0.117319	1.56601	11.6525	scotico	0	30.1666	3.62716	4.63152	13.5347	5.56631	7.96843	12.7867	7.22042
39	0.117319	1.50464	13.4766	scotico	0	30.1666	3.56408	4.55098	13.1396	5.30973	7.8299	12.2855	6.97578
40	0.117319	1.43396	15.3148	scotico	0	30.1666	3.48095	4.44483	12.6615	5.01424	7.64727	11.7083	6.69402
41	0.117319	1.35374	17.1693	scotico	0	30.1666	3.37633	4.31124	12.0962	4.67886	7.41736	11.053	6.37419
42	0.117319	1.26371	19.0426	scotico	0	30.1666	3.24853	4.14805	11.439	4.30245	7.13658	10.3178	6.01532
43	0.117319	1.16354	20.9373	scotico	0	30.1666	3.09553	3.95268	10.6841	3.88365	6.8005	9.49977	5.61612
44	0.117319	1.05286	22.8563	scotico	0	30.1666	2.91492	3.72206	9.82462	3.42092	6.4037	8.59594	5.17502
45	0.117319	0.931241	24.8028	scotico	0	30.1666	2.70377	3.45244	8.85224	2.91243	5.93981	7.60276	4.69033
46	0.117319	0.798169	26.7804	scotico	0	30.1666	2.45844	3.13918	7.75697	2.35606	5.40091	6.51618	4.16012
47	0.117319	0.653056	28.7931	scotico	0	30.1666	2.17444	2.77654	6.52633	1.74936	4.77697	5.33127	3.58191
48	0.117319	0.495213	30.8456	scotico	0	30.1666	1.84602	2.35718	5.14491	1.08944	4.05547	4.04247	2.95303
49	0.117319	0.323827	32.943	scotico	0	30.1666	1.46575	1.87161	3.59295	0.372889	3.22006	2.64315	2.27026
50	0.141151	0.141151	35.3162	scotico	0	30.1666	0.643271	0.821393	1.41319	0	1.41319	0.957454	0.957454

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.2769

--



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

83 di 112

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	34.2449	26.2124	0	0	0
2	34.3624	25.8305	0.495621	0	0
3	34.4799	25.5464	1.6404	0	0
4	34.5974	25.3136	3.12814	0	0
5	34.7149	25.1143	4.80664	0	0
6	34.8324	24.9392	6.58354	0	0
7	34.9499	24.7831	8.39651	0	0
8	35.0674	24.6422	10.2006	0	0
9	35.1848	24.5141	11.9617	0	0
10	35.3023	24.3971	13.653	0	0
11	35.4198	24.2897	15.2531	0	0
12	35.5373	24.191	16.7408	0	0
13	35.6548	24.1	18.0629	0	0
14	35.796	24	19.5727	0	0
15	35.9133	23.924	20.6558	0	0
16	36.0306	23.8539	21.6074	0	0
17	36.1479	23.7894	22.4268	0	0
18	36.2652	23.7302	23.1147	0	0
19	36.3826	23.676	23.673	0	0
20	36.4999	23.6266	24.1044	0	0
21	36.6172	23.5817	24.4125	0	0
22	36.7345	23.5412	24.6017	0	0
23	36.8518	23.5049	24.6771	0	0
24	36.9692	23.4728	24.6444	0	0
25	37.0865	23.4447	24.51	0	0
26	37.2038	23.4205	24.281	0	0
27	37.3211	23.4001	23.965	0	0
28	37.4384	23.3836	23.5705	0	0
29	37.5557	23.3707	23.1065	0	0
30	37.6731	23.3616	22.583	0	0
31	37.7904	23.3561	22.0105	0	0
32	37.9077	23.3543	21.4007	0	0
33	38.025	23.3561	20.7661	0	0
34	38.1423	23.3616	20.1203	0	0
35	38.2597	23.3707	19.4781	0	0
36	38.377	23.3836	18.8557	0	0
37	38.4943	23.4001	18.2708	0	0
38	38.6116	23.4205	17.693	0	0
39	38.7289	23.4447	17.0704	0	0
40	38.8463	23.4728	16.4083	0	0
41	38.9636	23.5049	15.7126	0	0
42	39.0809	23.5412	14.9909	0	0
43	39.1982	23.5817	14.2519	0	0
44	39.3155	23.6266	13.5062	0	0
45	39.4329	23.676	12.7661	0	0
46	39.5502	23.7302	12.0467	0	0
47	39.6675	23.7894	11.3655	0	0
48	39.7848	23.8539	10.7441	0	0
49	39.9021	23.924	10.2085	0	0
50	40.0195	24	9.79043	0	0
51	40.1606	24.1	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-2	24
59	24

Distributed Load

X	Y
33.4149	26.2124
23.2768	26.2124



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

84 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
26.9481	26.2124
24.2388	26.2124

Distributed Load

X	Y
32.0588	26.2124
29.4727	26.2124

External Boundary

X	Y
0	0
57.7597	0
57.7597	7.1
57.7597	11.1
57.7597	13.1
57.7597	19
57.7597	20
57.7597	21
57.7597	24.1
40.5	24.1
38.5	24.1
35.5	26.2124
21.325	26.2124
18	24.1
16	24.1
9.25967	24.1
0	24.1
0	21
0	20
0	19
0	13.1
0	11.1
0	7.1

Material Boundary

X	Y
16	24.1
18	23
38.5	23
40.5	24.1

Material Boundary

X	Y
18	24.1
38.5	24.1

Material Boundary

X	Y
0	20
57.7597	20

Material Boundary

X	Y
0	13.1
57.7597	13.1

Material Boundary

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

85 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
0	11.1
57.7597	11.1

Material Boundary

X	Y
0	7.1
37.3746	7.1
57.7597	7.1

Material Boundary

X	Y
0	21
57.7597	21

Material Boundary

X	Y
0	19
57.7597	19



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

86 di 112

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI25_B_sism.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 piezos: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

87 di 112

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]: 1.5
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

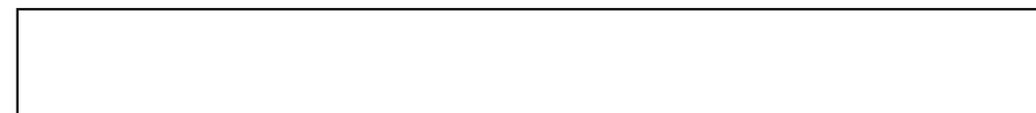
Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

