

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 da pk 0+766,68 a pk 1+125,00

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	0	4	0	0	0	0	1	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data

Progettazione:

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

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711E12RBRI0400001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 2 di 89</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	8
4.1	Inquadramento geotecnico	8
4.1.1	Indagini disponibili.....	9
4.1.2	Livello di falda	11
4.2	Condizioni geotecniche del sito	12
4.3	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	20
4.3.1	Materiale da rilevato.....	20
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	21
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	21
5.1.1	Vita Nominale.....	21
5.1.2	Classe d'uso	21
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	22
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	22
5.1.5	Condizioni topografiche	22
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	23
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	23
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	25
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	27
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	32
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	32
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	32
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	34
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	34
6.2	Azioni di progetto	34
6.2.1	Azioni permanenti	35

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0400001B	3 di 89

6.2.2	Azioni variabili	35
6.2.3	Azione sismica	35
6.3	Verifiche e risultati SLU	36
6.3.1	Premessa	36
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	36
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	37
6.4	Verifica e risultati SLE	40
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	45
	Allegati	46
	ALLEGATO 1 - STRATIGRAFIE	47
	ALLEGATO 2 - SONDAGGI	49
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO	56
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO- condizione di svaso rapido	66
	ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO	76
	ALLEGATO 1 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE	86

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 4 di 89

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI04, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 0+766,68 e il km 1+125,00

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato, sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Vengono quindi presentate le verifiche di SLU e SLE, condotte in base al modello geotecnico sopra definito, ed eseguite ai sensi della Normativa di riferimento (NTC2008, v. capitolo seguente).

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 5 di 89

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 6 di 89</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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 8 di 89

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Inquadramento geotecnico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla pk 0+766,68 alla pk 1+125,00.

Dal punto di vista geotecnico nei primi km si nota la presenza di materiale di riporto, per uno spessore variabile tra 1-5 m, sovrastante uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) per uno spessore anche di 25 m. Dalla pk 0+965 sotto il materiale di riporto è presente una formazione di limi argillosi/sabbiosi di spessore crescente, sotto di questo continua la formazione di ghiaia (Unità 6), e per ultime si incontrano sabbie limose mediamente addensate (Unità 4). Analizzando le quote di imposta del muro di sostegno si sottolinea che la fondazione dell'opera cade al di sotto dello strato di riporto (Unità 1), poggiando direttamente o su ghiaie (unità 6) o, in subordine, su limi argillosi (Unità 3). In particolare, per la Sezione A (Figura 1), la fondazione del muro poggia direttamente sulla formazione di limi argillosi (Unità 3).

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

Nella Figura 2 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato R104, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 1 di 11 (Doc. Rif. [3]), vedi ALLEGATO 1 - .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 9 di 89</p>

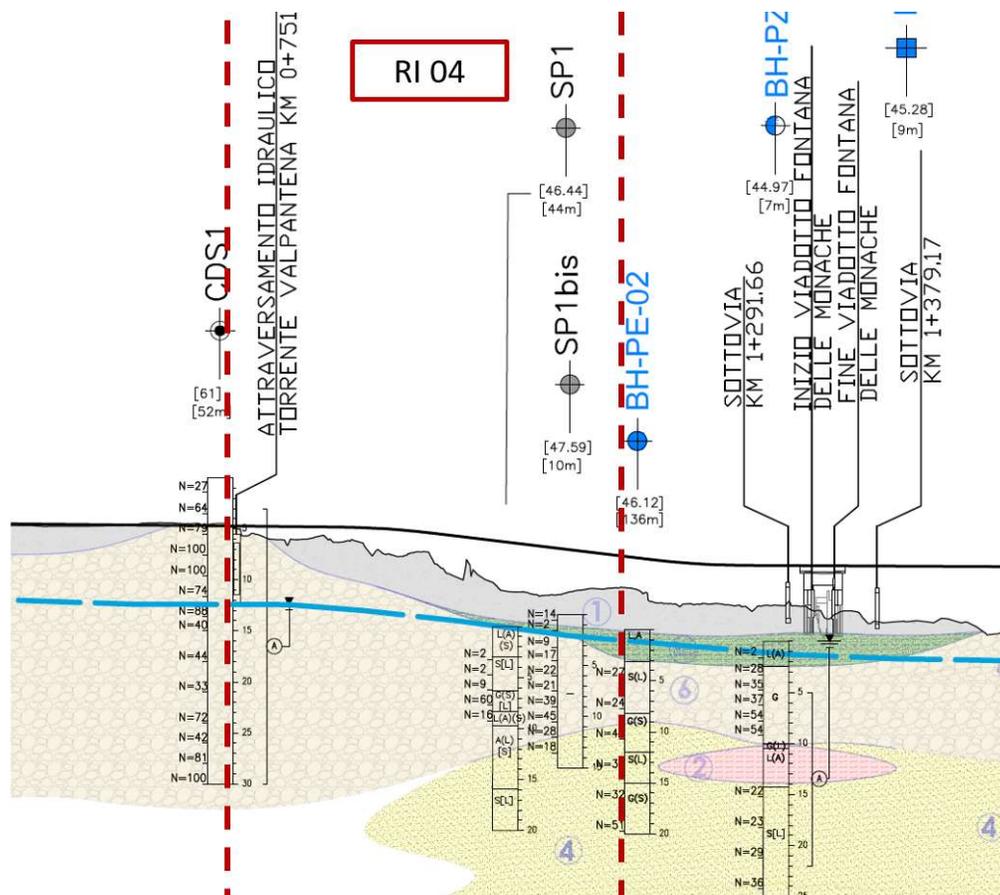


Figura 2 - Profilo Geotecnico Rilevato RI04, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

4.1.1 Indagini disponibili

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

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse sono riportate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini di Tabella 1 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])

Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

10 di 89

Tabella 1 - Indagini disponibili tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

Progressiva pk	ID indagini	Campagna anno
0+700	CDS1	2017
1+000	SP1	2014-2015
1+000	SP1bis	2014-2015
1+150	BH-PE-02	2020-2021

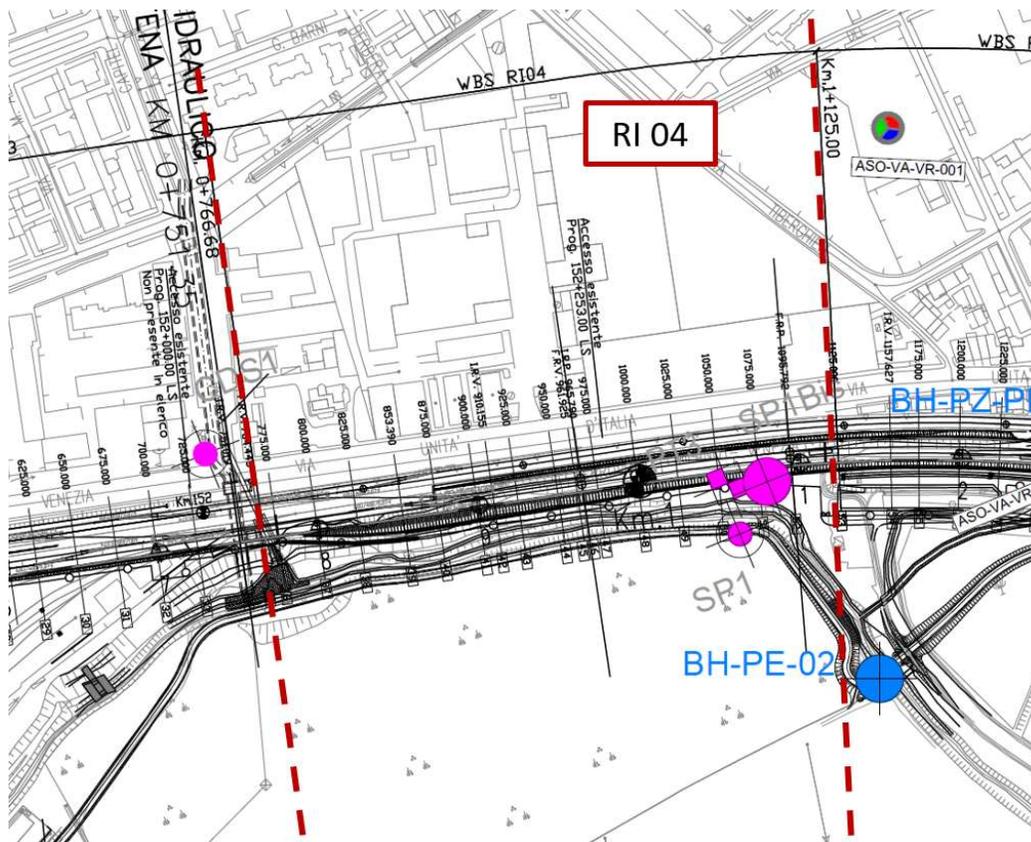


Figura 3 - Planimetria Rilevato RI04, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 11 di 89

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: +44.9 m slm, quota da rilievi piezometrici;
- falda di progetto a lungo termine: +4.5 m, rispetto alla falda di medio termine (49.4 m slm). Questo livello corrisponde all'evento di massima piena del fiume Adige.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 12 di 89</p>

4.2 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 5 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame.

La parte sommitale del profilo è costituita da riporti, generalmente formati da ghiaie sabbie, ben addensati, e con elevati valori del numero di colpi SPT (>75 e fino a rifiuto)

Per i primi km al di sotto di esso si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino anche 25 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 15% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 40 colpi/30cm, con valori anche superiori a 80 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 40 e il 60% e quindi il deposito risulta da mediamente addensato ad addensato.

Dalla pk 0+965 si riscontra, sopra le ghiaie (Unità 6), la presenza di argille limose poco addensate per spessori crescenti fino a 2-3 m. Lo strato di ghiaia si riduce invece fino a uno spessore di circa 6 m. Al di sotto dell'Unità 6 si individua la presenza di depositi di sabbia limosa mediamente addensati (Unità 4), a partire dalla profondità di circa 10 m e fino alla quota di fine sondaggi (20 m pc). In questo deposito le percentuali di materiale fine non superano il 15%, i valori medi di N_{SPT} sono pari a 40 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 70% con valori anche superiori a 80%.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sull'esame congiunto dei risultati delle prove DH, MASW e SPT in tutta l'area, 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 e le sabbie fino a 28 m pc si ottengono valori crescenti compresi tra 120 MPa e 250 MPa, mentre per le ghiaie 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.

Le argille limose superficiali si è stimato $c_u = 60$ kPa, sulla base dei pocket penetrometer. I valori sono anche confermati dalle prove di laboratorio di compressione triassiale eseguiti su campioni indisturbati del sondaggio BH-PE-02

Per tale materiale il valore del modulo di Young operativo (E_{op}) è stato ottenuto considerando $E_{op} = 200c_u = 12$ MPa.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 13 di 89

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 4);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 5);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 6);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 7);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 8);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 9).

AV/AC VERONA VICENZA

RI 04 da pk 0+766,68 a pk 1+125

Contributi granulometrici (%)

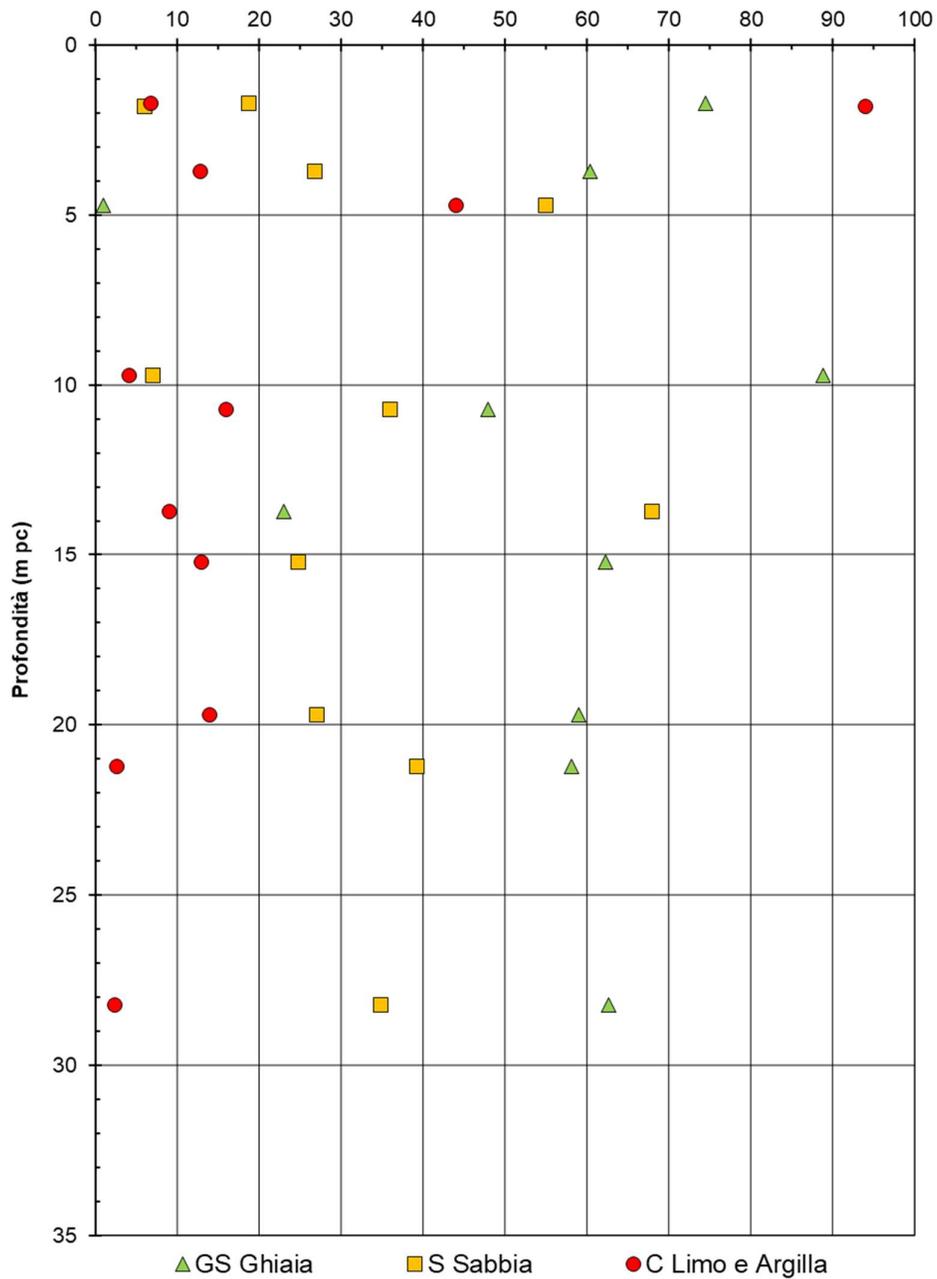


Figura 4 – Risultati delle analisi granulometriche tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

