

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 1+125,00 a pk 1+315,00

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	5	0	0	0	0	1	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	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: IN1711E12RBRI0500001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 2 di 87</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	10
4.2	Condizioni geotecniche del sito	11
4.3	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	19
4.3.1	Materiale da rilevato.....	19
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	20
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	20
5.1.1	Vita Nominale.....	20
5.1.2	Classe d'uso	20
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	21
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	21
5.1.5	Condizioni topografiche	21
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	22
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	22
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	24
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	26
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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 3 di 87
--	------------------	-------------	-----------------------------	-------------------

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	46
Allegati		47
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO		48
ALLEGATO 2 - SONDAGGI		50
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE - ANALISI SLU STATICO		58
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE - ANALISI SLU STATICO- condizione di svasso rapido		66
ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO		75
ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE		83

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 4 di 87

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI05, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 1+125,00 e il km 1+315,00.

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).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 5 di 87</p>

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 6 di 87</p>

[22] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi”– RFI

[23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h

[24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell’Unione europea)

2.3 Bibliografia

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 8 di 87</p>

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Inquadramento geotecnico

Dal punto di vista geotecnico, nei primi m di profondità si nota la presenza di materiale di riporto e limi argillosi (Unità 3b). Al di sotto di essi ci sono 7-10 m di ghiaie ben addensate (Unità 6), seguite fino a 20 m di sabbie (Unità 4).

In corrispondenza del sondaggio BH-PE-03, al disotto delle ghiaie si individua uno strato di argille compatte (Unità 2), di spessore pari a circa 4 m.

Analizzando le quote di imposta del muro di sostegno, risulta che la fondazione dell'opera poggia direttamente sulla formazione di limi argillosi (Unità 3b).

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 - .

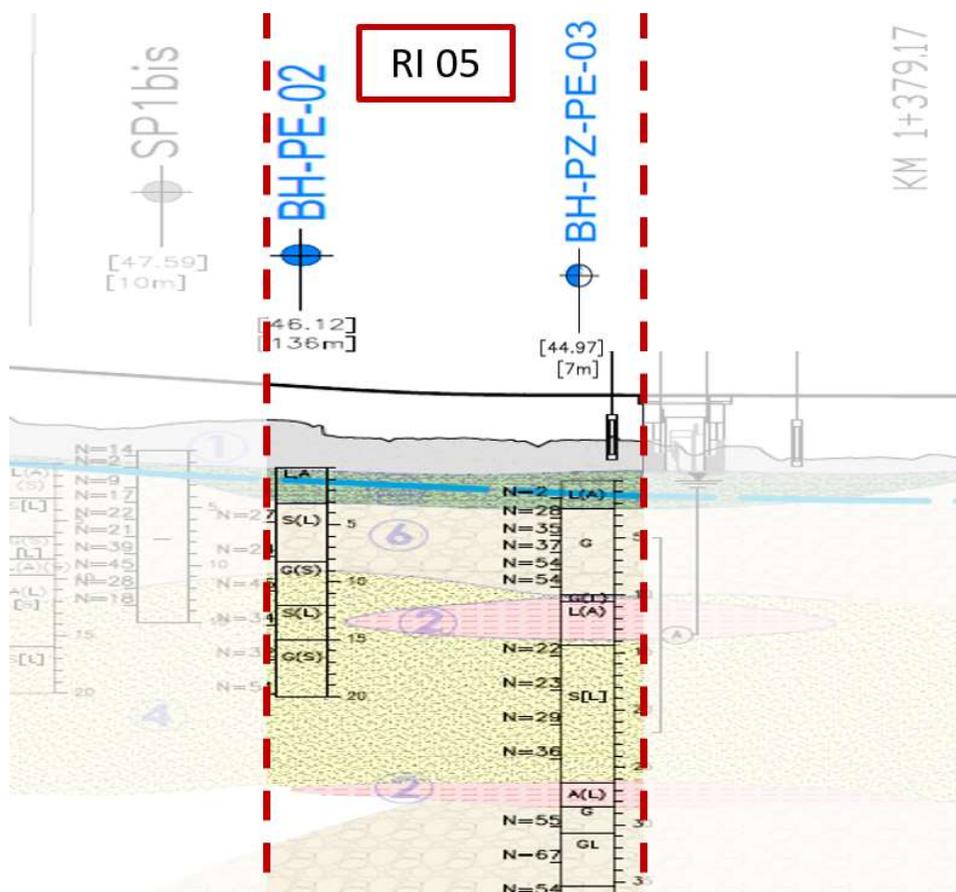


Figura 2 - Profilo Geotecnico Rilevato RI05, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

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])

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

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
1+150	BH-PE-02	2020-2021
1+1280	BH-PZ-PE-03	2020-2021

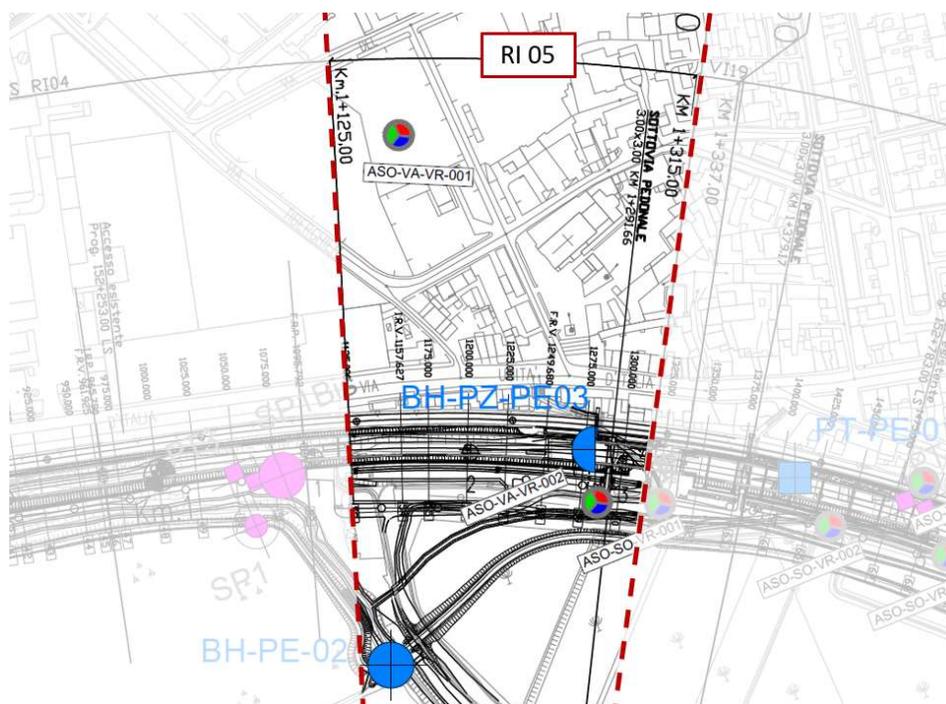


Figura 3 - Planimetria Rilevato RI04, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 10 di 87

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 11 di 87</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 porzione più superficiale è costituita da terreno di riporto (Unità 1), che tuttavia sarà rimossa per la posa in opera del muro..

Si considera cautelativamente che alla quota di imposta del muro e del rilevato si troverà uno strato di limi argillosi (unità 3) di spessore 2-3 m. Al di sotto di essi si incontra per 10 m uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6). 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. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 40 e il 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Per le argille limose superficiali, sulla base dei pocket disponibili nei sondaggi, e sulla base di prove TX-CIU su un campione prelevato nel sondaggio BH-PE-02, si è stimata cautelativamente un valore di resistenza al taglio non drenata $c_u=60$ kPa

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

Al di sotto dell'Unità 6 si individua la presenza di depositi di sabbia limosa mediamente addensati (Unità 4), anche per spessori di 20 m. In questo deposito le percentuali di materiale fine non superano il 15%, i valori medi di N_{SPT} sono pari a 30 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 60% .

In corrispondenza del BH-PE-03, all'interno della formazione di sabbie limose, si incontra una lente di Limi argillosi (Unità 2) di spessore 4m.

Per l'unità 2 presente in profondità, si è stimato un valore di $c_u=75$ kPa, e un valore del modulo di Young pari a 20 MPa.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 15 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di V_s crescenti e compresi tra 250 m/s e 400 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono da considerarsi pressoché costanti – variano tra 350 m/s e 450 m/s fino a 35 m pc. Sulla base dei valori di V_s si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per le ghiaie 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 . 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 12 di 87

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.

Sulla base di questi criteri, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio:

- 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

RI05 dalla pk 1+125 alla pk 1+315

Contributi granulometrici (%)

