

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 dal km 18+604,94 al km 18+840,65


GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio							
 Ing. Giovanni MALAVENDA Insieme all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Dicembre 2021	Iricav Due			Data:				
	Ing. Paolo Carmona							

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	3	4	0	0	0	0	1	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Dicembre 2021



Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti 	Luglio 2021	V. Pastore 	Luglio 2021	P. Ascari 	Luglio 2021	 P. Ascari Data: Dicembre 2021
B	REVISIONE	M. Conti 	Dicembre 2021	V. Pastore 	Dicembre 2021	P. Ascari 	Dicembre 2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI3400001B_01
		Cod. origine:





Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</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	9
4.1	Indagini disponibili	9
4.2	Inquadramento stratigrafico	9
4.3	Livello di falda	11
4.4	Condizioni geotecniche del sito	12
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	25
4.5.1	Materiale da rilevato	26
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	27
5.1	Sollecitazione sismica di progetto	27
5.1.1	Vita Nominale	27
5.1.2	Classe d'uso	27
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	28
5.1.4	Categorie di Sottosuolo	28
5.1.5	Condizioni topografiche	28
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	28
5.2	Susceptibilità alla liquefazione	29
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	31
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT	33
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	43
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite	43
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU)	43
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	45
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche	45
6.2	Azioni di progetto	45
6.2.1	Azioni permanenti	46
6.2.2	Azioni variabili	46
6.2.3	Azione sismica	46

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 3 di 87

6.3	Verifiche e risultati SLU	47
6.3.1	Premessa.....	47
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	47
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche e post sismiche	48
6.4	Verifica e risultati SLE.....	50
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	56
Allegati		57
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO.....		58
ALLEGATO 2 - SONDAGGI.....		60
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE– ANALISI SLU STATICA		71
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA.....		77
ALLEGATO 5 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE		83
ALLEGATO 6 – VERSIONI SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI.....		87

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 4 di 87



1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI34, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 18+203,00e il km 18+605,00.

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. Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa vigente (v. capitolo seguente) e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità dei rilevati ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 5 di 87</p>



2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000002A Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [3] IN1710EI2LZGE0000014A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 5 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 dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</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] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [30] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [31] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [32] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [33] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), “The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [34] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), “Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.
- [35] Priebe H.J., “Vibroreplacement to prevent earthquake induced liquefaction”. Ground Engineering, September 1998.
- [36] Idriss I.M. and Boulanger R.W. (2008), “Soil liquefaction during earthquakes”.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 7 di 87

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km tra il km 18+203,00 e il km 18+605,00 per una lunghezza totale di circa 370 m. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

3.1 Geometria del rilevato

Il rilevato presenta una sezione regolare per tutto il tracciato, con scarpate di pendenza 2/3 (V:H). Alla pk 18+800, in prossimità della spalla del VI18 "Viadotto Grena" si riscontra l'altezza massima del rilevato pari a 8 m. La sezione citata, denominata Sezione A (Figura 1) è quella ritenuta più significativa per le verifiche del rilevato in esame.