88 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Property	Rilevato	3a	Unità6	Unità4	colonne	Unità 2	scotico	unità 3b
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained						
Unit Weight [kN/m ³]	20	18	19	19	18	19	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	34	39	38	36	28	36	36
Cohesion Type								40
Water Surface	Water Table	Water Table						
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.309480
Center:	38.037, 27.354
Radius:	3.911
Left Slip Surface Endpoint:	34.407, 25.900
Right Slip Surface Endpoint:	40.207, 24.100
Resisting Moment:	199.626 kN-m
Driving Moment:	152.446 kN-m
Total Slice Area:	5.39091 m ²
Surface Horizontal Width:	5.80039 m
Surface Average Height:	0.929405 m

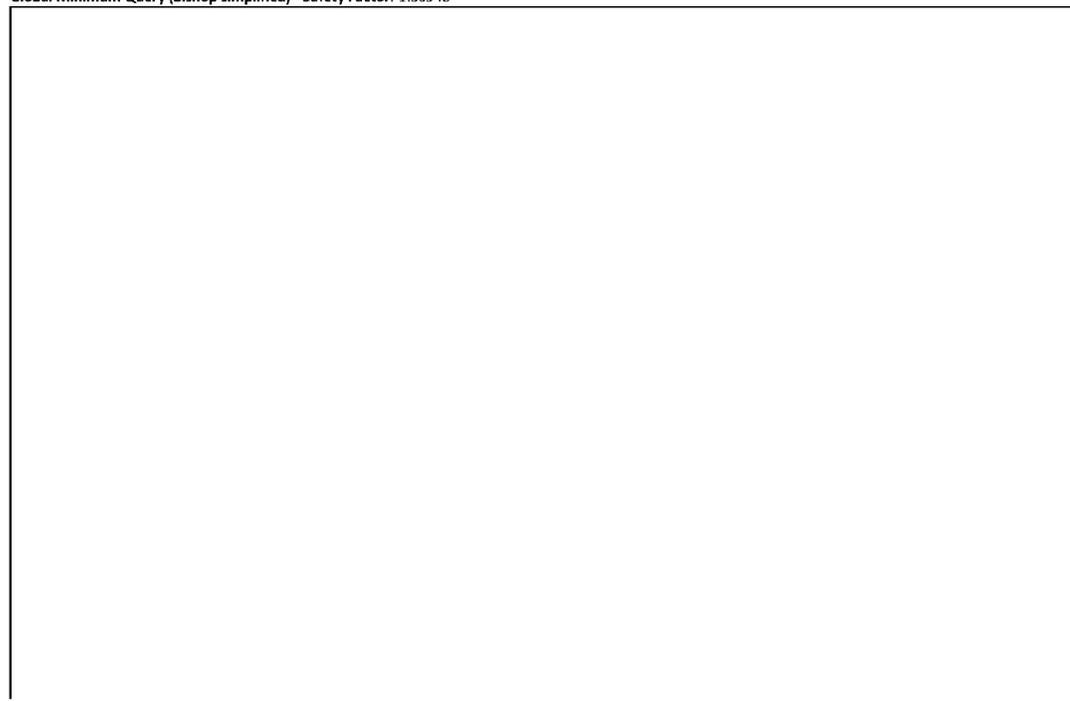
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1175
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.30948