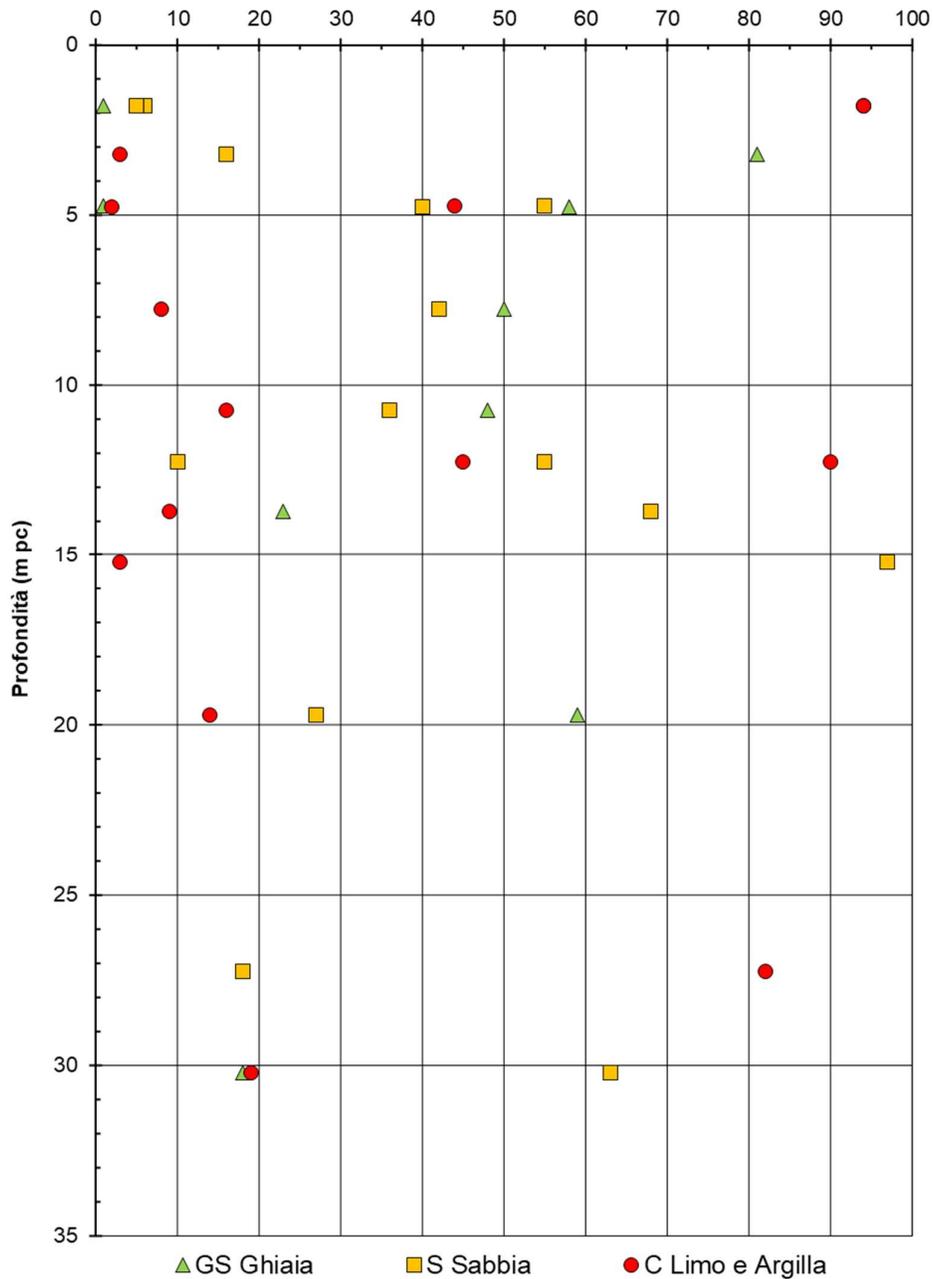


Figura 4 – Sintesi analisi granulometriche tra pk 1+125 e pk 1+315

AV/AC VERONA VICENZA

RI05 dalla pk 1+125 alla pk 1+315

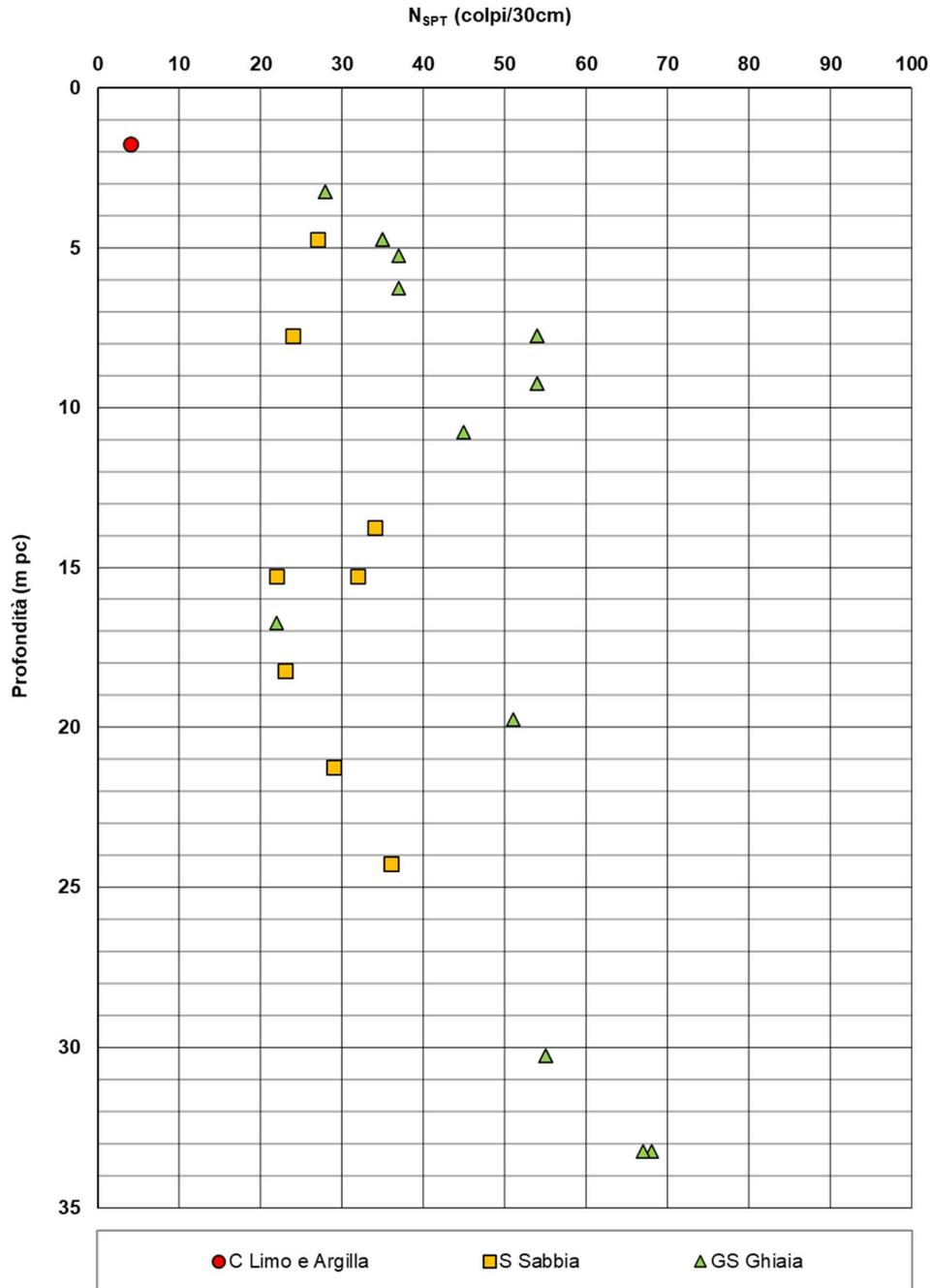


Figura 5 – Esito delle prove SPT tra pk 1+125 e pk 1+315

AV/AC VERONA VICENZA

RI05 dalla pk 1+125 alla pk 1+315

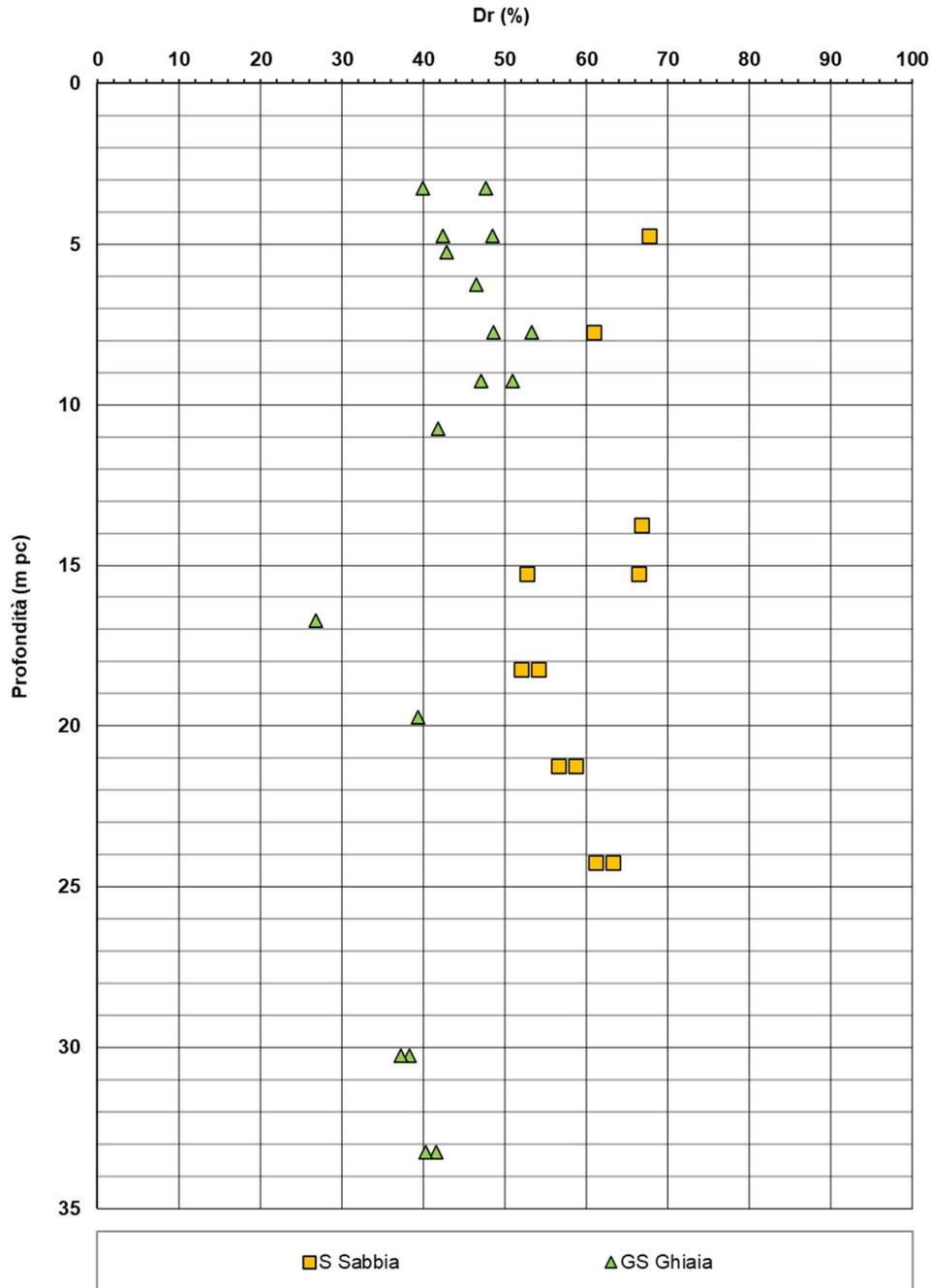


Figura 6 – Densità relativa da prove SPT tra pk 1+125 e pk 1+315

AV/AC VERONA VICENZA

RI05 dalla pk 1+125 alla pk 1+315

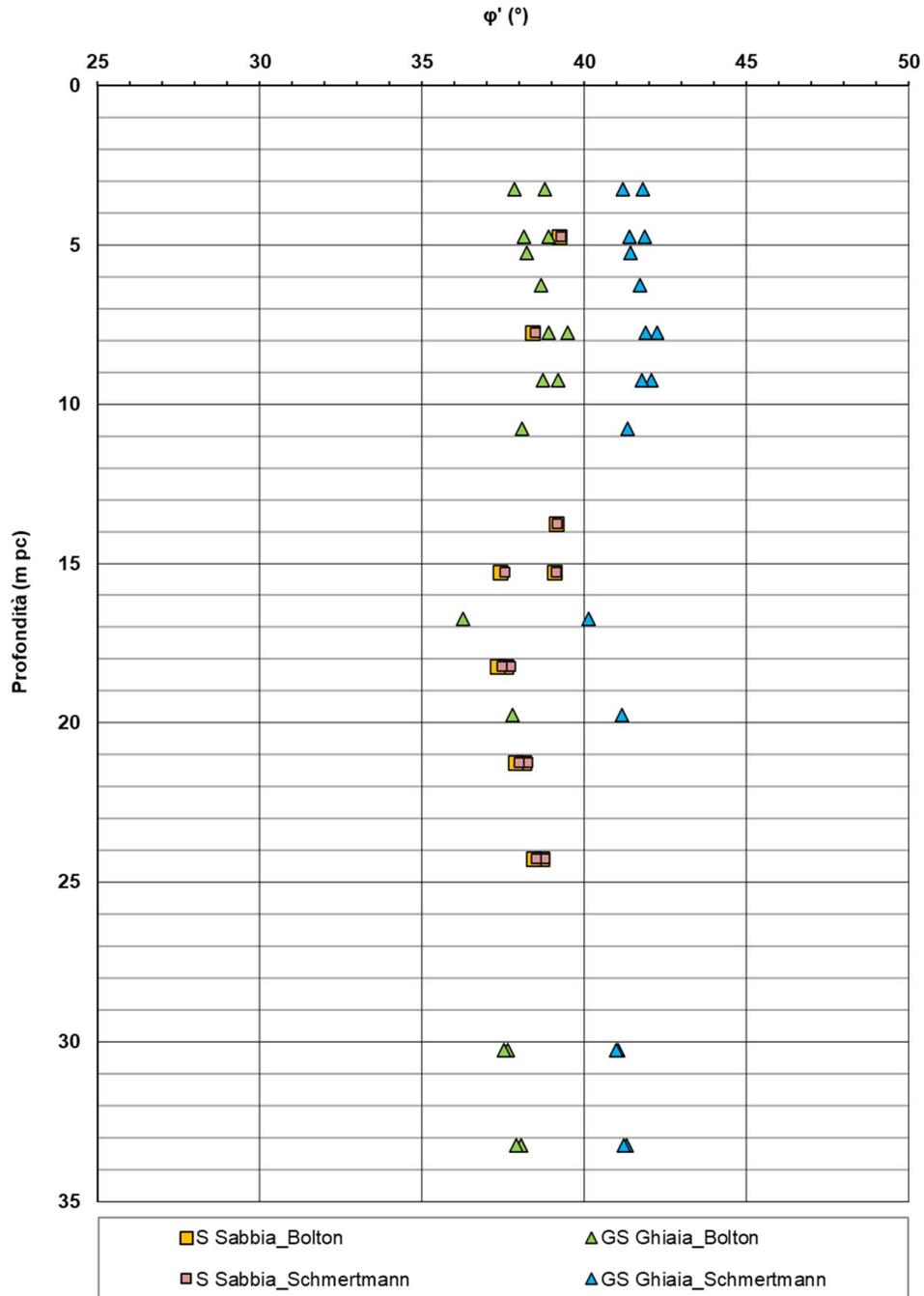


Figura 7 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 1+125 e pk 1+315

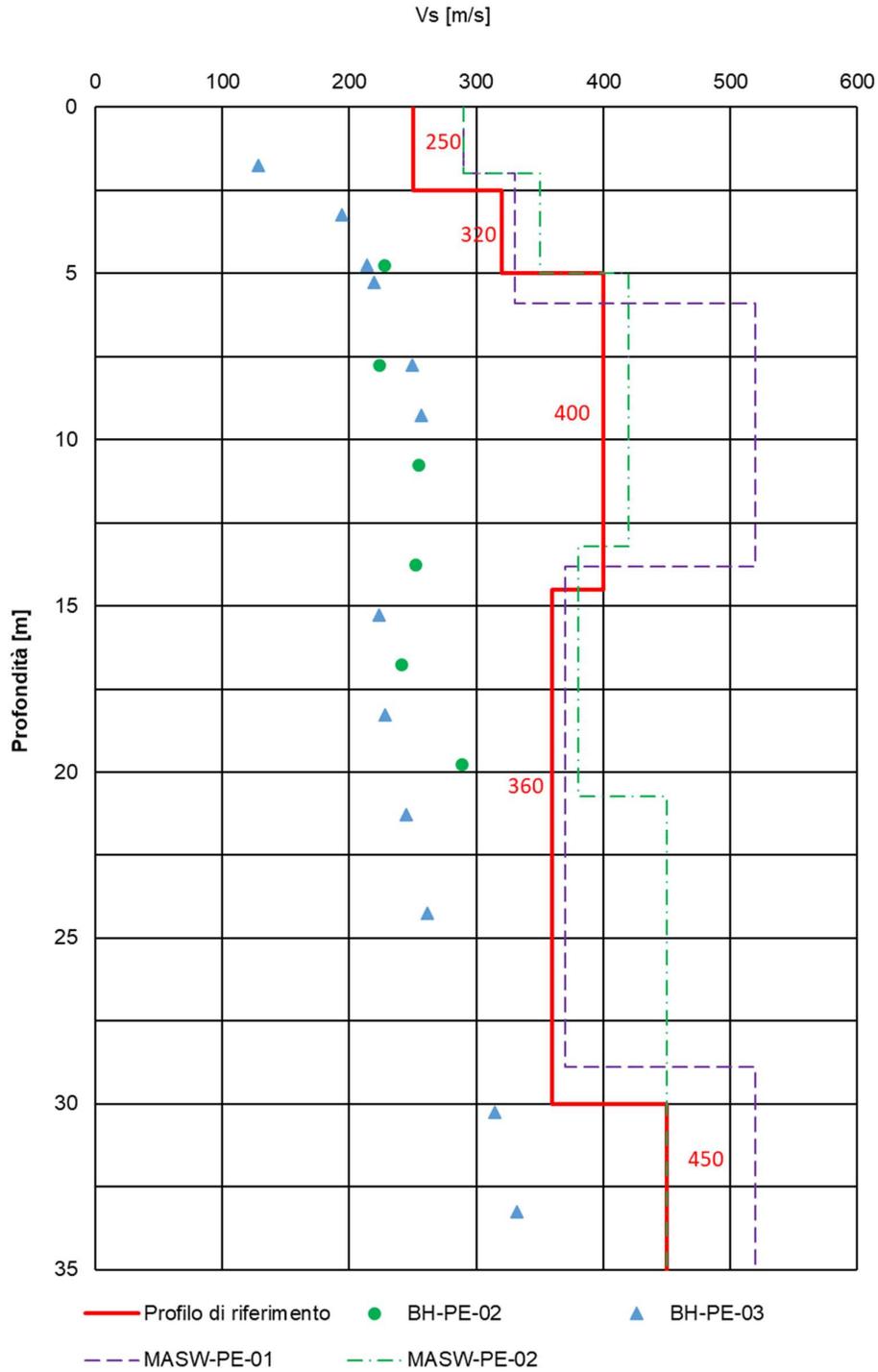


Figura 8 – Profilo di vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW tra pk 1+125 e pk 1+315