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
8 di 87

SEZIONE N. : 670
PROGRESSIVA: 18+800,000
QUOTA P. F.: 30,429

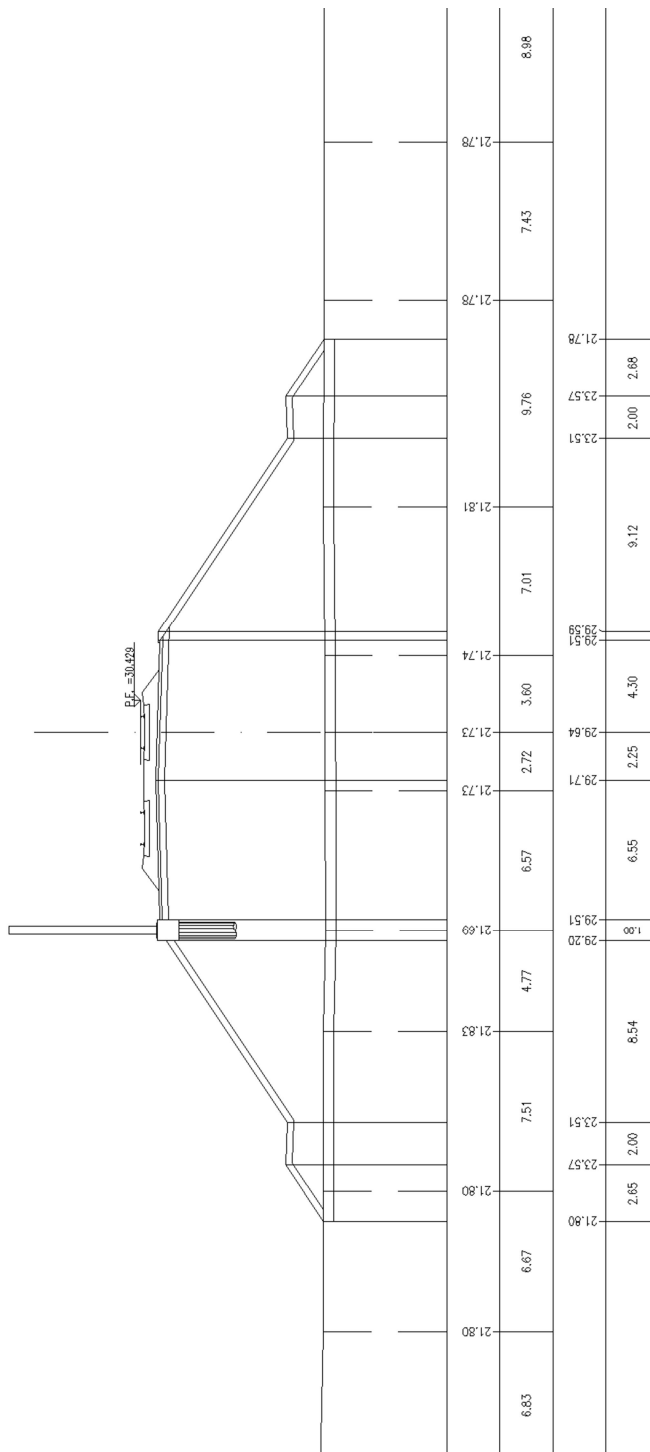




Figura 1 – Sezione di riferimento A (pk 18+800, n. 670) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 9 di 87

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

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

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Per la caratterizzazione geotecnica si è considerata, tenuta in conto l'omogeneità stratigrafica dell'area, una serie di indagini non solo di stretta competenza del rilevato, ma anche quelle effettuate nell'adiacente area della WBS RI35C, al fine di pervenire ad un quadro di riferimento di maggiore dettaglio e attendibilità.

Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'area di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]).

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



Tabella 1 - Indagini da pk 18+600 alla pk 19+200

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
18+720	BH5V	2015
18+893	BH-PZ-PE-38	2020-2021
18+910	CPTU9V	2015
18+940	BH6V+CH2V	2015
19+060	CPTU10V e CPTU10Vbis	2015
19+060	CPTU-PE-21	2015
19+070	CPTU11V	2015
19+142	MASW-PE-08	2020-2021

4.2 Inquadramento stratigrafico

Dal punto di vista stratigrafico, l'area del rilevato è interessata dalla presenza di una coltre superficiale di spessore variabile tra 5m e 6m, di terreni a predominante comportamento argilloso (Unità 3b), con presenza di lenti sabbiosi di spessore metrico, posti a diverse profondità.

Al di sotto di questa copertura si riscontra uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di circa

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 10 di 87</p>

20 m. Al di sotto delle ghiaie si incontra uno strato di 2m di argille (Unità 2) ed infine il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità.

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

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

Nella Figura 2 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI34, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 5 di 11 (Doc. Rif. [3]).