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

89 di 112

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	0.112397	0.285577	-66.1367	Rilevato	0	32.0066	0.55922	0.732288	1.17161	0	1.17161	2.43574	2.43574
2	0.112397	0.812069	-62.3283	Rilevato	0	32.0066	1.73058	2.26616	3.62569	0	3.62569	6.92591	6.92591
3	0.112397	1.26289	-58.9585	Rilevato	0	32.0066	2.86703	3.75432	6.00665	0	6.00665	10.7704	10.7704
4	0.112397	1.65934	-55.8934	Rilevato	0	32.0066	3.96195	5.18809	8.30056	0	8.30056	14.1509	14.1509
5	0.112397	2.01387	-53.0552	Rilevato	0	32.0066	5.01455	6.56645	10.5059	0	10.5059	17.1738	17.1738
6	0.112397	2.33453	-50.3939	Rilevato	0	32.0066	6.02604	7.89098	12.625	0	12.625	19.9076	19.9076
7	0.112397	2.6269	-47.8749	Rilevato	0	32.0066	6.99826	9.16408	14.6619	0	14.6619	22.4002	22.4002
8	0.112397	2.89503	-45.4734	Rilevato	0	32.0066	7.93315	10.3883	16.6206	0	16.6206	24.6859	24.6859
9	0.112397	3.09087	-43.1704	Rilevato	0	32.0066	8.68902	11.3781	18.2042	0	18.2042	26.3553	26.3553
10	0.112397	3.17723	-40.9514	Rilevato	0	32.0066	9.14355	11.9733	19.1564	0	19.1564	27.0912	27.0912
11	0.112397	3.24492	-38.8048	Rilevato	0	32.0066	9.5431	12.4965	19.9935	0	19.9935	27.6677	27.6677
12	0.112397	3.29721	-36.7212	Rilevato	0	32.0066	9.89538	12.9578	20.7315	0	20.7315	28.113	28.113
13	0.112397	3.33537	-34.6927	Rilevato	0	32.0066	10.2026	13.3601	21.3751	0	21.3751	28.4378	28.4378
14	0.158054	4.72843	-32.3213	scotico	0	30.1666	9.93486	13.0095	22.3826	0	22.3826	28.6683	28.6683
15	0.114345	3.43365	-29.9842	scotico	0	30.1666	10.0539	13.1654	22.9744	0.323609	22.6508	28.7753	28.4517
16	0.114345	3.43026	-28.068	scotico	0	30.1666	9.97785	13.0658	23.4257	0.94629	22.4794	28.7462	27.7999
17	0.114345	3.41573	-26.1855	scotico	0	30.1666	9.87461	12.9306	23.7681	1.52116	22.2469	28.6239	27.1027
18	0.114345	3.3906	-24.3329	scotico	0	30.1666	9.74517	12.7611	24.0058	2.05059	21.9552	28.4127	26.3621
19	0.114345	3.35535	-22.507	scotico	0	30.1666	9.5903	12.5583	24.1429	2.53662	21.6063	28.1168	25.5801
20	0.114345	3.31039	-20.705	scotico	0	30.1666	9.41068	12.3231	24.1827	2.98101	21.2017	27.7396	24.7586
21	0.114345	3.25609	-18.9242	scotico	0	30.1666	9.20678	12.0561	24.1276	3.38529	20.7423	27.2841	23.8988
22	0.114345	3.19274	-17.1622	scotico	0	30.1666	8.97898	11.7578	23.9799	3.75079	20.2291	26.7529	23.0021
23	0.115452	3.14676	-15.4084	colonne	0	30.1666	8.7143	11.4112	23.7128	4.08007	19.6327	26.1144	22.0344
24	0.115452	3.05754	-13.6609	colonne	0	30.1666	8.41349	11.0173	23.3287	4.37378	18.9549	25.3736	20.9998
25	0.115452	2.9606	-11.9263	colonne	0	30.1666	8.09115	10.5952	22.8598	4.63103	18.2288	24.5687	19.9377
26	0.115452	2.85608	-10.2027	colonne	0	30.1666	7.74735	10.145	22.3067	4.85255	17.4542	23.7011	18.8485
27	0.115452	2.74414	-8.48836	colonne	0	30.1666	7.38198	9.66655	21.6701	5.03899	16.6311	22.7718	17.7328
28	0.115452	2.62487	-6.7817	colonne	0	30.1666	6.99491	9.1597	20.9499	5.19085	15.759	21.7817	16.5908
29	0.115452	2.49836	-5.08106	colonne	0	30.1666	6.58588	8.62408	20.1461	5.30854	14.8376	20.7317	15.4232
30	0.115452	2.36468	-3.3849	colonne	0	30.1666	6.15453	8.05923	19.2581	5.39239	13.8657	19.6222	14.2298
31	0.115452	2.22388	-1.69171	colonne	0	30.1666	5.70038	7.46453	18.2851	5.44261	12.8425	18.4535	13.0109
32	0.115452	2.07598	0	colonne	0	30.1666	5.22285	6.83922	17.2261	5.45933	11.7668	17.2261	11.7668
33	0.115452	1.92099	1.69171	colonne	0	30.1666	4.72126	6.1824	16.0793	5.44261	10.6367	15.9399	10.4972
34	0.115452	1.75891	3.3849	colonne	0	30.1666	4.19477	5.49297	14.8429	5.39239	9.45051	14.5948	9.2024
35	0.115452	1.58971	5.08106	colonne	0	30.1666	3.64237	4.76961	13.5145	5.30854	8.20601	13.1907	7.88215
36	0.115452	1.43735	6.7817	colonne	0	30.1666	3.15625	4.13304	12.3017	5.19085	7.1108	11.9263	6.73547
37	0.115452	1.39072	8.48836	colonne	0	30.1666	3.08997	4.04625	12.0005	5.03899	6.96152	11.5394	6.50036
38	0.115452	1.35123	10.2027	colonne	0	30.1666	3.06757	4.01692	11.7636	4.85255	6.91101	11.2115	6.35892
39	0.115452	1.3043	11.9263	colonne	0	30.1666	3.03222	3.97063	11.4624	4.63103	6.83141	10.822	6.19097
40	0.115452	1.2498	13.6609	colonne	0	30.1666	2.98321	3.90645	11.0947	4.37378	6.72093	10.3696	5.99586
41	0.115452	1.18758	15.4084	colonne	0	30.1666	2.9197	3.82329	10.6579	4.08007	6.57788	9.85327	5.7732
42	0.114345	1.10307	17.1622	scotico	0	30.1666	2.8238	3.69771	10.1126	3.75079	6.36185	9.24057	5.48978
43	0.114345	1.01787	18.9242	scotico	0	30.1666	2.69168	3.5247	9.44945	3.38529	6.06416	8.52661	5.14132
44	0.114345	0.923623	20.705	scotico	0	30.1666	2.53656	3.32158	8.69573	2.98101	5.71472	7.73699	4.75598
45	0.114345	0.820027	22.507	scotico	0	30.1666	2.35639	3.08564	7.84538	2.53662	5.30876	6.869	4.33238
46	0.114345	0.706725	24.3329	scotico	0	30.1666	2.14867	2.81364	6.8914	2.05059	4.84081	5.91975	3.86916
47	0.114345	0.583304	26.1855	scotico	0	30.1666	1.91041	2.50165	5.82519	1.52116	4.30403	4.88576	3.3646
48	0.114345	0.44929	28.068	scotico	0	30.1666	1.63794	2.14485	4.63646	0.94629	3.69017	3.76305	2.81676
49	0.114345	0.30413	29.9842	scotico	0	30.1666	1.32666	1.73724	3.3125	0.323609	2.98889	2.54703	2.22343
50	0.158054	0.158054	32.3213	scotico	0	30.1666	0.590966	0.773858	1.33141	0	1.33141	0.957505	0.957505

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.30948

--



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

90 di 112

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	34.4066	25.9	0	0	0
2	34.519	25.6459	0.258611	0	0
3	34.6314	25.4316	0.908896	0	0
4	34.7438	25.2448	1.81366	0	0
5	34.8562	25.0789	2.8843	0	0
6	34.9686	24.9294	4.05874	0	0
7	35.081	24.7936	5.29101	0	0
8	35.1934	24.6693	6.54572	0	0
9	35.3058	24.555	7.79476	0	0
10	35.4182	24.4496	8.9954	0	0
11	35.5306	24.352	10.1012	0	0
12	35.643	24.2616	11.1065	0	0
13	35.7554	24.1778	12.0076	0	0
14	35.8678	24.1	12.8023	0	0
15	36.0259	24	13.8649	0	0
16	36.1402	23.934	14.5175	0	0
17	36.2546	23.8731	15.0912	0	0
18	36.3689	23.8168	15.5835	0	0
19	36.4832	23.7651	15.9934	0	0
20	36.5976	23.7177	16.3206	0	0
21	36.7119	23.6745	16.5659	0	0
22	36.8263	23.6353	16.7306	0	0
23	36.9406	23.6	16.8171	0	0
24	37.0561	23.5682	16.828	0	0
25	37.1715	23.5401	16.7664	0	0
26	37.287	23.5157	16.6366	0	0
27	37.4024	23.495	16.4439	0	0
28	37.5179	23.4777	16.1939	0	0
29	37.6333	23.464	15.8929	0	0
30	37.7488	23.4537	15.5478	0	0
31	37.8642	23.4469	15.1659	0	0
32	37.9797	23.4435	14.7556	0	0
33	38.0952	23.4435	14.3257	0	0
34	38.2106	23.4469	13.886	0	0
35	38.3261	23.4537	13.447	0	0
36	38.4415	23.464	13.0202	0	0
37	38.557	23.4777	12.6067	0	0
38	38.6724	23.495	12.1591	0	0
39	38.7879	23.5157	11.6731	0	0
40	38.9033	23.5401	11.1522	0	0
41	39.0188	23.5682	10.6007	0	0
42	39.1342	23.6	10.0235	0	0
43	39.2486	23.6353	9.43549	0	0
44	39.3629	23.6745	8.84215	0	0
45	39.4773	23.7177	8.25333	0	0
46	39.5916	23.7651	7.68059	0	0
47	39.7059	23.8168	7.13755	0	0
48	39.8203	23.8731	6.64026	0	0
49	39.9346	23.934	6.20781	0	0
50	40.049	24	5.86301	0	0
51	40.207	24.1	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1.494	24
59.971	24