AV/AC VERONA VICENZA

pk 1+125 - pk 1+315

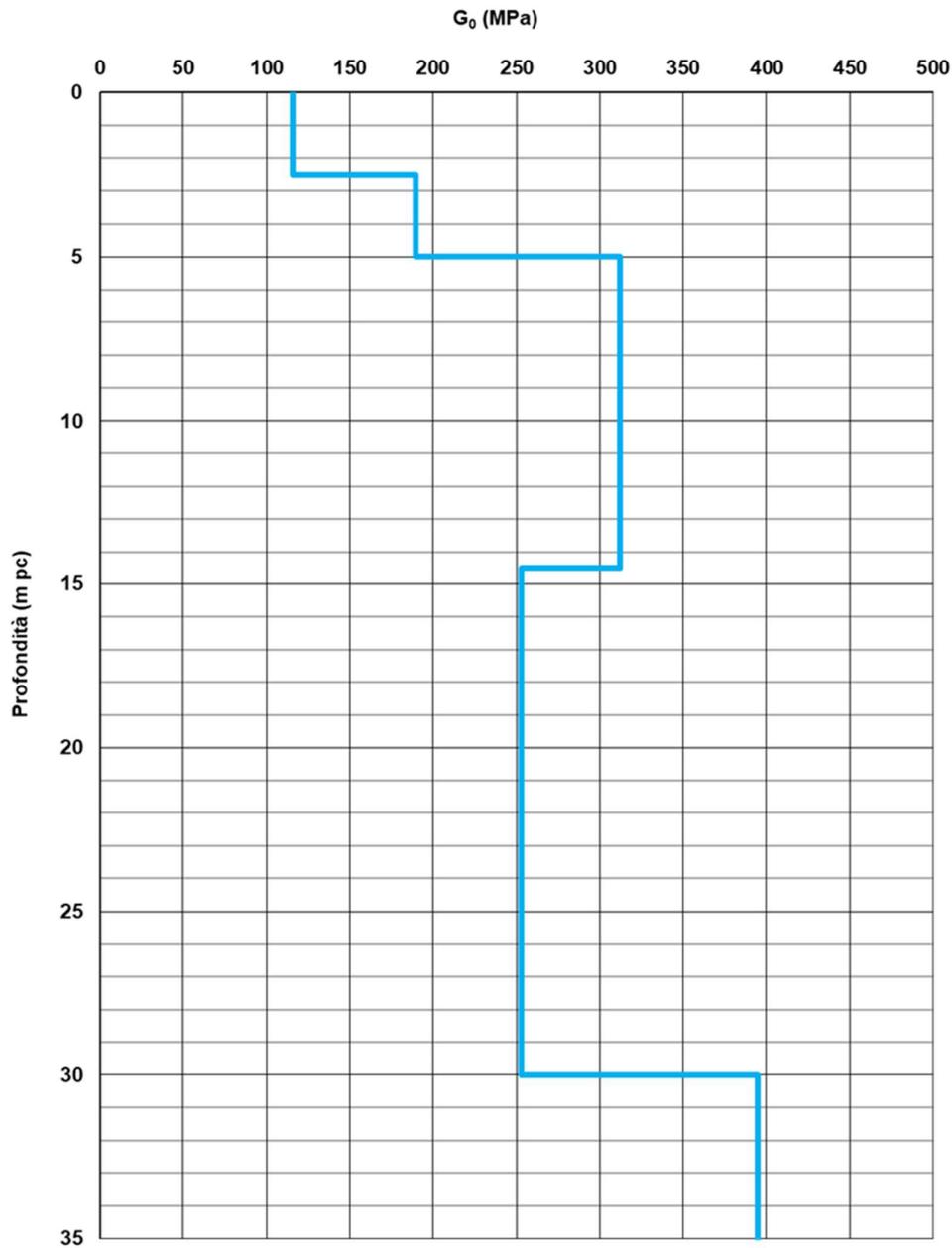


Figura 9 – Modulo di taglio G₀ tra pk 1+125 e pk 1+315

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 19 di 87

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	3	19	28	-	60	-	12
6	3	9	19	40	-	-	120-250**	50-80**
2	9	13	19	28	-	75	-	20
4	13	20	19	38	-	-	>250	120

* quota imposta muro = 45.35 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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 20 di 87

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 Vita Nominale

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

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

Tabella 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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 21 di 87

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 22 di 87</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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 23 di 87

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 24 di 87</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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 25 di 87

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):

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

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

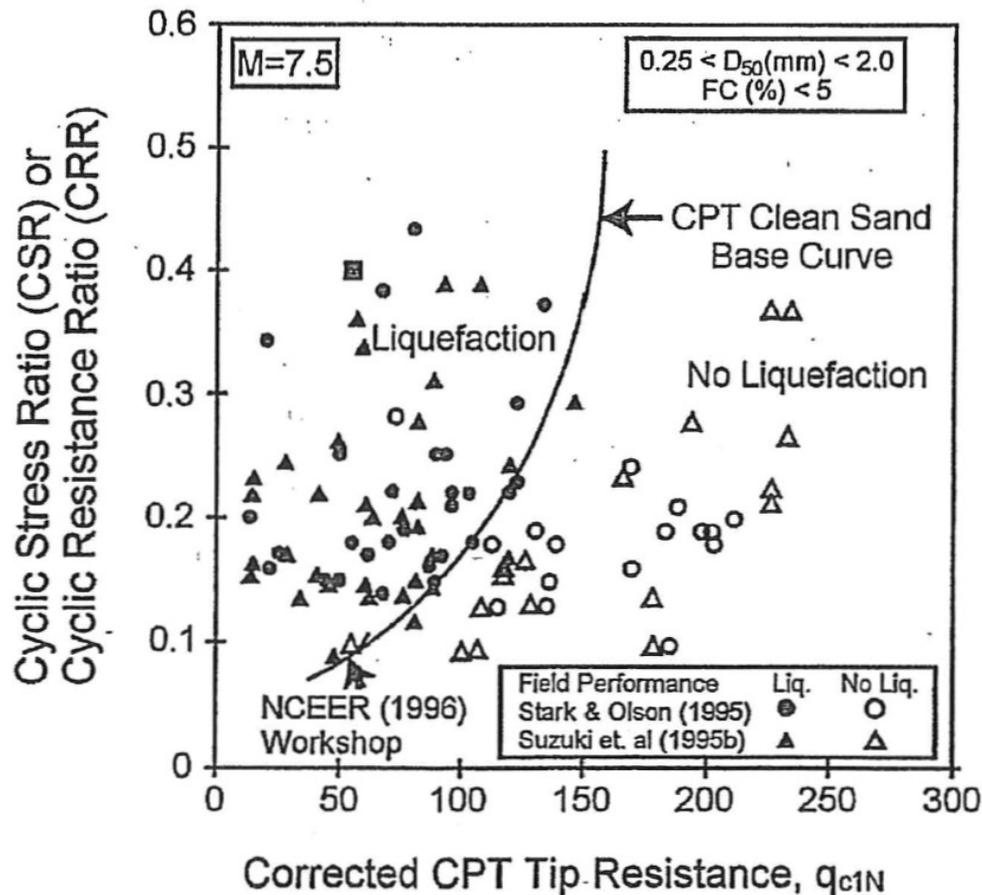


Figura 10: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 27 di 87

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 28 di 87

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):

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

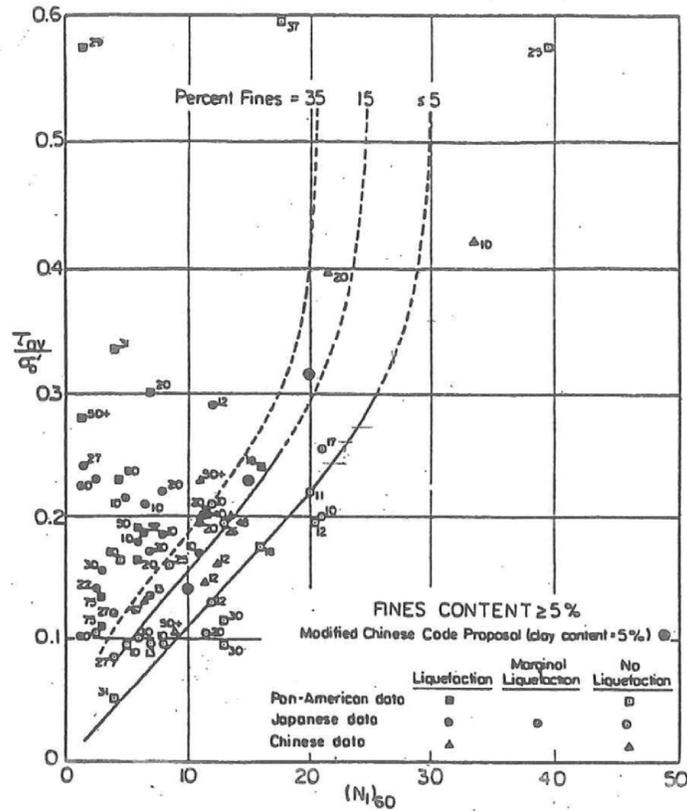
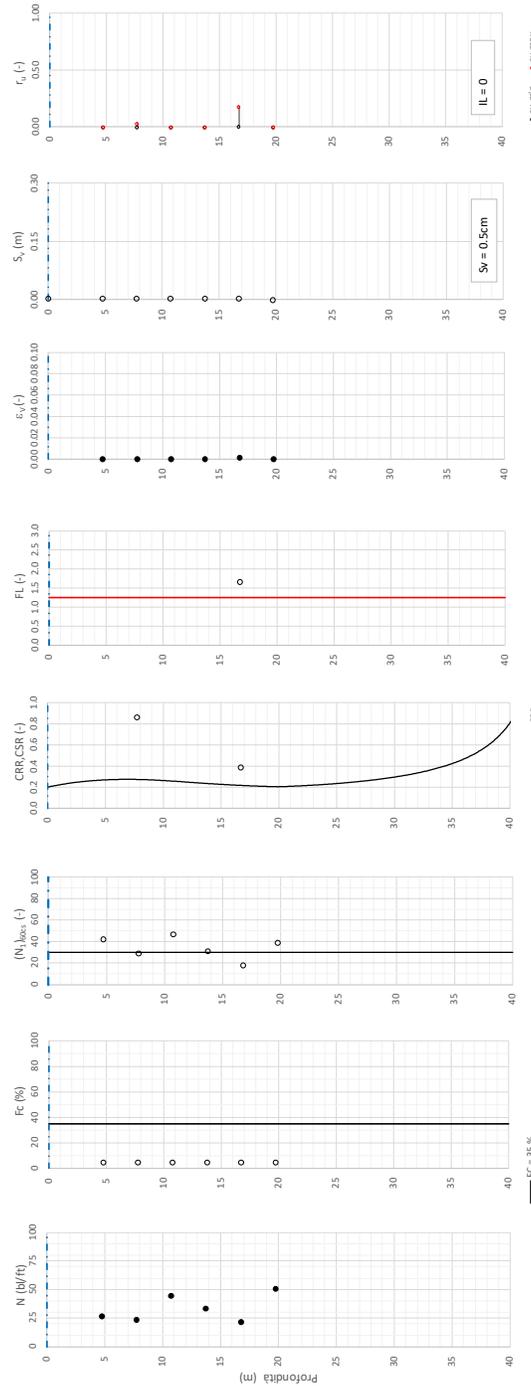


Figura 11: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 12 e Figura 13) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI05, 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 sede di approvazione N. 102

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
31 di 87

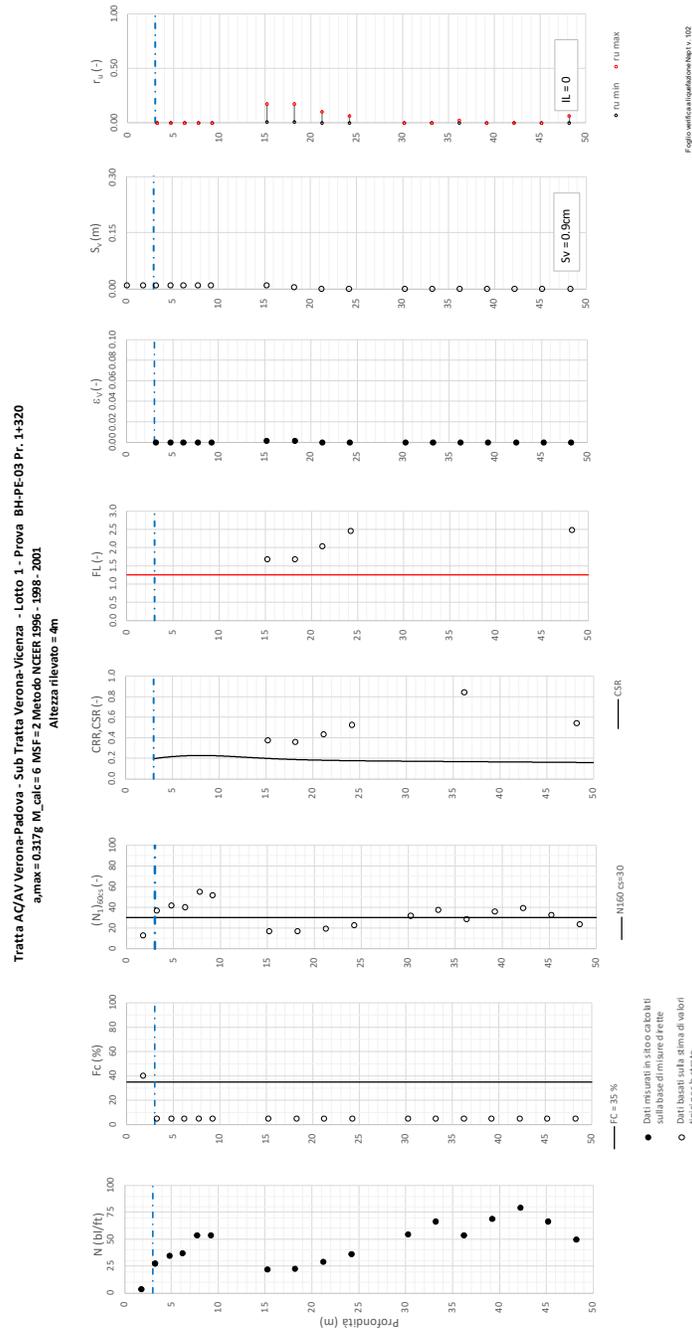


Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PZ-PE-03

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 32 di 87

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

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

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

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

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

dove:

E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto E_d , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [14]).