AV/AC VERONA VICENZA

RI 04 da pk 0+766,68 a pk 1+125

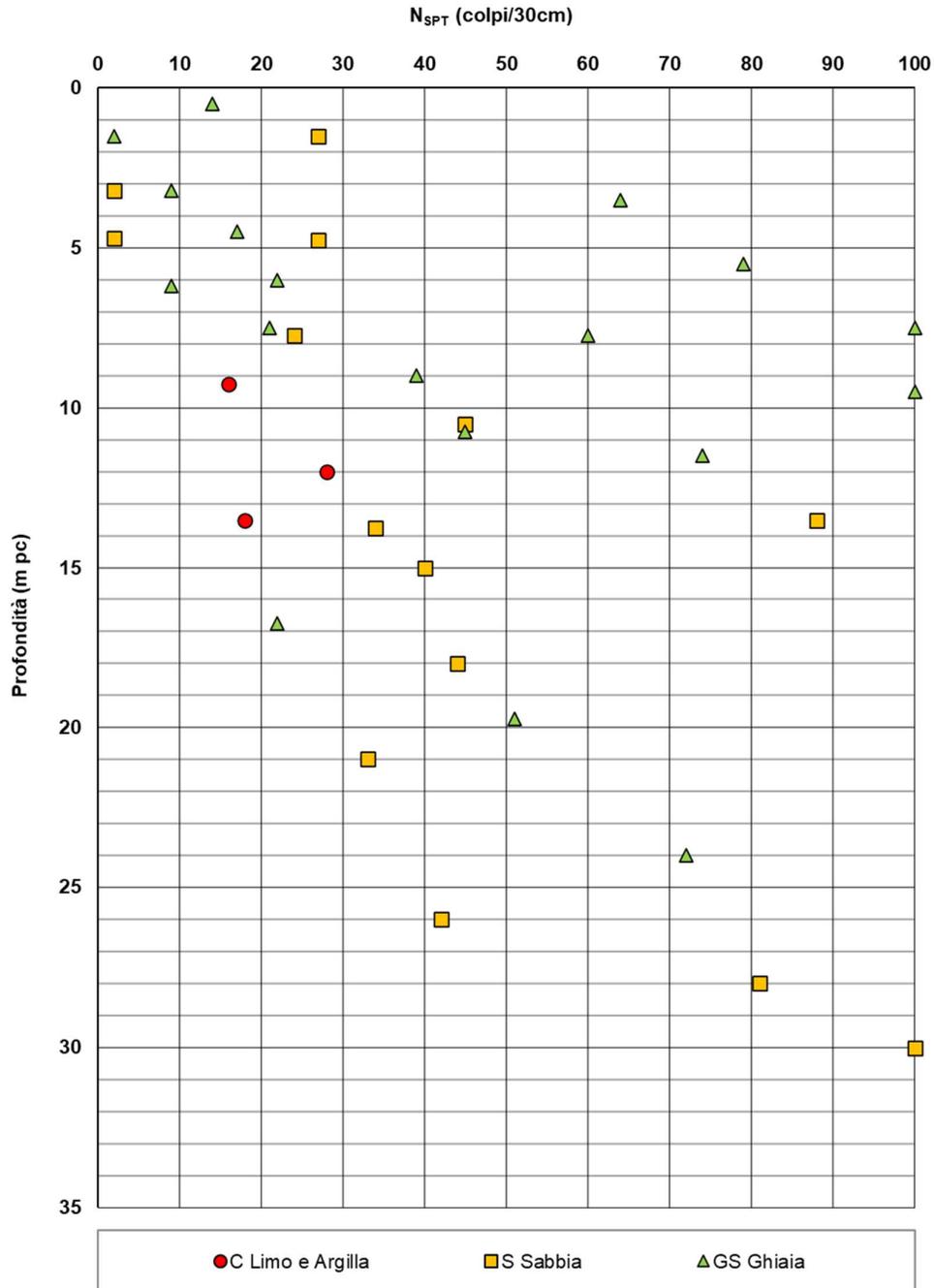


Figura 5 – Esito delle prove SPT tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

AV/AC VERONA VICENZA

RI 04 da pk 0+766,68 a pk 1+125

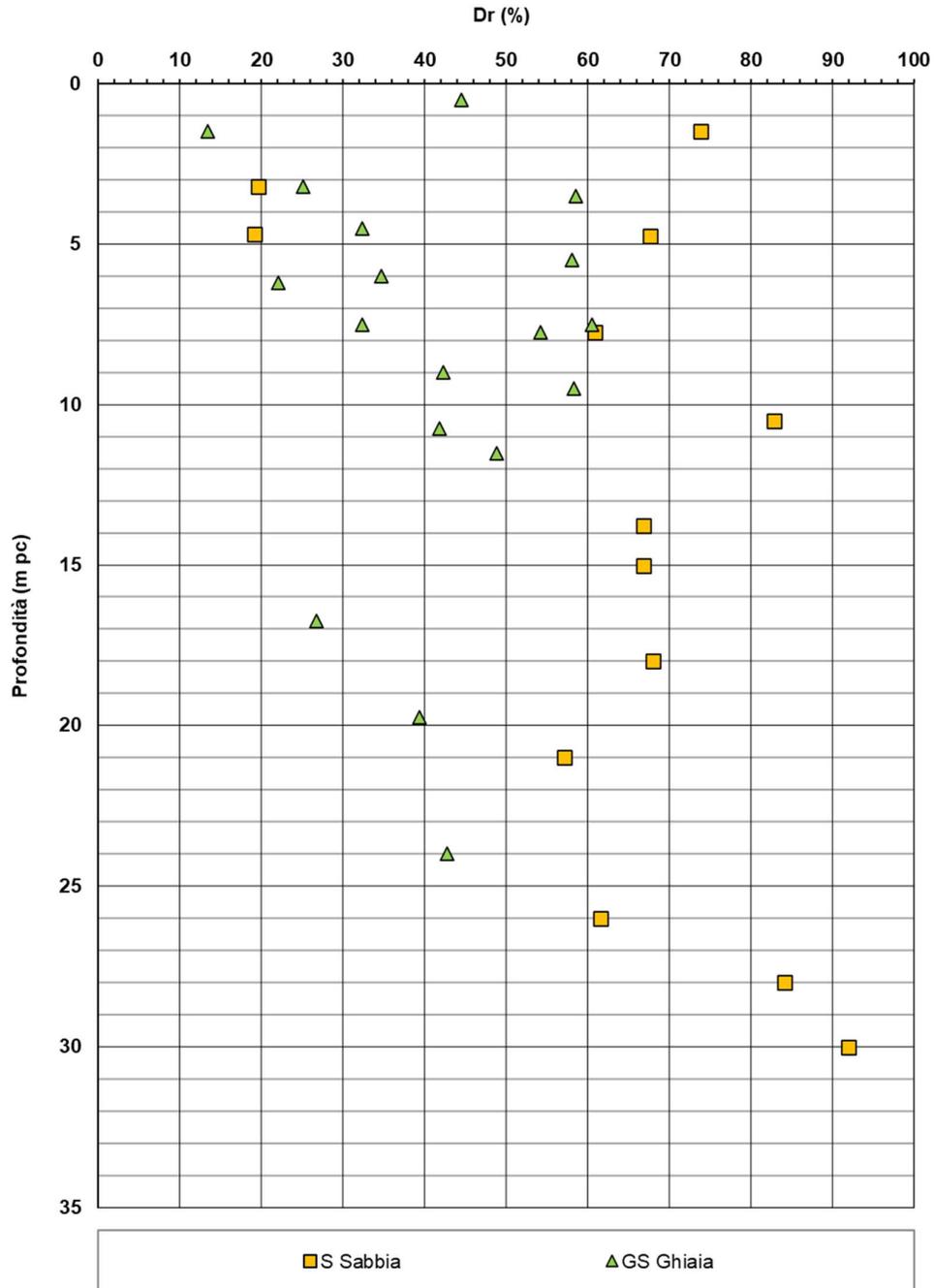


Figura 6 – Densità relativa da prove SPT tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

AV/AC VERONA VICENZA

RI 04 da pk 0+766,68 a pk 1+125

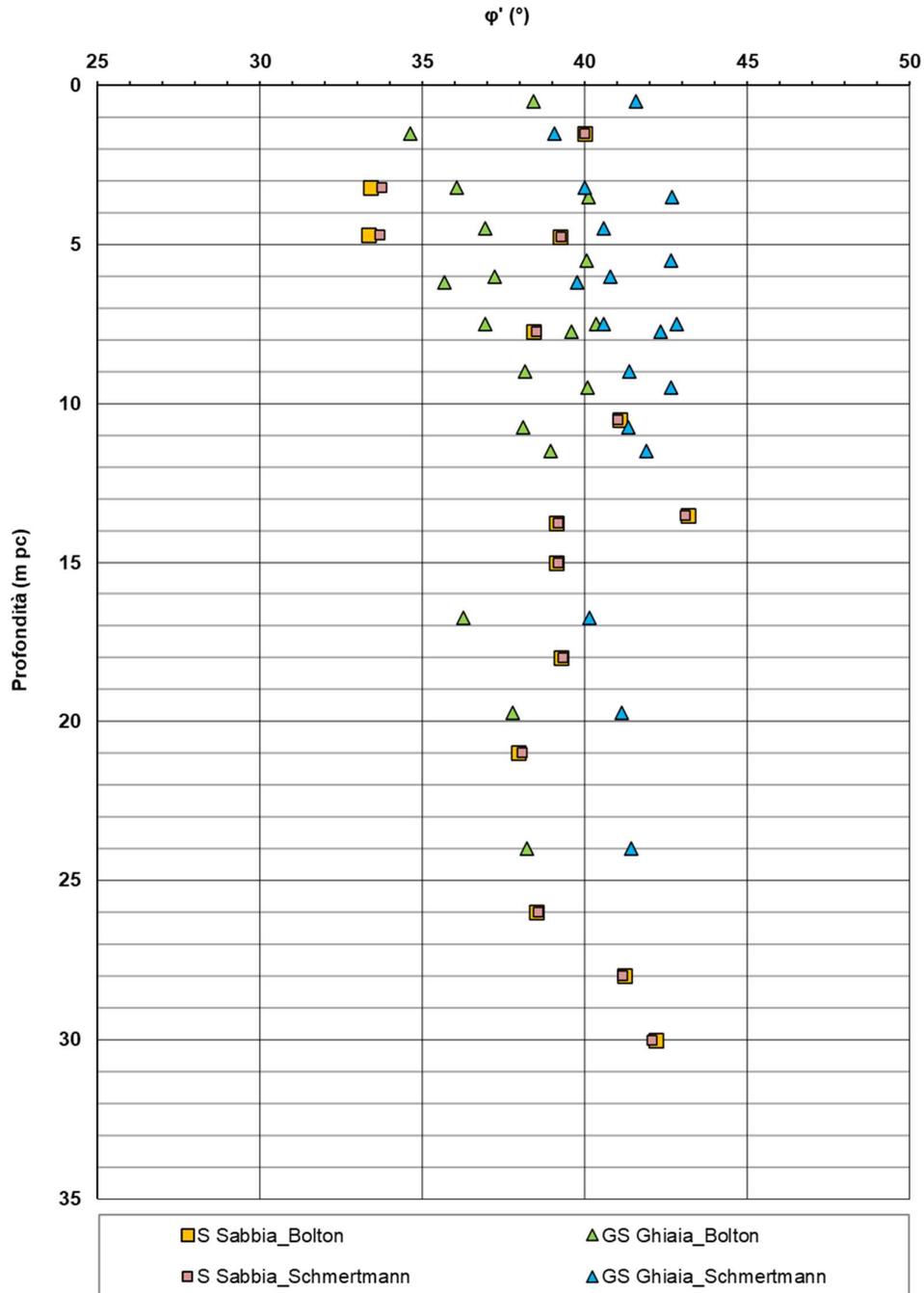


Figura 7 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

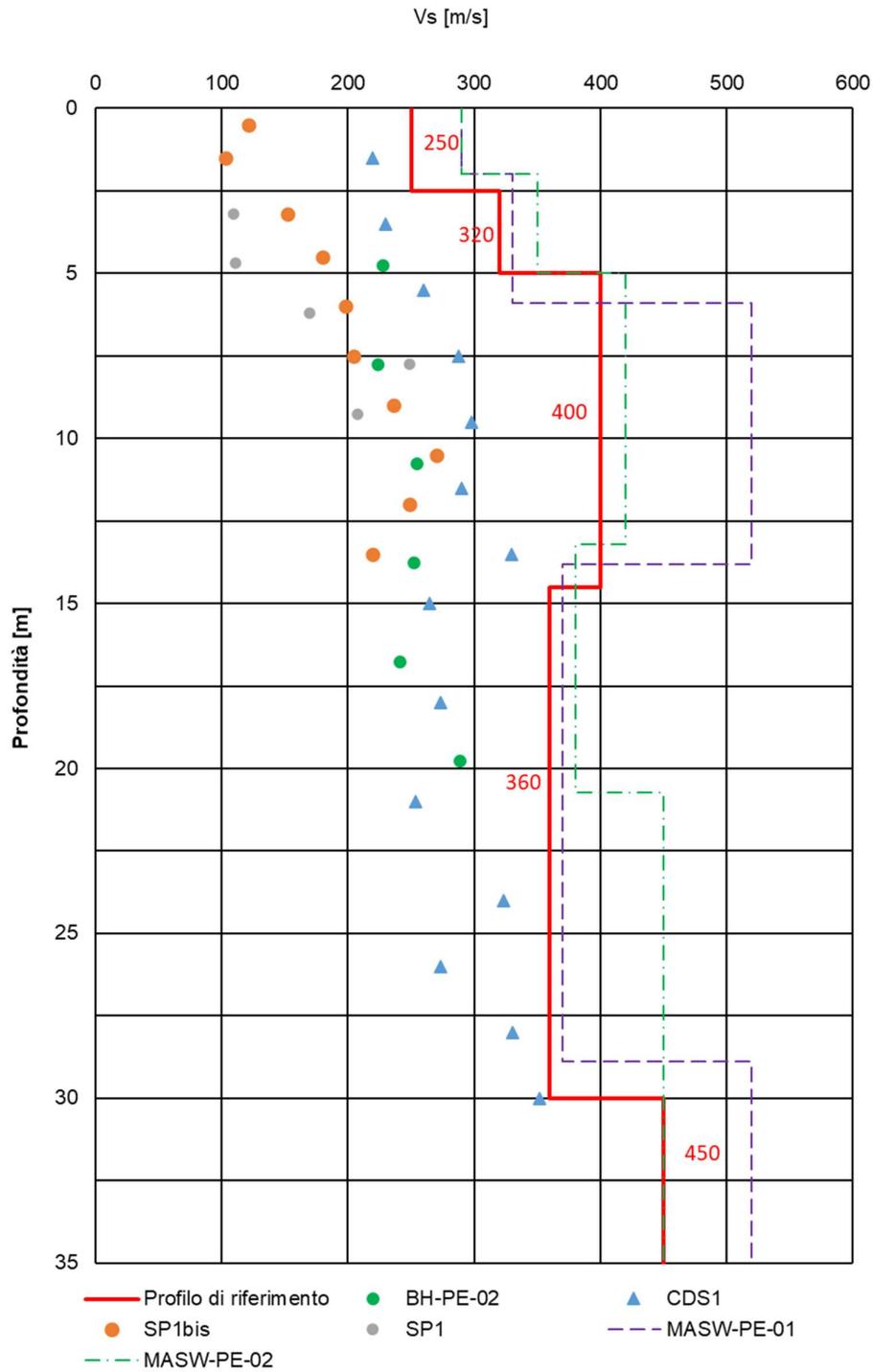


Figura 8 – Profilo di vs di riferimento , a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