Distributed Load

X	Y
33.4339	25.9
23.2958	25.9



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

91 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
27.2093	25.9
24.5924	25.9

Distributed Load

X	Y
32.1968	25.9
29.6107	25.9

External Boundary

X	Y
18.1579	24.1
16	24.1
0	24.1
0	21
0	18.1
0	13.1
0	11.1
0	7.1
0	0
57.7597	0
57.7597	7.1
57.7597	11.1
57.7597	13.1
57.7597	18.1
57.7597	21
57.7597	24.1
41	24.1
38.492	24.1
35.3234	25.9
21.325	25.9

Material Boundary

X	Y
16	18.1
16	21
16	23.6
16	24.1

Material Boundary

X	Y
41	18.1
41	21
41	23.6
41	24.1

Material Boundary

X	Y
0	13.1
57.7597	13.1

Material Boundary

X	Y
0	11.1
57.7597	11.1

Material Boundary

X	Y
0	7.1
57.7597	7.1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

92 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Material Boundary

X	Y
0	18.1
16	18.1
41	18.1
57.7597	18.1

Material Boundary

X	Y
16	23.6
41	23.6

Material Boundary

X	Y
18.1579	24.1
38.492	24.1

Material Boundary

X	Y
0	21
16	21

Material Boundary

X	Y
41	21
57.7597	21

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2500001C	Foglio 93 di 112
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

94 di 112

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI25_A_35bis_liq.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 $\alpha < 0.2$: 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 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

95 di 112

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
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

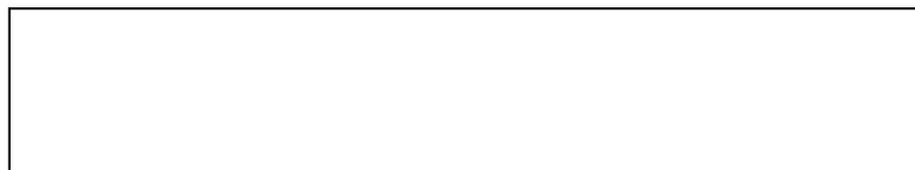
Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

96 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Property	Rilevato	Unità3b	Unità6	Unità4	Unità 2	scotico	3a_liq
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	19	20	18
Cohesion [kPa]	0		0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38		39	38	28	36	5.7
Cohesion Type		40					
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.452250
Center:	36.340, 28.670
Radius:	8.669
Left Slip Surface Endpoint:	28.026, 26.212
Right Slip Surface Endpoint:	43.707, 24.100
Resisting Moment:	2827.94 kN-m
Driving Moment:	1947.29 kN-m
Total Slice Area:	60.7 m2
Surface Horizontal Width:	15.6812 m
Surface Average Height:	3.87088 m

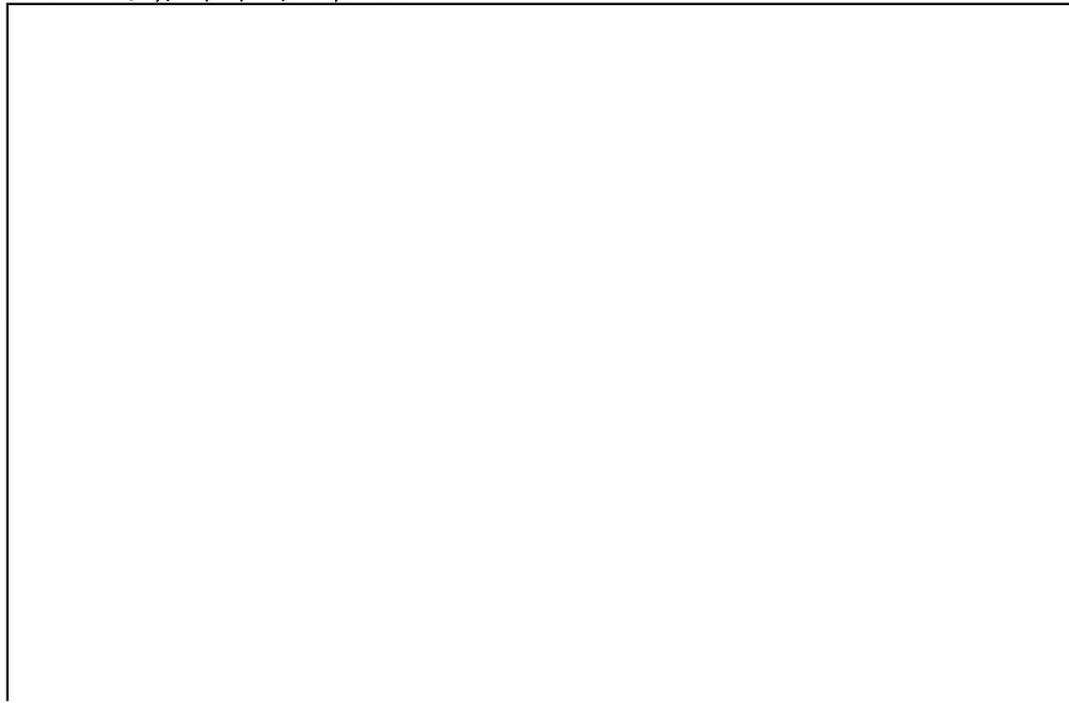
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1774
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.45225