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

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

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

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

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

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

6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

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

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 33 di 87</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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 34 di 87

6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

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

In particolare, successivamente al completamento del 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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 35 di 87

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 36 di 87

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [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 14), come riportato nel paragrafo 4.1.2, sia il caso più gravoso di svaso rapido (Figura 15). In tale condizione, particolarmente cautelativa, si immagina che la falda dietro al 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 14 e in Figura 15., sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi è pari a:

$$F_{S_{MIN}} (DA1C2) = 1.830 \text{ (massima piena)}$$

$$F_{S_{MIN}} (DA1C2) = 1.490 \text{ (svaso rapido)}$$

Essendo soddisfatta in entrambi i casi la relazione:

$$F_{S_{MIN}} \geq R2 = 1.1,$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 37 di 87

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 16 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:

$$F_{S_{MIN}} = 1.462$$

Essendo soddisfatta la relazione:

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

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

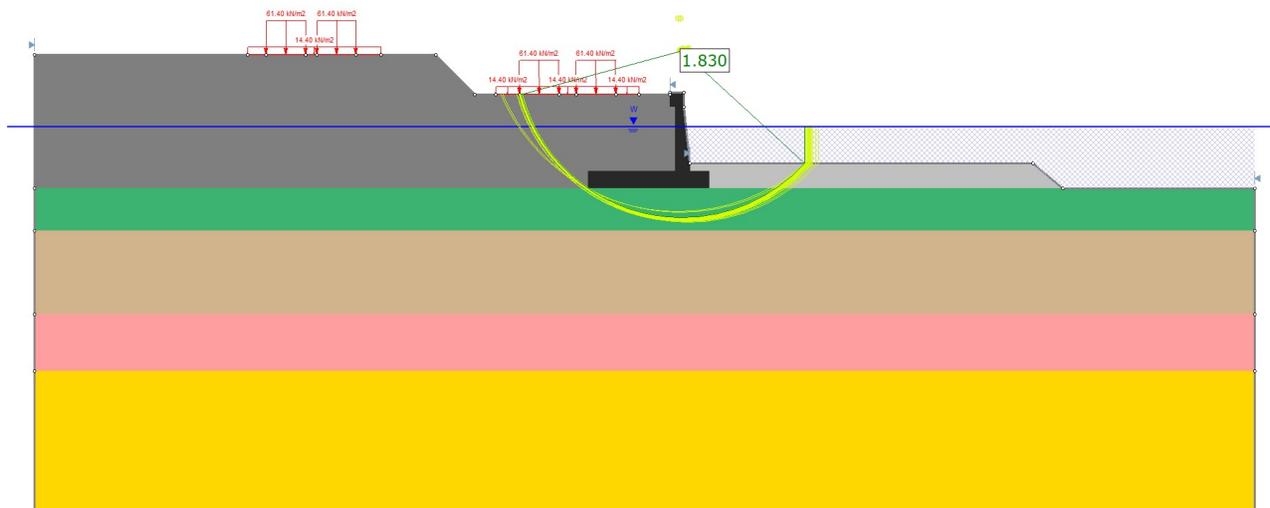


Figura 14 - Rilevato H=6.9 m (da pk 1+125 a pk 1+315) - Analisi SLU in campo statico DA1C2

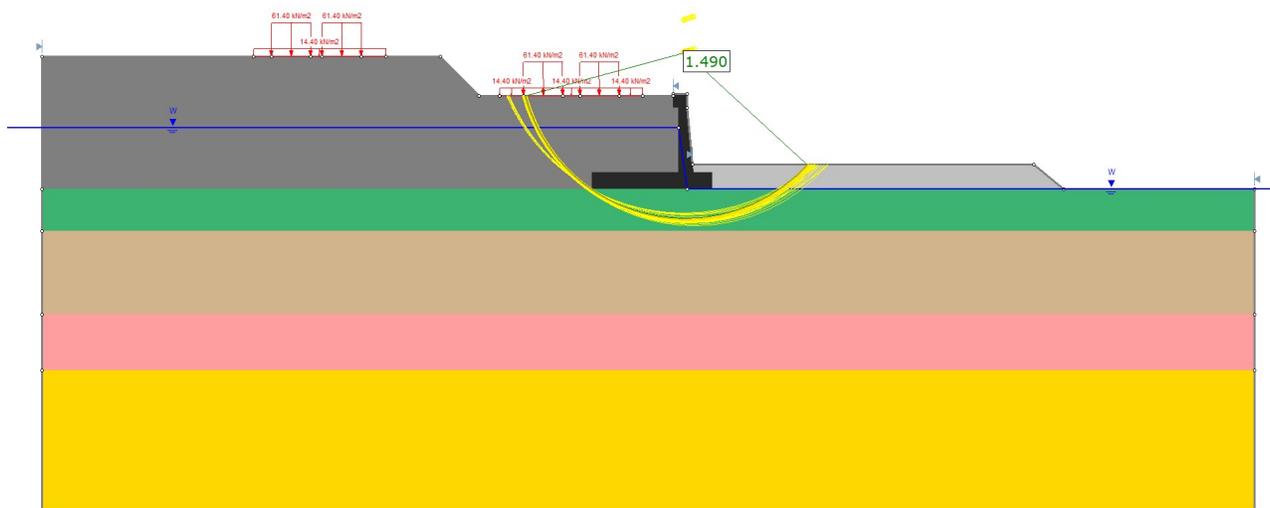


Figura 15 - Rilevato H=6.9 m (da pk 1+125 a pk 1+315) - Analisi SLU svaso rapido in campo statico DA1C2

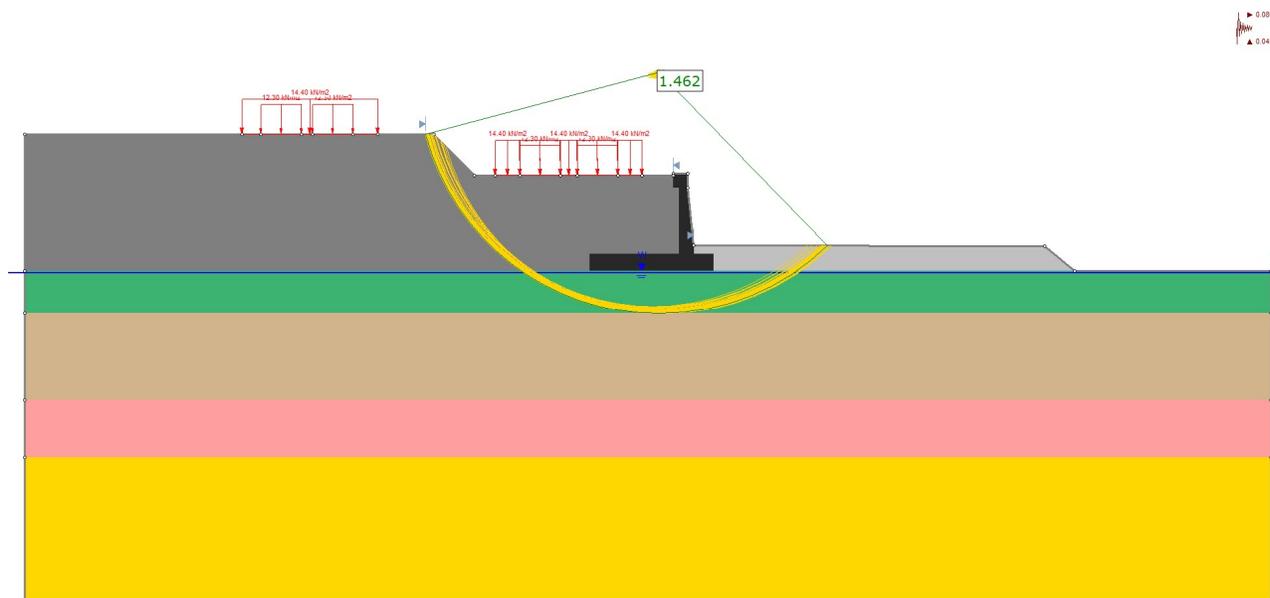


Figura 16 - Rilevato $H=6.9\text{ m}$ (da pk 1+125 a pk 1+315) - Analisi SLU in campo sismico

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 40 di 87</p>

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 nastriforme, soggetta a un carico uniformemente distribuito (parte centrale del rilevato), viene eseguita sulla base delle formule di Jumikis (1971).

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

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

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

dove:

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

q = carico applicato

u = coefficiente di Poisson

B = semilarghezza dell'area di carico in direzione x

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

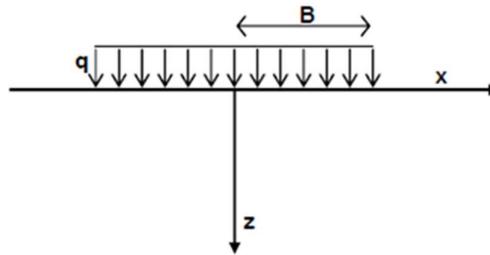


Figura 17 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

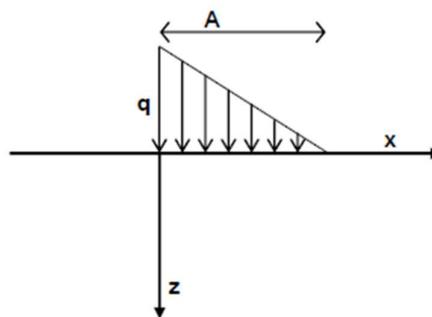


Figura 18 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 42 di 87</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 sezione di Figura 1. Il modello di calcolo è valido per tutta la tratta in esame, da pk 1+125 a pk 1+315. Nel programma, i rilevati sono modellati come carichi di superficie, privi di massa. Essi sono stati applicati in accordo alla reale configurazione geometrica del rilevato, così come mostrata in Figura 19. 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 programma considera la diffusione dei carichi in accordo alla teoria dell'elasticità, considerando il semispazio come elastico, omogeneo ed isotropo. Il cedimento vien quindi calcolato tenendo in conto della stratigrafia, attribuendo ai diversi strati i parametri di deformabilità riportati nella tabella citata.

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 19 a)
- Affiancamento e completamento rilevato nuova linea, vedi Figura 19 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0500001B	Foglio 43 di 87

I valori calcolati sono riportati nella Figura 20, dove sono anche indicate le posizioni delle rotaie della linea storia e l'asse dei binari della linea AV.

Risulta quanto segue:

- Il cedimento differenziale per ciascuna delle rotaie esistenti risulta circa pari a 2.2 mm e quindi inferiore del limite definito al paragrafo 6.1.2.
- Il totale cedimento totale calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è pari a circa 6.4 cm. Considerato che la stratigrafia è composta per la maggior parte da materiali granulari, tali cedimenti si esauriranno per la maggior parte all'atto della applicazione dei carichi.
- Inoltre, poiché i materiali argillosi saranno ricaricati nel ramo di ricarica, i valori di c_v operativi saranno propri dello stato di sovraconsolidazione ($>5-6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$).
- Si stima quindi che i cedimenti dovuti alla consolidazione (ca 3-4 cm), e causati dal carico del corpo del rilevato saranno pressoché esauriti all'atto della posa in opera del ballast. I cedimenti aggiuntivi saranno comunque modesti.
- Essendo piccoli i cedimenti per consolidazione, quelli relativi alla compressibilità viscosa del materiale sono da considerarsi come una frazione di quelli per consolidazione, pertanto dell'ordine di qualche millimetro.
- Il cedimento è stato calcolato considerando la condizione di massima altezza del rilevato

Tenuto quanto di quanto sopra, si stima che i cedimenti in esercizio saranno dell'ordine massimo di 10-15 mm.

Dato il valore limitato dei cedimenti attesi, **la verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**

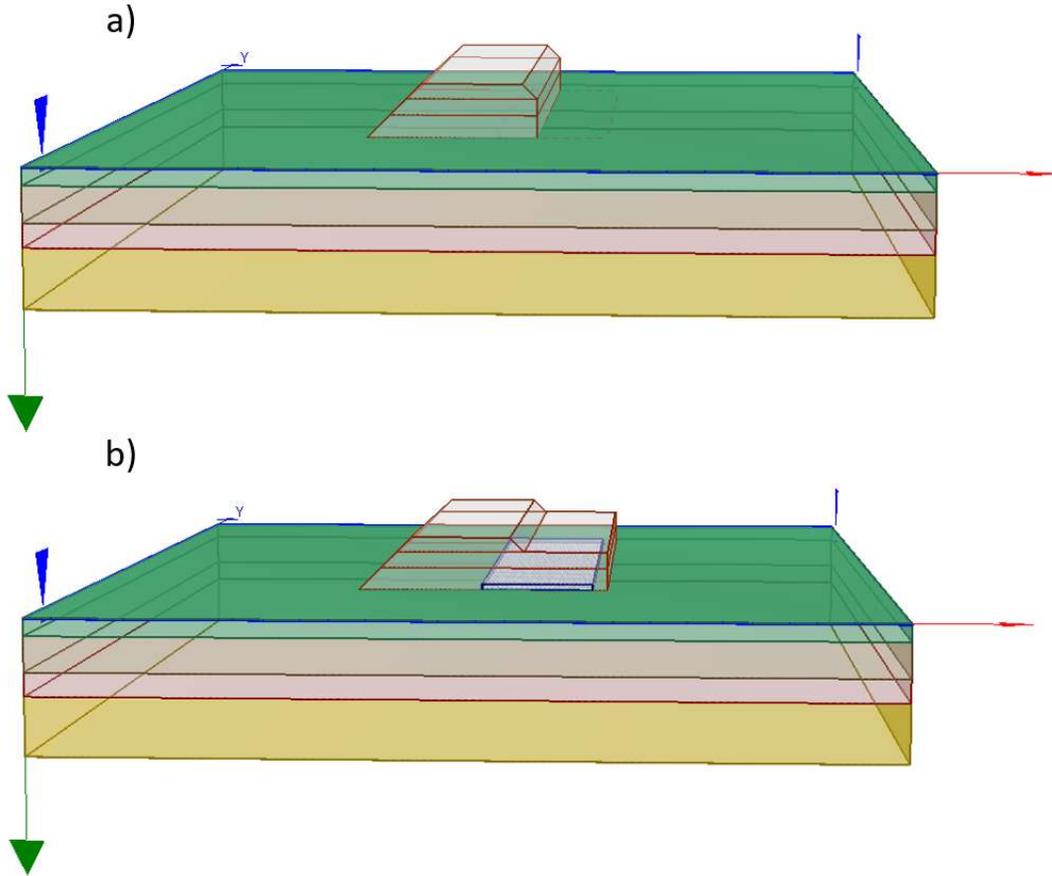


Figura 19 - Rilevato H=6.9 m (da pk 1+125 a pk 1+315) - Analisi SLE – Modello di calcolo

Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
45 di 87

Ri 05: Cedimenti dopo la costruzione della nuova linea AV

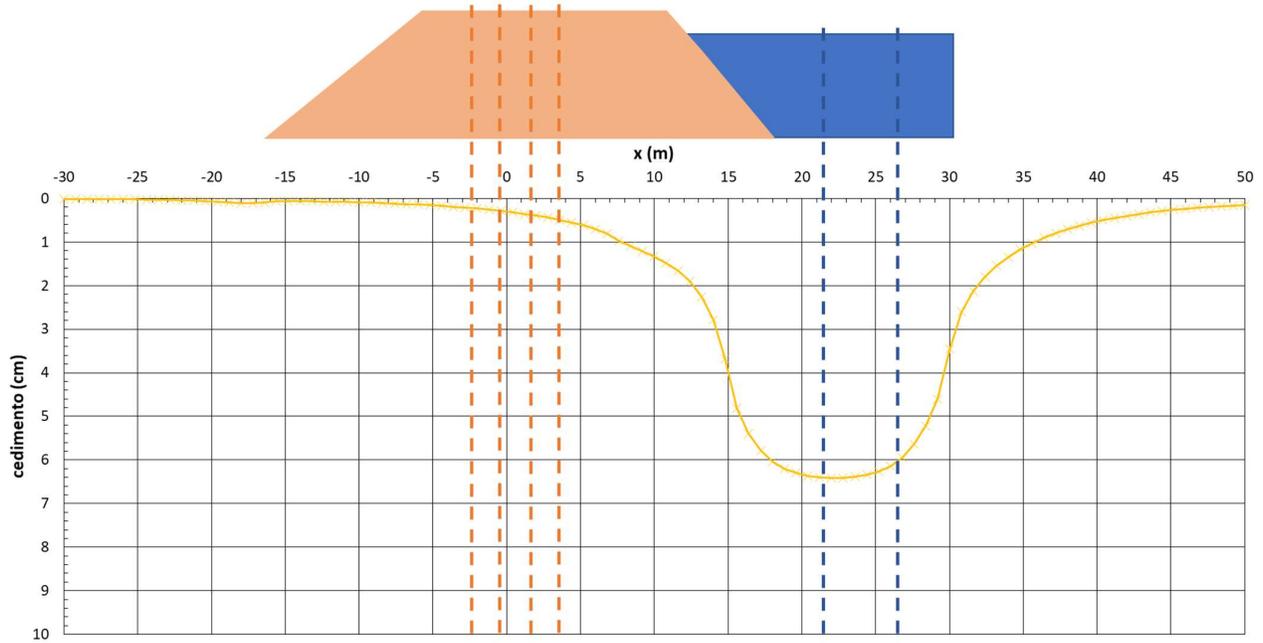


Figura 20 - Rilevato H=6.9 m (da pk 1+125 a pk 1+315) - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 46 di 87</p>

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0500001B	47 di 87

ALLEGATI

<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 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 48 di 87</p>

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

<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 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
51 di 87

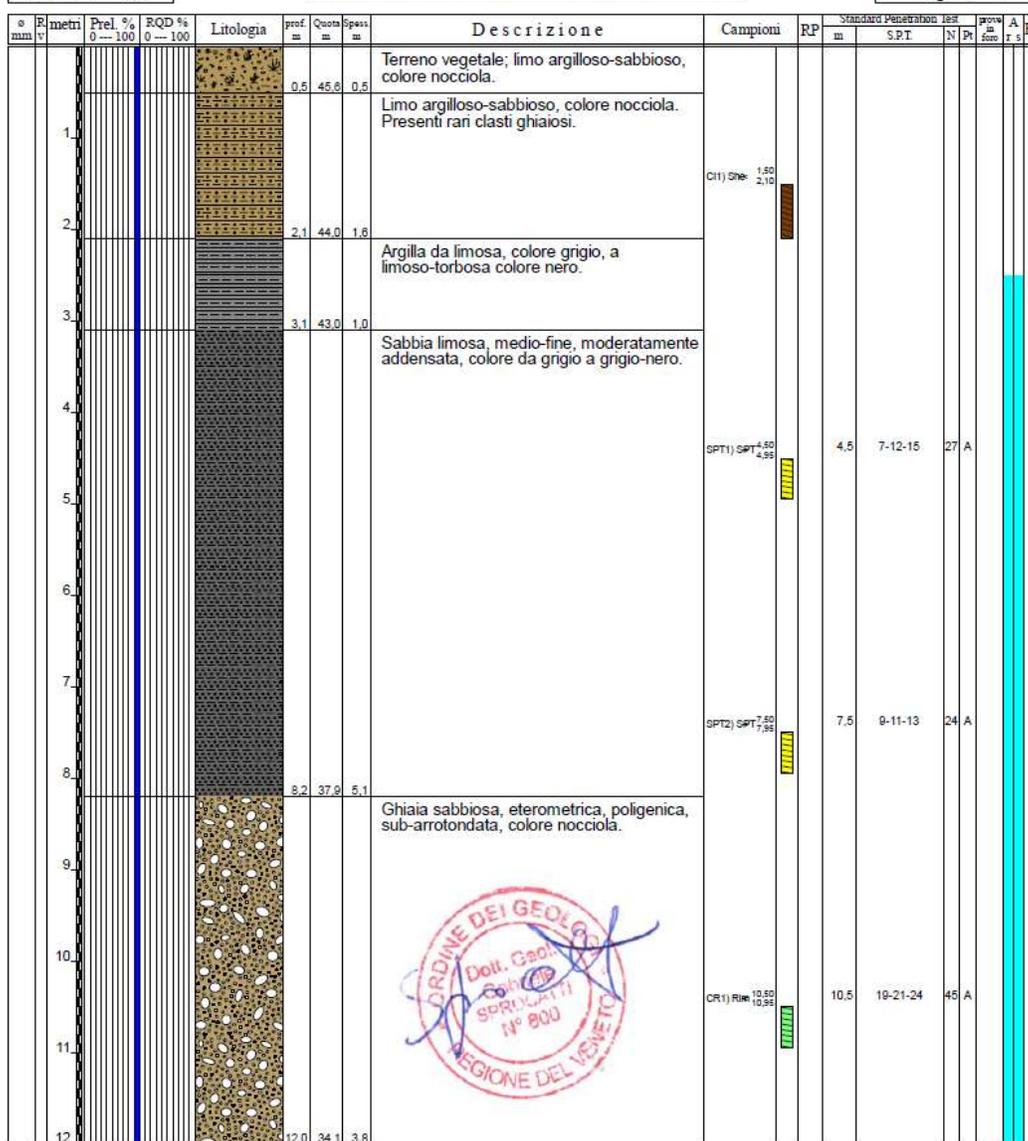


Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 02
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 22/12/2020
Coordinate: 45° 26' 00.70" N - 11° 02' 14.70" E	Quota: 46,120 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A65, prog. km 1+260	

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 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
52 di 87



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	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} _{13,99}	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} _{16,99}	16,5	21-20-12	32	A	
		17,0														
		18,0									CR3) RIM ^{19,50} _{19,99}	19,5	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 Sprocatti



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

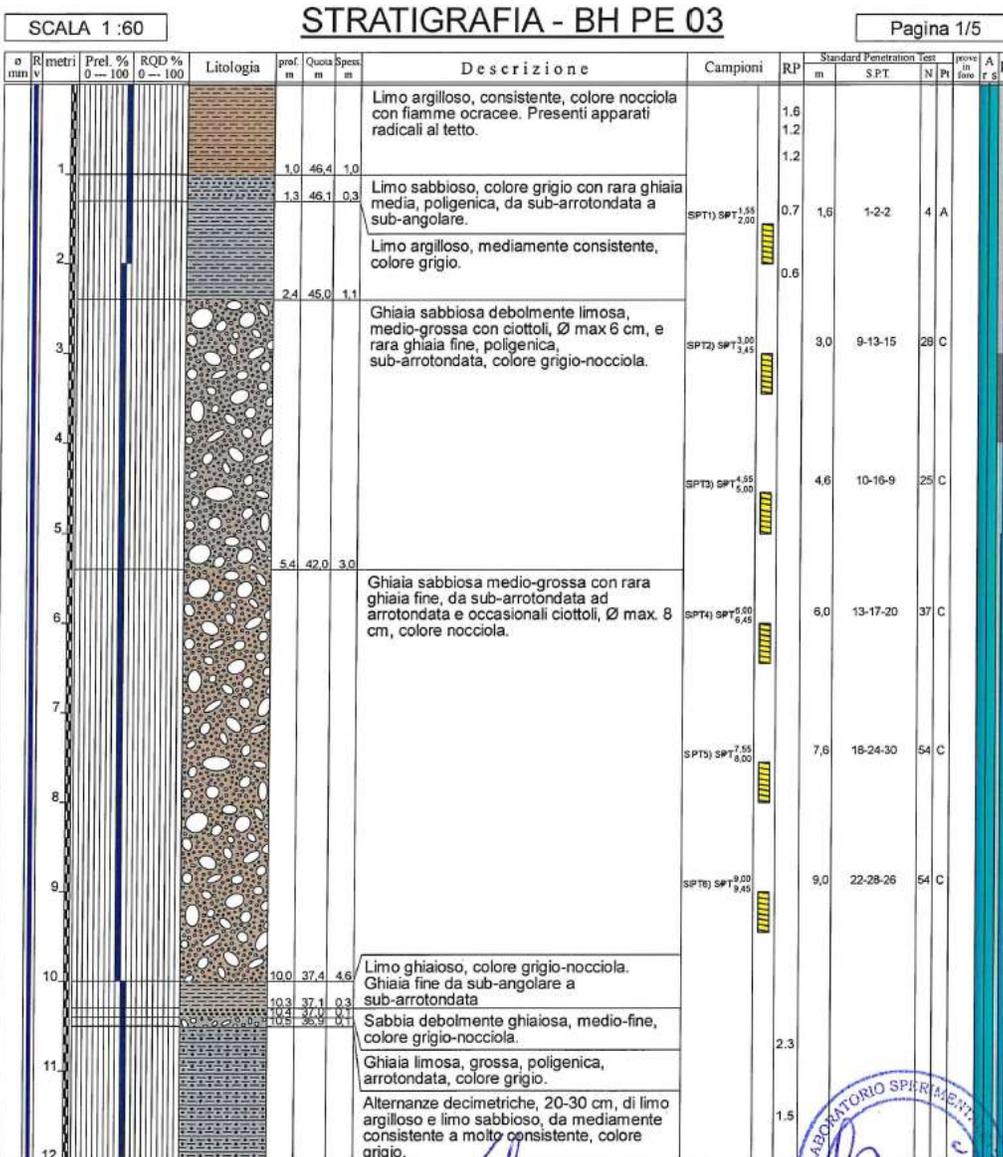
Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
53 di 87



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 03 del 04/02/2021	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 03
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI	Data: 15/01/2021-18/01/2021
Coordinate: 45°26' 03.11" N - 11° 02' 22.78" E	Quota: 47,410 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. km 1+320	



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Racitti





Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
54 di 87



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 03 del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 03	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 15/01/2021-18/01/2021	
Coordinate: 45°26' 03.11" N - 11° 02' 22.78" E		Quota: 47,410 m s.l.m.	
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. km 1+320			

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 03

Pagina 2/5

e m v	R m v	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			prov. in foro	A r s	Pz
											m	S.P.T.	N			
	13							Alternanze decimetriche, 20-30 cm, di limo argilloso e limo sabbioso, da mediamente consistente a molto consistente, colore grigio.	C11) SP 12,00 12,50							
	14				14,3	33,1	3,8			0,9						
	15				15,6	31,8	1,3	Sabbia debolmente limosa, medio-fine, moderatamente addensata, colore grigio; al tetto presenti rari livelli centimetrici, 2-3 cm, di limo con sabbia, colore grigio.	SP17) SP 15,00 15,45	15,0	8-10-12	22	A			
	16				16,0	31,4	0,4	Sabbia limosa, fine, colore grigio.								
	17							Sabbia debolmente limosa, medio-fine, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio con rari livelli decimetrici, 20-30 cm, di sabbia limosa, fine, colore grigio.								
	18								SP18) SP 18,00 18,45	18,0	11-13-10	23	A			
	19															
	20															
	21								SP19) SP 21,00 21,45	21,0	12-15-14	29	A			
	22															
	23															
	24															

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Alessio Gascon

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Patti





Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
55 di 87



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 03 del 04/02/2021 Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020

Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 03
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI	Data: 15/01/2021-18/01/2021
Coordinate: 45°26' 03.11" N - 11° 02' 22.78" E	Quota: 47,410 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. km 1+320	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 03

Pagina 3/5

Profondità (m)	Litologia	Descrizione	Campioni	Standard Penetration Test			p _{avv} (kN/cm²)	A _r (%)	P _z
				RP (m)	S.P.T. (N)	Pr			
25.0 - 26.5	Sabbia debolmente limosa, medio-fine, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio con rari livelli decimetrici, 20-30 cm, di sabbia limosa, fine, colore grigio.	SPT10) 24,50 / 23,45							
26.5 - 27.0	Argilla limosa, da consistente a molto consistente, colore grigio scuro con frequenti elementi di ghiaia medio-fine, sub-arrotondata, al tetto.	C12) SPT 27,60 / 27,50	1.9	2.5					
27.0 - 28.4	Ghiaia sabbiosa, medio-fine, poligenica, sub-arrotondata, colore grigio.		2.5	3.4					
28.4 - 28.6	Ghiaia limosa, medio-fine, poligenica, da sub-angolare a sub-arrotondata, colore grigio-nocciola.		1.6						
28.6 - 29.0	Ghiaia medio-fine, poligenica, arrotondata con sabbia, colore grigio.								
29.0 - 29.6	Ghiaia limosa, eterometrica, sub-arrotondata, colore grigio-nocciola.	SPT11) 26,00 / 25,40	30,0	16-26-29	55	C			
29.6 - 30.7	Limo sabbioso e ghiaioso, colore grigio-nocciola. Ghiaia medio-fine, poligenica, sub-arrotondata.								
30.7 - 30.9	Ghiaia limosa debolmente sabbiosa, eterometrica, da sub-arrotondata ad arrotondata, colore grigio-nocciola.								
30.9 - 33.0	Ghiaia medio-fine con rara grossa, poligenica, arrotondata, con sabbia, colore nocciola.	SPT12) 33,00 / 33,43	33,0	21-29-38	67	C			
33.0 - 35.4									
35.4 - 36.0									

Il Geologo di Cantiere
dott. geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa
dott. geol. Giuseppe Pacitti



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI050001B

Foglio
56 di 87

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 03 del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 03	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 15/01/2021-18/01/2021	
Coordinate: 45°26' 03.11" N - 11° 02' 22.78" E		Quota: 47,410 m s.l.m.	
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. km 1+320			