AV/AC VERONA VICENZA

pk 0+766 - pk 1+125

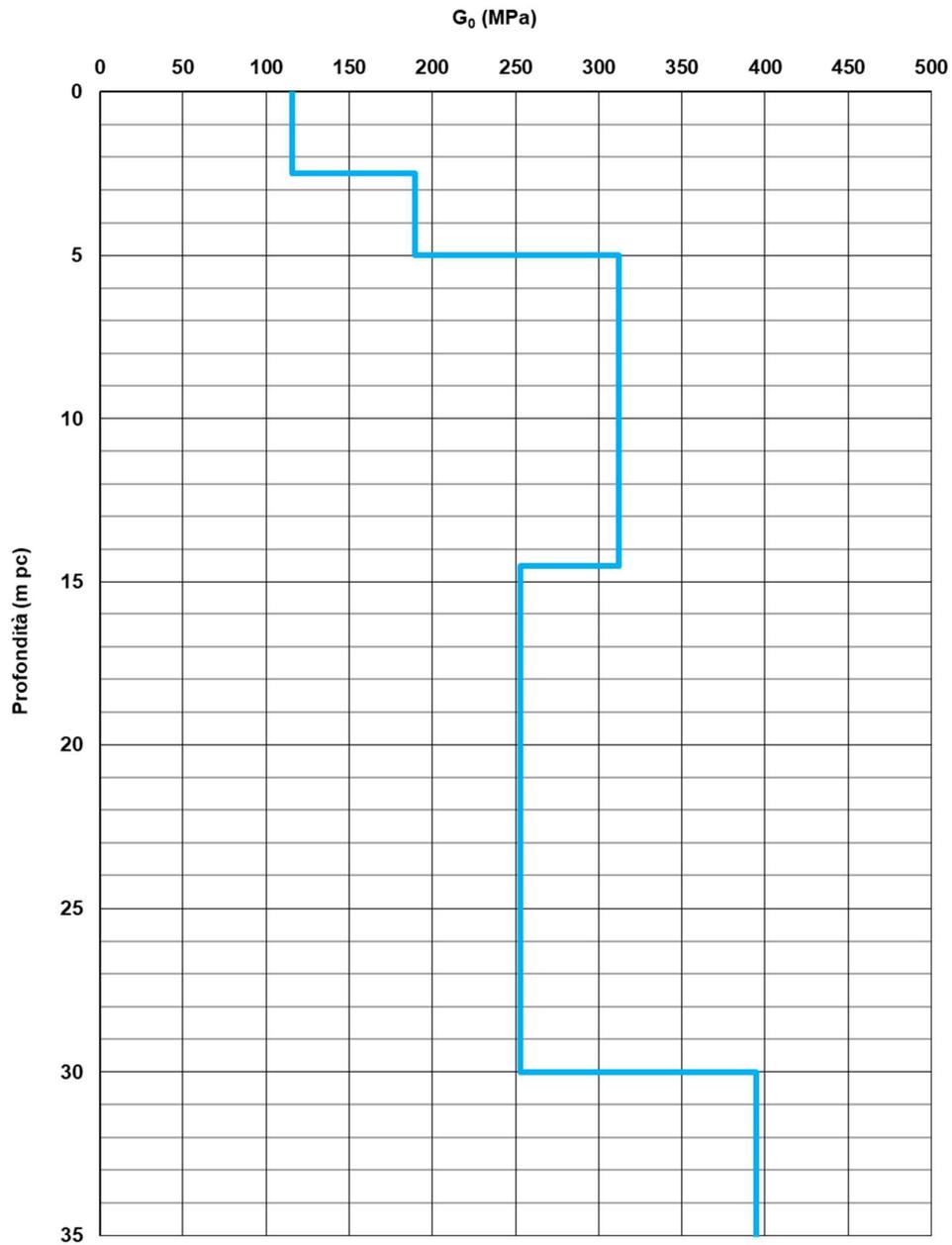


Figura 9 – Modulo di taglio G_0 tra pk 0+766,68 e pk 1+125,00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 20 di 89

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 bof*	a m bof*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3	0	2	19	28	-	60	-	12
6	2	10	19	40	-	-	120-250**	50-80**
4	10	28	19	38	-	-	250	120
6	28	-	19	40	-	-	>250	>200

* quota imposta muro = 46,77 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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 21 di 89

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 22 di 89

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 $V_R = V_N * C_U = 100 * 1.5 = 150$ 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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 23 di 89</p>

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto (Doc. rif. [14]):

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. [4]).

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 24 di 89

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 25 di 89</p>

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 10: la curva in figura si riferisce alla resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} per le sabbie pulite che può essere espressa come segue (Robertson & Wride, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

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

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

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

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

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:

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 26 di 89

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:

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} \cdot k_c$$

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

$$\text{for } I_c \leq 1.64 \quad K_c = 1.0$$

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

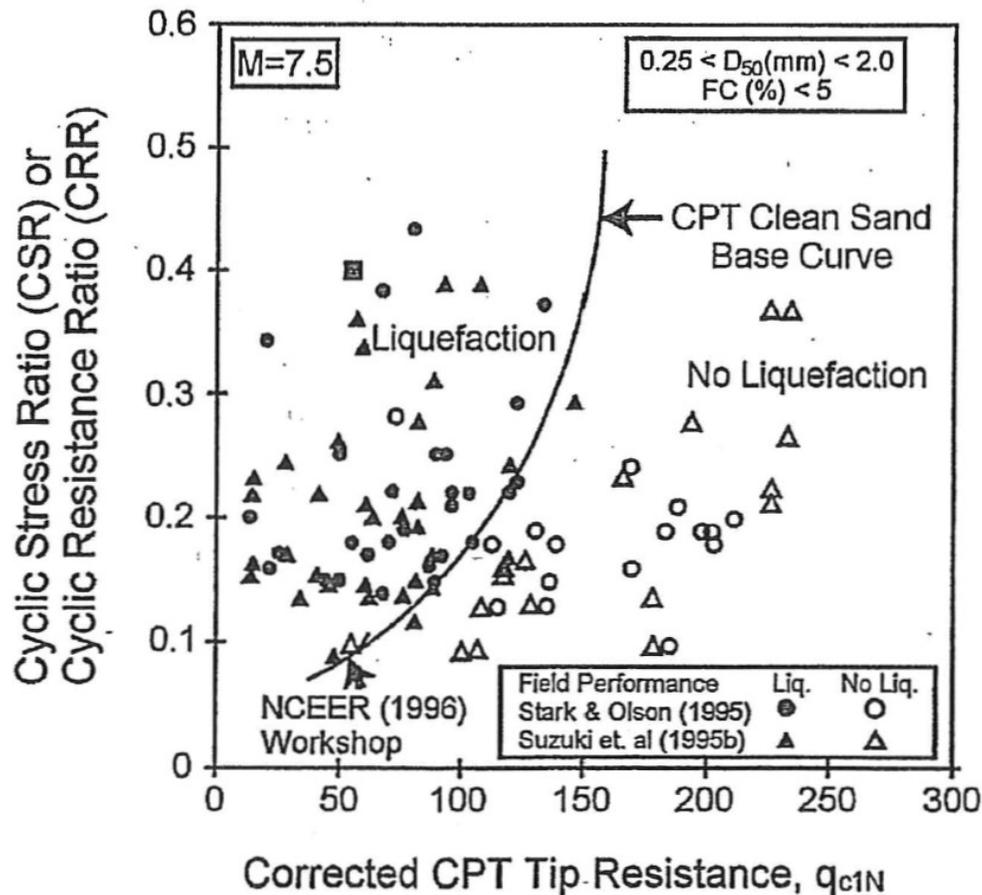


Figura 10: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

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

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

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

dove:

C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N . Qui è stata applicata la seguente relazione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 28 di 89

proposta da Liao e Whitman (1986):

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

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

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

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

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

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

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

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

Si può osservare dalla

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

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

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

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

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 29 di 89

di $N_{1(60)}$ ai valori corrispondenti per sabbia pulita $N_{1(60)cs}$:

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

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:

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

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

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

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

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

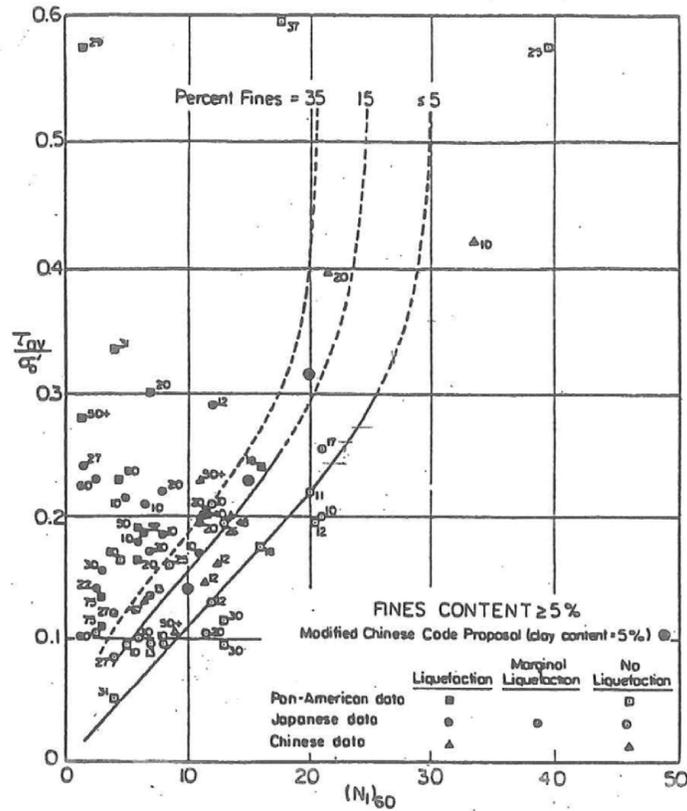
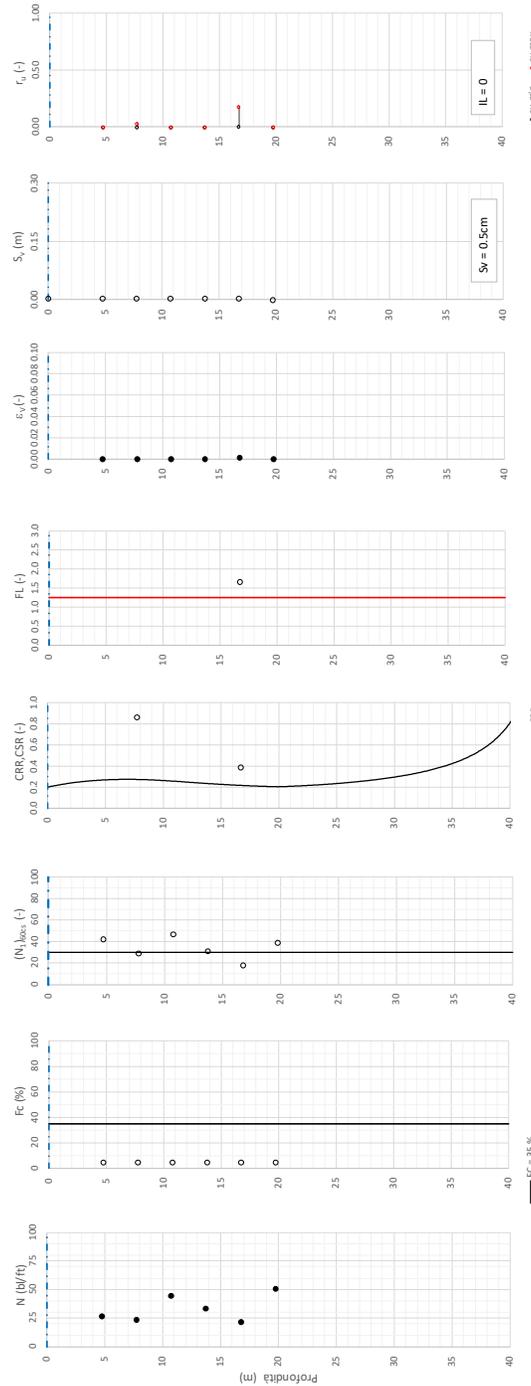


Figura 11: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 12) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI04, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-02 Pr. 1+150
a_{max} = 0.317g M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 4m



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

Foglio verificato in Esplorazione Neph. 102

Figura 12 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-02

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 32 di 89

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 33 di 89</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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 34 di 89

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 piano di posa del ballast, i cedimenti residui non devono superare il 10% dei cedimenti teorici totali ed 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 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 ≤ 6	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 4
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < \text{SCARTXL} \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < \text{SCARTXL} \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < \text{SCARTXL} \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < \text{SCARTXL} \leq 12$
(1) il valore di ΔH può essere ammesso solo a seguito di una verifica di assenza di problemi di sagoma (gallerie, interasse, posizione linea di contatto ecc.)		
(2) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.		

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche

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

6.2 Azioni di progetto

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 35 di 89

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 36 di 89

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. [33]). 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, pertanto, si applica il coefficiente parziale sulle azioni A2 pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, è stata considerata sia una la condizione di massima piena (Figura 13), come riportato nel paragrafo 4.1.2, sia il caso più gravoso di svaso rapido (Figura 14). In tale condizione, particolarmente cautelativa, si immagina che la falda a tergo del muro rimanga alla quota della piena massima, e che contemporaneamente l'acqua a valle sia ritornata ai livelli di esercizio.