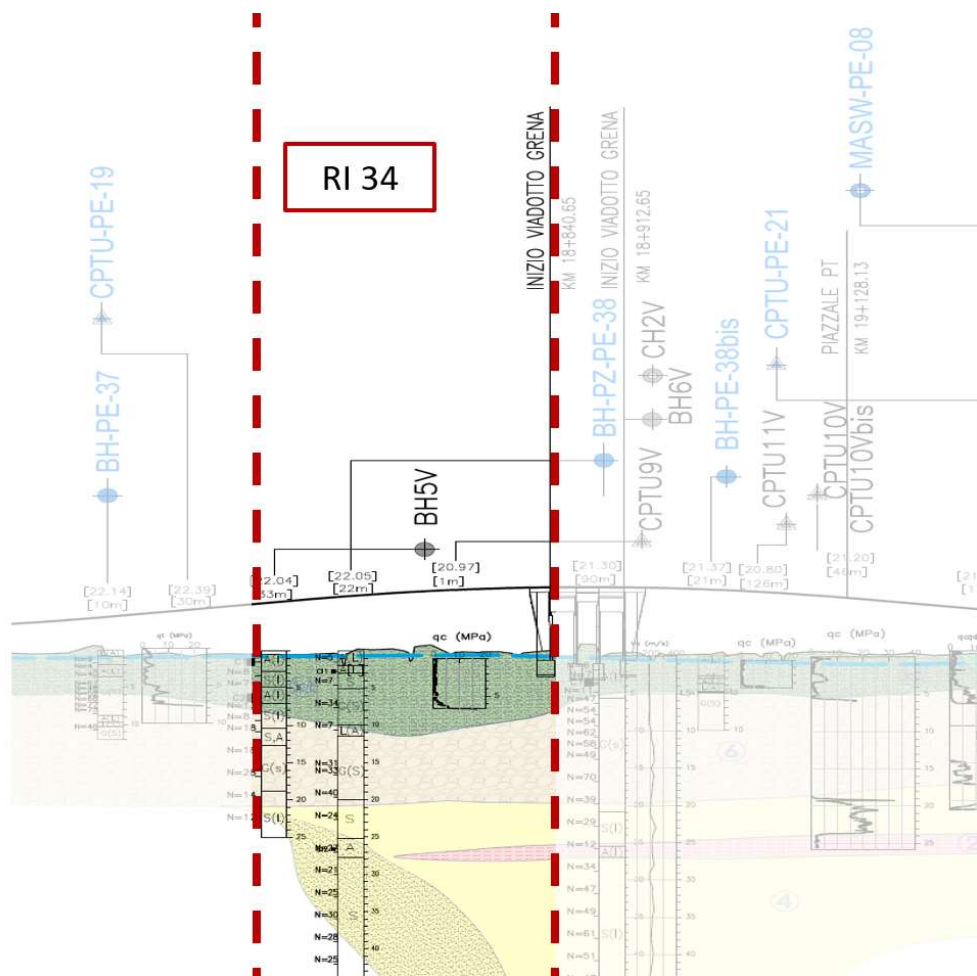


Figura 2 - Profilo Geotecnico Rilevato RI34, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBR1340001B

