

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 3+700,00 a pk 4+046,17

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:	ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n.A1206 Data:		-

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

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

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	



Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	N. Valimberti	Marzo 2021	V. Pastore	Marzo 2021	P. Ascari	Marzo 2021	 P. Ascari Data: Aprile 2021
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE	N. Valimberti	Aprile 2021	V. Pastore	Aprile 2021	P. Ascari	Aprile 2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1711E12RBRI1100001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 2 di 81</p>

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	Inquadramento geotecnico	9
4.1.1	Indagini disponibili	11
4.1.2	Livello di falda	12
4.2	Condizioni geotecniche del sito	13
4.3	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	21
4.3.1	Materiale da rilevato	21
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	22
5.1	Sollecitazione sismica di progetto	22
5.1.1	Vita Nominale	22
5.1.2	Classe d'uso	22
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	23
5.1.4	Categorie di Sottosuolo	23
5.1.5	Condizioni topografiche	23
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	24
5.2	Susceptibilità alla liquefazione	24
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	26
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT	28
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	34
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite	34
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU)	34
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	36
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche	36
6.2	Azioni di progetto	36
6.2.1	Azioni permanenti	37

GENERAL CONTRACTOR





ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI1100001B	3 di 81

6.2.2	Azioni variabili	37
6.2.3	Azione sismica	37
6.3	Verifiche e risultati SLU	38
6.3.1	Premessa	38
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	38
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	39
6.4	Verifica e risultati SLE	41
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	47
Allegati		48
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO		49
ALLEGATO 2 - SONDAGGI		51
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO		58
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO		68
ALLEGATO 5 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE		77

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 4 di 81

1 INTRODUZIONE



Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI11, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 3+700,00 ed il km 4+046,17.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato, ricavato 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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 5 di 81



2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000001A Relazione Geotecnica (da 0+000 a 10+050)
- [3] IN1710EI2LZGE0000012A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 1 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, 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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1 100001B</p>	<p>Foglio 6 di 81</p>

[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

[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] 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.



[30] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.

[31] 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.

[32] 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.

[33] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017

[34] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 7 di 81</p>

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende dalla pk 3+700,00 alla pk 4+046,17 per una lunghezza totale di 346,17 m.

Il rilevato viene realizzato in un'area interessata dalla preesistenza del rilevato ferroviario della linea storica.

Dalla pk 3+700 (inizio della WBS) alla pk 3+900 il rilevato risulta in affiancamento a quello della LS, mentre per le successive progressive il nuovo tracciato si distacca da questa.

Inoltre, dalla pk 3+775 alla pk 3+925 (quindi in sovrapposizione con il tratto in affiancamento alla LS sul lato nord) il lato sud del rilevato risulta essere interessato dalla costruzione in affiancamento di un piazzale destinato alla sottostazione elettrica (FA02-SSE), largo 60 m e lungo 150 m, avente altezza praticamente coincidente con quelle del rilevato. per la restante porzione della tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

3.1 Geometria del rilevato

Come detto il rilevato risulta in affiancamento alla linea storica per la maggior parte della tratta. Il rilevato, lungo 346,17 m, ha tre sezioni caratteristiche, come di seguito descritto:

- Dalla pk 3+700 alla pk 3+775 il rilevato è realizzato in affiancamento alla linea storica sul suo lato nord, mentre il lato sud si raccorda al terreno naturale con una scarpata con pendenza 2/3 (V:H), vedi sezione A (Figura 1). La sezione mostra in prospettiva il rilevato del piazzale.
- Dalla pk 3+775 alla pk 3+925 il rilevato è realizzato in affiancamento alla linea storica sul lato nord e in affiancamento al piazzale sul lato sud, vedi sezione B (Figura 2).
- Infine, dalla pk 3+925 alla pk 4+046,17 il rilevato non risulta in affiancamento ed entrambi i lati si raccordano al terreno naturale con una scarpata di pendenza 2/3 (V.H).

L'altezza del rilevato risulta pressoché costante lungo tutto la tratta e nelle analisi viene considerata l'altezza massima di progetto pari a 3,5 m per tutte le configurazioni.

In particolare la sezione A (Figura 1) è la sezione ritenuta più significativa per le verifiche di stabilità del rilevato, mentre la sezione B (Figura 2) è la sezione ritenuta più critica in termini di cedimenti indotti, per la presenza del carico dovuto al piazzale della sottostazione elettrica.

In sede di Progetto Definitivo sono state previste inclusioni rigide alla base del rilevato per cautelarsi dallo sviluppo di cedimenti dovuti ad eventuali terreni potenzialmente cedevoli che però non sono stati riscontrati dai nuovi sondaggi del Progetto Esecutivo. Sulla base dei risultati ottenuto l'utilizzo di inclusioni rigide non si ritiene più necessario.

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
8 di 81

SEZIONE N.: 182
PROGRESSIVA: 3+725.000
QUOTA P. F.: 92.757

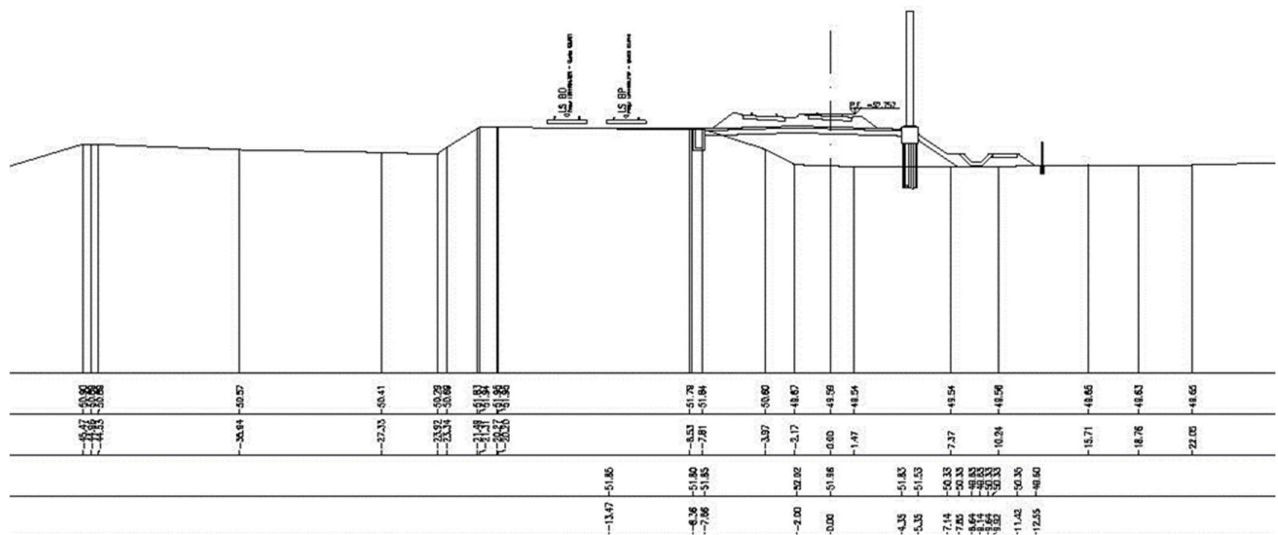


Figura 1 – Sezione di riferimento A (pk 3+725, n. 182) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

SEZIONE N.: 185
PROGRESSIVA: 3+800.000
QUOTA P. F.: 92.861

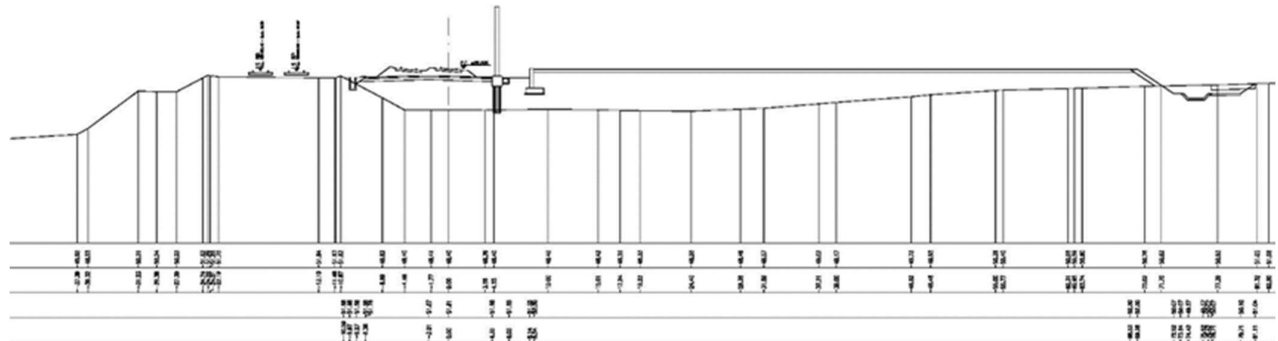




Figura 2 – Sezione di riferimento B (pk 3+800, n. 186) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 9 di 81

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Inquadramento geotecnico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla progressiva pk 3+700,00 alla pk 4+046,17.

Dal punto di vista geotecnico, la zona è generalmente interessata dalla presenza di ghiaie ben addensate (Unità 6), presenti praticamente a partire da pc, e fino ad una profondità di circa 13 m, sovrastanti strati di limi argillosi (Unità 2) da 13 m pc a 17 m pc, con spessore complessivo pari a 3-4 m, e confinati tra le ghiaie ed il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità a partire da 17 m pc.

Sulla base dei dati disponibili, si presuppone la locale presenza di un modesto spessore di strato di riporto, solitamente costituiti da materiali a gran grossa (sabbie e ghiaie) .

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 RI11, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 1 di 11 (Doc. Rif. [3]).

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBR1100001B

Foglio
10 di 81

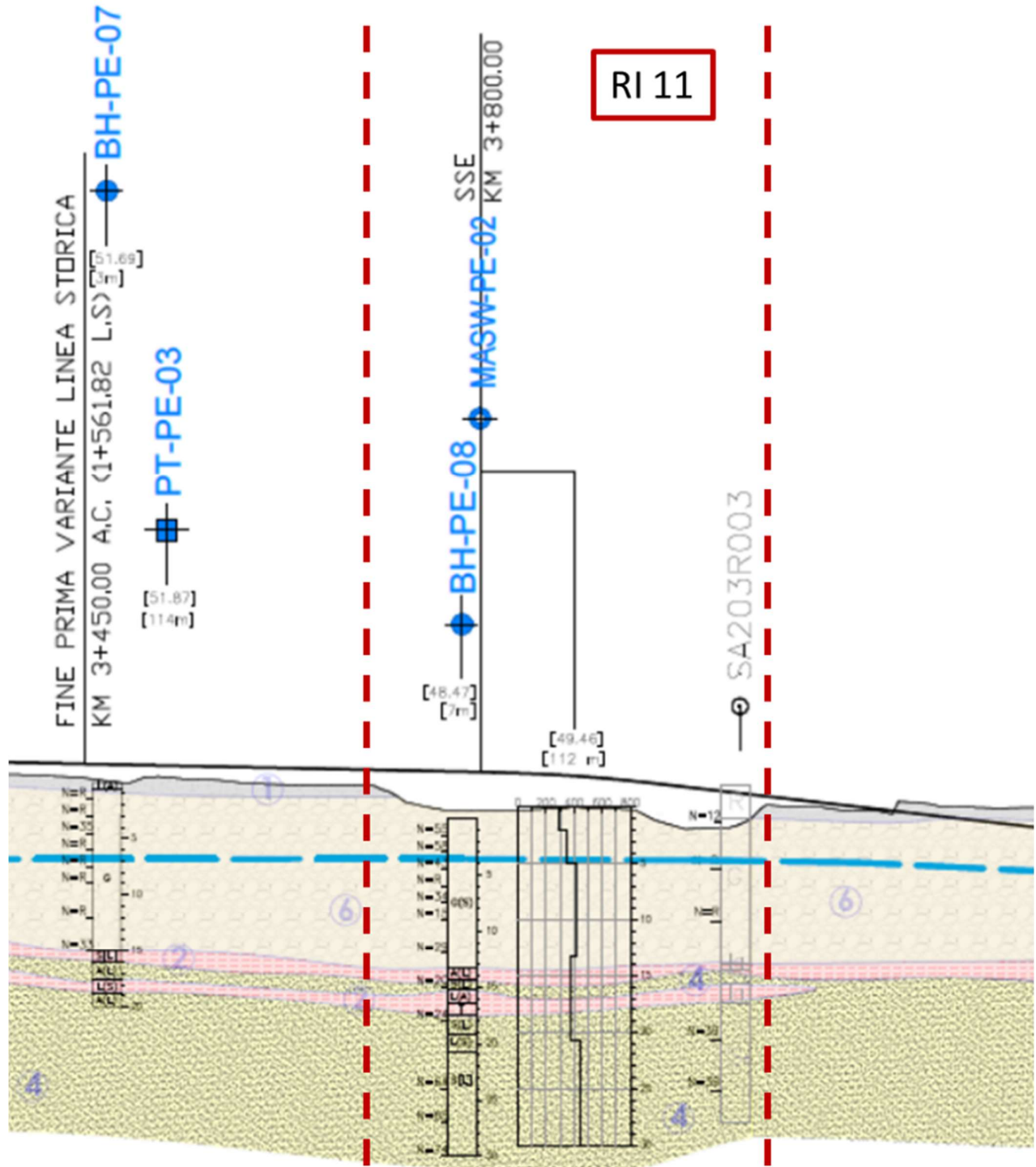




Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI11, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 11 di 81

4.1.1 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 3+400 a pk 4+200

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
3+469	BH-PE-07	2020-2021
3+784	BH-PE-08	2020-2021
3+790	MASW-PE-02	2020-2021
4+025	SA203R003	2002

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
12 di 81

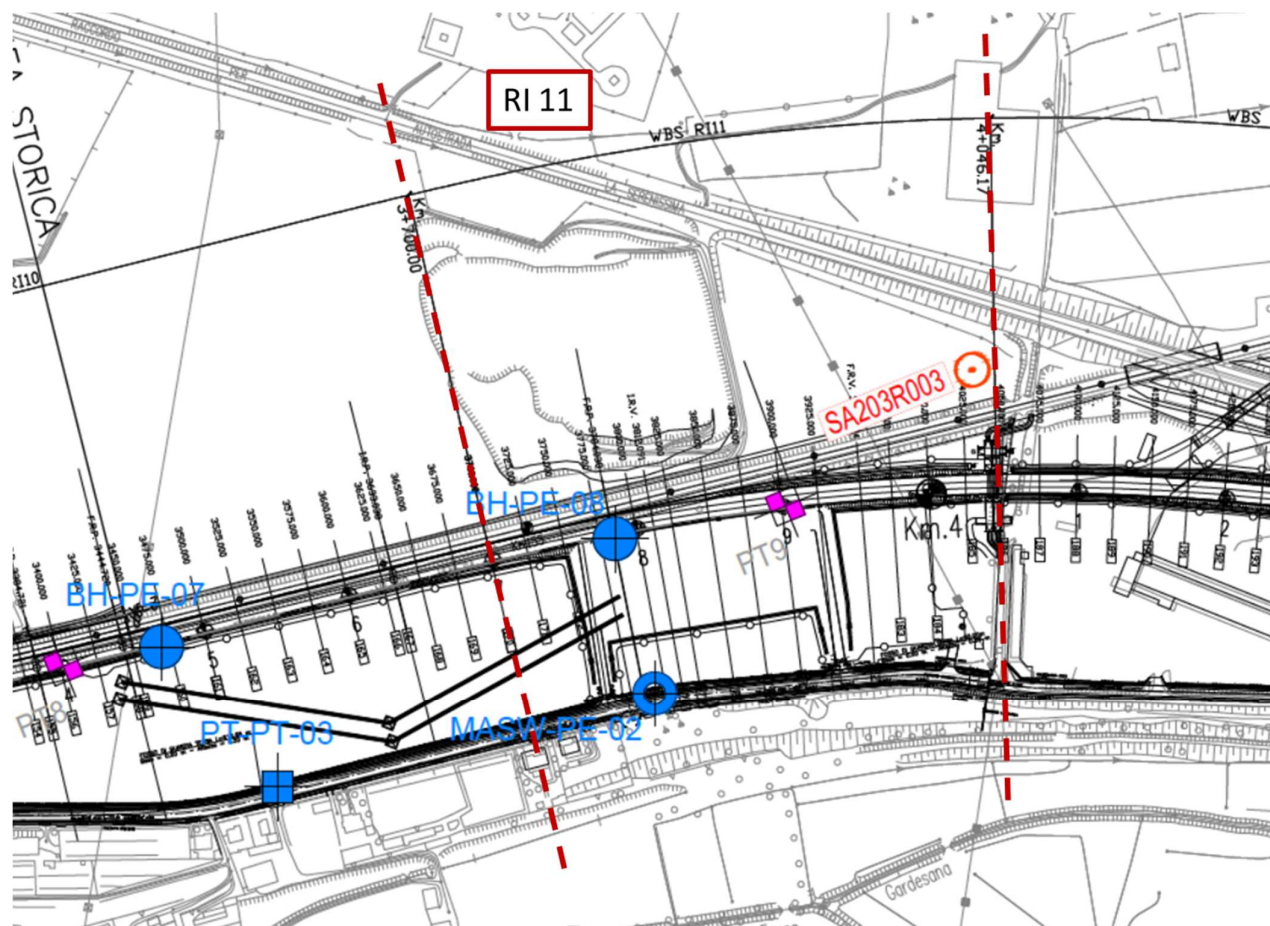




Figura 4 - Planimetria Rilevato RI11, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

4.1.2 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:

- falda di progetto a medio termine: -4m da piano campagna;
- falda di progetto a lungo termine: coincidente con piano campagna. Questo livello corrisponde all'evento di massina piena del fiume Adige.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 13 di 81</p>

4.2 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 6 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame. La porzione più superficiale è costituita da un sottile strato, spesso circa 50 cm, di terreno di riporto (Unità 1), che sarà rimosso nell'ambito delle attività di scotico. In ogni caso, le informazioni indicano che, in tale area, i riporti, quando presenti, sono usualmente costituiti da materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie), pertanto adatti, una volta costipati, a servire da idoneo strato di appoggio del rilevato.

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende da 0.5 m pc a circa 13 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori al 15%, e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 40 colpi/30cm, con valori anche superiori a 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 40 e il 70%, e quindi il deposito risulta da mediamente addensato ad addensato.