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 03

Pagina 4/5

Altezza (m)	Profondità (m)	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spess. m	Descrizione	Campioni	Standard Penetration Test			A Pz
										RP m	S.P.T. N	Test Pt	
37.0	36.6			Ghiaia medio-fine con rara grossa, poligenica, arrotondata, con sabbia, colore nocciola.	10.6	1.4		SPT13) 026.00 038.45					
38.0				Ghiaia limosa debolmente sabbiosa, eterometrica, sub-arrotondata, colore grigio-nocciola; presenti rari ciottoli, Ø max. 9 cm.									
39.0	39.0							SPT14) 029.00 039.45	39,0	20-36-33	69	C	
40.0	40.4			Sabbia media, colore grigio-nocciola.	7.0	3.6							
41.0	41.7				5.7	1.3							
42.0	42.0			Ghiaia eterometrica, poligenica, da sub-arrotondata ad arrotondata, colore grigio-nocciola con sabbia e ciottoli.				SPT15) 022.00 042.45	42,0	33-39-40	79	C	
43.0													
44.0													
45.0	45.0							SPT16) 045.00 052.45	45,0	22-28-39	67	C	
46.0	46.6			Ghiaia medio-grossa, poligenica, arrotondata con sabbia, colore nocciola.	0.8	4.9							
47.0	47.7			Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, arrotondata, colore grigio-nocciola; presenti ciottoli, Ø max. 9 cm.	-0.3	1.1							
48.0													

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

57 di 87



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 03 del 04/02/2021 Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020

Committente: IricAV Due

Sondaggio: BH PE 03

Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI

Data: 15/01/2021-18/01/2021

Coordinate: 45°26' 03.11" N - 11° 02' 22.78" E

Quota: 47,410 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: CMV1200, prog. km 1+320

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 03

Pagina 5/5

o mm	R v	metri	Pref. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100	Litologia	prof. m	Quota m	Spess. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			prove in furo	A r s	Pz
												m	S.P.T.	N			
101		49				50,0	-2,6	23	Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, arrotondata, colore grigio-nocciola; presenti ciottoli, Ø max. 9 cm.	SPT17) 48,00 48,45							

Utilizzato carotiere semplice.

Prelevati n. 2 campioni indisturbati.

Prelevati n. 17 campioni rimaneggiati S.P.T.

Eseguite n. 17 prove S.P.T.

Installato tubo piezometrico a tubo aperto da 3" fino a 22,00 m da p.c.

Installato pozzetto carrabile.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 58 di 87</p>

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE - ANALISI SLU STATICO

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI05_00
 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 $\alpha < 0.2$: 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 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

60 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

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

Random Numbers

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

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 1
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
61 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

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]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Permanent

Material Properties

Property	Rilevato_Ferr	Rilevato_Strad	U3A/U3B	U6	U4	Muro	U2
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	19	19	19	20	19
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	35	28	39	38		28
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None	Water Table
Hu Value	1	1	0	1	1		1
Ru Value						0	

Global Minimums

Method: bishop simplified

	FS	1.830340
Center:	45.904, 55.179	
Radius:	11.788	
Left Slip Surface Endpoint:	34.533, 52.073	
Right Slip Surface Endpoint:	54.597, 47.218	
Left Slope Intercept:	34.533, 52.073	
Right Slope Intercept:	54.597, 49.800	
Resisting Moment:	15338.4 kN-m	
Driving Moment:	8380.09 kN-m	
Total Slice Area:	118.903 m ²	
Surface Horizontal Width:	20.0634 m	
Surface Average Height:	5.92635 m	

Valid / Invalid Surfaces



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI0500001B	62 di 87



Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 843
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.83034

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	0.441224	5.77257	-71.3634	Rilevato_Ferr	0	32.0066	18.2109	33.3322	53.3291	0	53.3291	107.328	107.328
2	0.441224	15.8025	-65.4265	Rilevato_Ferr	0	32.0066	25.4259	46.5381	74.4575	0	74.4575	130.061	130.061
3	0.383117	20.0585	-60.9304	Rilevato_Ferr	0	32.0066	30.2964	55.4528	92.101	3.38046	88.7205	146.601	143.22
4	0.383117	24.9844	-57.2904	Rilevato_Ferr	0	32.0066	33.3899	61.1149	107.466	9.68697	97.7792	159.457	149.77
5	0.383117	29.2889	-53.9834	Rilevato_Ferr	0	32.0066	36.1281	66.1267	120.996	15.1979	105.798	170.692	155.494
6	0.383117	33.1155	-50.9225	Rilevato_Ferr	0	32.0066	38.6023	70.6553	133.14	20.097	113.043	180.679	160.582
7	0.383117	36.5562	-48.0522	Rilevato_Ferr	0	32.0066	34.0968	62.4087	124.352	24.5021	99.8494	162.289	137.787
8	0.383117	39.6744	-45.3345	Rilevato_Ferr	0	32.0066	22.708	41.5633	94.9925	28.4943	66.4982	117.967	89.4729
9	0.383117	42.5158	-42.7419	Rilevato_Ferr	0	32.0066	24.2051	44.3036	103.015	32.1322	70.8825	125.383	93.2512
10	0.383117	45.1149	-40.2539	Rilevato_Ferr	0	32.0066	30.0715	55.0411	123.522	35.4598	88.0619	148.983	113.523
11	0.383117	47.4984	-37.8545	Rilevato_Ferr	0	32.0066	48.4952	88.7627	180.525	38.5114	142.014	218.216	179.705
12	0.383117	49.6874	-35.5309	Rilevato_Ferr	0	32.0066	50.1342	91.7626	188.127	41.3139	146.813	223.929	182.615
13	0.403478	54.4444	-33.2146	U3A/U3B	0	23.0433	46.2253	84.6081	198.906	0	198.906	229.172	229.172
14	0.403478	56.3826	-30.8996	U3A/U3B	0	23.0433	47.7359	87.3729	205.406	0	205.406	233.974	233.974
15	0.403478	58.1528	-28.6394	U3A/U3B	0	23.0433	49.1561	89.9723	211.517	0	211.517	238.361	238.361
16	0.403478	59.766	-26.4269	U3A/U3B	0	23.0433	50.4919	92.4173	217.265	0	217.265	242.359	242.359
17	0.403478	61.2315	-24.2563	U3A/U3B	0	23.0433	49.0714	89.8174	211.153	0	211.153	233.264	233.264
18	0.403478	62.5571	-22.1221	U3A/U3B	0	23.0433	35.981	65.8575	154.825	0	154.825	169.451	169.451
19	0.403478	63.7493	-20.0198	U3A/U3B	0	23.0433	36.9389	67.6107	158.947	0	158.947	172.406	172.406
20	0.403478	64.8136	-17.9453	U3A/U3B	0	23.0433	37.8322	69.2458	162.79	0	162.79	175.043	175.043
21	0.403478	65.7549	-15.8949	U3A/U3B	0	23.0433	38.4935	70.4562	165.636	0	165.636	176.597	176.597
22	0.403478	66.577	-13.8652	U3A/U3B	0	23.0433	36.268	66.3828	156.06	0	156.06	165.012	165.012
23	0.403478	67.2834	-11.8532	U3A/U3B	0	23.0433	36.9528	67.6362	159.006	0	159.006	166.762	166.762
24	0.403478	67.8766	-9.85585	U3A/U3B	0	23.0433	37.5795	68.7833	161.703	0	161.703	168.232	168.232
25	0.403478	68.3591	-7.87057	U3A/U3B	0	23.0433	38.149	69.8256	164.153	0	164.153	169.427	169.427
26	0.403478	68.7326	-5.89477	U3A/U3B	0	23.0433	38.6618	70.7643	166.36	0	166.36	170.352	170.352
27	0.403478	69.7158	-3.92598	U3A/U3B	0	23.0433	39.5253	72.3448	170.076	0	170.076	172.788	172.788
28	0.403478	70.3155	-1.96184	U3A/U3B	0	23.0433	40.1811	73.5451	172.898	0	172.898	174.274	174.274
29	0.403478	68.9062	0	U3A/U3B	0	23.0433	39.6891	72.6446	170.781	0	170.781	170.781	170.781
30	0.403478	46.5302	1.96184	U3A/U3B	0	23.0433	27.0157	49.448	116.248	0	116.248	115.322	115.322
31	0.403478	39.8451	3.92598	U3A/U3B	0	23.0433	23.3221	42.6873	100.354	0	100.354	98.7533	98.7533
32	0.403478	39.5774	5.89477	U3A/U3B	0	23.0433	23.3563	42.7499	100.501	0	100.501	98.0896	98.0896
33	0.403478	39.2021	7.87057	U3A/U3B	0	23.0433	23.3291	42.7001	100.384	0	100.384	97.1591	97.1591
34	0.403478	38.3886	9.85585	U3A/U3B	0	23.0433	23.0412	42.1733	99.1457	0	99.1457	95.1427	95.1427
35	0.403478	37.6385	11.8532	U3A/U3B	0	23.0433	22.7904	41.7142	98.0662	0	98.0662	93.283	93.283
36	0.403478	36.9303	13.8652	U3A/U3B	0	23.0433	22.5653	41.3021	97.0974	0	97.0974	91.5276	91.5276
37	0.403478	36.1664	15.8949	U3A/U3B	0	23.0433	22.2699	40.7615	95.8267	0	95.8267	89.4851	89.4851
38	0.403478	35.1632	17.9453	U3A/U3B	0	23.0433	21.9012	40.0867	94.2401	0	94.2401	87.1471	87.1471
39	0.403478	34.097	20.0198	U3A/U3B	0	23.0433	21.4554	39.2707	92.3218	0	92.3218	84.5043	84.5043
40	0.403478	32.903	22.1221	U3A/U3B	0	23.0433	20.9279	38.3052	90.052	0	90.052	81.5447	81.5447
41	0.403478	31.5756	24.2563	U3A/U3B	0	23.0433	20.3134	37.1804	87.4077	0	87.4077	78.2545	78.2545
42	0.403478	30.1083	26.4269	U3A/U3B	0	23.0433	19.6054	35.8845	84.3613	0	84.3613	74.6176	74.6176
43	0.403478	28.4932	28.6394	U3A/U3B	0	23.0433	18.7962	34.4034	80.8792	0	80.8792	70.6144	70.6144
44	0.403478	26.7212	30.8996	U3A/U3B	0	23.0433	17.8763	32.7197	76.921	0	76.921	66.2225	66.2225
45	0.403478	24.7812	33.2146	U3A/U3B	0	23.0433	16.834	30.8119	72.436	0	72.436	61.4141	61.4141
46	0.407005	22.8478	35.6034	Rilevato_Strad	0	29.2561	5.8429	10.6945	60.318	41.2264	19.0916	56.1343	14.9079
47	0.407005	20.4862	38.0767	Rilevato_Strad	0	29.2561	4.87078	8.91518	54.1482	38.2329	15.9153	50.3322	12.0993
48	0.407005	17.9008	40.637	Rilevato_Strad	0	29.2561	3.74582	6.85613	47.1951	34.9556	12.2395	43.9803	9.02471
49	0.407005	15.0653	43.2999	Rilevato_Strad	0	29.2561	2.43129	4.45008	39.3052	31.361	7.94419	37.0141	5.65307
50	0.407005	11.946	46.0855	Rilevato_Strad	0	29.2561	0.872335	1.59667	30.2566	27.4062	2.85039	29.3506	1.94436

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.83034

--



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

63 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	34.5333	52.0732	0	0	0
2	34.9745	50.7649	61.7397	0	0
3	35.4158	49.8	122.37	0	0
4	35.7989	49.1108	174.243	0	0
5	36.182	48.5143	225.566	0	0
6	36.5651	47.9873	275.495	0	0
7	36.9482	47.5155	323.529	0	0
8	37.3313	47.0892	363.48	0	0
9	37.7145	46.7016	391.605	0	0
10	38.0976	46.3475	418.808	0	0
11	38.4807	46.0231	447.36	0	0
12	38.8638	45.7254	482.543	0	0
13	39.2469	45.4510	514.014	0	0
14	39.6504	45.1876	548.718	0	0
15	40.0539	44.9462	579.066	0	0
16	40.4574	44.7258	605.849	0	0
17	40.8608	44.5253	629.053	0	0
18	41.2643	44.3435	647.652	0	0
19	41.6678	44.1795	658.534	0	0
20	42.0713	44.0325	667.004	0	0
21	42.4748	43.9018	673.019	0	0
22	42.8782	43.7869	676.526	0	0
23	43.2817	43.6873	677.441	0	0
24	43.6852	43.6026	676.003	0	0
25	44.0887	43.5325	672.183	0	0
26	44.4921	43.4767	665.953	0	0
27	44.8956	43.4351	657.291	0	0
28	45.2991	43.4074	646.061	0	0
29	45.7026	43.3936	632.245	0	0
30	46.1061	43.3936	616.239	0	0
31	46.5095	43.4074	571.28	0	0
32	46.913	43.4351	559.083	0	0
33	47.3165	43.4767	545.464	0	0
34	47.72	43.5325	530.444	0	0
35	48.1234	43.6026	514.189	0	0
36	48.5269	43.6873	496.681	0	0
37	48.9304	43.7869	477.898	0	0
38	49.3339	43.9018	457.894	0	0
39	49.7374	44.0325	436.735	0	0
40	50.1408	44.1795	414.497	0	0
41	50.5443	44.3435	391.274	0	0
42	50.9478	44.5253	367.178	0	0
43	51.3513	44.7258	342.342	0	0
44	51.7547	44.9462	316.928	0	0
45	52.1582	45.1876	291.132	0	0
46	52.5617	45.4518	265.194	0	0
47	52.9687	45.7432	245.227	0	0
48	53.3757	46.0621	225.966	0	0
49	53.7827	46.4114	207.945	0	0
50	54.1897	46.7949	191.868	0	0
51	54.5967	47.2177	32.7089	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-5	49.8
90	49.8