Foglio
11 di 87

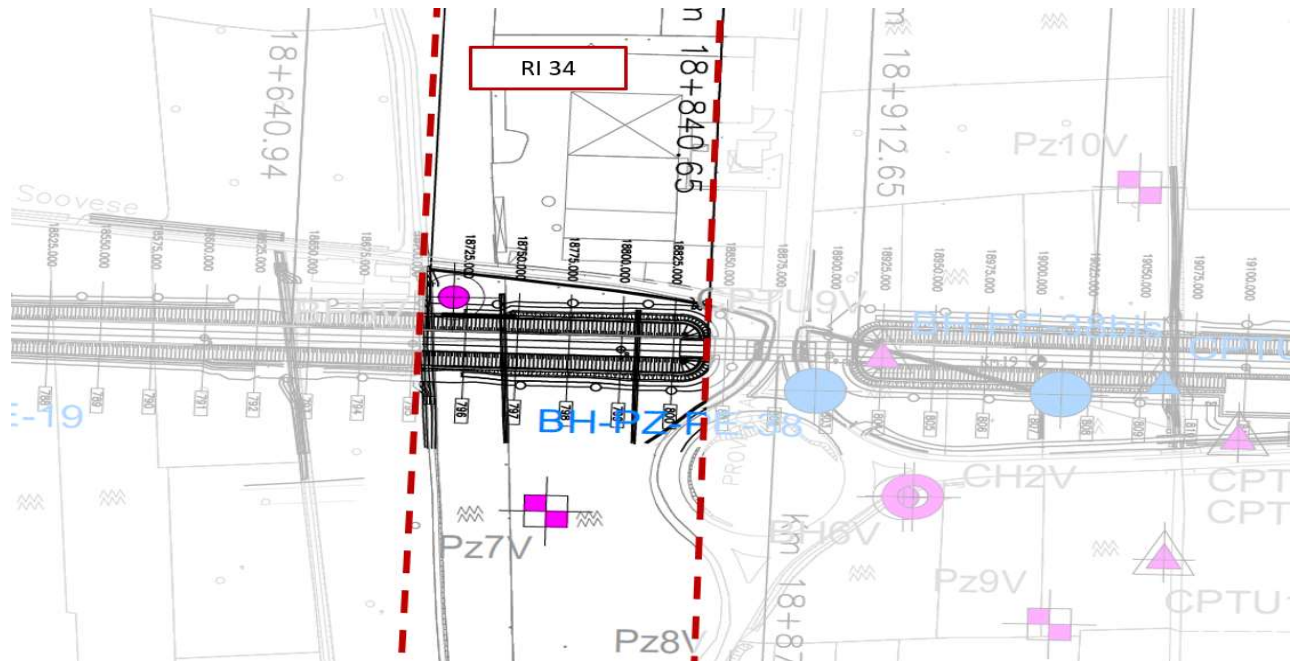




Figura 3 - Planimetria Rilevato RI34, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

4.3 Livello di falda

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 12 di 87</p>

4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di prevalenti limi argillosi (Unità 3b) per uno spessore di circa 5-6 m.

Si tratta principalmente di limi argillosi, localmente intervallati di livelli sabbiosi di spessore metrico (si veda al proposito anche le stratigrafie dei sondaggi, riportati in Appendice).

Le figure da Figura 4 a Figura 7 illustrano i risultati delle prove di laboratorio sui campioni della copertura superficiali, dalle quali si osserva che:

- Si tratta di limi con argilla/argillosi, da sabbiosi a debolmente sabbiosi,
- Si tratta generalmente di materiali a plasticità medio alta, con valori del LL nel campo 40-75, e valori di IP nel range 20-50. Si tratta pertanto di limi inorganici di plasticità da media ad alta.
- I contenuti d'acqua sono più vicini al LP rispetto all'LL, ad indicazione comunque di una relativamente buona consistenza del materiale, come risulta dal grafico della Figura 5

Per quanto la resistenza al taglio non drenata e la tensione di preconsolidazione di questi materiali, la Figura 8 e la Figura 9 riportano i dati ricavati dall'interpretazione delle prove CPTU, e dai dati di laboratorio.

Sulla base di tali dati si osserva quanto segue:

- Vi è una sottile crosta essiccata di 1-2 m di spessore, attribuibile ad oscillazioni del livello di falda, con valori dell'ordine dei 50-70 kPa,
- I valori decrescono poi con la profondità, ed oscillano nel campo 35-45 kPa.
- I valori di tensione di preconsolidazione, sia da prove CPTU che EDO, presentano lo stesso andamento.
- Vi sono comunque presenti orizzonti sabbiosi che portano ad un incremento localizzato di resistenza al taglio, su praticamente tutte le verticali indagate.



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

$$RR = 0.2, CR = 0.18$$

Alle intercalazioni sabbiose presenti tra 3.5 e 4.5 m circa (Unità 3a) sono attribuibili angoli caratteristici di resistenza al taglio pari a $\phi_k=34^\circ$.