Più in profondità si individua la presenza di depositi di sabbie mediamente addensate (Unità 4), a partire dalla profondità di 17 m pc fino alla quota di fine sondaggi (30 m pc). In questo deposito le percentuali di materiale fino arrivano fino al 25-30% ed è caratterizzato da valori medi di N_{SPT} pari a 60 colpi/30cm con valori compresi tra 40 e 70 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 70% con valori anche superiori a 80%.

Come mostrato nel profilo geotecnico in Figura 3, tra le due unità, a profondità comprese tra 13 m pc e 17 m pc si evidenzia un'alternanza di strati limoso argillosi sovraconsolidati (Unità 2) e di strati sabbioso limosi. I valori di pocket penetrometer sono compresi fra 100 e 150 kPa, mentre l'indice dei vuoti risulta compreso fra 0.5 e 0.6.

Tali valori sono tipici di materiali compatti e 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 15 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di V_s crescenti e compresi tra 250 m/s e 400 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono da considerarsi pressoché costanti – variano tra 350 m/s e 450 m/s fino a 35 m pc. Sulla base dei valori di V_s si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per le ghiaie si ottengono valori crescenti compresi tra 120 MPa e 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 250 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 14 di 81</p>

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 (v. Figura 5);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 6);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 7);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 8);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 9);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 10).

AV/AC VERONA VICENZA

RI 11 da pk 3+700,00 a pk 4+046,17

Contributi granulometrici (%)

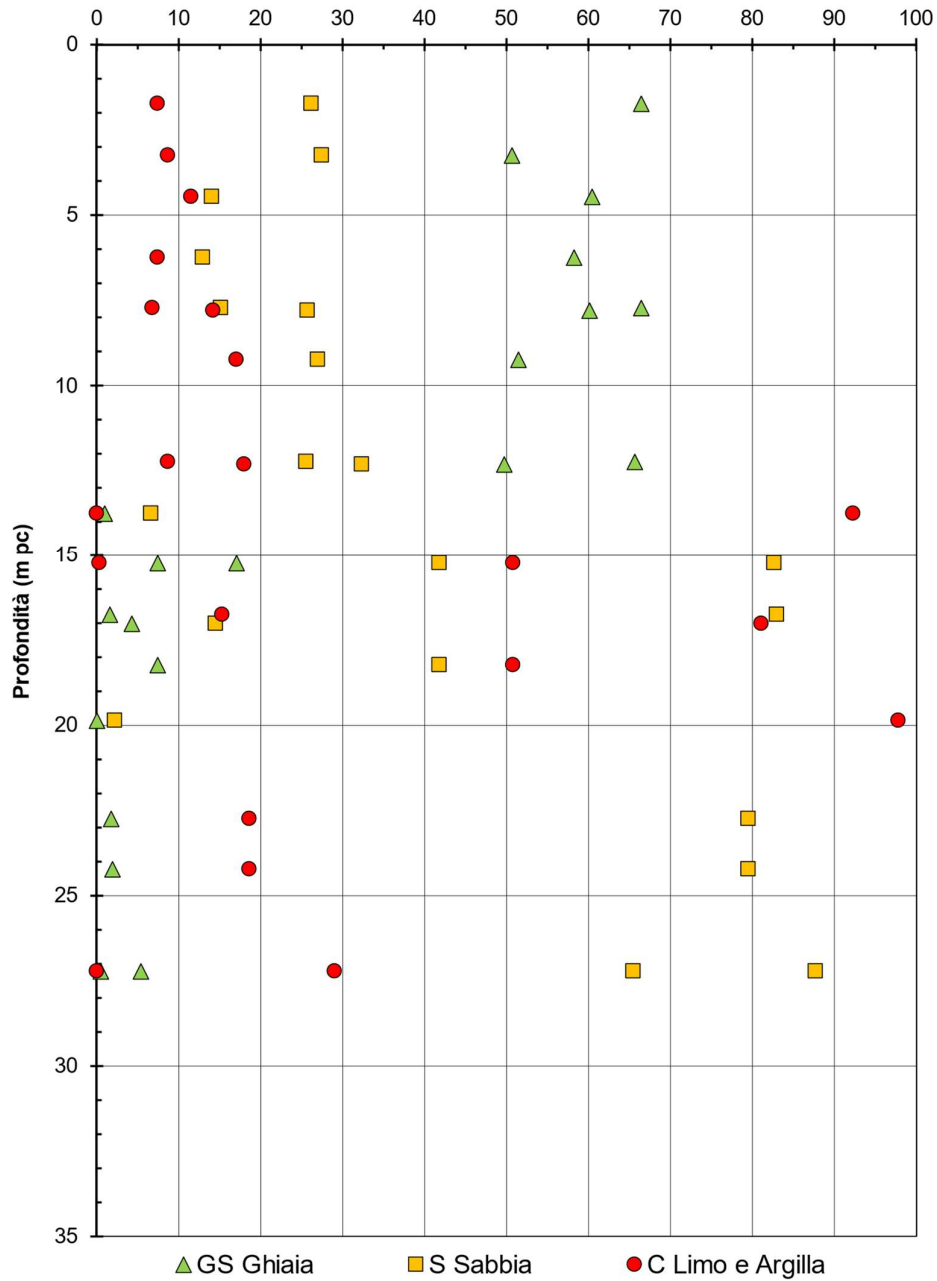


Figura 5 – Sintesi analisi granulometriche tra pk 3+700 a pk 4+046,17

AV/AC VERONA VICENZA

RI 11 da pk 3+700,00 a pk 4+046,17

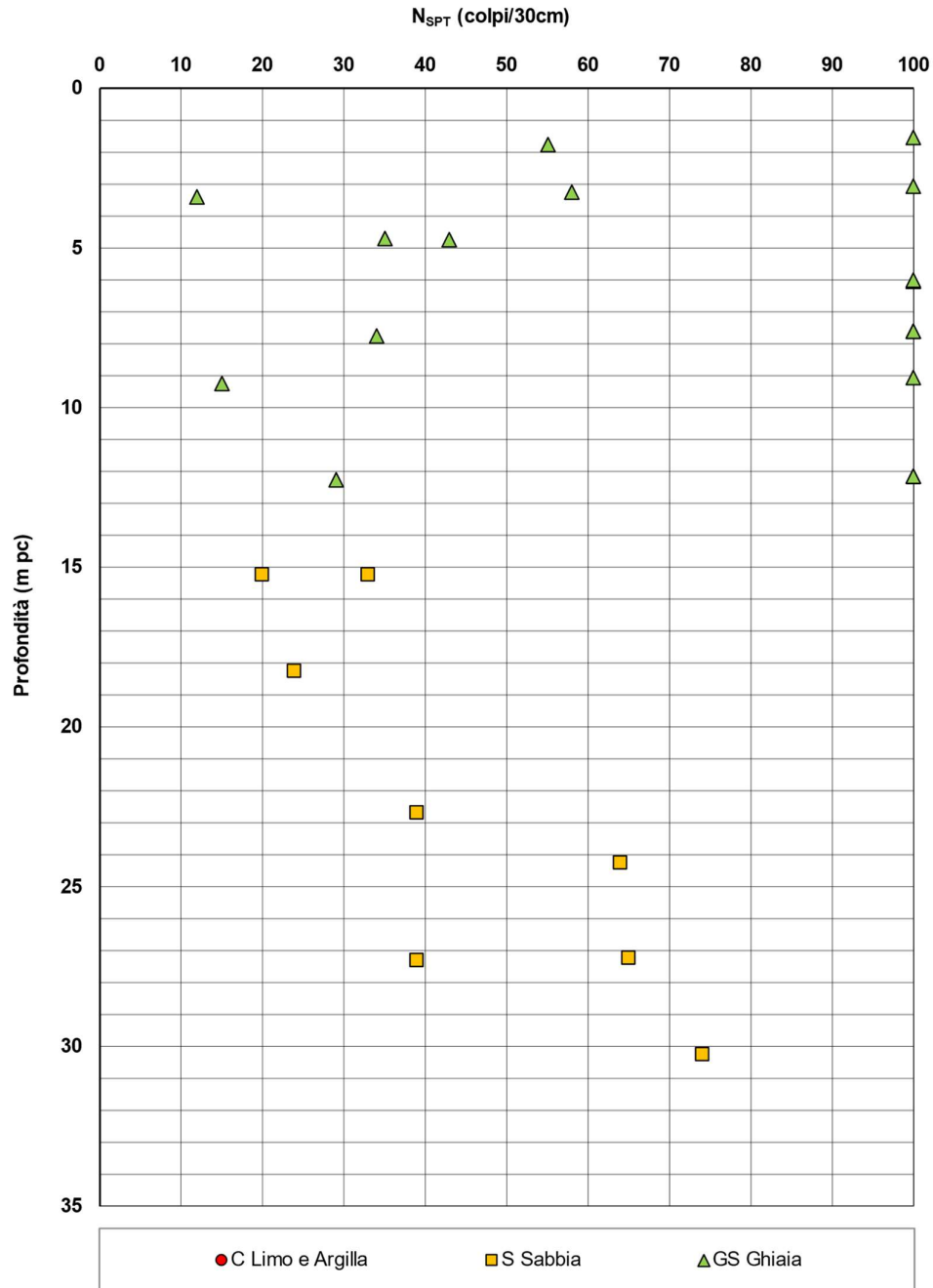


Figura 6 – Esito delle prove SPT tra pk 3+700 a pk 4+046,17

AV/AC VERONA VICENZA

RI 11 da pk 3+700,00 a pk 4+046,17

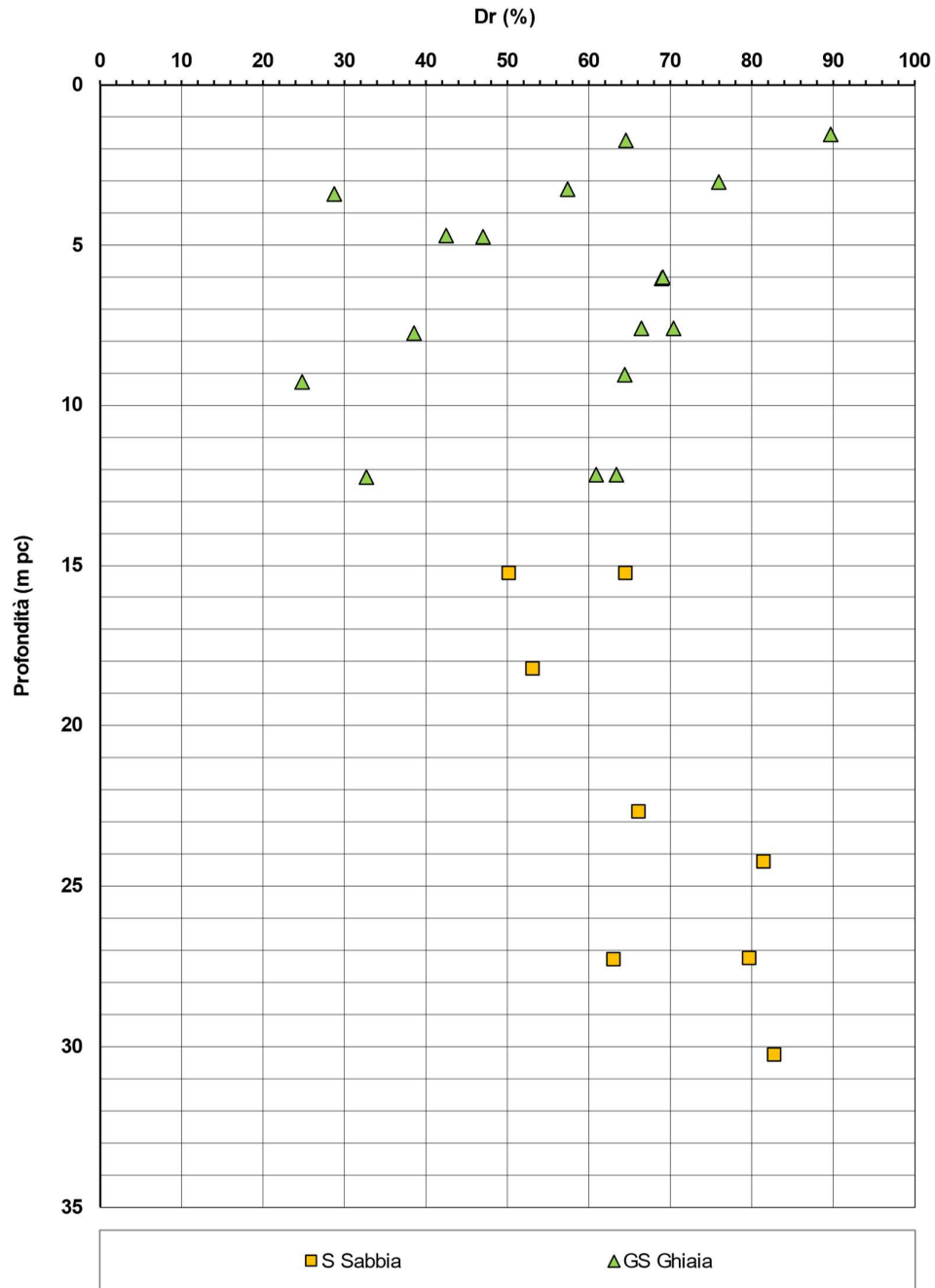


Figura 7 – Densità relativa da prove SPT tra pk 3+700 a pk 4+046,17

AV/AC VERONA VICENZA

RI 11 da pk 3+700,00 a pk 4+046,17

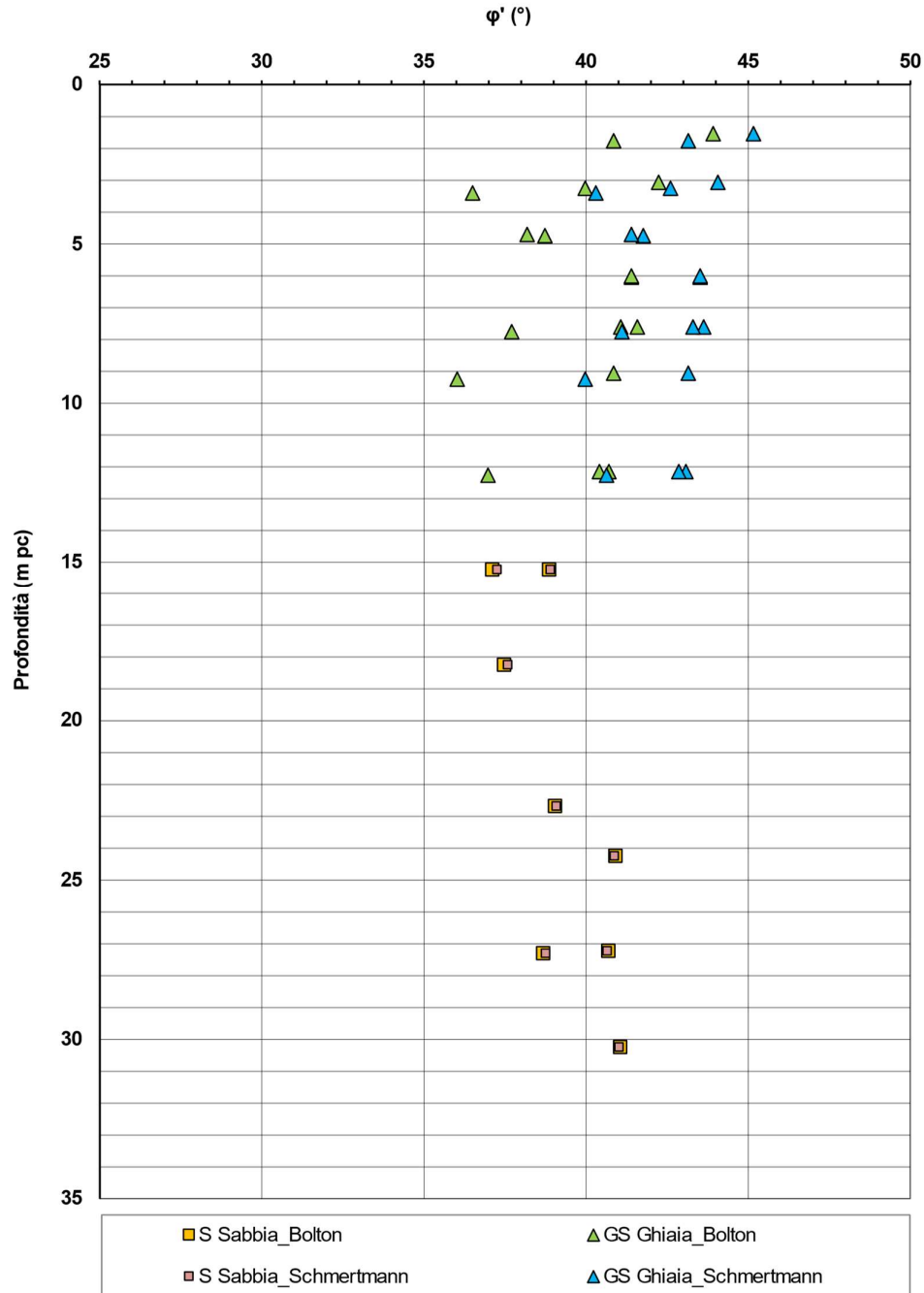


Figura 8 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 3+700 a pk 4+046,17