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI250001C	97 di 112

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	0.315526	2.79919	-70.4214	Rilevato	0	32.0066	4.53313	6.58324	10.5327	0	10.5327	23.2783	23.2783
2	0.315526	7.71926	-64.8539	Rilevato	0	32.0066	8.72839	12.6758	20.2805	0	20.2805	38.8746	38.8746
3	0.315526	11.5852	-60.2949	Rilevato	0	32.0066	12.5429	18.2154	29.1432	0	29.1432	51.1287	51.1287
4	0.0629738	2.72347	-57.7998	scotico	0	30.1666	14.1097	20.4908	35.254	0	35.254	57.6596	57.6596
5	0.372914	18.5049	-55.2471	scotico	0	30.1666	15.5837	22.6314	41.5733	2.63641	38.9368	64.0346	61.3982
6	0.372914	22.2341	-51.1211	scotico	0	30.1666	20.5091	29.7844	58.7848	7.54141	51.2433	84.2212	76.6798
7	0.3146	21.1883	-47.6152	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	72.5045	0	72.5045	94.0616	94.0616
8	0.3146	23.0431	-44.6123	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	80.5468	0	80.5468	99.9562	99.9562
9	0.3146	24.7171	-41.758	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	87.7118	0	87.7118	105.276	105.276
10	0.3146	26.2344	-39.026	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	94.1519	0	94.1519	110.098	110.098
11	0.3146	27.613	-36.396	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	99.9768	0	99.9768	114.48	114.48
12	0.3146	28.8671	-33.8525	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	105.269	0	105.269	118.465	118.465
13	0.3146	30.008	-31.3828	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	110.09	0	110.09	122.091	122.091
14	0.3146	31.0446	-28.9765	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	105.128	0	105.128	116.023	116.023
15	0.323336	32.8847	-26.5931	3a_liq	0	4.56541	4.59563	6.674	113.805	30.224	83.5811	116.106	85.8817
16	0.323336	33.7791	-24.2264	3a_liq	0	4.56541	4.67564	6.7902	116.768	31.7315	85.0365	118.872	87.1404
17	0.323336	34.5808	-21.9031	3a_liq	0	4.56541	4.74838	6.89583	119.442	33.0828	86.3592	121.351	88.2683
18	0.323336	35.2945	-19.617	3a_liq	0	4.56541	4.38976	6.37503	114.123	34.2858	79.8369	115.687	81.4014
19	0.323336	35.9241	-17.3631	3a_liq	0	4.56541	4.09509	5.94709	109.825	35.3469	74.4777	111.105	75.7581
20	0.323336	36.4728	-15.1367	3a_liq	0	4.56541	4.14628	6.02143	111.681	36.2718	75.4088	112.802	76.5304
21	0.323336	36.9434	-12.9334	3a_liq	0	4.56541	4.19143	6.087	113.295	37.065	76.2298	114.257	77.1923
22	0.323336	37.3381	-10.7495	3a_liq	0	4.56541	4.23072	6.14407	114.675	37.7303	76.9446	115.478	77.7478
23	0.323336	37.6587	-8.58123	3a_liq	0	4.56541	4.26431	6.19284	115.826	38.2707	77.5552	116.469	78.1987
24	0.323336	37.8996	-6.42533	3a_liq	0	4.56541	4.2911	6.23175	116.731	38.6887	78.0425	117.214	78.5258
25	0.323336	37.203	-4.27855	3a_liq	0	4.56541	4.16572	6.04967	114.748	38.9859	75.7622	115.06	76.0739
26	0.323336	35.8362	-2.13778	3a_liq	0	4.56541	3.93258	5.71109	110.686	39.1638	71.5222	110.833	71.6699
27	0.323336	34.399	0	3a_liq	0	4.56541	3.693	5.36316	106.388	39.223	67.1648	106.388	67.1648
28	0.323336	32.8916	2.13778	3a_liq	0	4.56541	3.44699	5.00589	101.855	39.1638	62.6908	101.726	62.5621
29	0.323336	31.3138	4.27855	3a_liq	0	4.56541	3.19453	4.63925	97.085	38.9859	58.0991	96.846	57.8601
30	0.323336	29.6652	6.42533	3a_liq	0	4.56541	2.93555	4.26315	92.0776	38.6887	53.3889	91.747	53.0583
31	0.323336	27.945	8.58123	3a_liq	0	4.56541	2.66997	3.87747	86.8296	38.2707	48.5589	86.4267	48.156
32	0.323336	26.1521	10.7495	3a_liq	0	4.56541	2.39767	3.48202	81.3369	37.7303	43.6066	80.8817	43.1514
33	0.323336	24.2851	12.9334	3a_liq	0	4.56541	2.11849	3.07658	75.5944	37.065	38.5294	75.1079	38.0429
34	0.323336	22.798	15.1367	3a_liq	0	4.56541	1.91088	2.77508	71.0252	36.2718	34.7534	70.5083	34.2365
35	0.323336	22.1121	17.3631	3a_liq	0	4.56541	1.84846	2.68443	68.965	35.3469	33.6181	68.3871	33.0402
36	0.323336	21.3676	19.617	3a_liq	0	4.56541	1.78336	2.58989	66.72	34.2858	32.4342	66.0844	31.7986
37	0.323336	20.5389	21.9031	3a_liq	0	4.56541	1.71148	2.48549	64.2096	33.0828	31.1268	63.5215	30.4387
38	0.323336	19.6222	24.2264	3a_liq	0	4.56541	1.63244	2.37071	61.4208	31.7315	29.6893	60.6863	28.9548
39	0.323336	18.6128	26.5931	3a_liq	0	4.56541	1.54584	2.24495	58.3383	30.224	28.1143	57.5644	27.3404
40	0.326262	17.6816	29.0211	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	65.1036	0	65.1036	54.1888	54.1888
41	0.326262	16.5549	31.5189	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	62.7998	0	62.7998	50.7347	50.7347
42	0.326262	15.3191	34.0856	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	60.2592	0	60.2592	46.9462	46.9462
43	0.326262	13.9559	36.7329	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	57.4494	0	57.4494	42.7673	42.7673
44	0.326262	12.4519	39.4751	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	54.3603	0	54.3603	38.1567	38.1567
45	0.326262	10.7902	42.3305	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	50.9837	0	50.9837	33.0627	33.0627
46	0.326262	8.94867	45.3226	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	47.3139	0	47.3139	27.4172	27.4172
47	0.326262	6.8976	48.4829	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	43.3533	0	43.3533	21.1295	21.1295
48	0.326262	4.59555	51.8554	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	39.1229	0	39.1229	14.072	14.072
49	0.326262	1.98148	55.5053	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	34.6894	0	34.6894	6.05804	6.05804
50	0.0629738	0.0566764	57.7998	Unità3b	28.5714	0	19.6739	28.5714	32.1247	0	32.1247	0.883332	0.883332