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino anche 20 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 20% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 40 colpi/30cm con valori anche di 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta pari al 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Sotto lo strato di ghiaie si individua incontra un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 20 m pc fino alla quota di fine sondaggi. In questo deposito le percentuali di materiale fino sono

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 13 di 87</p>

inferiori al 10%, i valori medi di N_{SPT} sono pari a 30 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 60%.

Tale deposito è interrotto, tra 20-22 m p.c., da una lente di materiale argilloso (Unità 2) caratterizzato da una resistenza al taglio non drenata $c_u=120$ kPa.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 20 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di V_s pari a 320-350 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono pari a 370 m/s. Sulla base dei valori di V_s si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per le ghiaie si considera un valore di 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 320 MPa.

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

Ai fini della caratterizzazione geotecnica degli strati sottostanti la coltre superficiali, le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni, interpretati alla luce di quanto riferito in [2] e [4].

- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 10);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 11);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 12);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 13);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 14).

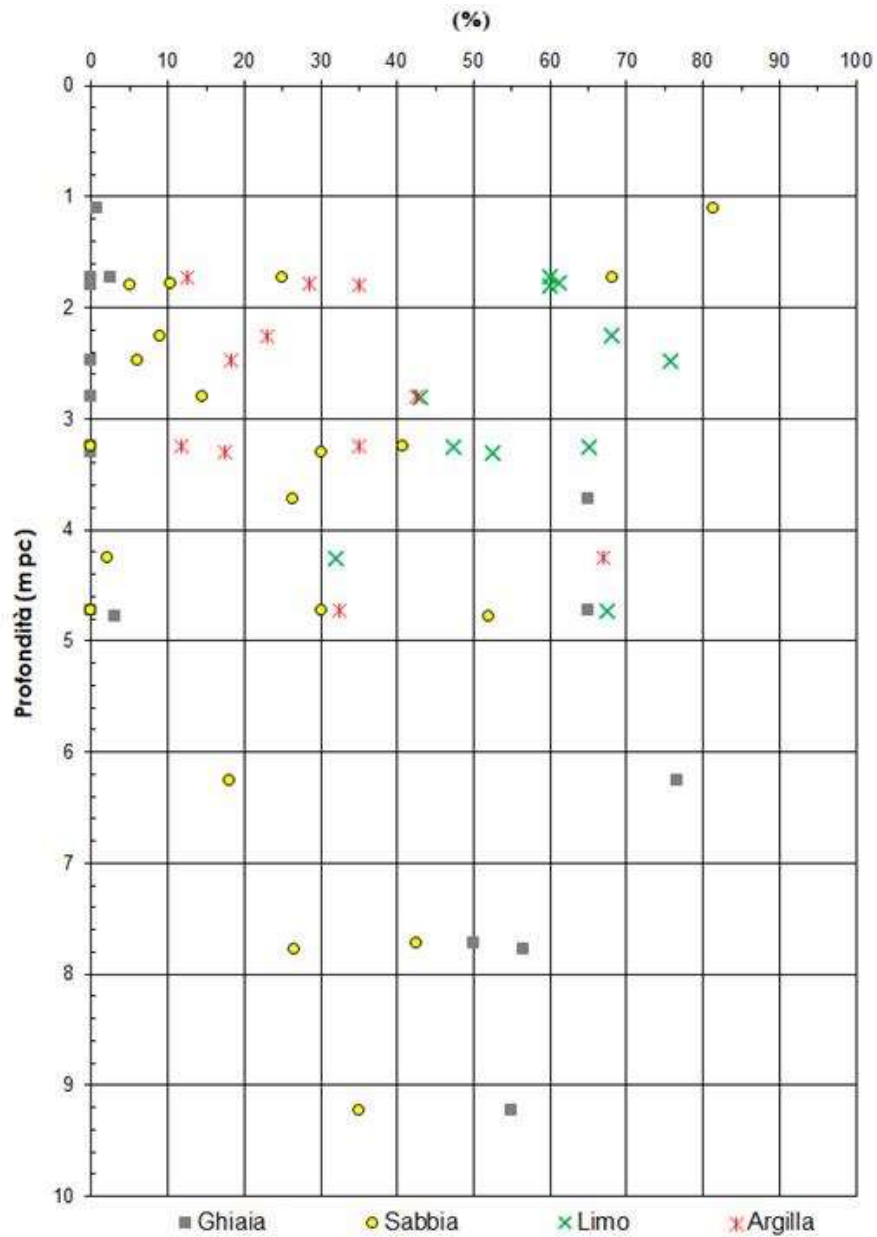


Figura 4 – Determinazioni granulometriche delle coperture superficiali da pk 18+600 alla pk 19+200

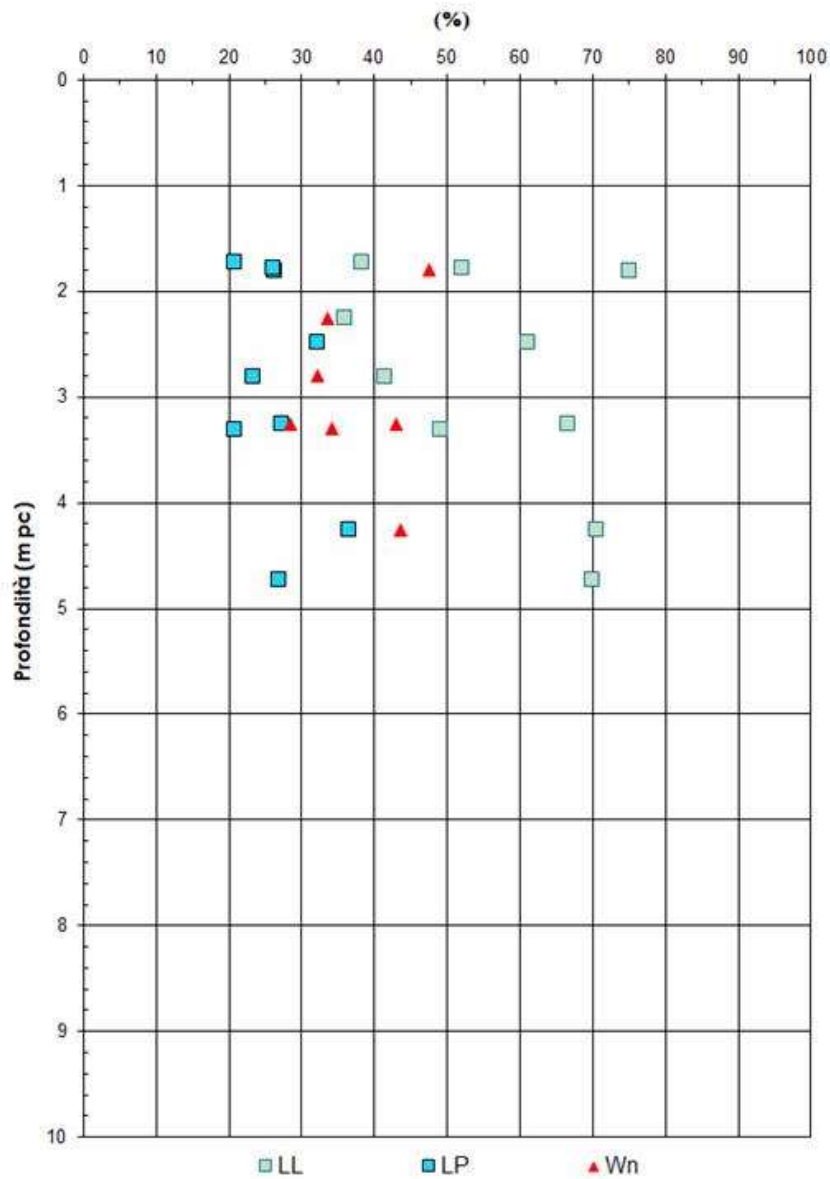


Figura 5 – LL, LP e contenuti d'acqua naturali delle coperture superficiali da pk 18+600 alla pk 19+200