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 13 e in Figura 14., sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.497 \text{ (falda massima)}$$

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.365 \text{ (svaso rapido)}$$

Essendo soddisfatta in entrambi i casi la relazione:

$$FS_{MIN} \geq R2 = 1.1,$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 37 di 89

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:

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

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

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]). 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 a medio termine, a quota 44.9 m s.l.m., 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 15 è riportata la superficie di rottura critica; il fattore di sicurezza FS relativo a tale meccanismo, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$F_{S_{MIN}} = 1.175$$

Essendo soddisfatta la relazione:

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

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

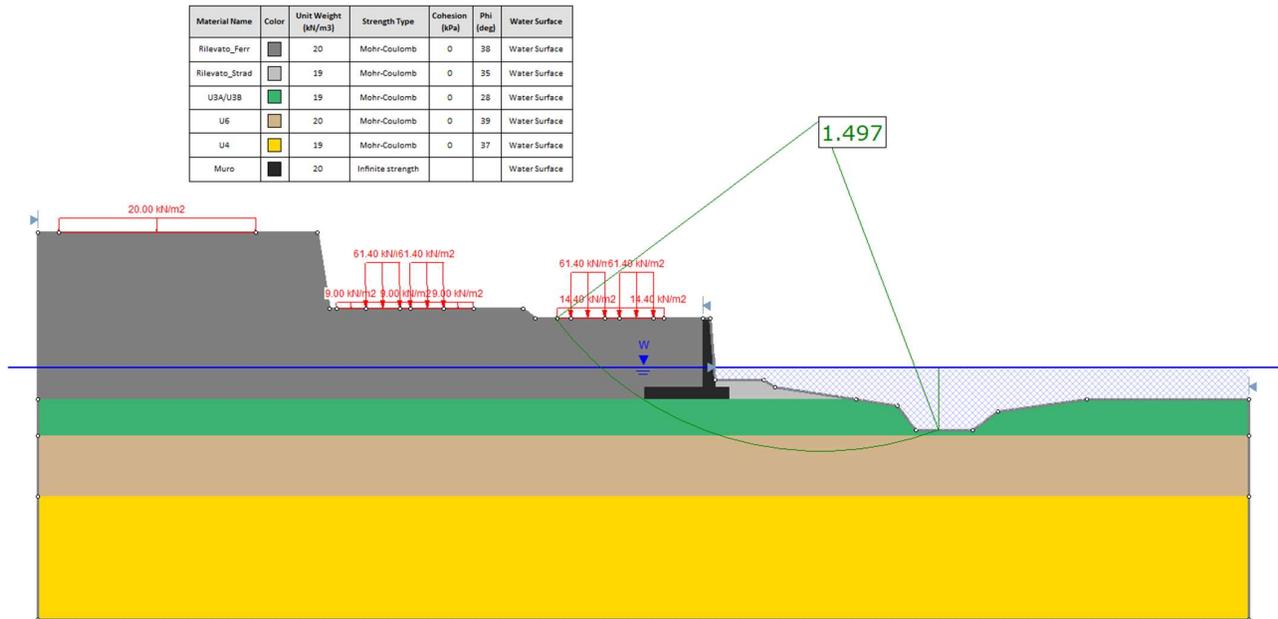


Figura 13 - Rilevato H=5 m (da pk 0+767 a pk 1+125)- Analisi SLU in campo statico DA1C2

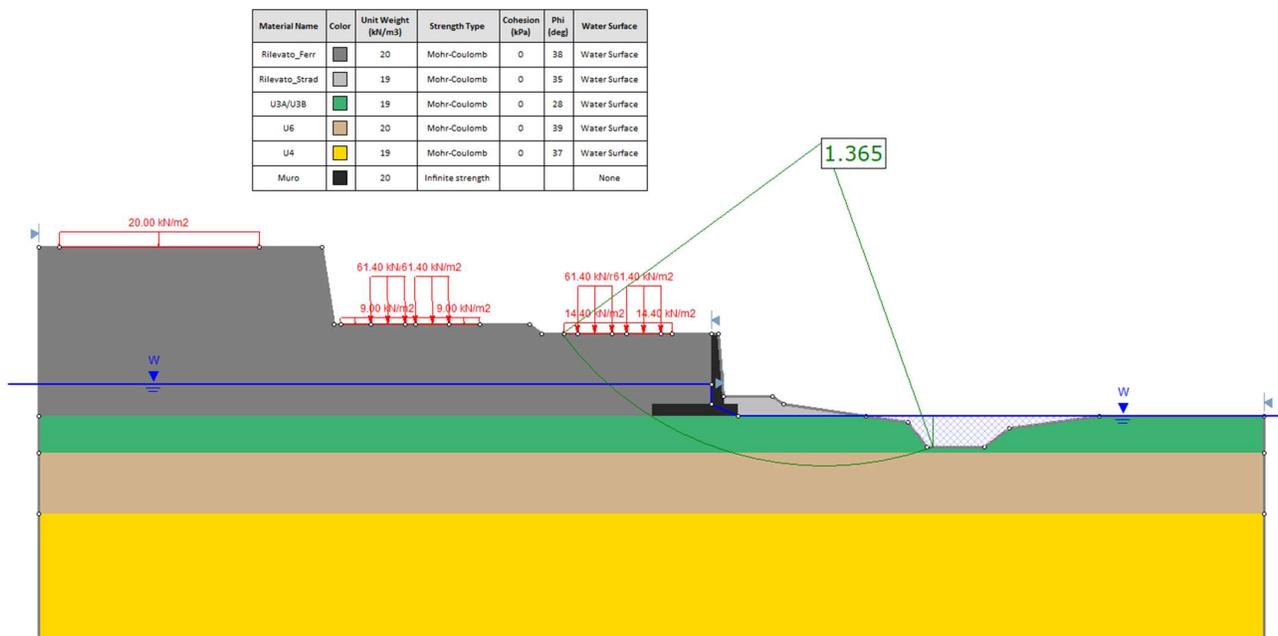


Figura 14 - Rilevato H=5 m (da pk 0+767 a pk 1+125)- Analisi SLU svaso rapido in campo statico DA1C2

Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

39 di 89

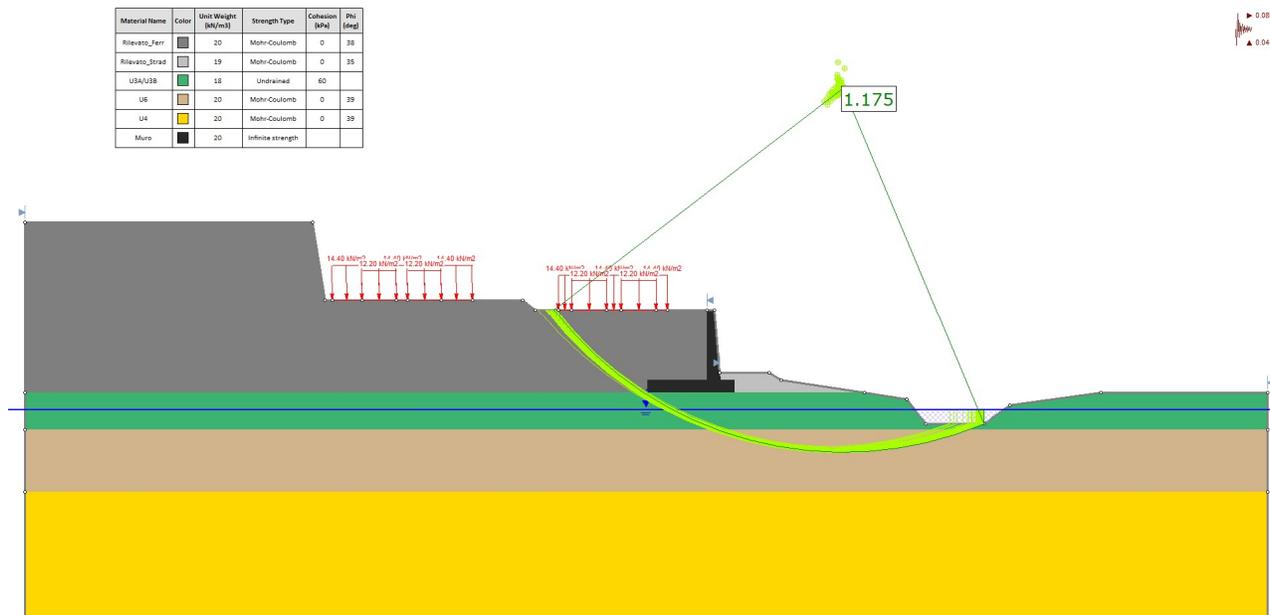


Figura 15 - Rilevato H=5 m (da pk 0+767 a pk 1+125) - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 40 di 89

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 permette di valutare i cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

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

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

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

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

Il calcolo dell'incremento delle tensioni normali indotte da un'area di carico nastroforme, 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.

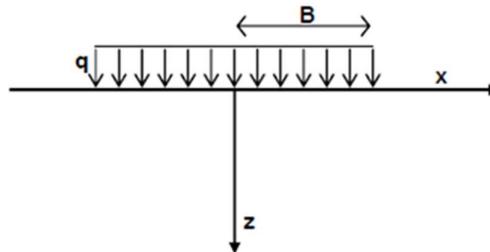


Figura 16 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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

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

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

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

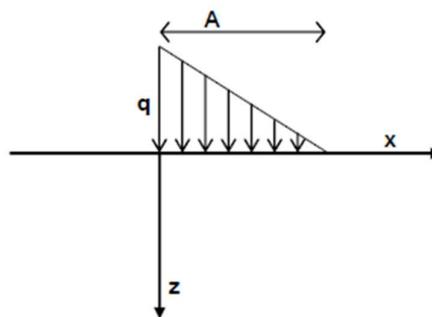


Figura 17 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 42 di 89</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 A riportata in Figura 1. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 5 m, valido da pk 0+767 a pk 1+125, è riportato in Figura 18. I rilevati sono interpretati nel programma di calcolo come dei carichi, la cui geometria riprende la configurazione reale del rilevato ed è mostrata in Figura 18. La larghezza del rilevato esistente è pari a 30 m, quella del rilevato in affiancamento di 15 m con scarpata verticale per simulare la presenza del muro. 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.

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

- Rilevato esistente (linea storica), vedi Figura 18 a)
- Affiancamento e completamento rilevato nuova linea, vedi Figura 18 b)

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, ed in corrispondenza dei due binari della linea storica adiacente, in modo da determinarne il cedimento differenziale dovuto alla costruzione del nuovo rilevato.

I valori calcolati sono riportati nella Figura 19, dove sono anche indicate le posizioni delle rotaie della linea storica e l'asse dei binari della linea AV.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 43 di 89</p>

Risulta quanto segue:

- Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è circa pari a 4.5 cm.
- Il cedimento differenziale per ciascuna delle rotaie esistenti risulta dell'ordine di 1 mm e quindi inferiore del limite definito.

Considerata la natura granulare dei terreni, tali cedimenti si esauriranno all'atto della applicazione dei rispettivi carichi, e quindi non sono 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 vite utile dell'opera, sono da considerare nulli,.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

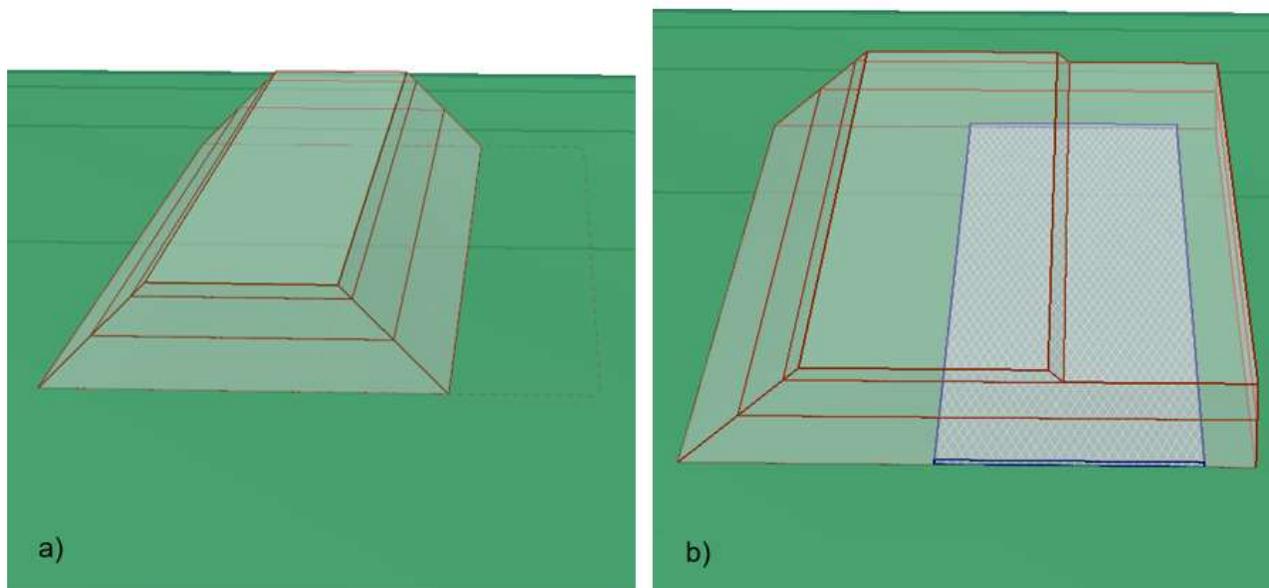


Figura 18 - Rilevato H=5 m (da pk 0+767 a pk 1+125) - Analisi SLE – Modello di calcolo

Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
44 di 89

Ri04 : Cedimento dopo costruzione nuova linea AV

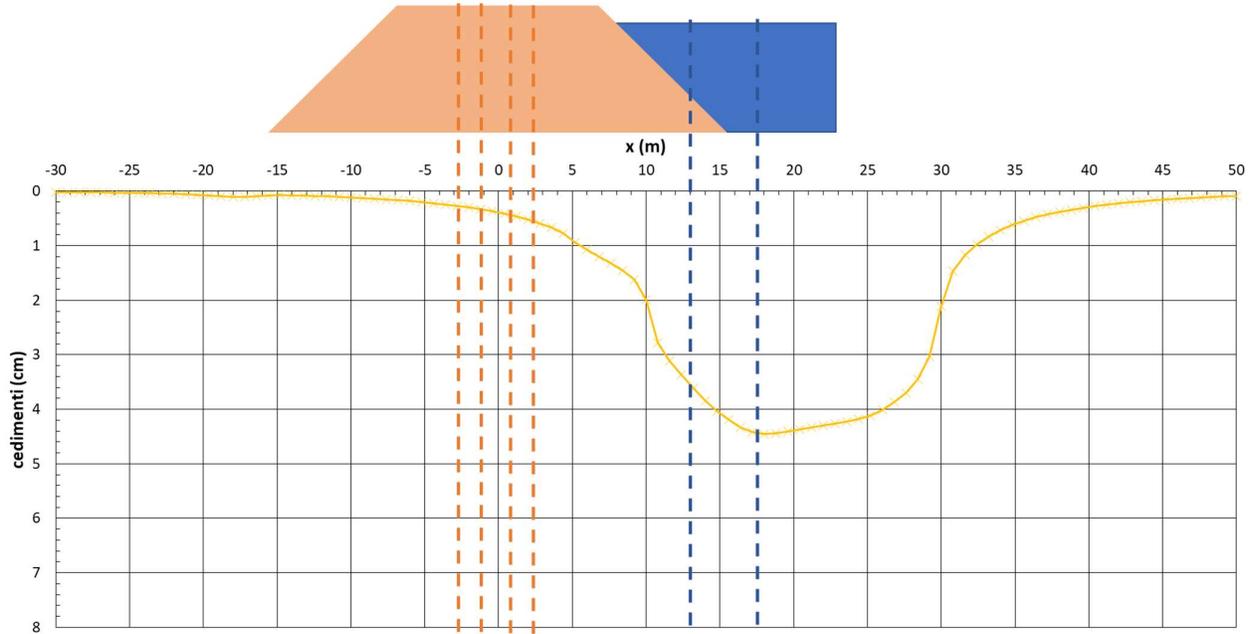


Figura 19 - Rilevato H=5 m (da pk 0+767 a pk 1+125) - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 45 di 89