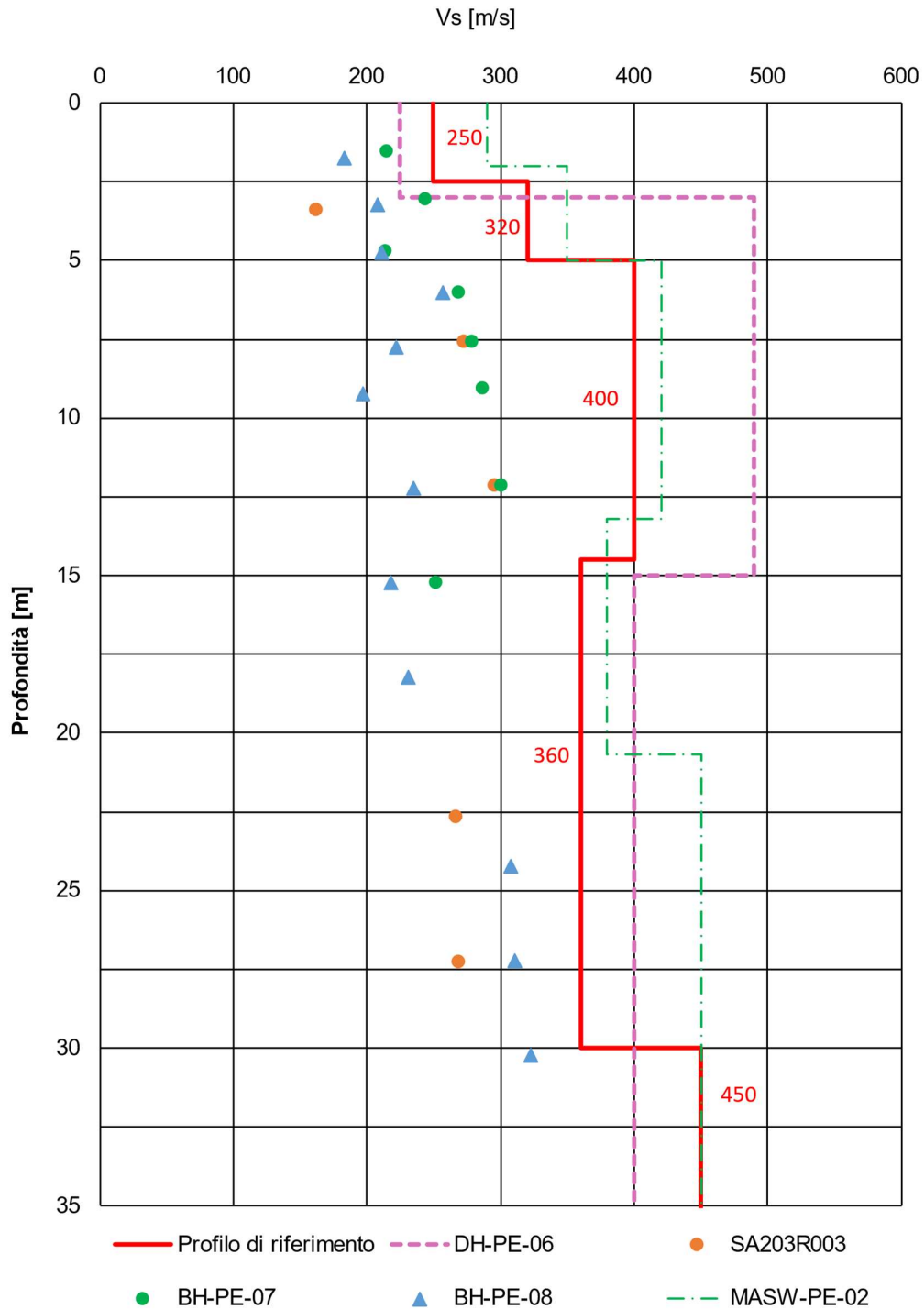


Figura 9 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 3+700 a pk 4+046,17

AV/AC VERONA VICENZA

pk 3+700 - pk 4+046,17

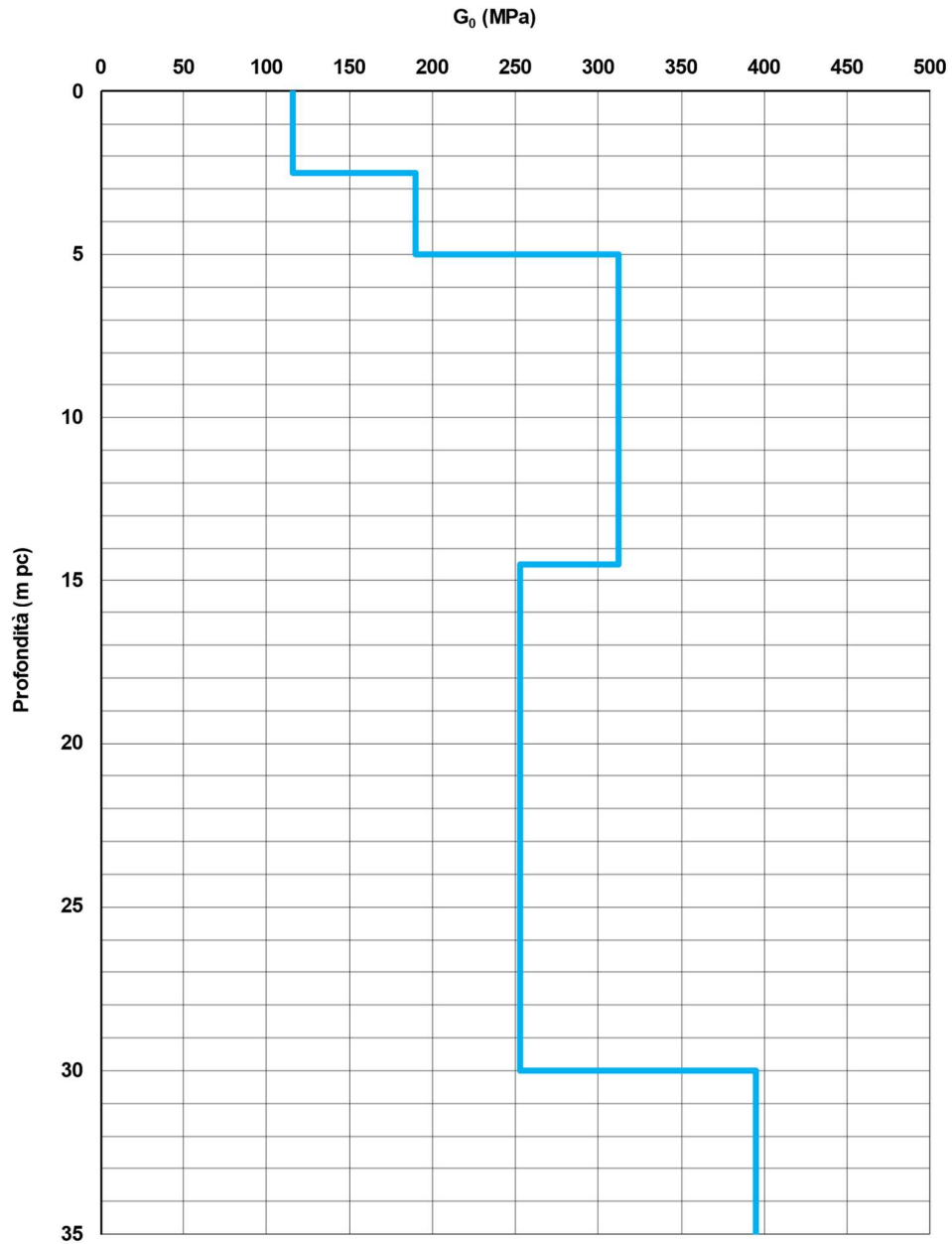




Figura 10 – Modulo di taglio G_0 tra pk 3+700 a pk 4+046,17

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 21 di 81

4.3 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

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
6	0.5	13	19.5	39	0	-	120-250**	60-130**
2	13	14.5	20	-	-	80	40	15
4	14.5	15.5	19.5	37	0	-	250	130
2	15.5	17	20	-	-	80	40	15
4	17	-	19.5	39	0	-	250	200

* quota piano campagna = 48.50 m s.l.m.

** valori crescenti con la profondità



Per la falda si fa riferimento a quanto riportato in 4.1.2.

4.3.1 Materiale da rilevato

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

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1 100001B	Foglio 22 di 81

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 4 – 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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1 100001B	Foglio 23 di 81

Tabella 5 – 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>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 24 di 81</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)	0.233
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.360
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.317

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 25 di 81

(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,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 26 di 81</p>

mentre $(CSR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$.

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e 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 11: 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 11, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100$ kPa) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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



dove σ'_{vo} 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:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 27 di 81</p>

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

Tanto maggiore è il valore di I_c , tanto maggiore sarà il contenuto presunto di fini. Nell'analisi condotta il valore $I_c = 2.6$ 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):

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

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

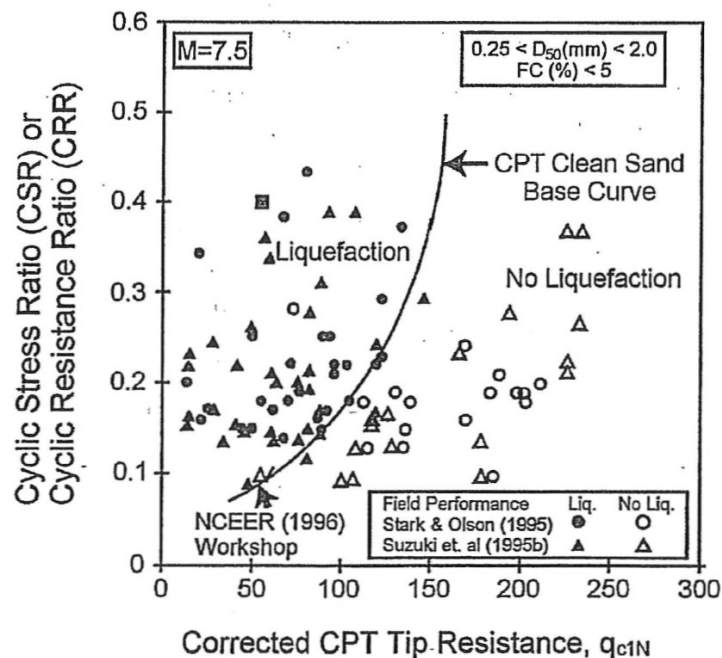




Figura 11 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 28 di 81</p>

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

In Figura 12, 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 campionatore, 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 campionatore) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 12, 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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 29 di 81

Si può osservare dalla

Figura 12 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:

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

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

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

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

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

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



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:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 30 di 81</p>

f = 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% f = 0.7+0.8

60% < DR < 80% f = 0.6+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):

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

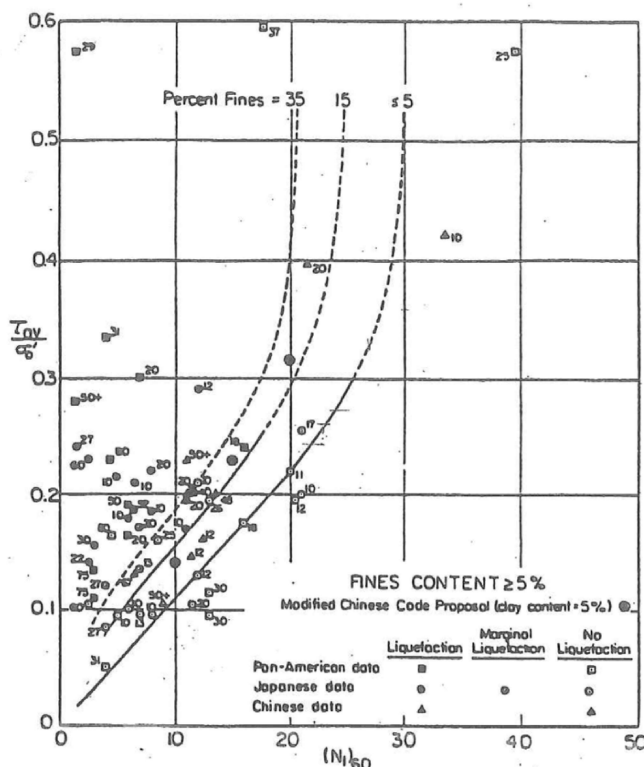


Figura 12 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 13, Figura 14 e Figura 15) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato R111, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

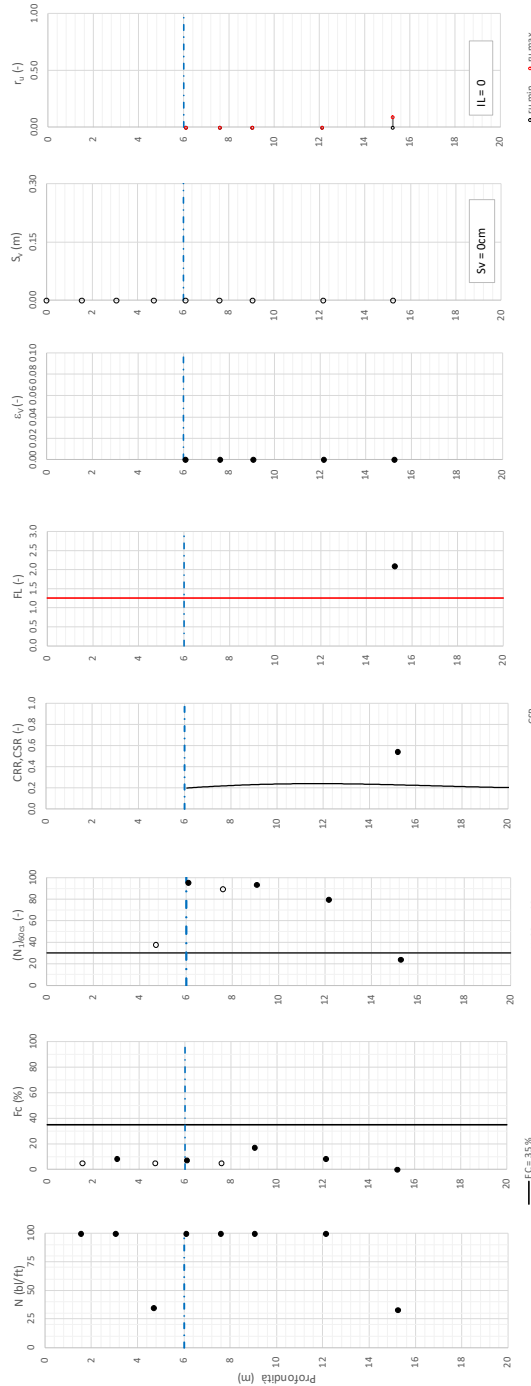
Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
31 di 81

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-07 Pr. 3+500
a_{r,max} = 0.317% M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 0m



● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

● nu min ● nu max

— CSR

— N60 cs=30

— Fc= 35%

IL= 0

Sv= 0cm

Foglio verifica a ingegnere n. 102

Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-07

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
 Relazione Geotecnica

Progetto
 IN17

Lotto
 11

Codifica
 EI2RBRI1100001B

Foglio
 32 di 81

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-08 Pr. 3+800
 $a_{r,max} = 0.317g$, $M_{L,calc} = 6$ MSF = 2 Metodo NCEEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 2m

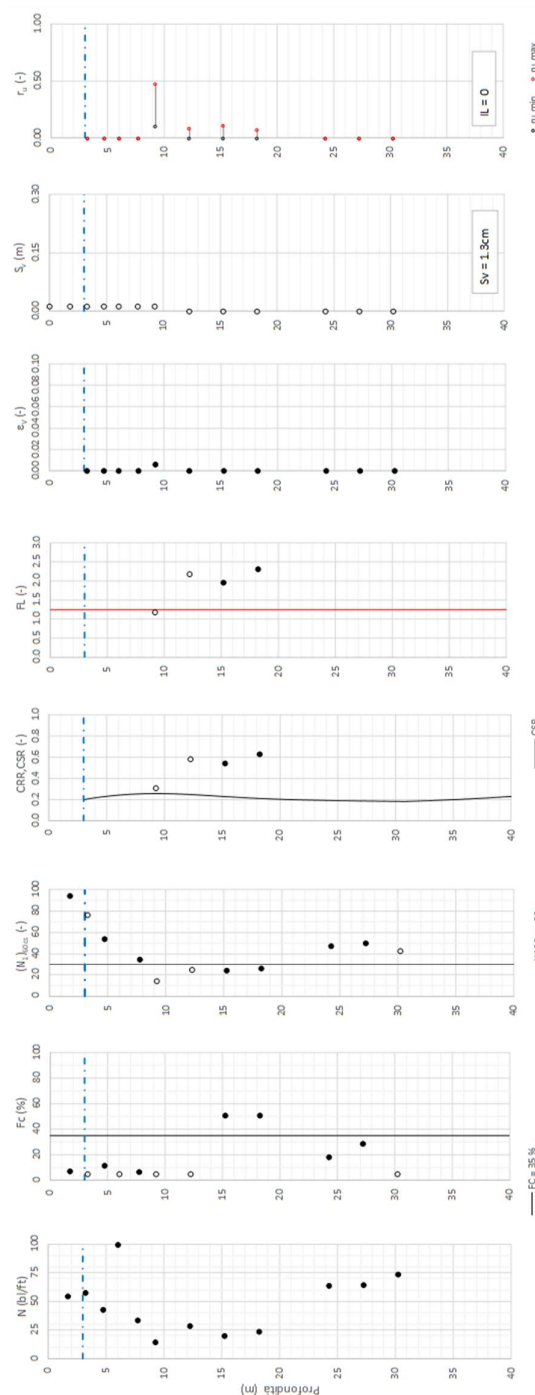


Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-08

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1 100001B

Foglio
33 di 81

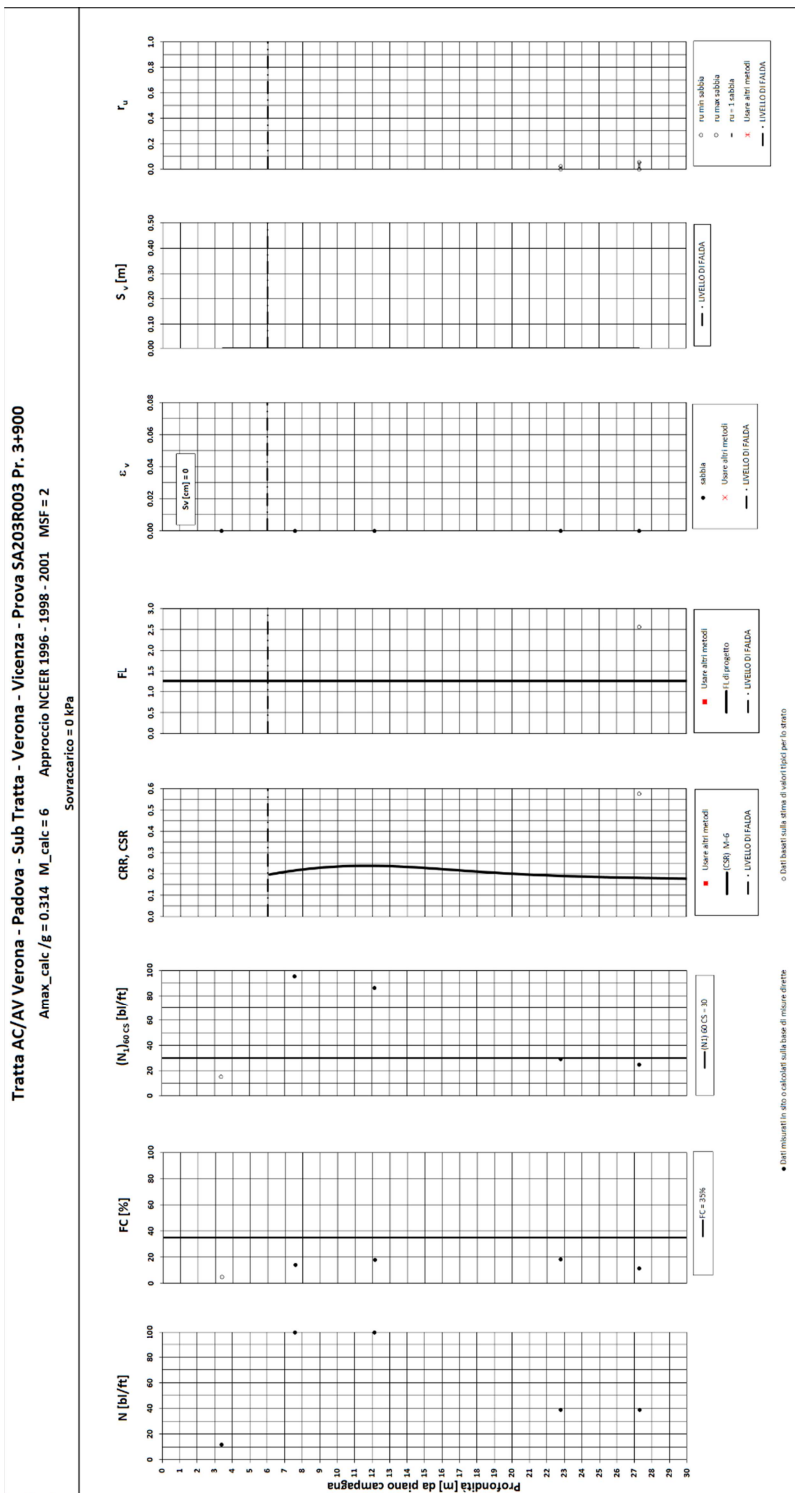




Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati SPT SA203R003

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1 100001B	Foglio 34 di 81

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:

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 35 di 81</p>

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

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 6 – 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 7 – 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 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 36 di 81

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 9 – Valori limite dei difetti in direzione trasversale (in mm)



	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 6$	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 4$
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < SCARTXL \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < SCARTXL \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < SCARTXL \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < SCARTXL \leq 12$
(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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 37 di 81</p>

6.2.1 Azioni permanenti

In funzione della configurazione esaminata e della presenza o meno di elementi strutturali, i carichi permanenti sono 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 10)

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

g accelerazione di gravità.