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.45225

--



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

98 di 112

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	28.0261	26.2124	0	0	0
2	28.3416	25.3252	7.91453	0	0
3	28.6571	24.6531	18.7938	0	0
4	28.9726	24.1	30.9564	0	0
5	29.0356	24	33.5937	0	0
6	29.4085	23.4625	50.1308	0	0
7	29.7814	23	69.6751	0	0
8	30.096	22.6553	88.4823	0	0
9	30.4106	22.3449	107.296	0	0
10	30.7252	22.064	125.745	0	0
11	31.0398	21.8091	143.567	0	0
12	31.3544	21.5771	160.567	0	0
13	31.669	21.3661	176.595	0	0
14	31.9836	21.1742	191.535	0	0
15	32.2982	21	203.664	0	0
16	32.6216	20.8381	220.6	0	0
17	32.9449	20.6926	236.078	0	0
18	33.2683	20.5626	250.071	0	0
19	33.5916	20.4474	261.804	0	0
20	33.9149	20.3463	271.584	0	0
21	34.2383	20.2588	280.012	0	0
22	34.5616	20.1846	287.07	0	0
23	34.8849	20.1232	292.742	0	0
24	35.2083	20.0744	297.015	0	0
25	35.5316	20.038	299.879	0	0
26	35.8549	20.0138	301.309	0	0
27	36.1783	20.0017	301.374	0	0
28	36.5016	20.0017	300.18	0	0
29	36.8249	20.0138	297.837	0	0
30	37.1483	20.038	294.456	0	0
31	37.4716	20.0744	290.155	0	0
32	37.795	20.1232	285.055	0	0
33	38.1183	20.1846	279.288	0	0
34	38.4416	20.2588	272.99	0	0
35	38.765	20.3463	266.16	0	0
36	39.0883	20.4474	258.591	0	0
37	39.4116	20.5626	250.325	0	0
38	39.735	20.6926	241.425	0	0
39	40.0583	20.8381	231.961	0	0
40	40.3816	21	222.018	0	0
41	40.7079	21.181	203.819	0	0
42	41.0342	21.3811	184.838	0	0
43	41.3604	21.6019	165.119	0	0
44	41.6867	21.8453	144.716	0	0
45	42.013	22.1141	123.693	0	0
46	42.3392	22.4113	102.126	0	0
47	42.6655	22.7412	80.0986	0	0
48	42.9917	23.1098	57.7053	0	0
49	43.318	23.5252	35.0369	0	0
50	43.6443	24	12.1507	0	0
51	43.7072	24.1	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-2	24
59	24

Distributed Load

X	Y
33.4149	26.2124
23.2768	26.2124



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

99 di 112

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
269481	26.2124
242388	26.2124

Distributed Load

X	Y
32.0588	26.2124
29.4727	26.2124

External Boundary

X	Y
0	0
57.7597	0
57.7597	7.1
57.7597	11.1
57.7597	13.1
57.7597	19
57.7597	20
57.7597	21
57.7597	24.1
40.5	24.1
38.5	24.1
35.5	26.2124
21.325	26.2124
18	24.1
16	24.1
9.25967	24.1
0	24.1
0	21
0	20
0	19
0	13.1
0	11.1
0	7.1

Material Boundary

X	Y
16	24.1
18	23
38.5	23
40.5	24.1

Material Boundary

X	Y
18	24.1
38.5	24.1

Material Boundary

X	Y
0	20
57.7597	20

Material Boundary

X	Y
0	13.1
57.7597	13.1

Material Boundary

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

100 di
112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
0	11.1
57.7597	11.1

Material Boundary

X	Y
0	7.1
37.3746	7.1
57.7597	7.1

Material Boundary

X	Y
0	21
57.7597	21

Material Boundary

X	Y
0	19
57.7597	19



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

101 di
112

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: R125_B_post_1.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 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 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

102 di
112

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]: 1.5
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]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties

Property	Rilevato	3a_liq	Unità6	Unità4	colonne	Unità 2	scotico	unità 3b
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained						
Unit Weight [kN/m ³]	20	18	19	19	18	19	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	5.7	39	38	36	28	36	40
Cohesion Type								
Water Surface	Water Table	Water Table						
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1	0



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

103 di
112

SLIDEINTERPRET 7.038



Global Minimums

Method: bishop simplified

	FS	1.632230
Center:	37.773, 27.253	
Radius:	3.700	
Left Slip Surface Endpoint:	34.329, 25.900	
Right Slip Surface Endpoint:	39.709, 24.100	
Resisting Moment:	198.409 kN-m	
Driving Moment:	121.557 kN-m	
Total Slice Area:	5.01721 m ²	
Surface Horizontal Width:	5.3804 m	
Surface Average Height:	0.932499 m	

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1084
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.63223