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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0400001B	46 di 89

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0400001B	47 di 89

ALLEGATO 1 - STRATIGRAFIE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>R110a Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2GER110A0001</p>	<p>A</p>

ALLEGATO 2 - SONDAGGI

Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
50 di 89



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

Committente: IRICAV 2	Sondaggio: CDS1
Riferimento: AV/AC VERONA-BIVIO DI VICENZA, TORRENTE VALPANTENA	Data: 02+04/03/2017
Coordinate: 45.436192; 11.033229	Quota: 61
Perforazione: NENZI GELMA 2	

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - CDS1

Pagina 1/2

metri	R mm	Prcl. %	ROD %	Litologia	prof. m	Descrizione	Campioni	Standard Penetration Test			Pz	Incl.
								RP m	S.P.T.	N		
1					1.0	Terreno di riporto costituito da ciottoli e sabbie con ghiaie. Colore marrone-rossastro. Presenti frammenti di laterizi.						
2					2.0	Sabbie e ghiaie angolari, di colore grigio-rossastro. Moderatamente addensate. Probabile materiale di riporto.	1.8	1,5	6-8-19	27		
3					4.0	Sabbie con ghiaie da medie a grossolane calcaree, arrotondate, di colore bianco. Moderatamente addensate. Probabile materiale di riporto.	1.7	3,5	24-28-36	64		
4					4.0	Ghiaie con sabbie, di colore grigio. Ghiaie da fini a grossolane, sabbie da fini a medie. Ghiaie da sub-arrotondate ad arrotondate, calcaree, in porfido e quarzose. Ciottoli in porfido rosso e grigio scuro a 4.0 m, 6.0, 7.4 e 9.0 m. Molto addensate.	2.1	5,5	24-29-50	79		
5					12.0	Sabbie da medie a grossolane, con ghiaie da medie a grossolane. Colore grigio. Le ghiaie sono sub-arrotondate, calcaree con elementi di porfido grigio ed elementi quarzosi e di granito. Da addensate a molto addensate.	2.5	7,5	32-50-50	100		
6					17.5	Sabbie da fini a medie, debolmente ghiaiose (ghiaie da fini a medie). Colore grigio. Le ghiaie sono sub-arrotondate, calcaree, con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Addensate.	2.7	9,5	50-50-50	100		
7					17.5		11,5	22-32-42	74			
8					17.5		13,5	32-38-50	88			
9					17.5		15,0	14-22-18	40			
10					17.5		18,0	28-26-18	44			



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

51 di 89

Committente: IRICAV 2	Sondaggio: CDS1
Riferimento: AV/AC VERONA-BIVIO DI VICENZA. TORRENTE VALPANTENA	Data: 02+04/03/2017
Coordinate: 45.436192; 11.033229	Quota: 61
Perforazione: NENZI GELMA 2	

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - CDS1

Pagina 2/2

metri	Ø mm	R %	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			Pz	Incl.
										m	S.P.T.	N		
21							Sabbie da fini a medie, debolmente ghiaiose (ghiaie da fini a medie). Colore grigio. Le ghiaie sono sub-arrotondate, calcaree, con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Addensate.			21,0	12-19-14	33		
22														
23						23,0								
24							Ghiaie e sabbie. Sabbie da fini a medie, ghiaie da medie a grossolane. Colore grigio. Le ghiaie sono arrotondate, calcaree con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Molto addensate.			24,0	22-22-50	72		
25						25,0								
26							Sabbie da fini a grossolane, con ghiaie (ghiaie da fini a grossolane). Colore grigio. Le ghiaie sono arrotondate, calcaree, con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Da addensate a molto addensate.			26,0	20-18-24	42		
27														
28										28,0	28-31-50	81		
29														
30						30,0				30,0	39-50-50	100		

Approvvigionamento idrico: 2 giorni





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

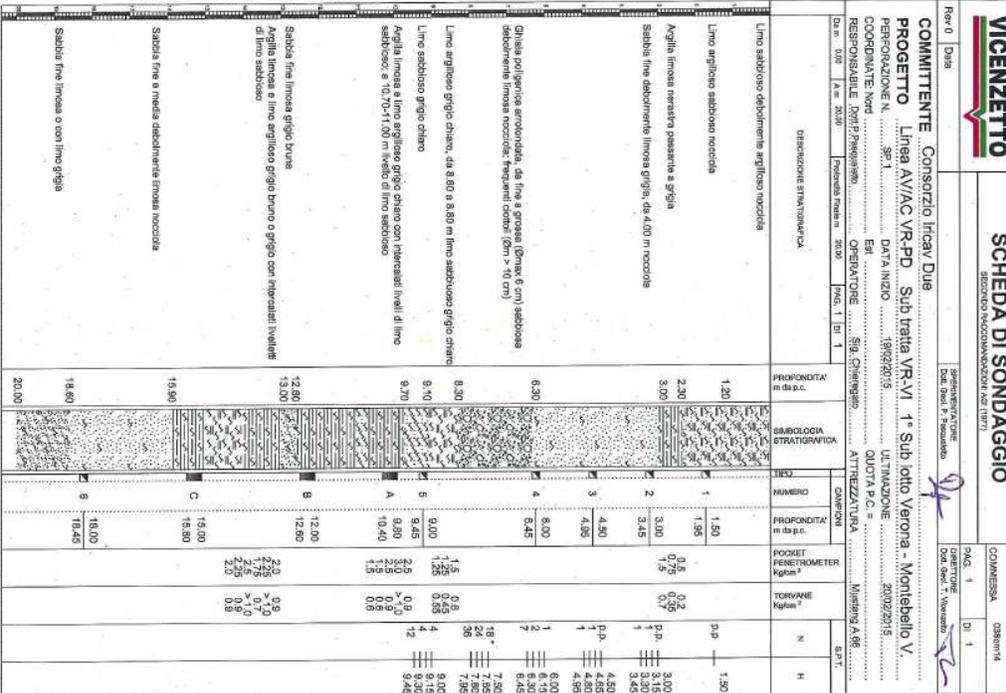
Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
52 di 89

VICENZETTO S.r.l. - 35040 VILLA ESTENSE (PD) - VIA MUNICIPIO n. 18 - TEL. 042991798 - FAX 042991200 - info@vicenzetto.it

Disegnato ed approvato n. 62006 del 11/10/2014. Rilasciato dai competenti al cui indirizzo si pone in atto, art. 8, DPR 24/03/01, D. L. 14 settembre 01, G. U. n. 222 del 25/09/2005, s. o. n. 199.



MANOVRA DI CAROTAGGIO	PROVA LATERO	PROFONDITA' in db.p.c.	STRATIFICAZIONE	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA	NOTE
100	100	1,50	Ripulimento foro	CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO			20/02/2015	ATTREZZATURA PER SPT PESO MAGLIO 63,5 kg ALTEZZA CADUTA 78 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CHILUSA
		3,00						
		3,45						
		4,50						
		6,45						
		8,00						
		9,25						
		9,80						
		12,80						
		13,20						
		15,80						
		18,40						
		20,00						





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

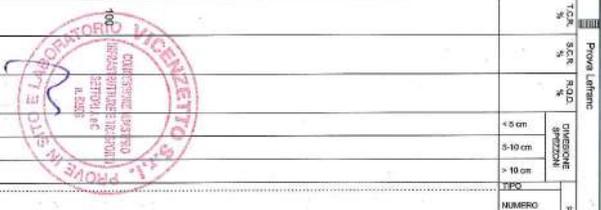
Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
53 di 89

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

VICENZETTO		SCHEMA DI SONDAGGIO		COMMESSA		Oggetto			
Rev. 0	Date	OPERAZIONE	PROFONDITA' m da p.c.	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVANE Kg/cm ²		
COMMITTENTE Consorzio Iricav Due PROGETTO Linea AV/AC VR-PD Sub lotto VR-VI PERFORAZIONE N. SP 106 COORDINATE Nord SP 106 RESPONSABILE Lotti P. Pratesi OPERATORE Snc. Ciccarelli		DATA INIZIO 27/03/15 ULTIMAZIONE 27/03/15 QUOTA P.C.		PROFONDITA' m da p.c. 1,30 2,30		NUMERO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		PROFONDITA' m da p.c. 0,50 0,65 0,80 1,00 1,15 1,30 1,45 1,60 1,75 1,90 2,05	
OPERAZIONE STRATIGRAFICA Ghiaia con limo, sabbiosa, nocivola. Ciottoli eterogenei ed eterometrici, da suborizzonti ad orizzonti, Ø 8-10 cm. Limo con ghiaia da sabbia, nocivola da suborizzonti ad orizzonti, Ø 8-10 cm. Ghiaia con sabbia limosa a tratti con limo sabbioso, nocivola, ciottoli eterometrici ed eterometrici da suborizzonti ad orizzonti. Ghiaia da cm. 0,10 a 0,20 m. Livello di limo con ghiaia, sabbioso, arena, da 0,50 m a 0,90 m. Sabbia da fine a grossa limosa, da ghiaia a tratti con limo da ghiaia, nocivola. Livello di limo con ghiaia sabbiosa, ghiaia da 0,30 m a 0,45 m, da 0,55 a 0,65 m, da 0,70 m a 0,75 m. Livello di sabbia con ghiaia limosa, ghiaia da 0,45 m a 0,55 m, da 0,65 m a 0,75 m. Livello di ciottoli da 0,75 m a 1,00 m. Limo sabbioso da sabbia e tratti argillosi da sabbia. Livello di sabbia limosa, ghiaia da 1,20 m a 1,25 m e da 1,30 m a 1,35 m.		STRATIGRAFIA 13,00		PROFONDITA' m da p.c. 12,00 12,45 13,50 13,95 14,90 15,90 16,90 17,90 18,90		POCKET PENETROMETER 1,9 0,7 4 11 13 12,40 13,50 14,50 15,50 16,50 17,50 18,50		TORVANE 1,0 0,7 4 11 13 12,40 13,50 14,50 15,50 16,50 17,50 18,50	
MANOVRA DI CAROTAGGIO CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm TUBI Ø 127 mm		STRATIGRAFIA Riempiimento con limo 13,00		PROFONDITA' m da p.c. 15,00 15,50 15,00 15,00		PROVA LIFTING T.C.N. % S.C.R. % S.Q.D. %		NOTE RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE MANOVRA DI CAROTAGGIO CAMPIONE RIMANDATO DA SPT CAMPIONE RIMANDATO DA VANE TESTI SEZZIONE DI CAROTTA CAMPIONE INDISTRIBUITO A PISTONE CAMPIONE INDISTRIBUITO A PISTONE CAMPIONE INDISTRIBUITO ROTATIVO ATTEZZATURA PER SPT PUNTA MASO PESO MASO 65,5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 72,69 m PUNTA CHILUSA	



MATERIALE RIPOSTO IN N°3 CASSETTE CATALOGATRICI



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
54 di 89

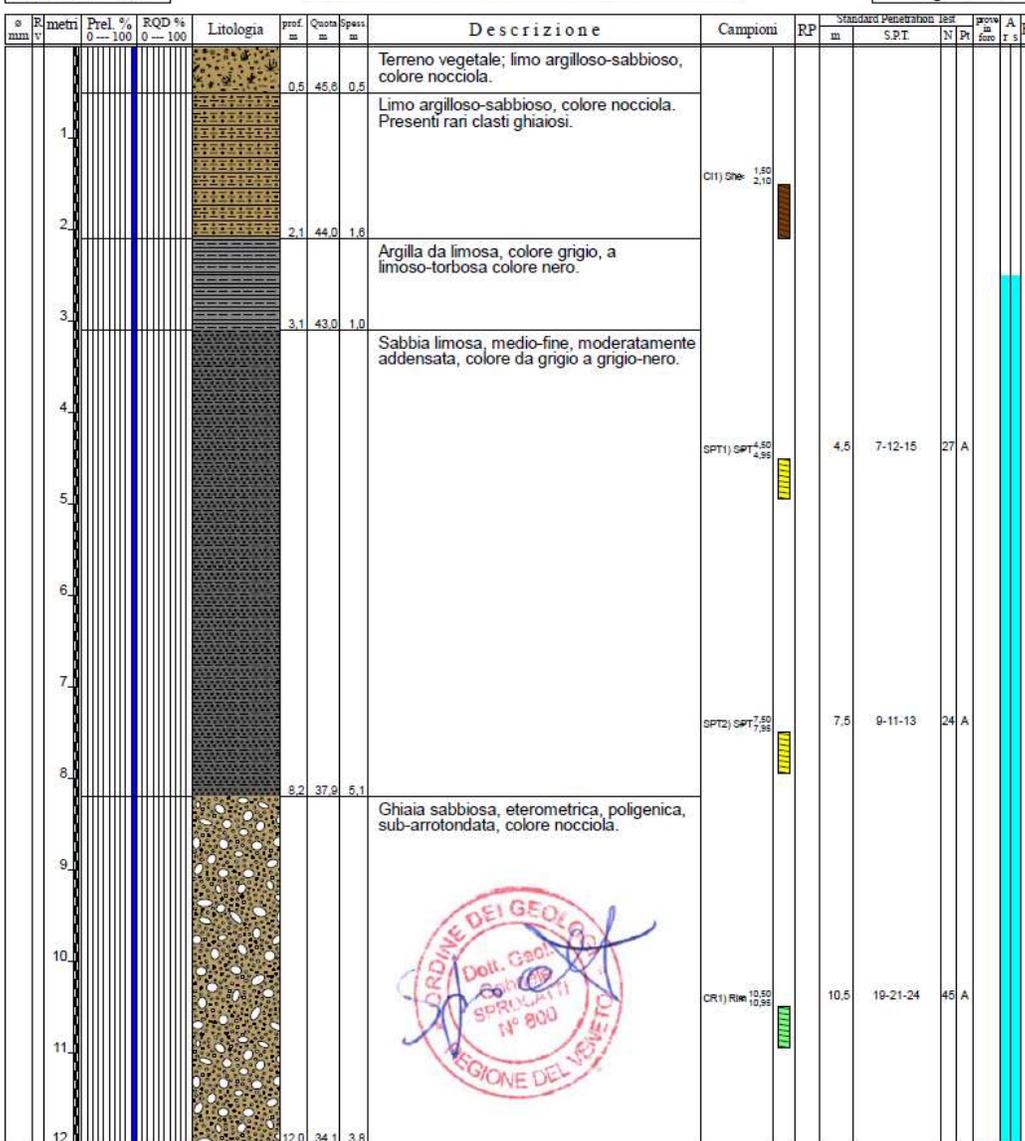


Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 02
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 22/12/2020
Coordinate: 45° 26' 00.70" N - 11° 02' 14.70" E	Quota: 46,120 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A65, prog. km 1+260	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 02