Tabella 10 - 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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 38 di 81

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. [25]). 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 7 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. 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. Di seguito si riportano i parametri di progetto utilizzati:

- Rilevato: $\phi_d = 32^\circ$ e $c_d = 0$ kPa
- Ghiaie (unità 6): $\phi_d = 33^\circ$ e $c_d = 0$ kPa



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, e pertanto è stato amplificato tramite il coefficiente parziale sulle azioni A2 riportato in Tabella 6 e pari a 1.3. Per quanto riguarda la falda, è stata considerata la condizione a lungo termine e quindi è stato preso un livello coincidente a piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.1.2. 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 16, sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$F_{S\text{MIN}}(\text{DA1C2}) = 1.227 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 39 di 81

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

$$K_H = + 0.089 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.045 \quad (\text{verificando la pi\`u cautelativa tra negativo e positivo})$$

Il carico 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 stato inserito nei calcoli col proprio valore caratteristico in accordo a quanto specificato dalle NTC 2008 (vedasi Par.7.11.1 del Doc. Rif. [14]) che indicano per le analisi in condizioni sismiche di adottare l'Approccio 1 Combinazione 2 ponendo i coefficienti parziali sulle azioni (A2) tutti pari ad uno. In particolare, seguendo le prescrizioni desunte dal MdP (Doc. rif. [19]), in condizioni sismiche si applica il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico ferroviario pari a 0,2. Per quanto riguarda la falda è stata considerata la condizione falda media nel periodo di osservazione disponibile, ed è quindi stato considerato un livello coincidente a -4 m p.c., come riportato nel paragrafo 4.1.2. 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 17 è riportata la superficie di rottura critica; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi è pari a:

$$F_{S_{MIN}} = 1.130$$

Si fa notare che il valore minimo di FS è stato ottenuto per una linea di scorrimento passante interamente nel corpo del rilevato e solo in minima parte all'interfaccia rilevato/terreno naturale. Tutte le superfici passanti pi\`u in profondità nelle terreno di fondazione mostrano risultati di FS maggiori.

Essendo soddisfatta la relazione:

$$F_{S_{MIN}} \geq R_2 = 1.1,$$

la verifica di stabilit\`a globale in campo sismico risulta soddisfatta.

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
40 di 81

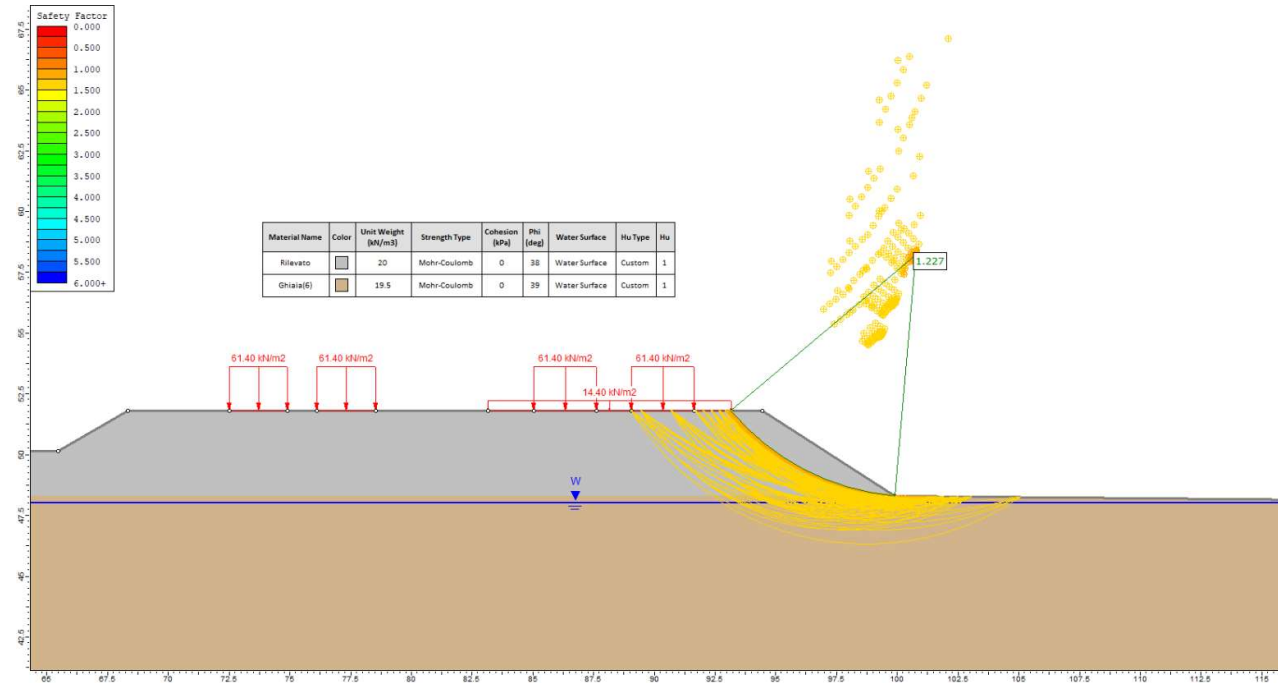


Figura 16 - Rilevato H=3.50 m (da pk 3+700 a pk 4+046,17) - Analisi SLU in campo statico DA1C2

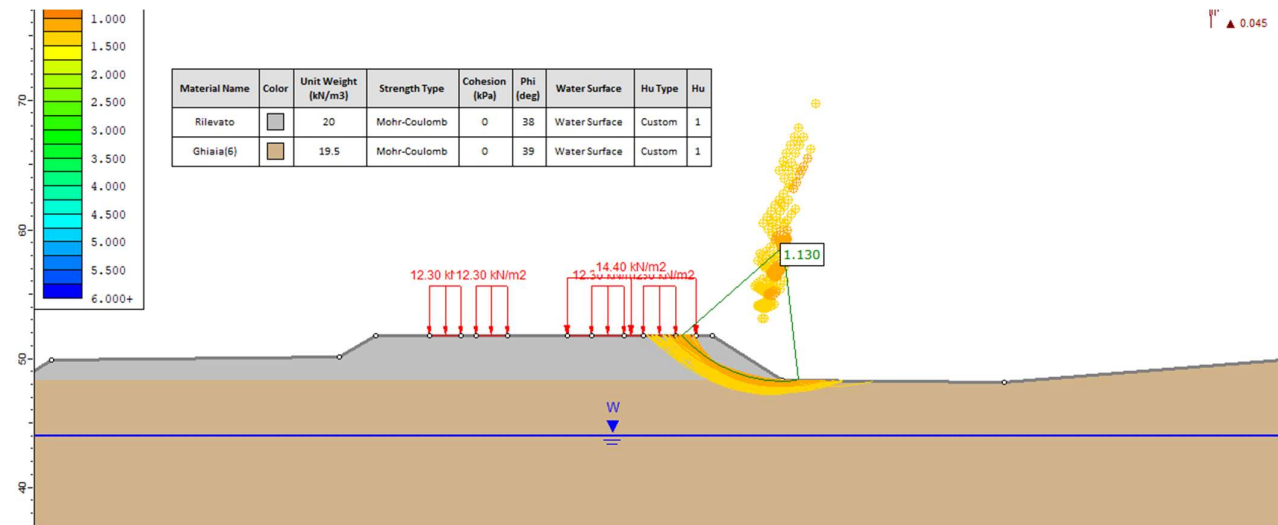



Figura 17 - Rilevato H=3.50 m (da pk 3+700 a pk 4+046,17) - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI1100001B	Foglio 41 di 81

6.4 Verifica e risultati SLE

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [34]) che calcola gli incrementi di tensione nei terreni utilizzando il classico modello di terreno come mezzo elastico, omogeneo ed isotropo, assumendo i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

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 = semilarghezza dell'area di carico in direzione x

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

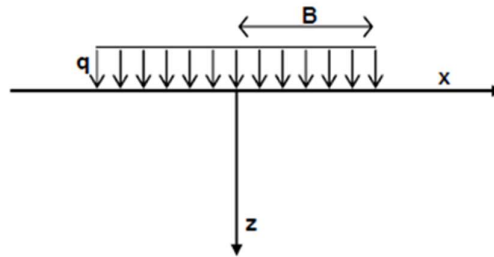


Figura 18 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

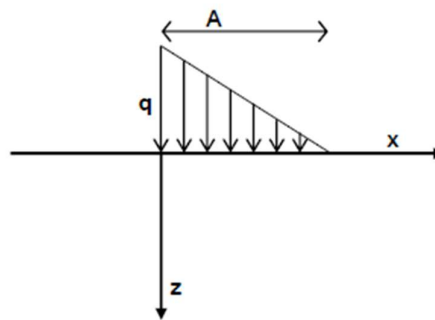




Figura 19 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 43 di 81</p>

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 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 diseuguaglianza:

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

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.

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento B riportata in Figura 2. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 3.50 m, valido tra le pk 3+700 e pk 4+046,17, è riportato in Figura 20. La larghezza del rilevato esistente è pari a 28 m, quella del rilevato in affiancamento di 9m e il rilevato per la realizzazione del piazzale destinato alla sottostazione elettrica pari a 60 m, con pendenza delle scarpate pari a 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.

In corrispondenza dell'area del piazzale è stato quindi applicato un carico aggiuntivo di 16 kPa per tener conto della maggior altezza del terrapieno.

La storia di carico riprodotta nell'analisi è la seguente:

- Applicazione del carico del rilevato della LS, vedi Figura 20 a;
- Affiancamento rilevato nuova linea e rilevato piazzale, vedi Figura 20 b;
- Completamento rilevato nuova linea (ballast) e completamento piazzale, vedi Figura 20 c.

I cedimenti sono stati calcolati in corrispondenza dei due binari della nuova linea, e di quelli della linea storica adiacente, in modo da determinarne il cedimento differenziale di questi ultimi dovuto alla costruzione del nuovo rilevato.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 44 di 81</p>

I valori calcolati sono riportati nella Figura 21, dove sono anche indicate le posizioni delle rotaie della linea storica e l'asse dei binari della linea AV.

Risulta quanto segue:

- Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro dei binari del nuovo rilevato è dell'ordine dei 20 mm.
- Il cedimento differenziale fra le rotaie esistenti risulta essere attorno a 2 mm, quindi inferiore al limite definito.

Considerata la natura granulare dei terreni, tali cedimenti si esauriranno praticamente all'atto della applicazione dei rispettivi carichi, e quindi non risultano essere necessarie analisi di consolidazione. Inoltre, considerata la natura dei terreni, i cedimenti secondari sono trascurabili.

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

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

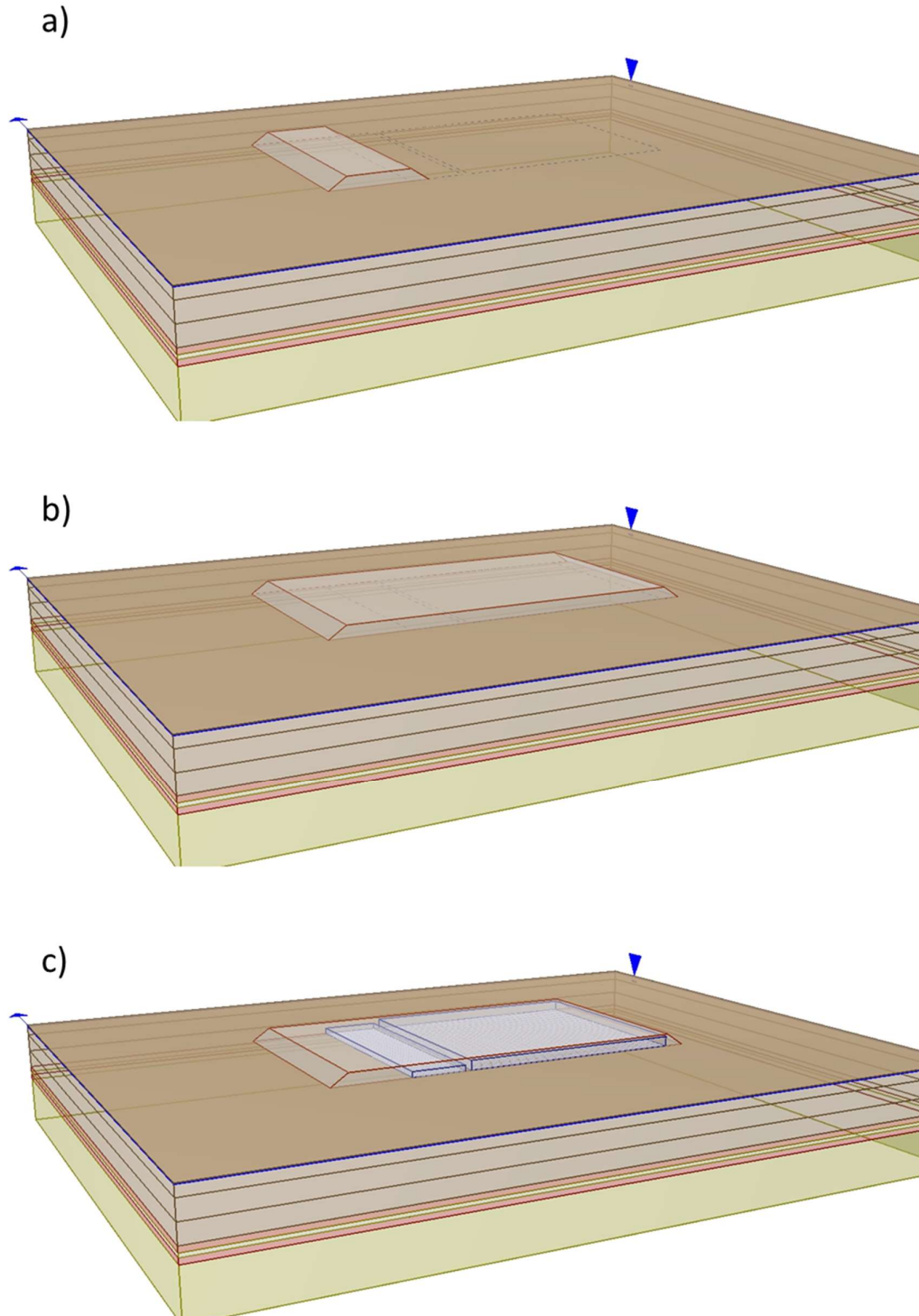


Figura 20 - Rilevato H=3.50 m (da pk 3+700 a pk 4+046,17) - Analisi SLE – Modello di calcolo