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

104 di
112

SLIDEINTERPRET 7.038

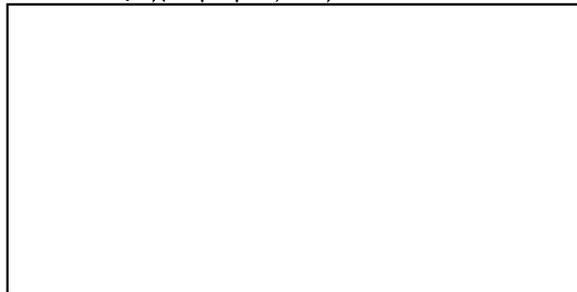


SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

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	0.11597	0.306579	-66.3137	Rilevato	0	32.0066	0.540668	0.882494	1.41193	0	1.41193	2.64441	2.64441
2	0.11597	0.867764	-62.1556	Rilevato	0	32.0066	1.66159	2.71209	4.33913	0	4.33913	7.48469	7.48469
3	0.11597	1.34196	-58.5137	Rilevato	0	32.0066	2.72715	4.45133	7.12179	0	7.12179	11.5745	11.5745
4	0.11597	1.7552	-55.2202	Rilevato	0	32.0066	3.73664	6.09905	9.75804	0	9.75804	15.1384	15.1384
5	0.11597	2.12212	-52.1815	Rilevato	0	32.0066	4.69328	7.66051	12.2563	0	12.2563	18.3028	18.3028
6	0.11597	2.45196	-49.339	Rilevato	0	32.0066	5.60096	9.14205	14.6266	0	14.6266	21.1473	21.1473
7	0.11597	2.75102	-46.6528	Rilevato	0	32.0066	6.46337	10.5497	16.8788	0	16.8788	23.7262	23.7262
8	0.11597	3.02381	-44.0945	Rilevato	0	32.0066	7.28384	11.8889	19.0215	0	19.0215	26.0786	26.0786
9	0.11597	3.25989	-41.6427	Rilevato	0	32.0066	8.03122	13.1088	20.9732	0	20.9732	28.1143	28.1143
10	0.11597	3.36192	-39.2811	Rilevato	0	32.0066	8.45457	13.7998	22.0787	0	22.0787	28.994	28.994
11	0.11597	3.42046	-36.9969	Rilevato	0	32.0066	8.76653	14.309	22.8933	0	22.8933	29.4986	29.4986
12	0.11597	3.46239	-34.7794	Rilevato	0	32.0066	9.03224	14.7427	23.5872	0	23.5872	29.86	29.86
13	0.11597	3.48907	-32.6202	Rilevato	0	32.0066	9.25421	15.105	24.1669	0	24.1669	30.0898	30.0898
14	0.0865822	2.61418	-30.774	scotico	0	30.1666	8.87161	14.4805	24.9135	0	24.9135	30.1966	30.1966
15	0.0865822	2.61559	-29.2256	scotico	0	30.1666	8.97135	14.6433	25.1935	0	25.1935	30.2127	30.2127
16	0.106788	3.21985	-27.5252	scotico	0	30.1666	8.97533	14.6498	25.4776	0.272963	25.2046	30.1549	29.8819
17	0.106788	3.20453	-25.6755	scotico	0	30.1666	8.88227	14.4979	25.7411	0.797737	24.9434	30.0112	29.2134
18	0.106788	3.18022	-23.8541	scotico	0	30.1666	8.7688	14.3127	25.9058	1.28116	24.6246	29.7832	28.502
19	0.106788	3.14729	-22.058	scotico	0	30.1666	8.63555	14.0952	25.9754	1.72502	24.2504	29.4745	27.7495
20	0.106788	3.10608	-20.2845	scotico	0	30.1666	8.48306	13.8463	25.9531	2.13086	23.8222	29.0884	26.9576
21	0.106788	3.05689	-18.531	scotico	0	30.1666	8.31182	13.5668	25.8415	2.50003	23.3414	28.6276	26.1275
22	0.106788	2.99997	-16.7954	scotico	0	30.1666	8.12226	13.2574	25.6428	2.8337	22.8091	28.0944	25.2607
23	0.106788	2.93554	-15.0755	scotico	0	30.1666	7.91463	12.9185	25.3589	3.13289	22.226	27.4908	24.3579
24	0.106788	2.8638	-13.3695	scotico	0	30.1666	7.68917	12.5505	24.9913	3.39847	21.5928	26.8188	23.4203
25	0.106788	2.7849	-11.6754	scotico	0	30.1666	7.44601	12.1536	24.5412	3.6312	20.91	26.0798	22.4486
26	0.106788	2.699	-9.99164	scotico	0	30.1666	7.1852	11.7279	24.0093	3.83172	20.1776	25.2752	21.4434
27	0.107011	2.60985	-8.31482	colonne	0	30.1666	6.90117	11.2643	23.3808	4.00071	19.38	24.3893	20.3886
28	0.107011	2.50681	-6.6434	colonne	0	30.1666	6.59478	10.7642	22.6582	4.13856	18.5196	23.4263	19.2877
29	0.107011	2.39769	-4.97765	colonne	0	30.1666	6.27252	10.2382	21.8601	4.24541	17.6147	22.4064	18.161
30	0.107011	2.28253	-3.31611	colonne	0	30.1666	5.93429	9.68612	20.9863	4.32154	16.6647	21.3301	17.0086
31	0.107011	2.16138	-1.65736	colonne	0	30.1666	5.57981	9.10753	20.0364	4.36714	15.6693	20.1979	15.8307
32	0.107011	2.03425	0	colonne	0	30.1666	5.20882	8.502	19.0098	4.38232	14.6275	19.0098	14.6275
33	0.107011	1.90117	1.65736	colonne	0	30.1666	4.82101	7.86899	17.9056	4.36714	13.5384	17.7661	13.3989
34	0.107011	1.76211	3.31611	colonne	0	30.1666	4.41592	7.20779	16.7223	4.32154	12.4008	16.4665	12.1449
35	0.107011	1.61706	4.97765	colonne	0	30.1666	3.99304	6.51756	15.4587	4.24541	11.2133	15.1109	10.8655
36	0.107011	1.46597	6.6434	colonne	0	30.1666	3.55178	5.79732	14.1127	4.13856	9.97415	13.699	9.56047
37	0.107011	1.3088	8.31482	colonne	0	30.1666	3.09142	5.04591	12.6821	4.00071	8.68141	12.2303	8.22961
38	0.106788	1.14126	9.99164	scotico	0	30.1666	2.60449	4.25112	11.1457	3.83172	7.31401	10.6869	6.85516
39	0.106788	1.00731	11.6754	scotico	0	30.1666	2.22992	3.63974	9.89333	3.6312	6.26213	9.43254	5.80134
40	0.106788	0.953466	13.3695	scotico	0	30.1666	2.15121	3.51127	9.43955	3.39847	6.04108	8.92827	5.5298
41	0.106788	0.895645	15.0755	scotico	0	30.1666	2.06939	3.37772	8.94419	3.13289	5.8113	8.38677	5.25388
42	0.106788	0.830508	16.7954	scotico	0	30.1666	1.9722	3.21908	8.37205	2.8337	5.53835	7.77678	4.94308
43	0.106788	0.757864	18.531	scotico	0	30.1666	1.85865	3.03374	7.7195	2.50003	5.21947	7.09649	4.59646
44	0.106788	0.67749	20.2845	scotico	0	30.1666	1.72761	2.81986	6.98237	2.13086	4.85151	6.34384	4.21298
45	0.106788	0.589134	22.058	scotico	0	30.1666	1.57778	2.5753	6.15575	1.72502	4.43073	5.51643	3.79141
46	0.106788	0.4925	23.8541	scotico	0	30.1666	1.40758	2.29749	5.23394	1.28116	3.95278	4.61154	3.33038
47	0.106788	0.387253	25.6755	scotico	0	30.1666	1.21516	1.98342	4.21017	0.797737	3.41243	3.62599	2.82826
48	0.106788	0.273004	27.5252	scotico	0	30.1666	0.998297	1.62945	3.0764	0.272963	2.80343	2.55616	2.2832
49	0.0865822	0.131224	29.2256	scotico	0	30.1666	0.673863	1.0999	1.89236	0	1.89236	1.51536	1.51536
50	0.0865822	0.0446418	30.774	scotico	0	30.1666	0.232976	0.380271	0.654247	0	0.654247	0.515509	0.515509