Pagina 1/2



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sprocati

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
55 di 89



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 02
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 22/12/2020
Coordinate: 45° 26' 00.70" N - 11° 02' 14.70" E	Quota: 46,120 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A65, prog. km 1+260	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 02

Pagina 2/2

Ø mm	R v	Prof. m	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spess. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			A r s	Pz
												m	S.P.T.	N		
		13,0			Sabbia limosa, medio-fine, addensata, colore grigio. Presenti clasti ghiaiosi e rari ciottoli, Ø max. 8 cm.					SPT3) SPT ^{13,50} _{13,98}	13,5	13-15-19	34	A		
		14,0														
		15,0			Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, sub-arrotondata e sub-angolare, colore nocciola.	15,0	31,1	3,0								
		16,0									CR2) RIM ^{16,50} _{16,98}	16,5	21-20-12	32	A	
		17,0														
		18,0									CR3) RIM ^{18,50} _{18,98}	18,5	18-24-27	51	A	
		19,0														
		20,0				20,0	26,1	6,0								

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevato n. 1 campione indisturbato.
Prelevati n. 3 campioni rimaneggiati.
Prelevati n. 3 campioni rimaneggiati SPT.
Eseguite n. 6 prove SPT.



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sproccati

<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 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 56 di 89</p>

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI04_NOPALI_02.slim
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 03/03/2021, 18:53:01

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used
 Bishop simplified

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

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

58 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

7 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
59 di 89

- Distributed Load 1**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 9
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Permanent
- Distributed Load 2**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Permanent
- Distributed Load 3**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 4**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 5**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 6**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 7**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Rilevato_Ferr	Rilevato_Strad	U3A/U3B	U6	U4	Muro
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	19	19	20	19	20
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	
Friction Angle [deg]	38	35	28	39	37	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	1	1	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

60 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

FS	1.496580
Center:	64.698, 41.339
Radius:	27.413
Left Slip Surface Endpoint:	42.775, 24.881
Right Slip Surface Endpoint:	74.383, 15.695
Left Slope Intercept:	42.775 24.881
Right Slope Intercept:	74.383 20.800
Resisting Moment:	41353.3 kN-m
Driving Moment:	27632 kN-m
Total Slice Area:	191.787 m2
Surface Horizontal Width:	31.6078 m
Surface Average Height:	6.06769 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1044
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.49658





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
61 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038

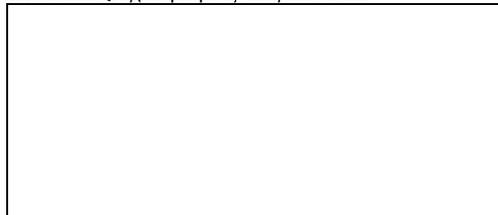


SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 9

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	0.627975	5.0541	-52.0364	Rilevato_Ferr	0	32.0066	5.33586	7.98554	12.7763	0	12.7763	19.6148	19.6148
2	0.627975	14.7995	-49.9495	Rilevato_Ferr	0	32.0066	11.7207	17.5409	28.0641	0	28.0641	42.0072	42.0072
3	0.627975	23.8628	-47.9497	Rilevato_Ferr	0	32.0066	37.7819	56.5437	90.4659	0	90.4659	132.353	132.353
4	0.627975	32.322	-46.0246	Rilevato_Ferr	0	32.0066	42.5057	63.6132	101.776	0	101.776	145.83	145.83
5	0.627975	40.2393	-44.1645	Rilevato_Ferr	0	32.0066	47.0763	70.4534	112.72	0	112.72	158.443	158.443
6	0.627975	47.6655	-42.3614	Rilevato_Ferr	0	32.0066	51.4994	77.073	123.311	0	123.311	170.273	170.273
7	0.691364	60.5216	-40.5227	Rilevato_Ferr	0	32.0066	39.6349	59.3168	97.8012	2.89863	94.9026	131.68	128.781
8	0.691364	68.4294	-38.647	Rilevato_Ferr	0	32.0066	32.8586	49.1755	87.1862	8.50893	78.6773	113.461	104.952
9	0.691364	75.8298	-36.8193	Rilevato_Ferr	0	32.0066	57.8242	86.5386	152.215	13.7593	138.456	195.504	181.744
10	0.691364	82.7592	-35.0943	Rilevato_Ferr	0	32.0066	63.1202	94.4644	169.812	18.6755	151.136	214.065	195.39
11	0.691364	89.2486	-33.2875	Rilevato_Ferr	0	32.0066	65.6078	98.1873	180.372	23.2795	157.093	223.448	200.168
12	0.644013	88.4865	-31.6326	USA/USB	0	23.0433	56.0501	83.8835	197.202	0	197.202	231.728	231.728
13	0.644013	93.1944	-30.0644	USA/USB	0	23.0433	43.5674	65.2021	153.285	0	153.285	178.504	178.504
14	0.644013	97.6163	-28.5208	USA/USB	0	23.0433	39.6016	59.267	139.332	0	139.332	160.852	160.852
15	0.644013	101.765	-26.9994	USA/USB	0	23.0433	39.2471	58.7364	138.084	0	138.084	158.081	158.081
16	0.644013	105.652	-25.4983	USA/USB	0	23.0433	41.0773	61.4755	144.523	0	144.523	164.115	164.115
17	0.644013	109.287	-24.0158	USA/USB	0	23.0433	42.826	64.0925	150.675	0	150.675	169.577	169.577
18	0.644013	112.678	-22.5502	USA/USB	0	23.0433	44.4944	66.5894	156.546	0	156.546	175.022	175.022
19	0.644013	115.835	-21.1	USA/USB	0	23.0433	46.084	68.9684	162.138	0	162.138	179.92	179.92
20	0.644013	106.734	-19.6639	USA/USB	0	23.0433	42.7751	64.0164	150.497	0	150.497	165.782	165.782
21	0.644013	62.7997	-18.2405	USA/USB	0	23.0433	25.3489	37.9366	89.1856	0	89.1856	97.5397	97.5397
22	0.611681	61.2462	-16.8639	U6	0	32.9362	16.9512	25.3689	95.0054	55.8455	39.1599	100.144	44.2984
23	0.611681	62.8566	-15.5324	U6	0	32.9362	17.4596	26.1297	97.9233	57.5889	40.3344	102.776	45.187
24	0.611681	64.7959	-14.2095	U6	0	32.9362	18.2428	27.3018	101.326	59.1825	42.1438	105.946	46.7631
25	0.611681	66.5999	-12.8942	U6	0	32.9362	19.0088	28.4482	104.542	60.629	43.9133	108.894	48.2649
26	0.611681	68.2235	-11.5859	U6	0	32.9362	19.7268	29.5227	107.503	61.931	45.5719	111.547	49.6161
27	0.611681	69.5366	-10.2837	U6	0	32.9362	20.3092	30.3944	110.008	63.0904	46.9175	113.693	50.6024
28	0.611681	69.0177	-8.98676	U6	0	32.9362	19.7437	29.5481	109.72	64.1093	45.6111	112.843	48.7335
29	0.611681	68.4301	-7.6945	U6	0	32.9362	19.1764	28.699	109.29	64.9891	44.3005	111.88	46.8914
30	0.611681	68.8206	-6.40616	U6	0	32.9362	19.3137	28.9045	110.349	65.7314	44.6175	112.517	46.786
31	0.611681	69.069	-5.12107	U6	0	32.9362	19.4123	29.0521	111.182	66.3371	44.8454	112.922	46.5851
32	0.611681	69.1484	-3.83856	U6	0	32.9362	19.4524	29.1121	111.745	66.8073	44.9382	113.051	46.2433
33	0.611681	69.0596	-2.55798	U6	0	32.9362	19.433	29.0831	112.036	67.1427	44.8932	112.904	45.7613
34	0.611681	68.8033	-1.27867	U6	0	32.9362	19.3529	28.9631	112.052	67.3437	44.708	112.484	45.14
35	0.611681	68.3799	0	U6	0	32.9362	19.2106	28.7502	111.79	67.4106	44.3795	111.79	44.3795
36	0.611681	67.7894	1.27867	U6	0	32.9362	19.0047	28.4421	111.248	67.3437	43.9038	110.823	43.4796
37	0.611681	67.0317	2.55798	U6	0	32.9362	18.7336	28.0364	110.42	67.1427	43.2776	109.583	42.4407
38	0.611681	66.1066	3.83856	U6	0	32.9362	18.3955	27.5304	109.304	66.8073	42.4966	108.07	41.2624
39	0.611681	65.0132	5.12107	U6	0	32.9362	17.9884	26.9211	107.893	66.3371	41.556	106.281	39.9439
40	0.611681	63.7508	6.40616	U6	0	32.9362	17.5099	26.205	106.182	65.7314	40.4507	104.216	38.4847
41	0.611681	62.3183	7.6945	U6	0	32.9362	16.9577	25.3786	104.164	64.9891	39.1749	101.873	36.8838
42	0.611681	60.7141	8.98676	U6	0	32.9362	16.329	24.4377	101.832	64.1093	37.7226	99.2495	35.1402
43	0.611681	58.9365	10.2837	U6	0	32.9362	15.6207	23.3777	99.1768	63.0904	36.0864	96.3426	33.2522
44	0.611681	56.9836	11.5859	U6	0	32.9362	14.8296	22.1937	96.1897	61.931	34.2587	93.1494	31.2184
45	0.611681	54.724	12.8942	U6	0	32.9362	13.8504	20.7282	92.6254	60.629	31.9964	89.4547	28.8257
46	0.611681	49.5231	14.2095	U6	0	32.9362	10.5843	15.8402	83.6338	59.1825	24.4513	80.9537	21.7712
47	0.611681	43.024	15.5324	U6	0	32.9362	6.27041	9.38417	72.0744	57.5889	14.4855	70.3317	12.7428
48	0.611681	37.6479	16.8639	U6	0	32.9362	2.84001	4.2503	62.4063	55.8455	6.56082	61.5454	5.69992
49	0.713824	40.8585	18.3177	USA/USB	0	23.0433	17.9527	26.8677	63.1635	0	63.1635	57.22	57.22
50	0.713824	37.5031	19.8969	USA/USB	0	23.0433	16.639	24.9016	58.5413	0	58.5413	52.5191	52.5191

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.49658





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

62 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	42.7755	24.8815	0	0	0
2	43.4035	24.0767	6.94253	0	0
3	44.0314	23.3296	20.5711	0	0
4	44.6594	22.6334	59.9034	0	0
5	45.2874	21.9826	99.5367	0	0
6	45.9154	21.3726	138.819	0	0
7	46.5433	20.8	177.195	0	0
8	47.2347	20.209	207.676	0	0
9	47.9261	19.6562	233.231	0	0
10	48.6174	19.1386	272.162	0	0
11	49.3088	18.6539	310.972	0	0
12	50.0002	18.2	347.633	0	0
13	50.6442	17.8033	389.882	0	0
14	51.2882	17.4305	419.056	0	0
15	51.9322	17.0805	442.395	0	0
16	52.5762	16.7524	462.509	0	0
17	53.2202	16.4452	480.53	0	0
18	53.8642	16.1583	496.273	0	0
19	54.5082	15.8909	509.573	0	0
20	55.1523	15.6424	520.281	0	0
21	55.7963	15.4122	527.455	0	0
22	56.4403	15.2	525.273	0	0
23	57.052	15.0146	532.554	0	0
24	57.6636	14.8446	538.556	0	0
25	58.2753	14.6897	543.126	0	0
26	58.887	14.5497	546.175	0	0
27	59.4987	14.4243	547.628	0	0
28	60.1104	14.3133	546.009	0	0
29	60.7221	14.2165	539.258	0	0
30	61.3337	14.1339	534.282	0	0
31	61.9454	14.0652	528.553	0	0
32	62.5571	14.0104	521.202	0	0
33	63.1688	13.9694	512.237	0	0
34	63.7805	13.942	501.679	0	0
35	64.3921	13.9284	489.559	0	0
36	65.0038	13.9284	475.916	0	0
37	65.6155	13.942	460.8	0	0
38	66.2272	13.9694	444.271	0	0
39	66.8389	14.0104	426.4	0	0
40	67.4505	14.0652	407.269	0	0
41	68.0622	14.1339	386.971	0	0
42	68.6739	14.2165	365.615	0	0
43	69.2856	14.3133	343.32	0	0
44	69.8973	14.4243	320.221	0	0
45	70.509	14.5497	296.468	0	0
46	71.1206	14.6897	266.615	0	0
47	71.7323	14.8446	217.997	0	0
48	72.344	15.0146	166.39	0	0
49	72.9557	15.2	143.695	0	0
50	73.5675	15.4363	115.987	0	0
51	74.1793	15.6947	127.846	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-10	20.8
110	20.8

Distributed Load





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

63 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
36	25.6835
33.5	25.6833
30.8	25.6831
29.9	25.6828
27.1	25.6826
24.7	25.6825

Distributed Load

X	Y
51.7	24.8815
50.8	24.8815
48	24.8815
46.8	24.8815
44	24.8815
42.9	24.8815

Distributed Load

X	Y
29.9	25.6828
27.1	25.6826

Distributed Load

X	Y
33.5	25.6833
30.8	25.6831

Distributed Load

X	Y
46.8	24.8815
44	24.8815

Distributed Load

X	Y
50.8	24.8815
48	24.8815

Distributed Load

X	Y
18	32
1.72177	32

External Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

64 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
100	18.1933
86.5919	18.1933
79.2634	17.194
77.1865	15.6941
72.4896	15.695
70.9654	17.695
67.5404	18.2
60.8308	19.1893
59.9019	19.8069
55.9019	19.8069
55.4801	24.8815
54.9	24.8815
51.7	24.8815
50.8	24.8815
48	24.8815
46.8	24.8815
44	24.8815
42.9	24.8815
41.0806	24.8815
40.0714	25.6842
36	25.6835
33.5	25.6833
30.8	25.6831
29.9	25.6828
27.1	25.6826
24.7	25.6825
24.1152	25.682
23.107	32
18	32
0	32
0	18.2
0	15.2
0	10.2
0	0
100	9c-016
100	10.2
100	15.2