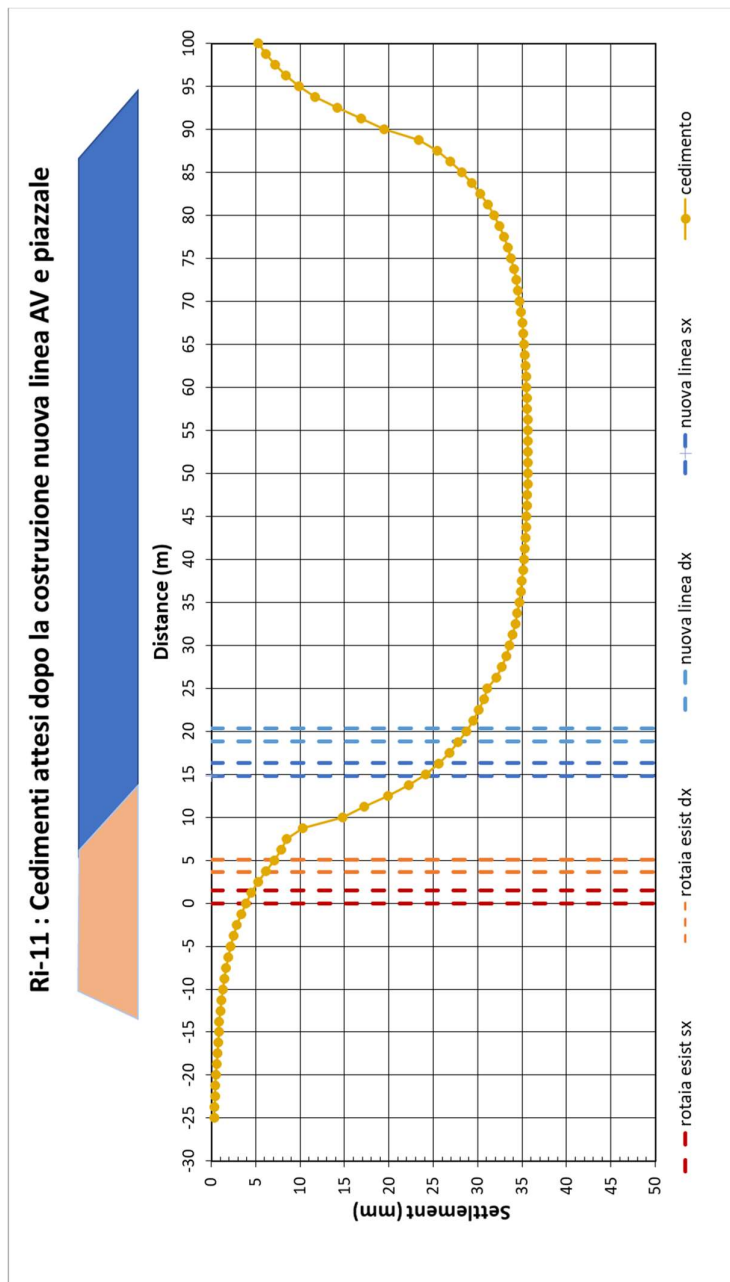




Figura 21 - Rilevato H=3.50 m (da pk 3+700 a pk 4+046,17) - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 47 di 81</p>

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 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI1100001B	48 di 81

ALLEGATI

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 49 di 81</p>

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica E2RBR11100001</p>	<p>A</p>

ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

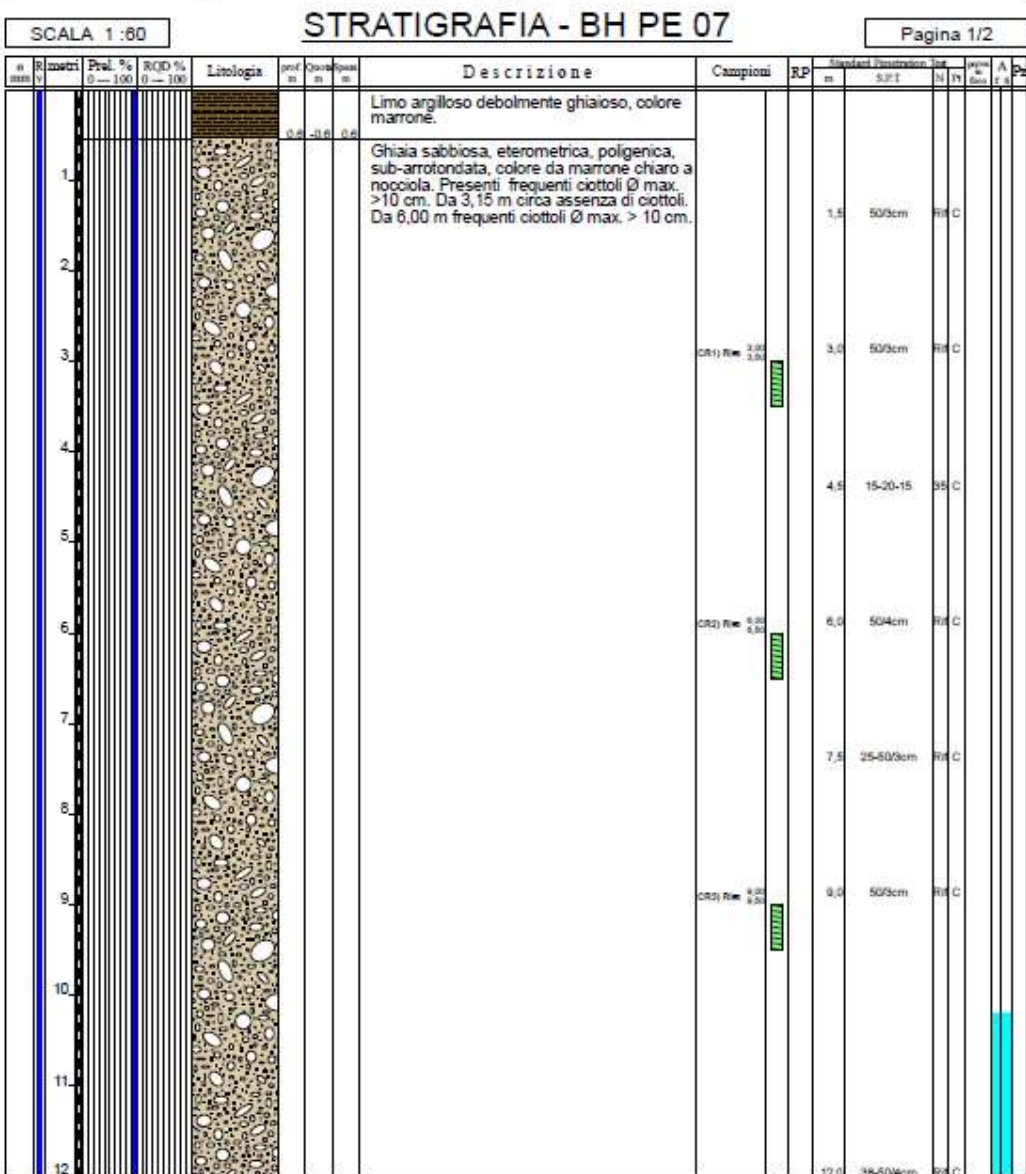
Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
52 di 81



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 07
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 06/11/2020 - 17/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. 3+500	





Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

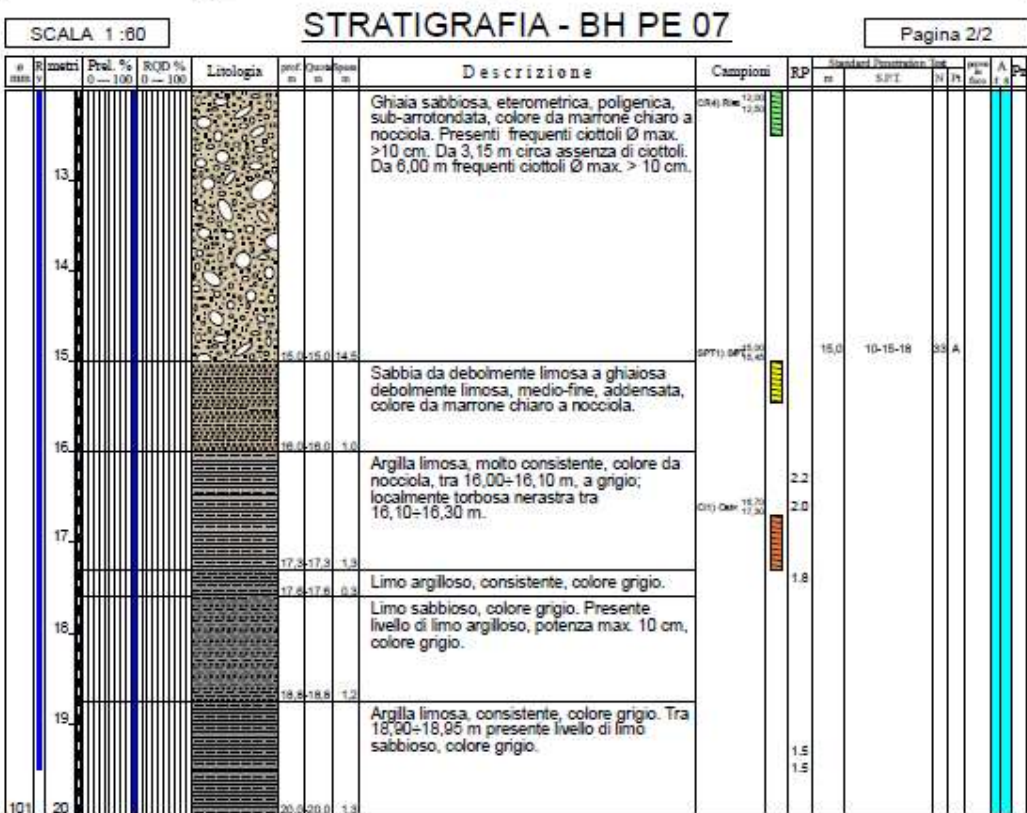
Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
53 di 81



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 07
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 06/11/2020 - 17/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. 3+500	



Utilizzato carotiere semplice.
Prelevato n. 1 campione indisturbato.
Prelevati n. 4 campioni rimaneggiati.
Prelevato n. 1 campione rimaneggiato S.P.T.
Eseguite n. 8 prove SPT.
Approvvigionamento e trasporto di acqua necessaria per la perforazione.



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

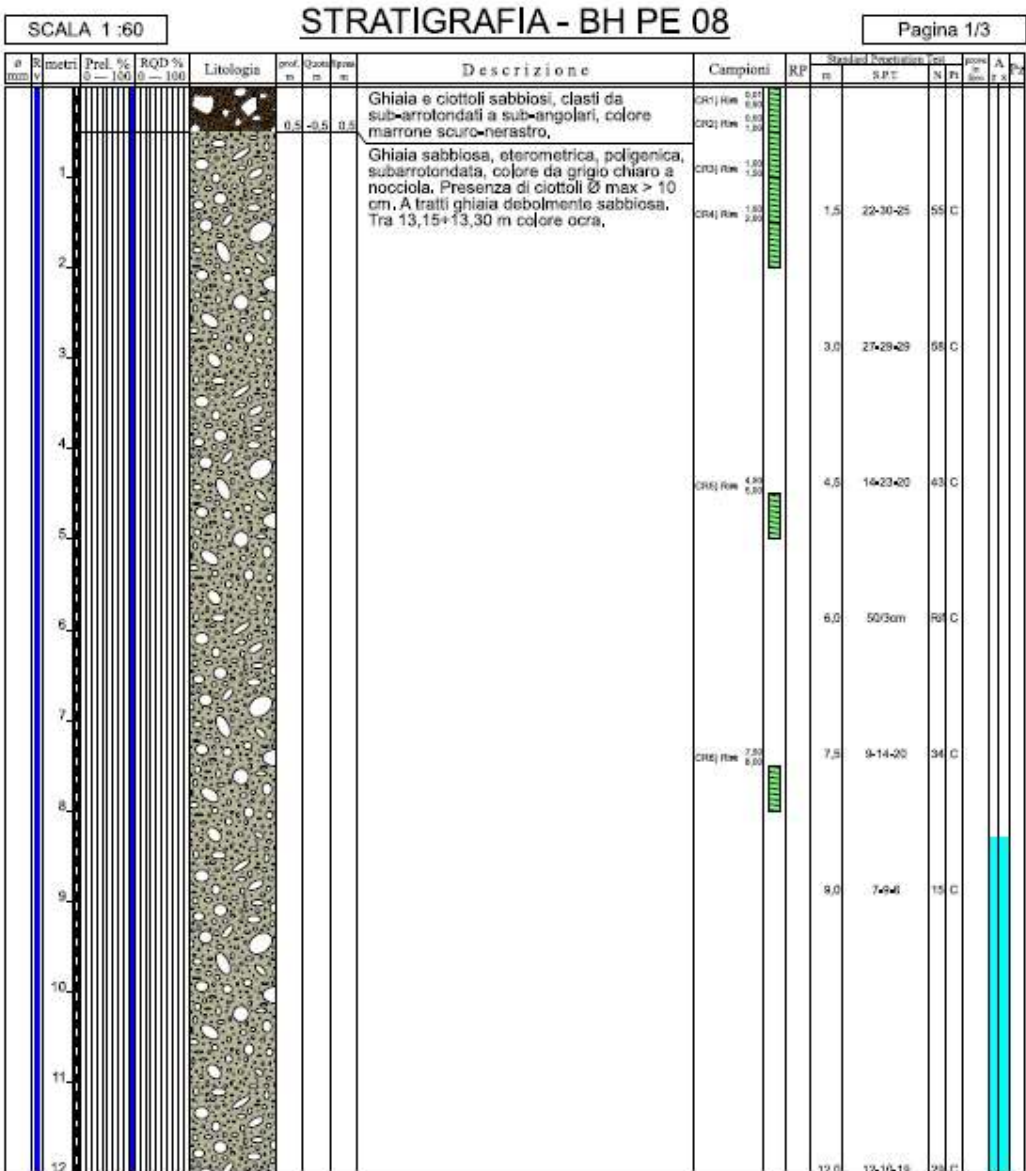
Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1 100001B

Foglio
54 di 81



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 08
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 09/11/2020 - 10/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CO.ME.TRI.A., porg. 3+800	



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sprocati

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

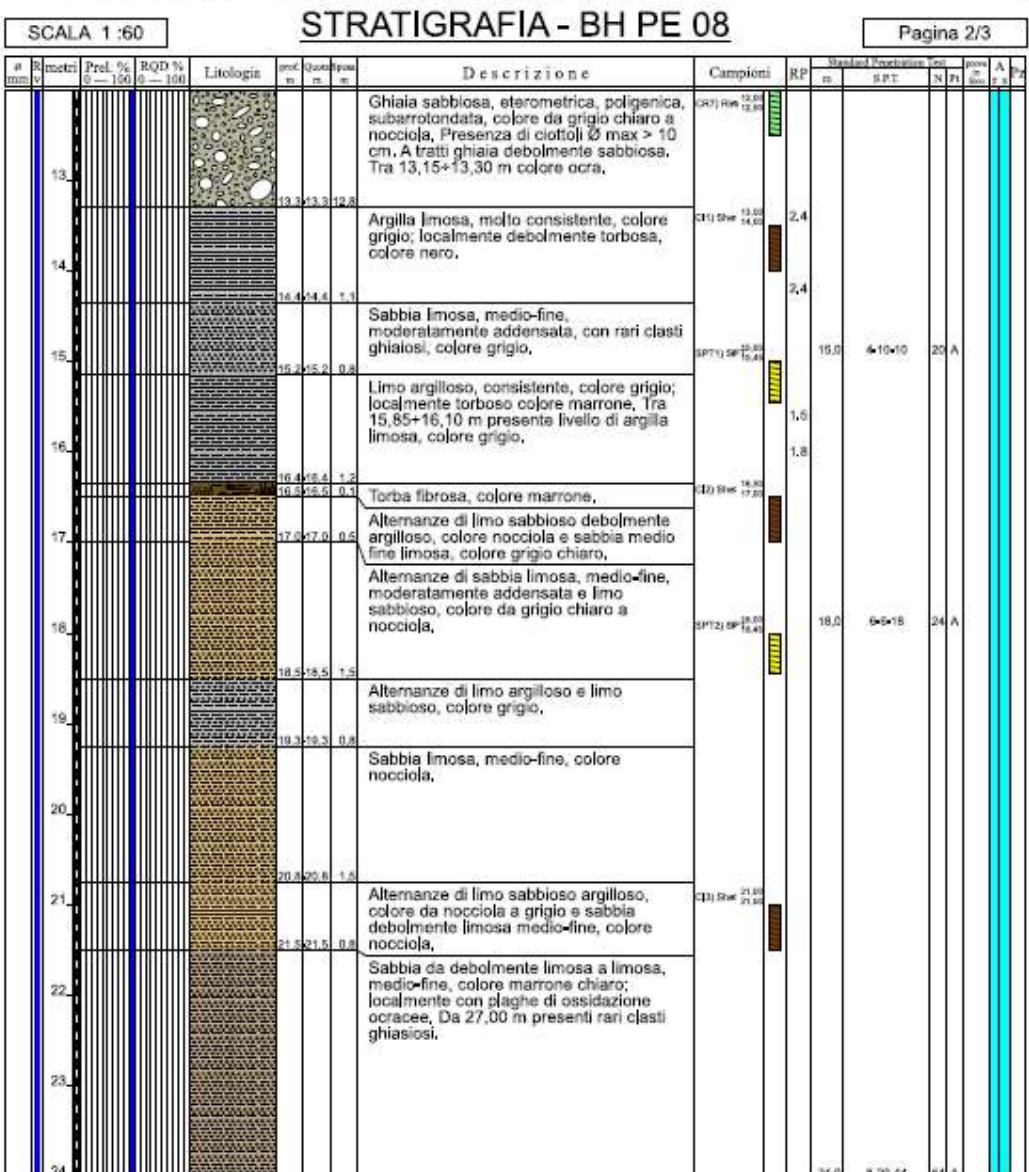
Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1 100001B

Foglio
55 di 81



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 08
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 09/11/2020 - 10/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CO.ME.TRI.A., porg. 3+800	



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sprocati

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
56 di 81



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 08
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 09/11/2020 - 10/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CO.ME.TRI.A., porg. 3+800	

SCALA 1:60		STRATIGRAFIA - BH PE 08										Pagina 3/3				
Prof. (m)	Altezza (m)	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologie	prof. (m)	Quota (m)	Descrizione	Campioni	RP	SPT	Ni	Pr	Altezza (m)	A	Pr	
25.0							Sabbia da debolmente limosa a limosa, medio-fine, colore marrone chiaro; localmente con plaghe di ossidazione ocracea. Da 27,00 m presenti rari clasti ghiaiosi.	SPT(3) SF 24,00 M,44								
26.0																
27.0								SPT(4) SF 27,00 27,44	27,0	14*24*11	65	A				
28.0																
29.0																
30.0								SPT(3) SF 29,50 M,80	30,0	14*27*47	74	A				
30.5					30.5	30.5										

Carotaggio continuo a secco.
Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 3 campioni indisturbati.
Prelevati n. 7 campioni rimaneggiati.
Prelevati n. 5 campioni rimaneggiati SPT.
Eseguite n. 12 prove SPT.
Approvvigionamento e trasporto di acqua necessaria per la perforazione.



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
57 di 81



SCHEMA DI SONDAGGIO

DOC. 003-5CM02

PAG. 1 DI 2

COMMITTENTE ITALFERR S.p.A.