Distributed Load

X	Y
19.2	54.9039
16.4	54.9039

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

64 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

X	Y
22.8	54.9039
20	54.9039

Distributed Load

X	Y
24.5401	54.9039
22.8	54.9039
20	54.9039
19.2	54.9039
16.4	54.9039
15.0971	54.9039

Distributed Load

X	Y
37.2	52.0732
34.4	52.0732

Distributed Load

X	Y
41.2	52.0732
38.4	52.0732

Distributed Load

X	Y
42.8564	52.0732
41.2	52.0732
38.4	52.0732
37.2	52.0732
34.4	52.0732
32.6883	52.0732

External Boundary

X	Y
28.4373	54.9039
22.8	54.9039
20	54.9039
19.2	54.9039
16.4	54.9039
0	54.9039
0	45.4518
0	42.4518
0	36.4518
0	32.4518
0	22.4518
86.5304	22.4518
86.5304	32.4518
86.5304	36.4518
86.5304	42.4518
86.5304	45.4518
72.9145	45.4518
70.7917	47.1977
46.448	47.2277
46.0491	51.2167
46.0491	52.2167
45.0491	52.2167
45.0491	52.0732
41.2	52.0732
38.4	52.0732
37.2	52.0732
34.4	52.0732
31.2145	52.0732

Material Boundary



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

65 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

X	Y
0	45.4518
39.2491	45.4518
47.8491	45.4518
72.9145	45.4518

Material Boundary

X	Y
0	42.4518
86.5304	42.4518

Material Boundary

X	Y
0	36.4518
86.5304	36.4518

Material Boundary

X	Y
0	32.4518
86.5304	32.4518

Material Boundary

X	Y
39.2491	45.4518
39.2491	46.6518
45.4491	46.6518
45.4491	51.2167
45.0491	51.2167
45.0491	52.0732

Material Boundary

X	Y
46.448	47.2277
46.5056	46.6518
47.8491	46.6518
47.8491	45.4518

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 66 di 87</p>

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

Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

67 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



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

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI05_DD_00
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 $\tan \alpha < 0.2$: 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 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

68 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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]: 1
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

69 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

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]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Permanent

Material Properties

Property	Rilevato_Ferr	Rilevato_Strad	U3A/U3B	U6	U4	Muro	U2
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19	19	20	19	20	19
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	35	28	39	37	0	28
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None	Water Table
Hu Value	1	1	0	1	1	0	1
Ru Value						0	

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.489780
Center:	45.911, 55.184
Radius:	11.801
Left Slip Surface Endpoint:	34.528, 52.073
Right Slip Surface Endpoint:	54.618, 47.218
Resisting Moment:	14284.6 kN-m
Driving Moment:	9588.41 kN-m
Total Slice Area:	97.7834 m2
Surface Horizontal Width:	20.09 m
Surface Average Height:	4.86728 m

Valid / Invalid Surfaces



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
70 di 87

SLIDINTERPRET 7.008



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

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 796
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48978

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	0.441147	5.77083	-71.3642	Rilevato_Ferr	0	32.0066	20.0764	29.9094	47.8529	0	47.8529	107.385	107.385
2	0.441147	15.799	-65.434	Rilevato_Ferr	0	32.0066	28.4657	42.4076	67.8492	0	67.8492	130.121	130.121
3	0.382661	20.0329	-60.9441	Rilevato_Ferr	0	32.0066	34.2494	51.0241	85.0132	3.37833	81.6348	146.659	143.281
4	0.382661	24.9504	-57.3107	Rilevato_Ferr	0	32.0066	38.0088	56.6247	100.277	9.68151	90.5954	159.506	149.825
5	0.382661	29.2483	-54.0094	Rilevato_Ferr	0	32.0066	41.3636	61.6227	113.783	15.1907	98.5919	170.734	155.544
6	0.382661	33.0697	-50.9536	Rilevato_Ferr	0	32.0066	44.4168	66.1713	125.958	20.089	105.869	180.718	160.629
7	0.382661	36.5063	-48.088	Rilevato_Ferr	0	32.0066	39.8606	59.3835	119.503	24.494	95.0093	163.91	139.416
8	0.382661	39.6211	-45.3747	Rilevato_Ferr	0	32.0066	26.3468	39.2509	91.2852	28.4867	62.7985	117.979	89.4921
9	0.382661	42.4599	-42.7863	Rilevato_Ferr	0	32.0066	28.1862	41.9912	99.3084	32.1256	67.1828	125.397	93.2709
10	0.382661	45.0571	-40.3022	Rilevato_Ferr	0	32.0066	34.5509	51.4732	117.808	35.4547	82.3533	147.112	111.657
11	0.382661	47.4392	-37.9066	Rilevato_Ferr	0	32.0066	56.8421	84.6822	173.994	38.5081	135.485	218.254	179.746
12	0.382661	49.6272	-35.5868	Rilevato_Ferr	0	32.0066	58.9382	87.805	181.794	41.3127	140.482	223.969	182.657
13	0.404523	54.5902	-33.2698	U3A/U3B	0	23.0433	55.1216	82.119	193.054	0	193.054	229.221	229.221
14	0.404523	56.5424	-30.95	U3A/U3B	0	23.0433	57.0559	85.0008	199.829	0	199.829	234.044	234.044
15	0.404523	58.3253	-28.6854	U3A/U3B	0	23.0433	58.8836	87.7236	206.23	0	206.23	238.448	238.448
16	0.404523	59.9499	-26.4688	U3A/U3B	0	23.0433	60.6118	90.2983	212.283	0	212.283	242.462	242.462
17	0.404523	61.4257	-24.2942	U3A/U3B	0	23.0433	59.2779	88.3111	207.611	0	207.611	234.369	234.369
18	0.404523	62.7604	-22.1564	U3A/U3B	0	23.0433	43.3739	64.6175	151.91	0	151.91	169.572	169.572
19	0.404523	63.9608	-20.0505	U3A/U3B	0	23.0433	44.6144	66.4656	156.255	0	156.255	172.537	172.537
20	0.404523	65.0325	-17.9726	U3A/U3B	0	23.0433	45.7792	68.2009	160.334	0	160.334	175.185	175.185
21	0.404523	65.9802	-15.9189	U3A/U3B	0	23.0433	46.6721	69.5311	163.461	0	163.461	176.773	176.773
22	0.404523	66.8079	-13.886	U3A/U3B	0	23.0433	44.05	65.6248	154.278	0	154.278	165.168	165.168
23	0.404523	67.519	-11.8709	U3A/U3B	0	23.0433	44.9621	66.9837	157.473	0	157.473	166.924	166.924
24	0.404523	68.1162	-9.8705	U3A/U3B	0	23.0433	45.806	68.2408	160.428	0	160.428	168.398	168.398
25	0.404523	68.6019	-7.88222	U3A/U3B	0	23.0433	46.5824	69.3976	163.147	0	163.147	169.597	169.597
26	0.404523	68.9779	-5.90347	U3A/U3B	0	23.0433	47.2924	70.4552	165.634	0	165.634	170.524	170.524
27	0.404523	69.979	-3.93177	U3A/U3B	0	23.0433	48.4439	72.1707	169.667	0	169.667	172.996	172.996
28	0.404523	70.5666	-1.96473	U3A/U3B	0	23.0433	49.3255	73.4842	172.754	0	172.754	174.447	174.447
29	0.404523	68.9104	0	U3A/U3B	0	23.0433	48.6389	72.4613	170.35	0	170.35	170.35	170.35
30	0.404523	41.3546	1.96473	U3A/U3B	0	23.0433	29.4776	43.9151	103.24	0	103.24	102.229	102.229
31	0.404523	29.8075	3.93177	U3A/U3B	0	23.0433	21.4595	31.9699	75.1584	0	75.1584	73.6835	73.6835
32	0.404523	29.5361	5.90347	U3A/U3B	0	23.0433	21.4807	32.0015	75.2325	0	75.2325	73.0114	73.0114
33	0.404523	29.1563	7.88222	U3A/U3B	0	23.0433	21.425	31.9186	75.0378	0	75.0378	72.0716	72.0716
34	0.404523	28.322	9.8705	U3A/U3B	0	23.0433	21.034	31.3361	73.6682	0	73.6682	70.0083	70.0083
35	0.404523	27.5802	11.8709	U3A/U3B	0	23.0433	20.708	30.8503	72.5263	0	72.5263	68.1735	68.1735
36	0.404523	26.8653	13.886	U3A/U3B	0	23.0433	20.4002	30.3918	71.4484	0	71.4484	66.4051	66.4051
37	0.404523	26.0337	15.9189	U3A/U3B	0	23.0433	20.0019	29.7985	70.0535	0	70.0535	64.3486	64.3486
38	0.404523	25.0822	17.9726	U3A/U3B	0	23.0433	19.508	29.0627	68.3239	0	68.3239	61.9957	61.9957
39	0.404523	24.0067	20.0505	U3A/U3B	0	23.0433	18.9127	28.1758	66.2388	0	66.2388	59.3362	59.3362
40	0.404523	22.8025	22.1564	U3A/U3B	0	23.0433	18.2087	27.127	63.7731	0	63.7731	56.3585	56.3585
41	0.404523	21.4639	24.2942	U3A/U3B	0	23.0433	17.3877	25.9039	60.8975	0	60.8975	53.0488	53.0488
42	0.404523	19.9844	26.4688	U3A/U3B	0	23.0433	16.4393	24.4909	57.576	0	57.576	49.3909	49.3909
43	0.404523	18.3559	28.6854	U3A/U3B	0	23.0433	15.3509	22.8695	53.7641	0	53.7641	45.3648	45.3648
44	0.404523	16.5693	30.95	U3A/U3B	0	23.0433	14.1071	21.0165	49.4078	0	49.4078	40.9481	40.9481
45	0.404523	14.6132	33.2698	U3A/U3B	0	23.0433	12.688	18.9024	44.4378	0	44.4378	36.1128	36.1128
46	0.406363	12.5257	35.6586	Rilevato_Strad	0	29.2561	15.8635	23.6331	42.1895	0	42.1895	30.8078	30.8078
47	0.406363	10.165	38.127	Rilevato_Strad	0	29.2561	13.3356	19.8671	35.4665	0	35.4665	24.9999	24.9999
48	0.406363	7.58142	40.6822	Rilevato_Strad	0	29.2561	10.3582	15.4315	27.548	0	27.548	18.6441	18.6441
49	0.406363	4.74871	43.3396	Rilevato_Strad	0	29.2561	6.80517	10.1382	18.0986	0	18.0986	11.6768	11.6768
50	0.406363	1.63321	46.1195	Rilevato_Strad	0	29.2561	2.47918	3.69343	6.59345	0	6.59345	4.01545	4.01545

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48978

--



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

71 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	34.528	52.0732	0	0	0
2	34.9691	50.7651	53.7543	0	0
3	35.4103	49.8	106.694	0	0
4	35.7929	49.1112	152.159	0	0
5	36.1756	48.5149	197.431	0	0
6	36.5582	47.9881	241.574	0	0
7	36.9409	47.5163	284.024	0	0
8	37.3236	47.09	319.738	0	0
9	37.7062	46.7023	345.061	0	0
10	38.0889	46.3481	369.463	0	0
11	38.4715	46.0236	394.495	0	0
12	38.8542	45.7256	424.618	0	0
13	39.2369	45.4518	451.877	0	0
14	39.6414	45.1864	480.85	0	0
15	40.0459	44.9438	506.278	0	0
16	40.4504	44.7225	528.138	0	0
17	40.855	44.5211	546.411	0	0
18	41.2595	44.3385	560.375	0	0
19	41.664	44.1737	567.877	0	0
20	42.0685	44.0261	572.924	0	0
21	42.473	43.8949	575.472	0	0
22	42.8776	43.7795	575.478	0	0
23	43.2821	43.6795	573.112	0	0
24	43.6866	43.5945	568.34	0	0
25	44.0911	43.5241	561.128	0	0
26	44.4957	43.4681	551.448	0	0
27	44.9002	43.4262	539.272	0	0
28	45.3047	43.3984	524.421	0	0
29	45.7092	43.3846	506.893	0	0
30	46.1137	43.3846	487.245	0	0
31	46.5183	43.3984	473.905	0	0
32	46.9228	43.4262	463.147	0	0
33	47.3273	43.4681	451.323	0	0
34	47.7318	43.5241	438.466	0	0
35	48.1364	43.5945	424.784	0	0
36	48.5409	43.6795	410.252	0	0
37	48.9454	43.7795	394.866	0	0
38	49.3499	43.8949	378.703	0	0
39	49.7545	44.0261	361.857	0	0
40	50.159	44.1737	344.438	0	0
41	50.5635	44.3385	326.578	0	0
42	50.968	44.5211	308.434	0	0
43	51.3725	44.7225	290.197	0	0
44	51.7771	44.9438	272.096	0	0
45	52.1816	45.1864	254.412	0	0
46	52.5861	45.4518	237.492	0	0
47	52.9925	45.7434	218.754	0	0
48	53.3988	46.0623	202.031	0	0
49	53.8052	46.4116	188.205	0	0
50	54.2116	46.7951	178.503	0	0
51	54.6179	47.2176	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-5	49.8
45.4491	49.8
46.0387	45.4518
90.701	45.4518

Distributed Load

X	Y
19.2	54.9039
16.4	54.9039



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

72 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



Distributed Load

X	Y
22.8	54.9039
20	54.9039

Distributed Load

X	Y
24.5401	54.9039
22.8	54.9039
20	54.9039
19.2	54.9039
16.4	54.9039
15.0971	54.9039

Distributed Load

X	Y
37.2	52.0732
34.4	52.0732

Distributed Load

X	Y
41.2	52.0732
38.4	52.0732

Distributed Load

X	Y
42.8564	52.0732
41.2	52.0732
38.4	52.0732
37.2	52.0732
34.4	52.0732
32.6883	52.0732

External Boundary





Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

73 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

X	Y
28.4373	54.9039
22.8	54.9039
20	54.9039
19.2	54.9039
16.4	54.9039
0	54.9039
0	45.4518
0	42.4518
0	36.4518
0	32.4518
0	22.4518
86.5304	22.4518
86.5304	32.4518
86.5304	36.4518
86.5304	42.4518
86.5304	45.4518
72.9145	45.4518
70.7917	47.1977
46.448	47.2277
46.0491	51.2167
46.0491	52.2167
45.0491	52.2167
45.0491	52.0732
41.2	52.0732
38.4	52.0732
37.2	52.0732
34.4	52.0732
31.2145	52.0732

Material Boundary

X	Y
0	45.4518
39.2491	45.4518
47.8491	45.4518
72.9145	45.4518

Material Boundary

X	Y
0	42.4518
86.5304	42.4518

Material Boundary

X	Y
0	36.4518
86.5304	36.4518

Material Boundary

X	Y
0	32.4518
86.5304	32.4518

Material Boundary

X	Y
39.2491	45.4518
39.2491	46.6518
45.4491	46.6518
45.4491	51.2167
45.0491	51.2167
45.0491	52.0732

Material Boundary

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

74 di 87

SLIDEINTERPRET 7.008



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

X	Y
46.448	47.2277
46.5056	46.6518
47.8491	46.6518
47.8491	45.4518

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 75 di 87</p>

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO

Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI050001B

Foglio

76 di 87

SLIDEINTERRET 7.038



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

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI05_SISM_00
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 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