Material Boundary

X	Y
54.9	24.8815
54.9	19.2
50.1	19.2
50.1	18.2
57.1	18.2
57.1	19.2
56	19.2
55.9019	19.8069

Material Boundary

X	Y
0	18.2
50.1	18.2

Material Boundary

X	Y
57.1	18.2
67.5404	18.2

Material Boundary

X	Y
0	15.2
100	15.2

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

65 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Material Boundary

X	Y
0	10.2
100	10.2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 66 di 89</p>

**ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO- CONDIZIONE DI SVASO
RAPIDO**

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI04_NOPALI_03_drawdown.slim
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 03/03/2021, 18:53:01

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used
 Bishop simplified

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

Groundwater Analysis

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

68 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

7 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
69 di 89



Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 9
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Permanent

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Distributed Load 5

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

Distributed Load 6

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

Distributed Load 7

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Rilevato_Ferr	Rilevato_Strad	U3A/U3B	U6	U4	Muro
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	19	19	20	19	20
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	
Friction Angle [deg]	38	35	28	39	37	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None
Hu Value	1	1	0	1	1	
Ru Value						0

Global Minimums

Method: bishop simplified

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

70 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

FS	1.365020
Center:	64.086, 40.672
Radius:	26.519
Left Slip Surface Endpoint:	42.781, 24.881
Right Slip Surface Endpoint:	72.996, 15.695
Left Slope Intercept:	42.781 24.881
Right Slope Intercept:	72.996 18.200
Resisting Moment:	39761 kN-m
Driving Moment:	29128.6 kN-m
Total Slice Area:	146.527 m2
Surface Horizontal Width:	30.2149 m
Surface Average Height:	4.84948 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1088
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.36502





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
71 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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	0.624196	5.05051	-52.3517	Rilevato_Ferr	0	32.0066	5.67626	7.74821	12.3966	0	12.3966	19.7545	19.7545
2	0.624196	14.7764	-50.1943	Rilevato_Ferr	0	32.0066	12.3608	16.8727	26.995	0	26.995	41.8278	41.8278
3	0.624196	23.9889	-48.1305	Rilevato_Ferr	0	32.0066	40.1363	54.7868	87.6548	0	87.6548	132.435	132.435
4	0.624196	32.2014	-46.1468	Rilevato_Ferr	0	32.0066	45.2437	61.7585	98.809	0	98.809	145.901	145.901
5	0.624196	40.0499	-44.2323	Rilevato_Ferr	0	32.0066	50.1913	68.5121	109.614	0	109.614	158.478	158.478
6	0.624196	47.3981	-42.3783	Rilevato_Ferr	0	32.0066	54.9849	75.0555	120.083	0	120.083	170.253	170.253
7	0.57993	50.2263	-40.6398	Rilevato_Ferr	0	32.0066	44.824	61.1856	100.334	2.44151	97.8924	138.807	136.365
8	0.57993	55.8372	-39.0079	Rilevato_Ferr	0	32.0066	34.5867	47.2115	82.7221	7.18714	75.535	110.738	103.551
9	0.57993	61.1339	-37.4128	Rilevato_Ferr	0	32.0066	49.1021	67.0254	118.903	11.6671	107.236	156.462	144.795
10	0.57993	66.1367	-35.8511	Rilevato_Ferr	0	32.0066	66.2162	90.3865	160.51	15.8983	144.611	208.356	192.458
11	0.57993	70.8627	-34.3195	Rilevato_Ferr	0	32.0066	68.5862	93.6216	169.683	19.8956	149.787	216.504	196.608
12	0.57993	75.3273	-32.8155	Rilevato_Ferr	0	32.0066	70.8889	96.7648	178.488	23.6717	154.816	224.2	200.528
13	0.609381	83.5764	-31.2995	USA/U3B	0	23.0433	60.6341	82.7667	194.577	0	194.577	231.442	231.442
14	0.609381	87.7393	-29.7706	USA/U3B	0	23.0433	48.3153	65.9514	155.046	0	155.046	182.684	182.684
15	0.609381	91.654	-28.2647	USA/U3B	0	23.0433	43.1561	58.909	138.49	0	138.49	161.693	161.693
16	0.609381	95.3311	-26.7799	USA/U3B	0	23.0433	42.1358	57.5162	135.215	0	135.215	156.481	156.481
17	0.609381	98.7802	-25.3142	USA/U3B	0	23.0433	44.0355	60.1093	141.311	0	141.311	162.14	162.14
18	0.609381	102.01	-23.866	USA/U3B	0	23.0433	45.8552	62.5933	147.151	0	147.151	167.439	167.439
19	0.609381	105.027	-22.4339	USA/U3B	0	23.0433	47.5963	64.9699	152.738	0	152.738	172.388	172.388
20	0.609381	107.839	-21.0165	USA/U3B	0	23.0433	49.2598	67.2406	158.076	0	158.076	177.001	177.001
21	0.609381	110.439	-19.6123	USA/U3B	0	23.0433	50.8414	69.3995	163.152	0	163.152	181.268	181.268
22	0.609381	71.3486	-18.2204	USA/U3B	0	23.0433	33.0972	45.1784	106.21	0	106.21	117.105	117.105
23	0.609381	52.8814	-16.8395	USA/U3B	0	23.0433	24.7155	33.7372	79.313	0	79.313	86.7936	86.7936
24	0.614745	55.246	-15.4626	U6	0	32.9362	24.8536	33.9256	83.0066	30.6384	52.3682	89.8816	59.2432
25	0.614745	56.8485	-14.0888	U6	0	32.9362	25.7131	35.0989	86.0343	31.855	54.1793	92.4876	60.6326
26	0.614745	58.6503	-12.7232	U6	0	32.9362	26.6305	36.3511	89.4049	33.2926	56.1123	95.4176	62.125
27	0.614745	60.2631	-11.365	U6	0	32.9362	27.4952	37.5315	92.5139	34.5795	57.9344	98.0404	63.4609
28	0.614745	61.69	-10.0132	U6	0	32.9362	28.3068	38.6393	95.3624	35.7179	59.6445	100.36	64.6424
29	0.614745	61.384	-8.66701	U6	0	32.9362	27.9491	38.1511	95.6009	36.71	58.8909	99.8612	63.1512
30	0.614745	57.9233	-7.32563	U6	0	32.9362	25.3497	34.6028	90.9709	37.5572	53.4137	94.2298	56.6726
31	0.614745	56.8224	-5.98827	U6	0	32.9362	24.4923	33.4325	89.8683	38.2612	51.6071	92.4375	54.1763
32	0.614745	56.4678	-4.65418	U6	0	32.9362	24.2344	33.0804	89.8867	38.823	51.0637	91.8596	53.0366
33	0.614745	55.9362	-3.32262	U6	0	32.9362	23.9016	32.6262	89.606	39.2435	50.3625	90.9937	51.7502
34	0.614745	55.2284	-1.99286	U6	0	32.9362	23.4924	32.0676	89.0237	39.5235	49.5002	89.8412	50.3177
35	0.614745	54.345	0.664167	U6	0	32.9362	23.0049	31.4022	88.1363	39.6634	48.4729	88.403	48.7396
36	0.614745	53.2863	0.664167	U6	0	32.9362	22.4371	30.6271	86.94	39.6634	47.2766	86.6799	47.0165
37	0.614745	52.0523	1.99286	U6	0	32.9362	21.7867	29.7393	85.4296	39.5235	45.9061	84.6715	45.148
38	0.614745	50.6428	3.32262	U6	0	32.9362	21.0512	28.7353	83.5998	39.2435	44.3563	82.3777	43.1342
39	0.614745	49.057	4.65418	U6	0	32.9362	20.2276	27.6111	81.4441	38.823	42.6211	79.7974	40.9744
40	0.614745	47.2943	5.98827	U6	0	32.9362	19.313	26.3626	78.955	38.2612	40.6938	76.9291	38.6679
41	0.614745	45.3928	7.32563	U6	0	32.9362	18.3361	25.0291	76.1926	37.5572	38.6354	73.8354	36.2782
42	0.614745	43.7138	8.66701	U6	0	32.9362	17.5959	24.0187	73.7858	36.71	37.0758	71.1036	34.3936
43	0.614745	41.9584	10.0132	U6	0	32.9362	16.8503	23.001	71.2227	35.7179	35.5048	68.2475	32.5296
44	0.614745	40.0195	11.365	U6	0	32.9362	16.0086	21.8521	68.3108	34.5795	33.7313	65.0931	30.5136
45	0.614745	37.8946	12.7232	U6	0	32.9362	15.066	20.5654	65.0378	33.2926	31.7452	61.6361	28.3435
46	0.614745	35.8808	14.0888	U6	0	32.9362	14.017	19.1335	61.3898	31.855	29.5348	57.8179	26.0169
47	0.614745	31.7518	15.4626	U6	0	32.9362	11.6801	15.9436	54.875	30.2641	24.6109	51.644	21.3799
48	0.511025	21.3728	16.7281	USA/U3B	0	23.0433	14.3769	19.6247	46.1359	0	46.1359	41.8149	41.8149
49	0.511025	16.6776	17.8847	USA/U3B	0	23.0433	11.3044	15.4307	36.2763	0	36.2763	32.6284	32.6284
50	0.511025	13.4152	19.0488	USA/U3B	0	23.0433	9.1647	12.51	29.4098	0	29.4098	26.2454	26.2454

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.36502

--



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

72 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	42.7807	24.8815	0	0	0
2	43.4049	24.0724	6.49421	0	0
3	44.0291	23.3233	19.014	0	0
4	44.6533	22.6269	55.0552	0	0
5	45.2775	21.9772	91.0658	0	0
6	45.9017	21.3695	126.41	0	0
7	46.5259	20.8	160.548	0	0
8	47.1059	20.3022	184.546	0	0
9	47.6858	19.8325	203.386	0	0
10	48.2657	19.3889	227.711	0	0
11	48.8456	18.9699	256.647	0	0
12	49.4256	18.574	284.126	0	0
13	50.0055	18.2	309.844	0	0
14	50.6149	17.8295	345.058	0	0
15	51.2243	17.4809	369.72	0	0
16	51.8336	17.1533	388.847	0	0
17	52.443	16.8457	404.806	0	0
18	53.0524	16.5575	418.756	0	0
19	53.6618	16.2879	430.541	0	0
20	54.2712	16.0363	440.021	0	0
21	54.8805	15.8022	447.071	0	0
22	55.4899	15.585	451.577	0	0
23	56.0993	15.3844	452.753	0	0
24	56.7087	15.2	452.35	0	0
25	57.3234	15.0299	451.217	0	0
26	57.9382	14.8757	448.715	0	0
27	58.5529	14.7369	444.785	0	0
28	59.1677	14.6133	439.348	0	0
29	59.7824	14.5048	432.331	0	0
30	60.3972	14.411	424.142	0	0
31	61.0119	14.332	415.778	0	0
32	61.6266	14.2675	406.547	0	0
33	62.2414	14.2175	396.176	0	0
34	62.8561	14.1818	384.71	0	0
35	63.4709	14.1604	372.201	0	0
36	64.0856	14.1533	358.714	0	0
37	64.7004	14.1604	344.329	0	0
38	65.3151	14.1818	329.135	0	0
39	65.9299	14.2175	313.235	0	0
40	66.5446	14.2675	296.749	0	0
41	67.1594	14.332	279.808	0	0
42	67.7741	14.411	262.531	0	0
43	68.3888	14.5048	244.75	0	0
44	69.0036	14.6133	226.53	0	0
45	69.6183	14.7369	208.035	0	0
46	70.2331	14.8757	189.452	0	0
47	70.8478	15.0299	170.987	0	0
48	71.4626	15.2	149.085	0	0
49	71.9736	15.3536	124.848	0	0
50	72.4846	15.5185	98.871	0	0
51	72.9956	15.6949	30.7804	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-7.56	20.8
54.9	20.8
54.9	19.2
57.1	18.2
105.545	18.2

Distributed Load

--

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

73 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
36	25.6835
33.5	25.6833
30.8	25.6831
29.9	25.6828
27.1	25.6826
24.7	25.6825

Distributed Load

X	Y
51.7	24.8815
50.8	24.8815
48	24.8815
46.8	24.8815
44	24.8815
42.9	24.8815

Distributed Load

X	Y
29.9	25.6828
27.1	25.6826

Distributed Load

X	Y
33.5	25.6833
30.8	25.6831

Distributed Load

X	Y
46.8	24.8815
44	24.8815

Distributed Load

X	Y
50.8	24.8815
48	24.8815

Distributed Load

X	Y
18	32
1.72177	32

External Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

74 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

X	Y
100	18.1933
86.5919	18.1933
79.2634	17.194
77.1865	15.6941
72.4896	15.695
70.9654	17.695
67.5404	18.2
60.8308	19.1893
59.9019	19.8069
55.9019	19.8069
55.4801	24.8815
54.9	24.8815
51.7	24.8815
50.8	24.8815
48	24.8815
46.8	24.8815
44	24.8815
42.9	24.8815
41.0806	24.8815
40.0714	25.6842
36	25.6835
33.5	25.6833
30.8	25.6831
29.9	25.6828
27.1	25.6826
24.7	25.6825
24.1152	25.682
23.107	32
18	32
0	32
0	18.2
0	15.2
0	10.2
0	0
100	9c-016
100	10.2
100	15.2

Material Boundary

X	Y
54.9	24.8815
54.9	19.2
50.1	19.2
50.1	18.2
57.1	18.2
57.1	19.2
56	19.2
55.9019	19.8069

Material Boundary

X	Y
0	18.2
50.1	18.2

Material Boundary

X	Y
57.1	18.2
67.5404	18.2

Material Boundary

X	Y
0	15.2
100	15.2

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

75 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Material Boundary

X	Y
0	10.2
100	10.2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0400001B</p>	<p>Foglio 76 di 89</p>

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0400001B	Foglio 77 di 89
--	------------------	-------------	-----------------------------	--------------------

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: R104_NOPALI_sisma_02
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 03/03/2021, 18:53:01