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.63223





Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI250001C

105 di
112



Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	34.329	25.9	0	0	0
2	34.4449	25.6356	0.310596	0	0
3	34.5609	25.4161	1.07066	0	0
4	34.6769	25.2267	2.1031	0	0
5	34.7928	25.0598	3.29949	0	0
6	34.9088	24.9104	4.58675	0	0
7	35.0248	24.7753	5.91242	0	0
8	35.1408	24.6525	7.23711	0	0
9	35.2567	24.5401	8.53023	0	0
10	35.3727	24.437	9.76216	0	0
11	35.4887	24.3421	10.8766	0	0
12	35.6046	24.2548	11.8611	0	0
13	35.7206	24.1742	12.714	0	0
14	35.8366	24.1	13.4352	0	0
15	35.9232	24.0484	13.9521	0	0
16	36.0097	24	14.3963	0	0
17	36.1165	23.9443	14.8563	0	0
18	36.2233	23.893	15.2298	0	0
19	36.3301	23.8458	15.5173	0	0
20	36.4369	23.8025	15.7197	0	0
21	36.5437	23.7631	15.8388	0	0
22	36.6505	23.7273	15.8768	0	0
23	36.7573	23.695	15.8365	0	0
24	36.864	23.6663	15.7213	0	0
25	36.9708	23.6409	15.535	0	0
26	37.0776	23.6188	15.2819	0	0
27	37.1844	23.6	14.9668	0	0
28	37.2914	23.5844	14.5945	0	0
29	37.3984	23.5719	14.1716	0	0
30	37.5054	23.5626	13.7046	0	0
31	37.6124	23.5564	13.2001	0	0
32	37.7195	23.5533	12.6654	0	0
33	37.8265	23.5533	12.1084	0	0
34	37.9335	23.5564	11.5374	0	0
35	38.0405	23.5626	10.9615	0	0
36	38.1475	23.5719	10.3904	0	0
37	38.2545	23.5844	9.83463	0	0
38	38.3615	23.6	9.30569	0	0
39	38.4683	23.6188	8.81806	0	0
40	38.5751	23.6409	8.36177	0	0
41	38.6819	23.6663	7.89262	0	0
42	38.7887	23.695	7.4145	0	0
43	38.8955	23.7273	6.93418	0	0
44	39.0023	23.7631	6.45951	0	0
45	39.109	23.8025	5.99955	0	0
46	39.2158	23.8458	5.56481	0	0
47	39.3226	23.893	5.16745	0	0
48	39.4294	23.9443	4.82163	0	0
49	39.5362	24	4.54389	0	0
50	39.6228	24.0484	4.39392	0	0
51	39.7094	24.1	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1.494	24
59.971	24

Distributed Load

X	Y
33.4339	25.9
23.2958	25.9

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

106 di
112

SLIDEINTERPRET 7.038



X	Y
27.2093	25.9
24.5924	25.9

Distributed Load

X	Y
32.1968	25.9
29.6107	25.9

External Boundary

X	Y
18.1579	24.1
16	24.1
0	24.1
0	21
0	18.1
0	13.1
0	11.1
0	7.1
0	0
57.7597	0
57.7597	7.1
57.7597	11.1
57.7597	13.1
57.7597	18.1
57.7597	21
57.7597	24.1
41	24.1
38.492	24.1
35.3234	25.9
21.325	25.9

Material Boundary

X	Y
16	18.1
16	21
16	23.6
16	24.1

Material Boundary

X	Y
41	18.1
41	21
41	23.6
41	24.1

Material Boundary

X	Y
0	13.1
57.7597	13.1

Material Boundary

X	Y
0	11.1
57.7597	11.1

Material Boundary

X	Y
0	7.1
57.7597	7.1

Material Boundary

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

107 di
112

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
0	18.1
16	18.1
41	18.1
57.7597	18.1

Material Boundary

X	Y
16	23.6
41	23.6

Material Boundary

X	Y
18.1579	24.1
38.492	24.1

Material Boundary

X	Y
0	21
16	21

Material Boundary

X	Y
41	21
57.7597	21

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2500001C	108 di 112

ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

109 di
112

Settle3D Analysis Information

Rilevato

Project Settings

Document Name: Ri25.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: 1.09587 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.0634446
Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.0634446
Loading Stress [kPa]	0	72.9808
Total Stress [kPa]	0	769.814
Total Strain	-0	0.0128559
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	1	769.385
Over-consolidation Ratio	1	5.75347
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

Length: 11.6 m
Width: 100 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 1160 m²
Load: 13 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 1

Coordinates



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI250001C

Foglio

110 di
112

X [m]	Y [m]
-5.79696	-50
5.80304	-50
5.80304	50
-5.79696	50

Embankments

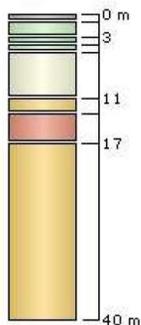
1. Embankment

Center Line: (0, -50) to (0, 50)
Number of Layers: 1
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 20

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	2.2	20	34	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	scotico	1	0
2	3b	2	1
3	3a	1	3
4	3b	1	4
5	u6	6	5
6	u4	2	11
7	u2	4	13
8	u4	23	17



Soil Properties

Property	3b	u6	u2	u4	scotico	3a
Color						



Rilevato ferroviario AV da pk 15+055,33 a pk 15+548,56
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2500001C

Foglio

111 di
112

Unit Weight [kN/m ³]	18	19	19	19	20	18
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	5000	60000	25000	80000	30000	5000
Esur [kPa]	5000	60000	25000	80000	30000	5000

Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0.00303833, 4.9738e-014	Auto: 65

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-20, 0	20, 0	100	Auto: 61

<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 15+055,33 a pk 15+548,56 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2500001C</p>	<p>Foglio 112 di 112</p>

ALLEGATO 7 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

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