CANTIERE LINEA A.V. VR-PD

PERFORAZIONE N. SA203R003 DATA INIZIO 06/03/2002 ULTIMAZIONE 08/03/2002

COORDINATE: Nord Est QUOTA P.C. =

RESPONSABILE Dott. Sprocati OPERATORE Sig. Barone ATTREZZATURA CMV

Da m	A m	Profondità Finale m	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' m ca.p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	TIPO	CAMPIONI	POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVANE Kg/cm ²	S.P.T.	
0.00	20.00	30.00					NUMERO			N	H
			Terreno di riporto: ghiaia eterometrica, calcarea, angolare limosa localmente limosa argillosa, da nocciola rosata a rosata								
			Ghiaia eterometrica, poligenica per lo più subarrotondata da con sabbia a sabbiosa deb.te limosa, colore da marrone a nocciola, rari ciottoli Ø max. 10cm	3.00						4*	3.10 3.25 3.40 3.55
			Idem c.s. sabbiosa limosa							50*	7.50 7.62
			Idem c.s.								
			Idem c.s. passante a 14.30m circa a sabbia medio fine con ghiaia limosa, nocciola, alternato (14.90-15.00m) livelletto di argilla limosa nocciola							35*	12.00 12.15 12.22
			Argilla limosa grigia con resti carboniosi nerastrì	16.00				2.0	1.2		
			Sabbia medio fine e ghiaia Ø max 3-4cm, poligenica subarrotondata, limosa grigia	16.55				1.2	0.8		
			Argilla limosa grigia, localmente torbosa, alternati livelletti centimetrici di limo sabbioso grigio	17.70				1.0 1.0 1.5	0.6 0.6 0.9		
			A: Sabbia fine con limo grigia B: Sabbia medio fine limosa grigia	19.45				1.5	0.8		
							A	19.50 20.10			

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 58 di 81</p>

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

59 di 81

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 9

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI11_statico.slim
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 15/03/2021, 15:22:16

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
 Janbu 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 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1 100001B

Foglio

60 di 81

SLIDEINTERPRET 7.0.30



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 9

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
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

5 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

61 di 81

SUBIDENTEPPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 9

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Vertical
Load Action: Variable

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Vertical
Load Action: Variable

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Vertical
Load Action: Variable

Distributed Load 4

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Vertical
Load Action: Variable

Distributed Load 5

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Vertical
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Rilevato	Ghiaia(6)
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19.5
Cohesion [kPa]	0	0
Friction Angle [deg]	38	39
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1

Global Minimums**Method: bishop simplified**

	FS	1.226610
Center:	100.752, 58.203	
Radius:	9.925	
Left Slip Surface Endpoint:	93.152, 51.820	
Right Slip Surface Endpoint:	99.900, 48.315	
Resisting Moment:	692.475 kN-m	
Driving Moment:	564.545 kN-m	
Total Slice Area:	6.14393 m ²	
Surface Horizontal Width:	6.74832 m	
Surface Average Height:	0.910438 m	

Method: janbu simplified



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

62 di 81

SUBINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 9

FS	1.178700
Center:	100.752, 58.203
Radius:	9.925
Left Slip Surface Endpoint:	93.152, 51.820
Right Slip Surface Endpoint:	99.900, 48.315
Resisting Horizontal Force:	60.1359 kN
Driving Horizontal Force:	51.0186 kN
Total Slice Area:	6.14393 m2
Surface Horizontal Width:	6.74832 m
Surface Average Height:	0.910438 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1504
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 1470
Number of Invalid Surfaces: 34

Error Codes:

Error Code -108 reported for 1 surface
Error Code -112 reported for 33 surfaces

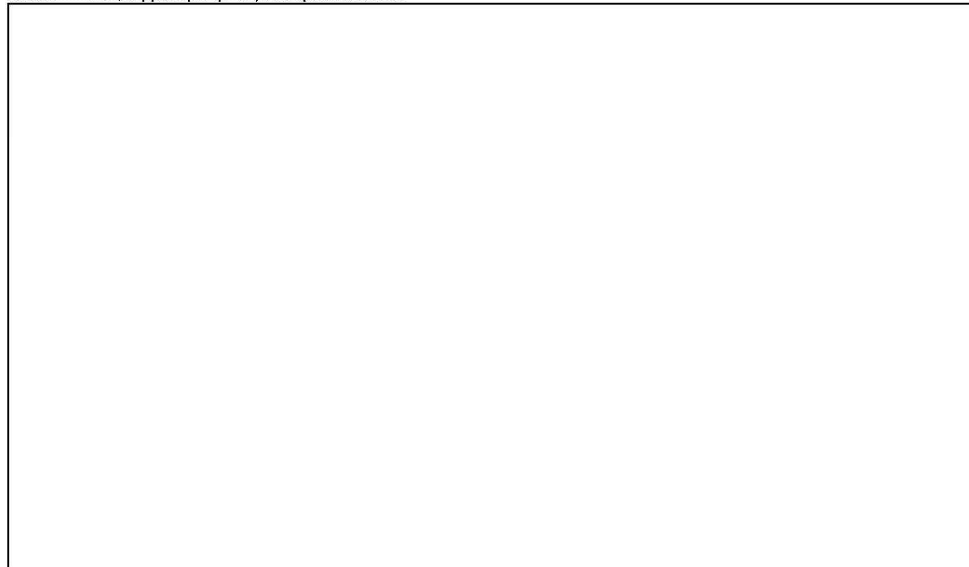
Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha) \{ 1 + \tan(\alpha) \tan(\phi) \} / F_j < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22661





Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBR11 100001B

Foglio
63 di 81

SLIDENET PREP 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 9

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	0.134966	0.212349	-49.376	Rilevato	0	32.0066	1.42117	1.74322	2.78903	0	2.78903	4.44573	4.44573
2	0.134966	0.628384	-48.1933	Rilevato	0	32.0066	1.51227	1.85497	2.96782	0	2.96782	4.6588	4.6588
3	0.134966	1.02767	-47.0372	Rilevato	0	32.0066	2.50932	3.07796	4.92451	0	4.92451	7.61894	7.61894
4	0.134966	1.41127	-45.9058	Rilevato	0	32.0066	3.49387	4.28561	6.85666	0	6.85666	10.4628	10.4628
5	0.134966	1.78016	-44.7969	Rilevato	0	32.0066	4.46548	5.4774	8.76343	0	8.76343	13.1974	13.1974
6	0.134966	2.13516	-43.709	Rilevato	0	32.0066	5.42384	6.65294	10.6442	0	10.6442	15.829	15.829
7	0.134966	2.47703	-42.6405	Rilevato	0	32.0066	6.36872	7.81194	12.4986	0	12.4986	18.3632	18.3632
8	0.134966	2.80645	-41.59	Rilevato	0	32.0066	7.29995	8.95419	14.3261	0	14.3261	20.805	20.805
9	0.134966	3.12401	-40.5564	Rilevato	0	32.0066	8.21736	10.0795	16.1265	0	16.1265	23.1588	23.1588
10	0.134966	3.41376	-39.5385	Rilevato	0	32.0066	9.07705	11.134	17.8137	0	17.8137	25.3064	25.3064
11	0.134966	3.52057	-38.5353	Rilevato	0	32.0066	9.45949	11.6031	18.564	0	18.564	26.098	26.098
12	0.134966	3.57131	-37.5459	Rilevato	0	32.0066	9.69346	11.8901	19.0233	0	19.0233	26.4737	26.4737
13	0.134966	3.61209	-36.5695	Rilevato	0	32.0066	9.90111	12.1448	19.4307	0	19.4307	26.7757	26.7757
14	0.134966	3.64331	-35.6053	Rilevato	0	32.0066	10.0826	12.3674	19.787	0	19.787	27.0068	27.0068
15	0.134966	3.66531	-34.6525	Rilevato	0	32.0066	10.2384	12.5585	20.0927	0	20.0927	27.1695	27.1695
16	0.134966	3.6784	-33.7107	Rilevato	0	32.0066	10.3687	12.7183	20.3484	0	20.3484	27.2663	27.2663
17	0.134966	3.68288	-32.779	Rilevato	0	32.0066	10.4738	12.8473	20.5547	0	20.5547	27.2991	27.2991
18	0.134966	3.67902	-31.857	Rilevato	0	32.0066	10.554	12.9456	20.7119	0	20.7119	27.2702	27.2702
19	0.134966	3.66707	-30.9441	Rilevato	0	32.0066	10.6093	13.0135	20.8207	0	20.8207	27.1813	27.1813
20	0.134966	3.64727	-30.0398	Rilevato	0	32.0066	10.6402	13.0514	20.8812	0	20.8812	27.0342	27.0342
21	0.134966	3.61982	-29.1438	Rilevato	0	32.0066	10.6467	13.0593	20.894	0	20.894	26.8305	26.8305
22	0.134966	3.58494	-28.2555	Rilevato	0	32.0066	10.629	13.0376	20.8592	0	20.8592	26.5717	26.5717
23	0.134966	3.54281	-27.3745	Rilevato	0	32.0066	10.5872	12.9864	20.7772	0	20.7772	26.2591	26.2591
24	0.134966	3.4936	-26.5005	Rilevato	0	32.0066	10.5214	12.9057	20.6482	0	20.6482	25.8941	25.8941
25	0.134966	3.43747	-25.6331	Rilevato	0	32.0066	10.4318	12.7958	20.4724	0	20.4724	25.4779	25.4779
26	0.134966	3.37459	-24.772	Rilevato	0	32.0066	10.3184	12.6567	20.2498	0	20.2498	25.0115	25.0115
27	0.134966	3.30508	-23.9167	Rilevato	0	32.0066	10.1813	12.4885	19.9807	0	19.9807	24.496	24.496
28	0.134966	3.22909	-23.0672	Rilevato	0	32.0066	10.0205	12.2913	19.6653	0	19.6653	23.9326	23.9326
29	0.134966	3.14673	-22.2229	Rilevato	0	32.0066	9.83613	12.0651	19.3033	0	19.3033	23.3219	23.3219
30	0.134966	3.05813	-21.3837	Rilevato	0	32.0066	9.62808	11.8099	18.895	0	18.895	22.665	22.665
31	0.134966	2.96339	-20.5493	Rilevato	0	32.0066	9.39639	11.5257	18.4403	0	18.4403	21.9626	21.9626
32	0.134966	2.86261	-19.7194	Rilevato	0	32.0066	9.14097	11.2124	17.9391	0	17.9391	21.2155	21.2155
33	0.134966	2.7559	-18.8938	Rilevato	0	32.0066	8.8619	10.8701	17.3914	0	17.3914	20.4245	20.4245
34	0.134966	2.64333	-18.0723	Rilevato	0	32.0066	8.55904	10.4986	16.797	0	16.797	19.59	19.59
35	0.134966	2.525	-17.2546	Rilevato	0	32.0066	8.23236	10.0979	16.1559	0	16.1559	18.7128	18.7128
36	0.134966	2.40097	-16.4404	Rilevato	0	32.0066	7.8817	9.66777	15.4678	0	15.4678	17.7935	17.7935
37	0.134966	2.27134	-15.6297	Rilevato	0	32.0066	7.50699	9.20815	14.7323	0	14.7323	16.8325	16.8325
38	0.134966	2.13615	-14.8222	Rilevato	0	32.0066	7.1081	8.71887	13.9496	0	13.9496	15.8306	15.8306
39	0.134966	1.99548	-14.0177	Rilevato	0	32.0066	6.68487	8.19973	13.119	0	13.119	14.7879	14.7879
40	0.134966	1.84938	-13.216	Rilevato	0	32.0066	6.23715	7.65055	12.2403	0	12.2403	13.7051	13.7051
41	0.134966	1.69791	-12.417	Rilevato	0	32.0066	5.76474	7.07109	11.3132	0	11.3132	12.5825	12.5825
42	0.134966	1.54113	-11.6203	Rilevato	0	32.0066	5.26744	6.46109	10.3373	0	10.3373	11.4205	11.4205
43	0.134966	1.37907	-10.826	Rilevato	0	32.0066	4.74502	5.82029	9.31206	0	9.31206	10.2195	10.2195
44	0.134966	1.21178	-10.0337	Rilevato	0	32.0066	4.19724	5.14838	8.23703	0	8.23703	8.97967	8.97967
45	0.134966	1.0393	-9.24342	Rilevato	0	32.0066	3.62383	4.44502	7.11171	0	7.11171	7.70146	7.70146
46	0.134966	0.861669	-8.45488	Rilevato	0	32.0066	3.0245	3.70988	5.93553	0	5.93553	6.38511	6.38511
47	0.134966	0.678919	-7.66794	Rilevato	0	32.0066	2.39893	2.94255	4.70786	0	4.70786	5.03084	5.03084
48	0.134966	0.491078	-6.88246	Rilevato	0	32.0066	1.74679	2.14263	3.42804	0	3.42804	3.63889	3.63889
49	0.134966	0.298173	-6.09827	Rilevato	0	32.0066	1.06771	1.30966	2.09537	0	2.09537	2.20944	2.20944
50	0.134966	0.100229	-5.31523	Rilevato	0	32.0066	0.361311	0.443188	0.709068	0	0.709068	0.742682	0.742682

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.1787





Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
64 di 81

SLIDINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 9

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	0.134966	0.212349	-49.376	Rilevato	0	32.0066	1.45593	1.71611	2.74565	0	2.74565	4.44288	4.44288
2	0.134966	0.628384	-48.1933	Rilevato	0	32.0066	1.54989	1.82686	2.92285	0	2.92285	4.6559	4.6559
3	0.134966	1.02767	-47.0372	Rilevato	0	32.0066	2.57275	3.0325	4.85178	0	4.85178	7.61432	7.61432
4	0.134966	1.41127	-45.9058	Rilevato	0	32.0066	3.58352	4.2239	6.75793	0	6.75793	10.4566	10.4566
5	0.134966	1.78016	-44.7969	Rilevato	0	32.0066	4.58174	5.4005	8.6404	0	8.6404	13.1898	13.1898
6	0.134966	2.13516	-43.709	Rilevato	0	32.0066	5.56701	6.56184	10.4985	0	10.4985	15.8201	15.8201
7	0.134966	2.47703	-42.6405	Rilevato	0	32.0066	6.53908	7.70761	12.3316	0	12.3316	18.3531	18.3531
8	0.134966	2.80645	-41.59	Rilevato	0	32.0066	7.4977	8.83754	14.1394	0	14.1394	20.7939	20.7939
9	0.134966	3.12401	-40.5564	Rilevato	0	32.0066	8.44273	9.95145	15.9216	0	15.9216	23.1467	23.1467
10	0.134966	3.41376	-39.5385	Rilevato	0	32.0066	9.32892	10.996	17.5929	0	17.5929	25.2936	25.2936
11	0.134966	3.52057	-38.5353	Rilevato	0	32.0066	9.72495	11.4628	18.3397	0	18.3397	26.085	26.085
12	0.134966	3.57131	-37.5459	Rilevato	0	32.0066	9.96861	11.75	18.7991	0	18.7991	26.4609	26.4609
13	0.134966	3.61209	-36.5695	Rilevato	0	32.0066	10.1851	12.0052	19.2074	0	19.2074	26.7632	26.7632
14	0.134966	3.64331	-35.6053	Rilevato	0	32.0066	10.3749	12.2289	19.5653	0	19.5653	26.9944	26.9944
15	0.134966	3.66531	-34.6525	Rilevato	0	32.0066	10.5382	12.4214	19.8733	0	19.8733	27.1574	27.1574
16	0.134966	3.6784	-33.7107	Rilevato	0	32.0066	10.6753	12.583	20.1319	0	20.1319	27.2543	27.2543
17	0.134966	3.68288	-32.779	Rilevato	0	32.0066	10.7865	12.7141	20.3417	0	20.3417	27.2875	27.2875
18	0.134966	3.67902	-31.857	Rilevato	0	32.0066	10.8721	12.815	20.503	0	20.503	27.259	27.259
19	0.134966	3.66707	-30.9441	Rilevato	0	32.0066	10.9321	12.8857	20.6163	0	20.6163	27.1704	27.1704
20	0.134966	3.64727	-30.0398	Rilevato	0	32.0066	10.9669	12.9267	20.6818	0	20.6818	27.0237	27.0237
21	0.134966	3.61982	-29.1438	Rilevato	0	32.0066	10.9765	12.938	20.6999	0	20.6999	26.8203	26.8203
22	0.134966	3.58494	-28.2555	Rilevato	0	32.0066	10.9611	12.9199	20.6709	0	20.6709	26.5619	26.5619
23	0.134966	3.54281	-27.3745	Rilevato	0	32.0066	10.9209	12.8725	20.595	0	20.595	26.2497	26.2497
24	0.134966	3.4936	-26.5005	Rilevato	0	32.0066	10.8559	12.7959	20.4724	0	20.4724	25.8851	25.8851
25	0.134966	3.43747	-25.6331	Rilevato	0	32.0066	10.7662	12.6901	20.3033	0	20.3033	25.4692	25.4692
26	0.134966	3.37459	-24.772	Rilevato	0	32.0066	10.6519	12.5554	20.0878	0	20.0878	25.0033	25.0033
27	0.134966	3.30508	-23.9167	Rilevato	0	32.0066	10.513	12.3917	19.8259	0	19.8259	24.4883	24.4883
28	0.134966	3.22909	-23.0672	Rilevato	0	32.0066	10.3497	12.1992	19.5177	0	19.5177	23.9253	23.9253
29	0.134966	3.14673	-22.2229	Rilevato	0	32.0066	10.1618	11.9777	19.1634	0	19.1634	23.3151	23.3151
30	0.134966	3.05813	-21.3837	Rilevato	0	32.0066	9.94927	11.7272	18.7628	0	18.7628	22.6586	22.6586
31	0.134966	2.96339	-20.5493	Rilevato	0	32.0066	9.71231	11.4479	18.3158	0	18.3158	21.9566	21.9566
32	0.134966	2.86261	-19.7194	Rilevato	0	32.0066	9.45075	11.1396	17.8225	0	17.8225	21.21	21.21
33	0.134966	2.7559	-18.8938	Rilevato	0	32.0066	9.16442	10.8021	17.2826	0	17.2826	20.4192	20.4192
34	0.134966	2.64333	-18.0723	Rilevato	0	32.0066	8.85348	10.4356	16.6962	0	16.6962	19.5852	19.5852
35	0.134966	2.525	-17.2546	Rilevato	0	32.0066	8.51769	10.0398	16.0629	0	16.0629	18.7084	18.7084
36	0.134966	2.40097	-16.4404	Rilevato	0	32.0066	8.15688	9.61452	15.3826	0	15.3826	17.7895	17.7895
37	0.134966	2.27134	-15.6297	Rilevato	0	32.0066	7.77104	9.15973	14.6549	0	14.6549	16.8289	16.8289
38	0.134966	2.13615	-14.8222	Rilevato	0	32.0066	7.35996	8.67519	13.8797	0	13.8797	15.8273	15.8273
39	0.134966	1.99548	-14.0177	Rilevato	0	32.0066	6.92348	8.16071	13.0565	0	13.0565	14.785	14.785
40	0.134966	1.84938	-13.216	Rilevato	0	32.0066	6.46141	7.61606	12.1852	0	12.1852	13.7026	13.7026
41	0.134966	1.69791	-12.417	Rilevato	0	32.0066	5.97353	7.041	11.2651	0	11.2651	12.5803	12.5803
42	0.134966	1.54113	-11.6203	Rilevato	0	32.0066	5.4596	6.43523	10.2959	0	10.2959	11.4186	11.4186
43	0.134966	1.37907	-10.826	Rilevato	0	32.0066	4.91939	5.79848	9.27713	0	9.27713	10.2179	10.2179
44	0.134966	1.21178	-10.0337	Rilevato	0	32.0066	4.35259	5.1304	8.20828	0	8.20828	8.97841	8.97841
45	0.134966	1.0393	-9.24342	Rilevato	0	32.0066	3.75893	4.43065	7.08871	0	7.08871	7.70045	7.70045
46	0.134966	0.861669	-8.45488	Rilevato	0	32.0066	3.13807	3.69884	5.91787	0	5.91787	6.38433	6.38433
47	0.134966	0.678919	-7.66794	Rilevato	0	32.0066	2.48967	2.93457	4.69509	0	4.69509	5.03029	5.03029
48	0.134966	0.491078	-6.88246	Rilevato	0	32.0066	1.81334	2.13738	3.41965	0	3.41965	3.63853	3.63853
49	0.134966	0.298173	-6.09827	Rilevato	0	32.0066	1.10869	1.30681	2.09079	0	2.09079	2.20925	2.20925
50	0.134966	0.100229	-5.31523	Rilevato	0	32.0066	0.375277	0.442339	0.707711	0	0.707711	0.742625	0.742625