77 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



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

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

Random Numbers

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

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
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 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI0500001B

Foglio
78 di 87

SLIDENTERRET 7.038



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

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Distributed Load 5

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

Distributed Load 6

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

Material Properties

Property	Rilevato_Ferr	Rilevato_Strad	U3A/U3B	U6	U4	Muro	U2
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	19	19	19	20	19
Cohesion [kPa]	0	0		0	0		
Friction Angle [deg]	38	35		40	38		
Cohesion Type			60				75
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None	Water Table
Hu Value	1	1	0	1	1		0
Ru Value						0	

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.462050
Center:	44.032, 59.224
Radius:	16.777
Left Slip Surface Endpoint:	27.821, 54.904
Right Slip Surface Endpoint:	55.749, 47.216
Resisting Moment:	20921.3 kN-m
Driving Moment:	14309.6 kN-m
Total Slice Area:	158.315 m ²
Surface Horizontal Width:	27.928 m
Surface Average Height:	5.66869 m

Valid / Invalid Surfaces



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRIO500001B

Foglio
79 di 87

SLIDENETTER 7.038



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

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 767
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.46205

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	0.552528	9.40705	-72.0202	Rilevato_Ferr	0	32.0066	3.00015	4.38637	7.01787	0	7.01787	16.2625	16.2625
2	0.552528	23.4339	-66.5872	Rilevato_Ferr	0	32.0066	8.71454	12.7411	20.3848	0	20.3848	40.5106	40.5106
3	0.552528	30.0907	-62.1894	Rilevato_Ferr	0	32.0066	12.2827	17.9579	28.7314	0	28.7314	52.0171	52.0171
4	0.552528	34.611	-58.3675	Rilevato_Ferr	0	32.0066	15.0989	22.0753	35.3189	0	35.3189	59.8306	59.8306
5	0.552528	37.6916	-54.9262	Rilevato_Ferr	0	32.0066	17.3128	25.3122	40.4977	0	40.4977	65.1553	65.1553
6	0.552528	39.6901	-51.7596	Rilevato_Ferr	0	32.0066	19.0154	27.8014	44.4801	0	44.4801	68.6093	68.6093
7	0.552528	43.1164	-48.8026	Rilevato_Ferr	0	32.0066	21.4074	31.2987	50.0757	0	50.0757	74.5314	74.5314
8	0.552528	49.7034	-46.0114	Rilevato_Ferr	0	32.0066	25.456	37.218	59.5462	0	59.5462	85.9172	85.9172
9	0.552528	55.7483	-43.3551	Rilevato_Ferr	0	32.0066	30.1837	44.1301	70.6049	0	70.6049	99.1035	99.1035
10	0.552528	61.2669	-40.8108	Rilevato_Ferr	0	32.0066	37.5642	54.9207	87.869	0	87.869	120.306	120.306
11	0.552528	66.3193	-38.3608	Rilevato_Ferr	0	32.0066	41.2178	60.2625	96.4157	0	96.4157	129.039	129.039
12	0.552528	70.9529	-35.9913	Rilevato_Ferr	0	32.0066	45.0764	65.904	105.442	0	105.442	138.181	138.181
13	0.221981	29.7167	-34.366	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	134.507	0	134.507	154.553	154.553
14	0.597206	82.9841	-32.6949	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	140.592	0	140.592	159.407	159.407
15	0.597206	87.139	-30.3018	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	148.92	0	148.92	166.05	166.05
16	0.597206	90.9181	-27.9659	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	156.53	0	156.53	172.094	172.094
17	0.597206	94.3463	-25.6796	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	163.48	0	163.48	177.575	177.575
18	0.597206	97.4442	-23.4365	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	160.369	0	160.369	173.076	173.076
19	0.597206	100.229	-21.2309	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	163.294	0	163.294	174.682	174.682
20	0.597206	102.716	-19.0578	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	177.869	0	177.869	187.995	187.995
21	0.597206	104.917	-16.9129	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	185.563	0	185.563	194.476	194.476
22	0.597206	106.842	-14.7922	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	189.814	0	189.814	197.555	197.555
23	0.597206	108.5	-12.6921	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	193.603	0	193.603	200.205	200.205
24	0.597206	109.897	-10.6091	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	196.08	0	196.08	201.571	201.571
25	0.597206	111.041	-8.5403	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	187.567	0	187.567	191.969	191.969
26	0.597206	111.935	-6.48266	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	190.066	0	190.066	193.397	193.397
27	0.597206	112.582	-4.43338	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	187.884	0	187.884	190.156	190.156
28	0.597206	112.986	-2.38979	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	179.455	0	179.455	180.678	180.678
29	0.801694	151.864	0	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	180.904	0	180.904	180.904	180.904
30	0.559881	105.936	2.32594	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	181.889	0	181.889	180.698	180.698
31	0.559881	107.039	4.24152	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	184.752	0	184.752	182.578	182.578
32	0.559881	104.996	6.16185	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	182.257	0	182.257	179.092	179.092
33	0.559881	61.2062	8.08918	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	108.565	0	108.565	104.399	104.399
34	0.559881	48.7704	10.0258	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	88.3693	0	88.3693	83.187	83.187
35	0.559881	47.605	11.974	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	87.4156	0	87.4156	81.1988	81.1988
36	0.559881	45.6239	13.9364	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	85.0932	0	85.0932	77.8192	77.8192
37	0.559881	43.9598	15.9157	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	83.3391	0	83.3391	74.9803	74.9803
38	0.559881	42.1406	17.9147	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	81.353	0	81.353	71.8769	71.8769
39	0.559881	40.0904	19.9365	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	79.0118	0	79.0118	68.3795	68.3795
40	0.559881	37.8007	21.9846	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	76.3076	0	76.3076	64.4735	64.4735
41	0.559881	35.2614	24.0628	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	73.2311	0	73.2311	60.1416	60.1416
42	0.559881	32.4605	26.1752	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	69.7718	0	69.7718	55.3638	55.3638
43	0.559881	29.3842	28.3267	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	65.9169	0	65.9169	50.1159	50.1159
44	0.559881	26.0159	30.5227	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	61.6524	0	61.6524	44.3701	44.3701
45	0.559881	22.3359	32.7697	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	56.9614	0	56.9614	38.0924	38.0924
46	0.221981	7.77358	34.366	U3A/U3B	42.8571	0	29.313	42.8571	53.4821	0	53.4821	33.4366	33.4366
47	0.533948	15.9593	35.9515	Rilevato_Strad	0	29.2561	15.1426	22.1393	39.5227	0	39.5227	28.5405	28.5405
48	0.533948	11.854	38.2388	Rilevato_Strad	0	29.2561	11.6347	17.0105	30.3669	0	30.3669	21.1986	21.1986
49	0.533948	7.39155	40.6006	Rilevato_Strad	0	29.2561	7.54064	11.0248	19.6814	0	19.6814	13.2181	13.2181
50	0.533948	2.53337	43.0493	Rilevato_Strad	0	29.2561	2.70316	3.95216	7.05533	0	7.05533	4.53023	4.53023

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.46205

--



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

80 di 87

SLIDENETTERET 7.038



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

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	27.8206	54.9039	0	0	0
2	28.3731	53.2014	11.1284	0	0
3	28.9256	51.9253	34.4123	0	0
4	29.4782	50.8778	60.402	0	0
5	30.0307	49.9809	86.823	0	0
6	30.5832	49.1939	112.484	0	0
7	31.1358	48.4928	136.699	0	0
8	31.6883	47.8616	160.321	0	0
9	32.2408	47.2892	184.767	0	0
10	32.7933	46.7675	209.89	0	0
11	33.3459	46.2904	236.518	0	0
12	33.8984	45.8531	261.818	0	0
13	34.4509	45.4518	285.55	0	0
14	34.6729	45.3	302.108	0	0
15	35.2701	44.9167	345.886	0	0
16	35.8673	44.5677	388.116	0	0
17	36.4645	44.2506	428.341	0	0
18	37.0617	43.9634	466.182	0	0
19	37.6589	43.7045	498.872	0	0
20	38.2561	43.4725	528.178	0	0
21	38.8533	43.2662	556.516	0	0
22	39.4506	43.0846	582.05	0	0
23	40.0478	42.9269	603.993	0	0
24	40.645	42.7924	622.189	0	0
25	41.2422	42.6806	636.404	0	0
26	41.8394	42.5909	645.609	0	0
27	42.4366	42.523	650.969	0	0
28	43.0338	42.4767	652.188	0	0
29	43.631	42.4518	649.216	0	0
30	44.4327	42.4518	639.24	0	0
31	44.9926	42.4745	628.126	0	0
32	45.5525	42.5161	613.575	0	0
33	46.1123	42.5765	595.496	0	0
34	46.6722	42.6561	575.898	0	0
35	47.2321	42.7551	555.086	0	0
36	47.792	42.8738	532.537	0	0
37	48.3519	43.0127	508.369	0	0
38	48.9117	43.1724	482.569	0	0
39	49.4716	43.3534	455.189	0	0
40	50.0315	43.5565	426.305	0	0
41	50.5914	43.7825	396.015	0	0
42	51.1513	44.0325	364.439	0	0
43	51.7111	44.3077	331.721	0	0
44	52.271	44.6095	298.036	0	0
45	52.8309	44.9396	263.594	0	0
46	53.3908	45.3	228.647	0	0
47	53.6128	45.4518	214.715	0	0
48	54.1467	45.839	192.748	0	0
49	54.6807	46.2598	174.816	0	0
50	55.2146	46.7175	162.441	0	0
51	55.7486	47.2162	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-5	45.3
90.701	45.3

Distributed Load

X	Y
19.2	54.9039
16.4	54.9039



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

81 di 87

SLIDENETTERRET 7.038



Distributed Load

X	Y
22.8	54.9039
20	54.9039

Distributed Load

X	Y
24.5401	54.9039
22.8	54.9039
20	54.9039
19.2	54.9039
16.4	54.9039
15.0971	54.9039

Distributed Load

X	Y
37.2	52.0732
34.4	52.0732

Distributed Load

X	Y
41.2	52.0732
38.4	52.0732

Distributed Load

X	Y
42.8564	52.0732
41.2	52.0732
38.4	52.0732
37.2	52.0732
34.4	52.0732
32.6883	52.0732

External Boundary

X	Y
28.4373	54.9039
22.8	54.9039
20	54.9039
19.2	54.9039
16.4	54.9039
0	54.9039
0	45.4518
0	42.4518
0	36.4518
0	32.4518
0	22.4518
86.5304	22.4518
86.5304	32.4518
86.5304	36.4518
86.5304	42.4518
86.5304	45.4518
72.9145	45.4518
70.7917	47.1977
46.448	47.2277
46.0491	51.2167
46.0491	52.2167
45.0491	52.2167
45.0491	52.0732
41.2	52.0732
38.4	52.0732
37.2	52.0732
34.4	52.0732
31.2145	52.0732



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

82 di 87

SLIDENETTERRET 7.038



Material Boundary

X	Y
0	45.4518
39.2491	45.4518
47.8491	45.4518
72.9145	45.4518

Material Boundary

X	Y
0	42.4518
86.5304	42.4518

Material Boundary

X	Y
0	36.4518
86.5304	36.4518

Material Boundary

X	Y
0	32.4518
86.5304	32.4518

Material Boundary

X	Y
39.2491	45.4518
39.2491	46.6518
45.4491	46.6518
45.4491	51.2167
45.0491	51.2167
45.0491	52.0732

Material Boundary

X	Y
46.448	47.2277
46.5056	46.6518
47.8491	46.6518
47.8491	45.4518

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0500001B</p>	<p>Foglio 83 di 87</p>

ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

Settle3D Analysis Information

Ri04

Project Settings

Document Name: Ri05_02.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 kNm³
 Depth to water table: 0.1 [m]

Stage Settings

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

Results

Time taken to compute: 0 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	8.9754
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	8.9754
Loading Stress [kPa]	0.0555912	166.987
Effective Stress [kPa]	0.0555912	297.25
Total Stress [kPa]	0.0555912	521.899
Total Strain	3.81624e-006	0.0139147
Pore Water Pressure [kPa]	0	224.649
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.150727	297.186
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	8.9754
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	8.9754

Loading Stress [kPa]	0.0555912	166.987
Effective Stress [kPa]	0.0555912	297.25
Total Stress [kPa]	0.0555912	521.899
Total Strain	3.81624e-006	0.0139147
Pore Water Pressure [kPa]	0	224.649
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.150727	297.186
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Stage: Stage 3

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	9.60004
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	9.60004
Loading Stress [kPa]	0.121315	172.04
Effective Stress [kPa]	0.121315	320.871
Total Stress [kPa]	0.121315	545.52
Total Strain	1.01411e-005	0.0143359
Pore Water Pressure [kPa]	0	224.649
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.216693	320.805
Over-consolidation Ratio	1	1.01522
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads**1. Rectangular Load**

Length: 20 m
 Width: 100 m
 Rotation angle: 0 degrees
 Load Type: Flexible
 Area of Load: 2000 m²
 Load: 7.2 kPa
 Depth: 0 m
 Installation Stage: Stage 3

Coordinates

X [m]	Y [m]
7.34951	-50
27.3495	-50
27.3495	50
7.34951	50

Embankments**1. Embankment**



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

86 di 87



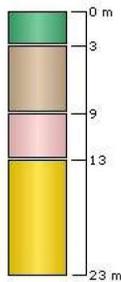
SETTELESD 2.003

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	90	0
2	Stage 1	0	45	2.9	18	90	0
3	Stage 1	0	45	2.6	18	45	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	U3	3	0
2	U6	6	3
3	U2	4	9
4	U4	10	13



Soil Properties

Property	U3	U6	U4	U2
Color				
Unit Weight [kN/m ³]	19	19	19	19
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	19	19	19	18
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	12000	50000	120000	20000
Es bottom [kPa]		80000		
Esur [kPa]	10000	10000	10000	20000
Esur bottom [kPa]		10000		

Query Lines

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+125,00 a pk 1+315,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0500001B

Foglio

87 di 87



SETTELESD 2.000

Page 4 of 4

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-30, 0	50, 0	100	Auto: 63