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Groundwater Analysis

Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

79 di 89

SLIDEINTERRET 7.038



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

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
80 di 89

SLIDEINTERRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 8

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Distributed Load 5

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

Distributed Load 6

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

Material Properties

Property	Rilevato_Ferr	Rilevato_Strad	USA/USB	U6	U4	Muro
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	19	18	20	20	20
Cohesion [kPa]	0	0		0	0	
Friction Angle [deg]	38	35		39	39	
Cohesion Type			60			
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	1	1	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.175210
Center:	65.838, 42.792
Radius:	29.375
Left Slip Surface Endpoint:	42.555, 24.881
Right Slip Surface Endpoint:	77.177, 15.694
Left Slope Intercept:	42.555 24.881
Right Slope Intercept:	77.177 16.800
Resisting Moment:	39730 kN-m
Driving Moment:	33806.8 kN-m
Total Slice Area:	166.241 m2
Surface Horizontal Width:	34.6227 m
Surface Average Height:	4.80151 m



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0400001B

Foglio
81 di 89

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1301
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.17521

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	0.656087	5.3931	-51.4049	Rilevato_Ferr	0	32.0066	4.68273	5.50319	8.8047	0	8.8047	14.6717	14.6717
2	0.656087	15.8076	-49.396	Rilevato_Ferr	0	32.0066	12.2793	14.4307	23.088	0	23.088	37.4124	37.4124
3	0.656087	25.5211	-47.4662	Rilevato_Ferr	0	32.0066	20.6299	24.2445	38.7895	0	38.7895	61.2765	61.2765
4	0.656087	34.6094	-45.6051	Rilevato_Ferr	0	32.0066	26.5312	31.1797	49.8852	0	49.8852	76.9827	76.9827
5	0.656087	43.1342	-43.8038	Rilevato_Ferr	0	32.0066	31.4833	36.9995	59.1966	0	59.1966	89.392	89.392
6	0.656087	51.146	-42.0554	Rilevato_Ferr	0	32.0066	36.319	42.6825	68.2889	0	68.2889	101.054	101.054
7	0.656087	58.6868	-40.354	Rilevato_Ferr	0	32.0066	38.6725	45.4483	72.714	0	72.714	105.573	105.573
8	0.656087	65.7921	-38.6945	Rilevato_Ferr	0	32.0066	41.0904	48.2899	77.2602	0	77.2602	110.173	110.173
9	0.656087	72.4923	-37.0727	Rilevato_Ferr	0	32.0066	48.7406	57.2804	91.6445	0	91.6445	128.47	128.47
10	0.656087	78.8132	-35.4849	Rilevato_Ferr	0	32.0066	54.5006	64.0496	102.475	0	102.475	141.328	141.328
11	0.656087	84.7774	-33.9279	Rilevato_Ferr	0	32.0066	58.7598	69.0551	110.483	0	110.483	150.01	150.01
12	0.793427	109.599	-32.2418	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	135.52	0	135.52	158.522	158.522
13	0.793427	116.501	-30.4295	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	136.821	0	136.821	158.242	158.242
14	0.793427	122.925	-28.6502	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	134.235	0	134.235	154.159	154.159
15	0.721558	116.59	-26.9788	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	136.279	0	136.279	154.843	154.843
16	0.721558	121.602	-25.41	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	143.622	0	143.622	160.946	160.946
17	0.721558	125.9	-23.8615	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	150.505	0	150.505	166.636	166.636
18	0.721558	129.898	-22.3312	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	156.947	0	156.947	171.927	171.927
19	0.721558	124.198	-20.8175	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	150.517	0	150.517	164.382	164.382
20	0.695029	63.6912	-19.3462	U6	0	32.9362	32.6179	38.3329	76.0645	16.8929	59.1716	87.5167	70.6238
21	0.695029	64.3507	-17.9154	U6	0	32.9362	32.3906	38.0657	77.9511	19.192	58.7591	88.4226	69.2306
22	0.695029	66.6977	-16.4661	U6	0	32.9362	33.3347	39.1753	81.7756	21.3037	60.4719	91.6473	70.3436
23	0.695029	69.4305	-15.0871	U6	0	32.9362	34.6361	40.7047	86.0651	23.2323	62.8328	95.4022	72.1699
24	0.695029	71.9092	-13.6874	U6	0	32.9362	35.8795	42.1659	90.0698	24.9816	65.0882	98.8079	73.8263
25	0.695029	74.1336	-12.296	U6	0	32.9362	37.061	43.5544	93.7864	26.5549	67.2315	101.864	75.3094
26	0.695029	72.826	-10.9119	U6	0	32.9362	35.9327	42.2285	93.1401	27.9552	65.1849	100.067	72.1122
27	0.695029	69.6422	-9.53424	U6	0	32.9362	33.555	39.4342	90.0566	29.185	60.8716	95.6924	66.5074
28	0.695029	69.5846	-8.16212	U6	0	32.9362	33.3928	39.2435	90.8237	30.2466	60.5771	95.6131	65.3665
29	0.695029	69.4998	-6.79469	U6	0	32.9362	33.2887	39.1212	91.5301	31.1417	60.3884	95.4964	64.3547
30	0.695029	69.1814	-5.43115	U6	0	32.9362	33.0966	38.8955	91.912	31.8721	60.0399	95.0587	63.1866
31	0.695029	68.6312	-4.07069	U6	0	32.9362	32.8147	38.5642	91.9672	32.4388	59.5284	94.3026	61.8638
32	0.695029	67.8505	-2.71252	U6	0	32.9362	32.4407	38.1246	91.6928	32.8429	58.8499	93.2298	60.3869
33	0.695029	66.8405	-1.35588	U6	0	32.9362	31.9721	37.5739	91.085	33.0851	57.9999	91.8418	58.7567
34	0.695029	65.6015	0	U6	0	32.9362	31.4063	36.909	90.1393	33.1658	56.9735	90.1393	56.9735
35	0.695029	64.1339	1.35588	U6	0	32.9362	30.7401	36.1261	88.8502	33.0851	55.7651	88.1226	55.0375
36	0.695029	62.4376	2.71252	U6	0	32.9362	29.9703	35.2214	87.2116	32.8429	54.3687	85.7916	52.9487
37	0.695029	60.5507	4.07069	U6	0	32.9362	29.1237	34.2265	85.2715	32.4388	52.8327	83.1989	50.7601
38	0.695029	58.4656	5.43115	U6	0	32.9362	28.1917	33.1312	83.014	31.8721	51.1419	80.3337	48.4616
39	0.695029	56.1487	6.79469	U6	0	32.9362	27.1447	31.9007	80.3844	31.1417	49.2427	77.1501	46.0084
40	0.695029	53.5983	8.16212	U6	0	32.9362	25.9773	30.5288	77.3714	30.2466	47.1248	73.6455	43.3989
41	0.695029	50.7363	9.53424	U6	0	32.9362	24.6203	28.934	73.8482	29.185	44.6632	69.7131	40.5281
42	0.695029	41.5472	10.9119	U6	0	32.9362	17.9707	21.1193	60.5553	27.9552	32.6001	57.0908	29.1356
43	0.695029	32.0769	12.296	U6	0	32.9362	11.1381	13.0896	46.7603	26.5549	20.2054	44.3326	17.7777
44	0.695029	26.8973	13.6874	U6	0	32.9362	7.9354	9.32576	39.3771	24.9816	14.3955	37.4445	12.4629
45	0.695029	24.4048	15.0871	U6	0	32.9362	6.98508	8.20894	35.9039	23.2323	12.6716	34.0208	10.7885
46	0.695029	21.6713	16.4961	U6	0	32.9362	5.90348	6.93783	32.0131	21.3037	10.7094	30.2649	8.96115
47	0.695029	18.6783	17.9154	U6	0	32.9362	4.66895	5.487	27.6619	19.192	8.46994	26.1525	6.96052
48	0.695029	15.4198	19.3462	U6	0	32.9362	3.26888	3.84162	22.8229	16.8929	5.93001	21.6752	4.7823
49	0.630891	11.1014	20.7225	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	31.0863	0	31.0863	17.2899	17.2899
50	0.630891	8.29505	22.0442	U3A/U3B	42.8571	0	36.4676	42.8571	27.8084	0	27.8084	13.0418	13.0418

Interslice Data



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

82 di 89

SLIDENETTER 7/038



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

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.17521

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	42.5547	24.8815	0	0	0
2	43.2107	24.0595	4.64586	0	0
3	43.8668	23.2941	15.6687	0	0
4	44.5229	22.579	32.1479	0	0
5	45.179	21.9089	51.2525	0	0
6	45.8351	21.2796	71.689	0	0
7	46.4912	20.6877	92.837	0	0
8	47.1473	20.1303	113.228	0	0
9	47.8034	19.6048	132.732	0	0
10	48.4594	19.1091	152.64	0	0
11	49.1155	18.6413	171.834	0	0
12	49.7716	18.2	189.595	0	0
13	50.565	17.6995	238.243	0	0
14	51.3585	17.2335	283.448	0	0
15	52.1519	16.8	323.65	0	0
16	52.8735	16.4327	357.811	0	0
17	53.595	16.0899	391.556	0	0
18	54.3166	15.7707	424.489	0	0
19	55.0381	15.4743	456.259	0	0
20	55.7597	15.2	482.298	0	0
21	56.4547	14.956	483.862	0	0
22	57.1497	14.7313	484.596	0	0
23	57.8448	14.5255	484.2	0	0
24	58.5398	14.3381	482.436	0	0
25	59.2348	14.1688	479.15	0	0
26	59.9299	14.0173	474.202	0	0
27	60.6249	13.8833	468.194	0	0
28	61.3199	13.7666	461.588	0	0
29	62.015	13.6669	453.63	0	0
30	62.71	13.5841	444.263	0	0
31	63.405	13.518	433.495	0	0
32	64.1	13.4686	421.35	0	0
33	64.7951	13.4356	407.865	0	0
34	65.4901	13.4192	393.095	0	0
35	66.1851	13.4192	377.11	0	0
36	66.8802	13.4356	359.995	0	0
37	67.5752	13.4686	341.854	0	0
38	68.2702	13.518	322.787	0	0
39	68.9652	13.5841	302.915	0	0
40	69.6603	13.6669	282.392	0	0
41	70.3553	13.7666	261.398	0	0
42	71.0503	13.8833	240.185	0	0
43	71.7454	14.0173	223.194	0	0
44	72.4404	14.1688	205.642	0	0
45	73.1354	14.3381	194.507	0	0
46	73.8305	14.5255	184.426	0	0
47	74.5255	14.7313	174.991	0	0
48	75.2205	14.956	166.521	0	0
49	75.9155	15.2	159.38	0	0
50	76.5464	15.4387	129.336	0	0
51	77.1773	15.6941	5.99846	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-10	16.8
110	16.8

Distributed Load





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

83 di 89

SLIDENTERRET 7.038



X	Y
36	25.6835
33.5	25.6833
30.8	25.6831
29.9	25.6828
27.1	25.6826
24.7	25.6825

Distributed Load

X	Y
51.7	24.8815
50.8	24.8815
48	24.8815
46.8	24.8815
44	24.8815
42.9	24.8815

Distributed Load

X	Y
29.9	25.6828
27.1	25.6826

Distributed Load

X	Y
33.5	25.6833
30.8	25.6831

Distributed Load

X	Y
46.8	24.8815
44	24.8815

Distributed Load

X	Y
50.8	24.8815
48	24.8815

External Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0400001B

Foglio

84 di 89

SLIDEINTERRET 7.038



X	Y
100	18.1933
86.5919	18.1933
79.2634	17.194
77.1865	15.6941
72.4896	15.695
70.9654	17.695
67.5404	18.2
60.8308	19.1893
59.9019	19.8069
55.9019	19.8069
55.4801	24.8815
54.9	24.8815
51.7	24.8815
50.8	24.8815
48	24.8815
46.8	24.8815
44	24.8815
42.9	24.8815
41.0806	24.8815
40.0714	25.6842
36	25.6835
33.5	25.6833
30.8	25.6831
29.9	25.6828
27.1	25.6826
24.7	25.6825
24.1152	25.682
23.107	32
0	32
0	18.2
0	15.2
0	10.2
0	0
100	9e-016
100	10.2
100	15.2

Material Boundary

X	Y
54.9	24.8815
54.9	19.2
50.1	19.2
50.1	18.2
57.1	18.2
57.1	19.2
56	19.2
55.9019	19.8069

Material Boundary

X	Y
0	18.2
50.1	18.2

Material Boundary

X	Y
57.1	18.2
67.5404	18.2

Material Boundary

X	Y
0	15.2
100	15.2

Material Boundary

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0400001B	85 di 89

SLIDENTERRET 7.038



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

X	Y
0	10.2
100	10.2

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0400001B	86 di 89

ALLEGATO 1 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

Settle3D Analysis Information

Ri04

Project Settings

Document Name: Ri04_01.s3z
Project Title: Ri04
Date Created: 08/03/2021, 11:30:59
Stress Computation Method: Boussinesq
Groundwater method: Water Table
Water Unit Weight: 9.81 kN/m³
Depth to water table: 0.1 [m]

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1
2	Stage 2

Results

Time taken to compute: 6.50196 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	4.49692
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	4.49692
Loading Stress [kPa]	0.0153597	140.735
Effective Stress [kPa]	0.0153597	275.161
Total Stress [kPa]	0.0153597	490
Total Strain	8.3898e-007	0.011727
Pore Water Pressure [kPa]	0	214.839
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.110403	275.11
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	4.90327
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	4.90327
Loading Stress [kPa]	0.0465421	144.715

Effective Stress [kPa]	0.0465421	302.328
Total Stress [kPa]	0.0465421	517.167
Total Strain	3.04588e-006	0.0120592
Pore Water Pressure [kPa]	0	214.839
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.1417	302.276
Over-consolidation Ratio	1	1.00628
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

Length: 21 m
Width: 100 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 2100 m²
Load: 6.9 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 2

Coordinates

X [m]	Y [m]
5	-50
26	-50
26	50
5	50

Embankments

1. Embankment

Center Line: (0, -50) to (0, 50)
Number of Layers: 3
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 30

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	45	4	18	45	0
2	Stage 1	0	45	3	18	45	0
3	Stage 1	0	45	1	18	45	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
---------	------	---------------	-----------



Rilevato ferroviario AV da pk 0+766,68 a pk 1+125,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

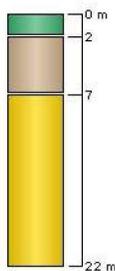
EI2RBRI0400001B

Foglio

89 di 89



1	U3	2	0
2	U6	5	2
3	U4	15	7



Soil Properties

Property	U3	U6	U4
Color			
Unit Weight [kN/m ³]	19	19	19
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	19	19	19
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	12000	50000	120000
Es bottom [kPa]		80000	
Esur [kPa]	10000	10000	10000
Esur bottom [kPa]		10000	

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-30, 0	50, 0	100	Auto: 61