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22661

--



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

65 di 81

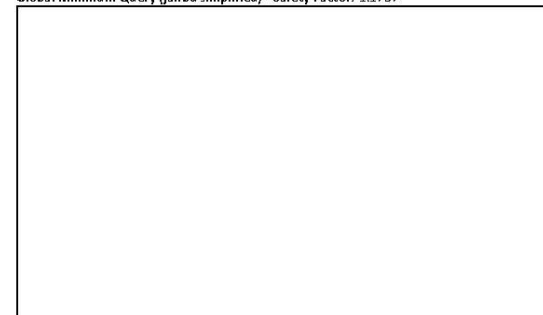
SLIDEPRETT 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 9

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	93.1517	51.82	0	0	0
2	93.2867	51.6627	0.247335	0	0
3	93.4216	51.5117	0.491476	0	0
4	93.5566	51.3668	0.867065	0	0
5	93.6916	51.2275	1.35148	0	0
6	93.8265	51.0935	1.92426	0	0
7	93.9615	50.9645	2.56679	0	0
8	94.0965	50.8402	3.26209	0	0
9	94.2314	50.7204	3.99463	0	0
10	94.3664	50.6049	4.75014	0	0
11	94.5014	50.4935	5.5118	0	0
12	94.6363	50.386	6.23282	0	0
13	94.7713	50.2823	6.90019	0	0
14	94.9063	50.1822	7.51168	0	0
15	95.0412	50.0855	8.06556	0	0
16	95.1762	49.9922	8.56058	0	0
17	95.3112	49.9022	8.99592	0	0
18	95.4461	49.8153	9.37118	0	0
19	95.5811	49.7314	9.68633	0	0
20	95.7161	49.6505	9.94166	0	0
21	95.851	49.5724	10.1378	0	0
22	95.986	49.4972	10.2758	0	0
23	96.121	49.4246	10.3568	0	0
24	96.2559	49.3548	10.3824	0	0
25	96.3909	49.2875	10.3543	0	0
26	96.5259	49.2227	10.2746	0	0
27	96.6608	49.1604	10.1456	0	0
28	96.7958	49.1006	9.96986	0	0
29	96.9308	49.0431	9.75007	0	0
30	97.0657	48.9879	9.48926	0	0
31	97.2007	48.9351	9.19063	0	0
32	97.3357	48.8845	8.85762	0	0
33	97.4706	48.8361	8.49387	0	0
34	97.6056	48.7899	8.10326	0	0
35	97.7406	48.7459	7.68986	0	0
36	97.8755	48.704	7.25796	0	0
37	98.0105	48.6641	6.81207	0	0
38	98.1455	48.6264	6.35693	0	0
39	98.2804	48.5907	5.89746	0	0
40	98.4154	48.557	5.43885	0	0
41	98.5504	48.5253	4.98648	0	0
42	98.6853	48.4956	4.54598	0	0
43	98.8203	48.4678	4.1232	0	0
44	98.9553	48.442	3.72424	0	0
45	99.0902	48.4181	3.35544	0	0
46	99.2252	48.3962	3.02341	0	0
47	99.3602	48.3761	2.73499	0	0
48	99.4951	48.3579	2.49733	0	0
49	99.6301	48.3416	2.31783	0	0
50	99.7651	48.3272	2.20419	0	0
51	99.9	48.3147	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.1787





Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

66 di 81

SUBIDENTE PRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 9

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	93.1517	51.82	0	0	0
2	93.2867	51.6627	0.23549	0	0
3	93.4216	51.5117	0.467416	0	0
4	93.5566	51.3668	0.823323	0	0
5	93.6916	51.2275	1.28108	0	0
6	93.8265	51.0935	1.82064	0	0
7	93.9615	50.9645	2.42378	0	0
8	94.0965	50.8402	3.07388	0	0
9	94.2314	50.7204	3.75568	0	0
10	94.3664	50.6049	4.4552	0	0
11	94.5014	50.4935	5.15616	0	0
12	94.6363	50.386	5.81504	0	0
13	94.7713	50.2823	6.41978	0	0
14	94.9063	50.1822	6.96829	0	0
15	95.0412	50.0855	7.45896	0	0
16	95.1762	49.9922	7.89067	0	0
17	95.3112	49.9022	8.26273	0	0
18	95.4461	49.8153	8.57484	0	0
19	95.5811	49.7314	8.82707	0	0
20	95.7161	49.6505	9.01984	0	0
21	95.851	49.5724	9.15389	0	0
22	95.986	49.4972	9.23027	0	0
23	96.121	49.4246	9.25033	0	0
24	96.2559	49.3548	9.21567	0	0
25	96.3909	49.2875	9.12819	0	0
26	96.5259	49.2227	8.99001	0	0
27	96.6608	49.1604	8.80353	0	0
28	96.7958	49.1006	8.57136	0	0
29	96.9308	49.0431	8.29636	0	0
30	97.0657	48.9879	7.9816	0	0
31	97.2007	48.9351	7.6304	0	0
32	97.3357	48.8845	7.24628	0	0
33	97.4706	48.8361	6.83297	0	0
34	97.6056	48.7899	6.39445	0	0
35	97.7406	48.7459	5.93489	0	0
36	97.8755	48.704	5.45868	0	0
37	98.0105	48.6641	4.97044	0	0
38	98.1455	48.6264	4.47499	0	0
39	98.2804	48.5907	3.97739	0	0
40	98.4154	48.557	3.48292	0	0
41	98.5504	48.5253	2.99709	0	0
42	98.6853	48.4956	2.52565	0	0
43	98.8203	48.4678	2.07456	0	0
44	98.9553	48.442	1.65007	0	0
45	99.0902	48.4181	1.25865	0	0
46	99.2252	48.3962	0.907035	0	0
47	99.3602	48.3761	0.602239	0	0
48	99.4951	48.3579	0.351543	0	0
49	99.6301	48.3416	0.162519	0	0
50	99.7651	48.3272	0.043037	0	0
51	99.9	48.3147	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
26.939	48
146.556	48

Distributed Load

X	Y
72.5157	51.82
74.9168	51.82



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

67 di 81

SUBIDENTEFPRET 7.030



Distributed Load

X	Y
76.1261	51.82
78.5272	51.82

Distributed Load

X	Y
89.064	51.82
91.6298	51.82

Distributed Load

X	Y
85.0515	51.82
87.6172	51.82

Distributed Load


X	Y
83.1606	51.82
85.0515	51.82
87.6172	51.82
89.064	51.82
91.6298	51.82
93.1724	51.82

External Boundary

X	Y
146.556	18.3083
146.556	48.5012
146.556	50.5234
117.112	48.1533
99.9099	48.3083
94.4507	51.82
93.1724	51.82
91.6298	51.82
89.064	51.82
87.6172	51.82
85.0515	51.82
83.1606	51.82
78.5272	51.82
76.1261	51.82
74.9168	51.82
72.5157	51.82
68.3464	51.82
65.452	50.1365
43.1118	49.8544
40.7372	48.3083
37.7791	46.3823
26.939	45.63
26.939	18.3083

Material Boundary

X	Y
40.7372	48.3083
99.9099	48.3083

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 68 di 81</p>

ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1 100001B

Foglio

69 di 81

SLIDEMODELER 7.0.38



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 8

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI11_sisma_01
Slide Modeler Version: 7.0.38
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 15/03/2021, 15:22:16

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_SISMAHM2+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
Janbu 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 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1 100001B

Foglio

70 di 81

SLIDENTERPRET 7.0.00



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 8

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): 0.089
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.045

5 Distributed Loads present:

Distributed Load 1

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Vertical
 Load Action: Live

Distributed Load 2

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Vertical
 Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Vertical
 Load Action: Live



Distributed Load 4

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Vertical
 Load Action: Live

Distributed Load 5

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 14.4
 Orientation: Vertical
 Load Action: Live

Material Properties

Property	Rilevato	Ghiaia(6)
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	19.5
Cohesion [kPa]	0	0
Friction Angle [deg]	38	39
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1

Global Minimums**Method: bishop simplified**

FS	1.130490
Center:	99.975, 58.740
Radius:	10.503
Left Slip Surface Endpoint:	92.074, 51.820
Right Slip Surface Endpoint:	101.102, 48.298
Resisting Moment:	1202.32 kN-m
Driving Moment:	1063.54 kN-m
Total Slice Area:	9.66159 m ²
Surface Horizontal Width:	9.02812 m
Surface Average Height:	1.09232 m

Method: janbu simplified

FS	1.044340
Center:	99.350, 56.314
Radius:	8.148
Left Slip Surface Endpoint:	92.553, 51.820
Right Slip Surface Endpoint:	100.823, 48.300
Resisting Horizontal Force:	97.3127 kN
Driving Horizontal Force:	93.1809 kN
Total Slice Area:	9.99673 m ²
Surface Horizontal Width:	8.26951 m
Surface Average Height:	1.20887 m

Valid / Invalid Surfaces**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces:	1375
Number of Invalid Surfaces:	0

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces:	1360
Number of Invalid Surfaces:	15

Error Codes:

Error Code -112 reported for 15 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
72 di 81

SLIDENTERPRET 7.0.30



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 8

Global Minimum Query (Bishop simplified) - Safety Factor: 1.13049

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	0.1805	0.362498	-48.0518	Rilevato	0	32.0066	5.58694	6.31598	10.1051	0	10.1051	16.3213	16.3213
2	0.1805	1.06951	-46.5987	Rilevato	0	32.0066	6.93993	7.91335	12.6608	0	12.6608	20.0626	20.0626
3	0.1805	1.74191	-45.1836	Rilevato	0	32.0066	8.39068	9.48558	15.1762	0	15.1762	23.6209	23.6209
4	0.1805	2.38227	-43.8028	Rilevato	0	32.0066	9.7506	11.032	17.6503	0	17.6503	27.0094	27.0094
5	0.1805	2.99279	-42.4534	Rilevato	0	32.0066	11.1032	12.5521	20.0824	0	20.0824	30.24	30.24
6	0.1805	3.57539	-41.1324	Rilevato	0	32.0066	12.4243	14.0456	22.472	0	22.472	33.3228	33.3228
7	0.1805	4.13174	-39.8375	Rilevato	0	32.0066	8.73352	9.87316	15.7963	0	15.7963	23.0825	23.0825
8	0.1805	4.66332	-38.5666	Rilevato	0	32.0066	9.46917	10.7048	17.1127	0	17.1127	24.6771	24.6771
9	0.1805	5.17145	-37.3178	Rilevato	0	32.0066	10.6441	12.033	19.252	0	19.252	27.3658	27.3658
10	0.1805	5.65729	-36.0894	Rilevato	0	32.0066	11.7971	13.3365	21.3374	0	21.3374	29.9367	29.9367
11	0.1805	6.12189	-34.88	Rilevato	0	32.0066	12.928	14.615	23.383	0	23.383	32.395	32.395
12	0.1805	6.56619	-33.6881	Rilevato	0	32.0066	14.0369	15.8686	25.3886	0	25.3886	34.7459	34.7459
13	0.1805	6.99103	-32.5125	Rilevato	0	32.0066	15.1237	17.0972	27.3543	0	27.3543	36.9938	36.9938
14	0.1805	7.25166	-31.3522	Rilevato	0	32.0066	15.8699	17.9408	28.704	0	28.704	38.3728	38.3728
15	0.1805	7.2265	-30.2059	Rilevato	0	32.0066	15.994	18.0811	28.9285	0	28.9285	38.2395	38.2395
16	0.1805	7.17815	-29.0729	Rilevato	0	32.0066	16.0629	18.1589	29.0529	0	29.0529	37.9834	37.9834
17	0.1805	7.11301	-27.9522	Rilevato	0	32.0066	16.0894	18.1889	29.101	0	29.101	37.6386	37.6386
18	0.1805	7.03162	-26.843	Rilevato	0	32.0066	16.074	18.1715	29.0731	0	29.0731	37.2078	37.2078
19	0.1805	6.93446	-25.7446	Rilevato	0	32.0066	16.0169	18.1069	28.9697	0	28.9697	36.6935	36.6935
20	0.1805	6.82197	-24.6562	Rilevato	0	32.0066	15.9182	17.9954	28.7913	0	28.7913	36.0981	36.0981
21	0.1805	6.69455	-23.5773	Rilevato	0	32.0066	15.7781	17.837	28.5379	0	28.5379	35.4237	35.4237
22	0.1805	6.55259	-22.5072	Rilevato	0	32.0066	15.5967	17.6319	28.2097	0	28.2097	34.6724	34.6724
23	0.1805	6.39641	-21.4453	Rilevato	0	32.0066	15.374	17.3801	27.8069	0	27.8069	33.8459	33.8459
24	0.1805	6.22634	-20.391	Rilevato	0	32.0066	15.1098	17.0815	27.3292	0	27.3292	32.9458	32.9458
25	0.1805	6.04267	-19.344	Rilevato	0	32.0066	14.8043	16.7361	26.7766	0	26.7766	31.9738	31.9738
26	0.1805	5.84566	-18.3036	Rilevato	0	32.0066	14.4573	16.3438	26.1489	0	26.1489	30.9312	30.9312
27	0.1805	5.63556	-17.2694	Rilevato	0	32.0066	14.0685	15.9043	25.4458	0	25.4458	29.8194	29.8194
28	0.1805	5.4126	-16.241	Rilevato	0	32.0066	13.6378	15.4174	24.6668	0	24.6668	28.6395	28.6395
29	0.1805	5.17698	-15.2179	Rilevato	0	32.0066	13.1649	14.8828	23.8114	0	23.8114	27.3926	27.3926
30	0.1805	4.9289	-14.1998	Rilevato	0	32.0066	12.6495	14.3001	22.8791	0	22.8791	26.0799	26.0799
31	0.1805	4.66852	-13.1863	Rilevato	0	32.0066	12.091	13.6688	21.8692	0	21.8692	24.702	24.702
32	0.1805	4.396	-12.1769	Rilevato	0	32.0066	11.4894	12.9886	20.7808	0	20.7808	23.26	23.26
33	0.1805	4.11149	-11.1714	Rilevato	0	32.0066	10.8437	12.2587	19.613	0	19.613	21.7545	21.7545
34	0.1805	3.81512	-10.1693	Rilevato	0	32.0066	10.1537	11.4786	18.365	0	18.365	20.1863	20.1863
35	0.1805	3.50701	-9.1704	Rilevato	0	32.0066	9.41857	10.6476	17.0354	0	17.0354	18.5559	18.5559
36	0.1805	3.18725	-8.17427	Rilevato	0	32.0066	8.63779	9.76494	15.6232	0	15.6232	16.864	16.864
37	0.1805	2.85594	-7.18063	Rilevato	0	32.0066	7.81052	8.82972	14.1269	0	14.1269	15.1109	15.1109
38	0.18074	2.51538	-6.1885	Ghiaia(6)	0	32.9362	7.171	8.10674	12.5137	0	12.5137	13.2913	13.2913
39	0.18074	2.15862	-5.19757	Ghiaia(6)	0	32.9362	6.21244	7.0231	10.841	0	10.841	11.4061	11.4061
40	0.18074	1.79076	-4.20819	Ghiaia(6)	0	32.9362	5.20299	5.88193	9.07947	0	9.07947	9.46231	9.46231
41	0.18074	1.41185	-3.22008	Ghiaia(6)	0	32.9362	4.14149	4.68191	7.22709	0	7.22709	7.46009	7.46009
42	0.18074	1.02192	-2.23292	Ghiaia(6)	0	32.9362	3.02667	3.42162	5.28168	0	5.28168	5.39969	5.39969
43	0.18074	0.620995	-1.24642	Ghiaia(6)	0	32.9362	1.85717	2.09951	3.24085	0	3.24085	3.28126	3.28126
44	0.18074	0.282974	-0.260294	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.854594	0.96611	1.49131	0	1.49131	1.49519	1.49519
45	0.18074	0.240986	0.725755	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.735015	0.830927	1.28264	0	1.28264	1.27332	1.27332
46	0.18074	0.221693	1.71202	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.682956	0.772075	1.19179	0	1.19179	1.17138	1.17138
47	0.18074	0.191421	2.69879	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.595687	0.673418	1.0395	0	1.0395	1.01142	1.01142
48	0.18074	0.150149	3.68637	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.472055	0.533653	0.82376	0	0.82376	0.793346	0.793346
49	0.18074	0.0978437	4.67504	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.310818	0.351377	0.542393	0	0.542393	0.516976	0.516976
50	0.18074	0.0344642	5.66511	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.110641	0.125078	0.193073	0	0.193073	0.182097	0.182097

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.04434

Empty table content for the second query													
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI1100001B

Foglio
73 di 81

SLIDENETPREP7.0.00



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 8

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	0.164991	0.396146	-55.5042	Rilevato	0	32.0066	5.34253	5.57942	8.92667	0	8.92667	16.7013	16.7013
2	0.164991	1.16024	-53.5044	Rilevato	0	32.0066	6.98951	7.29942	11.6785	0	11.6785	21.1258	21.1258
3	0.164991	1.87158	-51.5951	Rilevato	0	32.0066	8.60909	8.99082	14.3847	0	14.3847	25.2447	25.2447
4	0.164991	2.53669	-49.7631	Rilevato	0	32.0066	8.957	9.95415	14.966	0	14.966	25.5513	25.5513
5	0.164991	3.16071	-47.9981	Rilevato	0	32.0066	6.58036	6.87213	10.9949	0	10.9949	18.3026	18.3026
6	0.164991	3.7478	-46.2916	Rilevato	0	32.0066	7.98748	8.34164	13.346	0	13.346	21.7019	21.7019
7	0.164991	4.30137	-44.6367	Rilevato	0	32.0066	9.36967	9.78512	15.6555	0	15.6555	24.9071	24.9071
8	0.164991	4.82426	-43.0279	Rilevato	0	32.0066	10.7263	11.2019	17.9223	0	17.9223	27.9345	27.9345
9	0.164991	5.31887	-41.4602	Rilevato	0	32.0066	12.0571	12.5917	20.1458	0	20.1458	30.798	30.798
10	0.164991	5.78722	-39.9296	Rilevato	0	32.0066	13.3617	13.9542	22.3257	0	22.3257	33.5095	33.5095
11	0.164991	6.23108	-38.4325	Rilevato	0	32.0066	14.6403	15.2894	24.4619	0	24.4619	36.0791	36.0791
12	0.164991	6.60851	-36.9658	Rilevato	0	32.0066	15.7888	16.4889	26.381	0	26.381	38.264	38.264
13	0.164991	6.70162	-35.5269	Rilevato	0	32.0066	16.2704	16.9918	27.1856	0	27.1856	38.8027	38.8027
14	0.164991	6.73016	-34.1134	Rilevato	0	32.0066	16.5942	17.33	27.7267	0	27.7267	38.9675	38.9675
15	0.164991	6.73926	-32.7232	Rilevato	0	32.0066	16.8666	17.6145	28.1819	0	28.1819	39.0197	39.0197
16	0.164991	6.72983	-31.3543	Rilevato	0	32.0066	17.0884	17.8461	28.5525	0	28.5525	38.9646	38.9646
17	0.164991	6.70267	-30.0051	Rilevato	0	32.0066	17.2603	18.0256	28.8397	0	28.8397	38.807	38.807
18	0.164991	6.65853	-28.6739	Rilevato	0	32.0066	17.3828	18.1536	29.0444	0	29.0444	38.551	38.551
19	0.164991	6.59805	-27.3595	Rilevato	0	32.0066	17.4565	18.2305	29.1675	0	29.1675	38.2004	38.2004
20	0.164991	6.52182	-26.0606	Rilevato	0	32.0066	17.4816	18.2567	29.2094	0	29.2094	37.7586	37.7586
21	0.164991	6.43037	-24.7759	Rilevato	0	32.0066	17.4585	18.2326	29.1708	0	29.1708	37.2288	37.2288
22	0.164991	6.32418	-23.5043	Rilevato	0	32.0066	17.3872	18.1582	29.0519	0	29.0519	36.6136	36.6136
23	0.164991	6.20369	-22.245	Rilevato	0	32.0066	17.2682	18.0339	28.8529	0	28.8529	35.9157	35.9157
24	0.164991	6.06929	-20.9968	Rilevato	0	32.0066	17.1011	17.8594	28.5738	0	28.5738	35.1372	35.1372
25	0.164991	5.92134	-19.759	Rilevato	0	32.0066	16.8862	17.6349	28.2145	0	28.2145	34.2803	34.2803
26	0.164991	5.76015	-18.5308	Rilevato	0	32.0066	16.623	17.3601	27.7749	0	27.7749	33.3468	33.3468
27	0.164991	5.58602	-17.3113	Rilevato	0	32.0066	16.3115	17.0348	27.2544	0	27.2544	32.3384	32.3384
28	0.164991	5.39922	-16.0998	Rilevato	0	32.0066	15.9513	16.6586	26.6526	0	26.6526	31.2566	31.2566
29	0.164991	5.19998	-14.8958	Rilevato	0	32.0066	15.5421	16.2312	25.9687	0	25.9687	30.1029	30.1029
30	0.164991	4.98852	-13.6984	Rilevato	0	32.0066	15.0832	15.752	25.202	0	25.202	28.8784	28.8784
31	0.164991	4.76504	-12.507	Rilevato	0	32.0066	14.5742	15.2204	24.3515	0	24.3515	27.5844	27.5844
32	0.164991	4.5297	-11.3212	Rilevato	0	32.0066	14.0143	14.6357	23.416	0	23.416	26.2218	26.2218
33	0.166099	4.30932	-10.1363	Ghiaia(6)	0	32.9362	13.8367	14.4502	22.3057	0	22.3057	24.7794	24.7794
34	0.166099	4.04485	-8.95179	Ghiaia(6)	0	32.9362	13.1434	13.7262	21.188	0	21.188	23.2584	23.2584
35	0.166099	3.76899	-7.77115	Ghiaia(6)	0	32.9362	12.3943	12.9439	19.9804	0	19.9804	21.6719	21.6719
36	0.166099	3.48185	-6.59382	Ghiaia(6)	0	32.9362	11.5883	12.1021	18.681	0	18.681	20.0206	20.0206
37	0.166099	3.18352	-5.41928	Ghiaia(6)	0	32.9362	10.7239	11.1994	17.2876	0	17.2876	18.305	18.305
38	0.166099	2.87408	-4.24702	Ghiaia(6)	0	32.9362	9.79968	10.2342	15.7977	0	15.7977	16.5255	16.5255
39	0.166099	2.55357	-3.07654	Ghiaia(6)	0	32.9362	8.81398	9.20479	14.2087	0	14.2087	14.6825	14.6825
40	0.166099	2.22205	-1.90735	Ghiaia(6)	0	32.9362	7.76488	8.10918	12.5175	0	12.5175	12.7761	12.7761
41	0.166099	1.87953	-0.738945	Ghiaia(6)	0	32.9362	6.65036	6.94524	10.7208	0	10.7208	10.8066	10.8066
42	0.166099	1.52605	0.429148	Ghiaia(6)	0	32.9362	5.46815	5.71061	8.81502	0	8.81502	8.77406	8.77406
43	0.166099	1.16159	1.59742	Ghiaia(6)	0	32.9362	4.21576	4.40269	6.79606	0	6.79606	6.67849	6.67849
44	0.166099	0.786151	2.76636	Ghiaia(6)	0	32.9362	2.89042	3.01858	4.65954	0	4.65954	4.51988	4.51988
45	0.166099	0.442509	3.93645	Ghiaia(6)	0	32.9362	1.64853	1.72163	2.65755	0	2.65755	2.54411	2.54411
46	0.166099	0.350378	5.10819	Ghiaia(6)	0	32.9362	1.32293	1.38159	2.13265	0	2.13265	2.01439	2.01439
47	0.166099	0.291874	6.28207	Ghiaia(6)	0	32.9362	1.1172	1.16674	1.801	0	1.801	1.67802	1.67802
48	0.166099	0.2222	7.45861	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.86246	0.900701	1.39034	0	1.39034	1.27743	1.27743
49	0.166099	0.141272	8.63832	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.556219	0.580882	0.896662	0	0.896662	0.812162	0.812162
50	0.166099	0.0489915	9.82174	Ghiaia(6)	0	32.9362	0.195729	0.204408	0.315529	0	0.315529	0.281644	0.281644

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13049

--



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1 100001B

Foglio

74 di 81

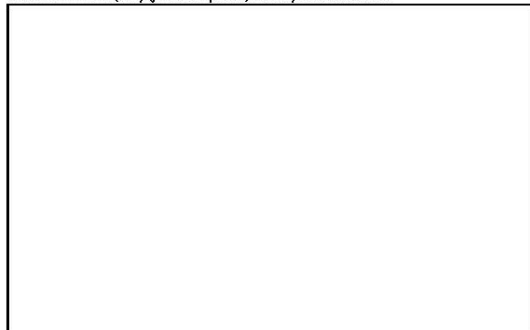
SLIDENETPRET 7.0.30



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 8

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	92.0741	51.82	0	0	0
2	92.2546	51.6192	1.05378	0	0
3	92.4351	51.4283	2.30267	0	0
4	92.6156	51.2466	3.70093	0	0
5	92.7961	51.0735	5.20795	0	0
6	92.9766	50.9084	6.78744	0	0
7	93.1571	50.7508	8.40675	0	0
8	93.3376	50.6002	9.57766	0	0
9	93.5181	50.4563	10.7493	0	0
10	93.6986	50.3187	11.9383	0	0
11	93.8791	50.1871	13.121	0	0
12	94.0596	50.0613	14.2758	0	0
13	94.2401	49.9409	15.3828	0	0
14	94.4206	49.8259	16.4237	0	0
15	94.6011	49.7159	17.3627	0	0
16	94.7816	49.6109	18.1603	0	0
17	94.9621	49.5105	18.8169	0	0
18	95.1426	49.4147	19.3347	0	0
19	95.3231	49.3234	19.7165	0	0
20	95.5036	49.2363	19.9658	0	0
21	95.6841	49.1535	20.0868	0	0
22	95.8646	49.0747	20.0842	0	0
23	96.0451	48.9999	19.9636	0	0
24	96.2256	48.929	19.731	0	0
25	96.4061	48.8619	19.3929	0	0
26	96.5866	48.7985	18.9567	0	0
27	96.7671	48.7388	18.4302	0	0
28	96.9476	48.6827	17.8216	0	0
29	97.1281	48.6301	17.14	0	0
30	97.3086	48.581	16.395	0	0
31	97.4891	48.5354	15.5966	0	0
32	97.6696	48.4931	14.7557	0	0
33	97.8501	48.4541	13.8837	0	0
34	98.0306	48.4185	12.9925	0	0
35	98.2111	48.3861	12.095	0	0
36	98.3916	48.357	11.2044	0	0
37	98.5721	48.331	10.3348	0	0
38	98.7526	48.3083	9.50123	0	0
39	98.9334	48.2887	8.67496	0	0
40	99.1141	48.2723	7.9231	0	0
41	99.2948	48.259	7.26335	0	0
42	99.4756	48.2488	6.71437	0	0
43	99.6563	48.2417	6.2958	0	0
44	99.8371	48.2378	6.02833	0	0
45	100.018	48.237	5.90037	0	0
46	100.199	48.2393	5.7861	0	0
47	100.379	48.2447	5.67602	0	0
48	100.56	48.2532	5.5766	0	0
49	100.741	48.2649	5.4951	0	0
50	100.921	48.2796	5.43964	0	0
51	101.102	48.2976	0	0	0

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.04434





Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

11

EI2RBRI1 100001B

75 di 81

SLIDENETPRET 7.0.30



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 8

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	92.553	51.82	0	0	0
2	92.718	51.5799	1.29804	0	0
3	92.883	51.3569	2.85375	0	0
4	93.048	51.1488	4.59531	0	0
5	93.213	50.9538	6.26299	0	0
6	93.378	50.7705	7.47435	0	0
7	93.543	50.5979	8.79501	0	0
8	93.708	50.435	10.184	0	0
9	93.8729	50.281	11.6057	0	0
10	94.0379	50.1353	13.0285	0	0
11	94.2029	49.9972	14.4245	0	0
12	94.3679	49.8662	15.7688	0	0
13	94.5329	49.7421	17.0306	0	0
14	94.6979	49.6243	18.1481	0	0
15	94.8629	49.5125	19.1109	0	0
16	95.0279	49.4065	19.9186	0	0
17	95.1929	49.3059	20.5716	0	0
18	95.3579	49.2107	21.0711	0	0
19	95.5229	49.1204	21.4196	0	0
20	95.6879	49.0351	21.6199	0	0
21	95.8528	48.9544	21.676	0	0
22	96.0178	48.8782	21.5923	0	0
23	96.1828	48.8065	21.3741	0	0
24	96.3478	48.739	21.0273	0	0
25	96.5128	48.6757	20.5583	0	0
26	96.6778	48.6164	19.9744	0	0
27	96.8428	48.5611	19.2835	0	0
28	97.0078	48.5097	18.4938	0	0
29	97.1728	48.462	17.6146	0	0
30	97.3378	48.4181	16.6555	0	0
31	97.5028	48.3779	15.6271	0	0
32	97.6677	48.3413	14.5404	0	0
33	97.8327	48.3083	13.4073	0	0
34	97.9988	48.2786	12.1574	0	0
35	98.1649	48.2524	10.891	0	0
36	98.331	48.2298	9.62285	0	0
37	98.4971	48.2106	8.36867	0	0
38	98.6632	48.1948	7.1451	0	0
39	98.8293	48.1825	5.96977	0	0
40	98.9954	48.1736	4.86147	0	0
41	99.1615	48.168	3.84011	0	0
42	99.3276	48.1659	2.92692	0	0
43	99.4937	48.1671	2.14449	0	0
44	99.6598	48.1718	1.51691	0	0
45	99.8259	48.1798	1.0699	0	0
46	99.992	48.1912	0.805382	0	0
47	100.158	48.2061	0.585398	0	0
48	100.324	48.2243	0.399076	0	0
49	100.49	48.2461	0.239518	0	0
50	100.656	48.2713	0.137177	0	0
51	100.823	48.3001	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
26.939	44
146.556	44

Distributed Load

X	Y
72.5157	51.82
74.9168	51.82

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1 100001B

Foglio

76 di 81

SLIDENTERPRET 7.0.30



X	Y
76.1261	51.82
78.5272	51.82

Distributed Load

X	Y
89.064	51.82
91.6298	51.82

Distributed Load

X	Y
85.0515	51.82
87.6172	51.82

Distributed Load



X	Y
83.1606	51.82
85.0515	51.82
87.6172	51.82
89.064	51.82
91.6298	51.82
93.1724	51.82

External Boundary

X	Y
146.556	18.3083
146.556	48.5012
146.556	50.5234
117.112	48.1533
99.9099	48.3083
94.4507	51.82
93.1724	51.82
91.6298	51.82
89.064	51.82
87.6172	51.82
85.0515	51.82
83.1606	51.82
78.5272	51.82
76.1261	51.82
74.9168	51.82
72.5157	51.82
68.3464	51.82
65.452	50.1365
43.1118	49.8544
40.7372	48.3083
37.7791	46.3823
26.939	45.63
26.939	18.3083

Material Boundary

X	Y
40.7372	48.3083
99.9099	48.3083

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI1100001B</p>	<p>Foglio 77 di 81</p>

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

78 di 81

Settle3D Analysis Information

Project Settings

Document Name: Ri11_04
Date Created: 01/03/2021, 16:21:48
Stress Computation Method: Boussinesq
Groundwater method: Water Table
Water Unit Weight: 9.81 kN/m³
Depth to water table: 0.2 [m]

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1
2	Stage 2
3	Stage 3

Results

Time taken to compute: 0 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	2.29616
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	2.29616
Loading Stress [kPa]	0	99.1348
Effective Stress [kPa]	-0	274.441
Total Stress [kPa]	0	566.779
Total Strain	-0	0.00342983
Pore Water Pressure [kPa]	0	292.338
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.195	274.348
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Stage: Stage 2

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	2.91257
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	2.91257
Loading Stress [kPa]	0	100.317
Effective Stress [kPa]	-0	301.572



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

79 di 81

Total Stress [kPa]	0	593.91
Total Strain	1.22237e-006	0.00433836
Pore Water Pressure [kPa]	0	292.338
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	13.4918	298.523
Over-consolidation Ratio	1	1.12953
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Stage: Stage 3

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	3.57982
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	3.57982
Loading Stress [kPa]	0	100.317
Effective Stress [kPa]	-0	312.864
Total Stress [kPa]	0	605.202
Total Strain	1.23145e-006	0.00486741
Pore Water Pressure [kPa]	0	292.338
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	13.4924	304.919
Over-consolidation Ratio	1	1.05063
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads

1. Rectangular Load: "Ballast"

Length: 15.3 m
Width: 60 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 918 m²
Load: 9.41 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 3

Coordinates

X [m]	Y [m]
8.65	-30
23.95	-30
23.95	30
8.65	30

2. Rectangular Load

Length: 62.5 m
Width: 60 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 3750 m²



Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

80 di 81



SETTELENO 2000

Load: 16 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 3

Coordinates

X [m]	Y [m]
25.75	-30
88.25	-30
88.25	30
25.75	30

Embankments

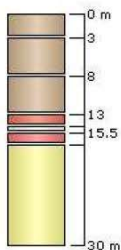
1. Embankment

Center Line: (0, -30) to (0, 30)
Number of Layers: 1
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 28

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	3.4	20	34	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Ghiaia (6)	3	0
2	ghiaia2(6)	5	3
3	ghiaia3(6)	5	8
4	arg sup (2)	1.5	13
5	Sabbia (4)	1	14.5
6	arg prof (2)	1.5	15.5
7	sabia prof (4)	13	17



Soil Properties

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Rilevato ferroviario AV da pk 3+700,00 a pk 4+046,17
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto








11

Codifica

EI2RBRI1100001B

Foglio

81 di 81

Property	Ghiaia (6)	arg sup (2)	Sabbia (4)	arg prof (2)	sabbia prof (4)	ghiaia2(6)	ghiaia3(6)
Color							
Unit Weight [kN/m ³]	19.5	20	19.5	20	19.5	19.5	18
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	18	18	18	18	18	18	18
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	62000	15000	130000	15000	150000	62000	104000
Es bottom [kPa]						104000	
Esur [kPa]	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Esur bottom [kPa]						10000	

Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0, 0	Auto: 69
2	3.5, 0	Auto: 69
3	16.3, 0	Auto: 69

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-25, 0	100, 0	100	8