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBR1340001B

Foglio
16 di 87

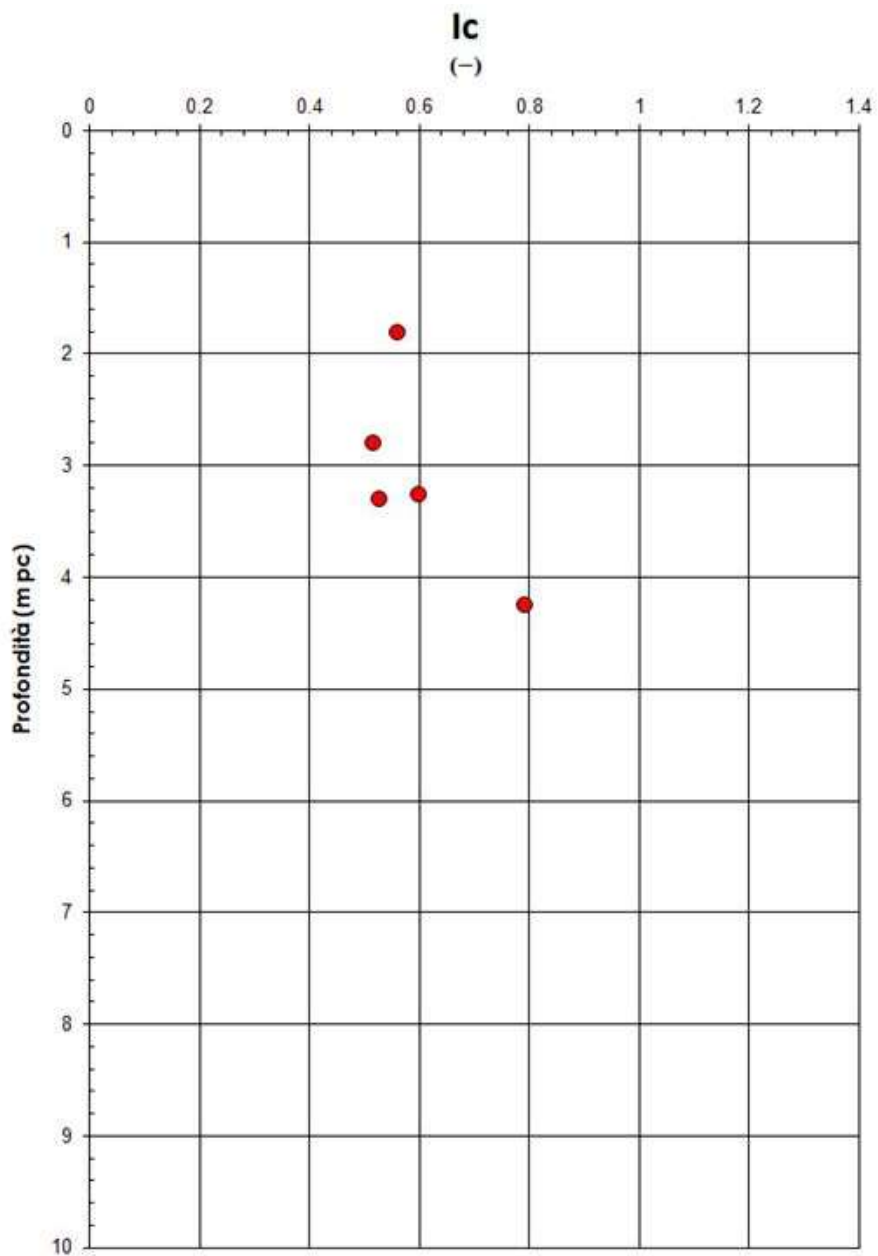


Figura 6 – Indice di consistenza I_c delle coperture superficiali da pk 18+600 alla pk 19+200

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
 Relazione Geotecnica

Progetto
 IN17

Lotto
 12

Codifica
 EI2RBRI340001B

Foglio
 17 di 87

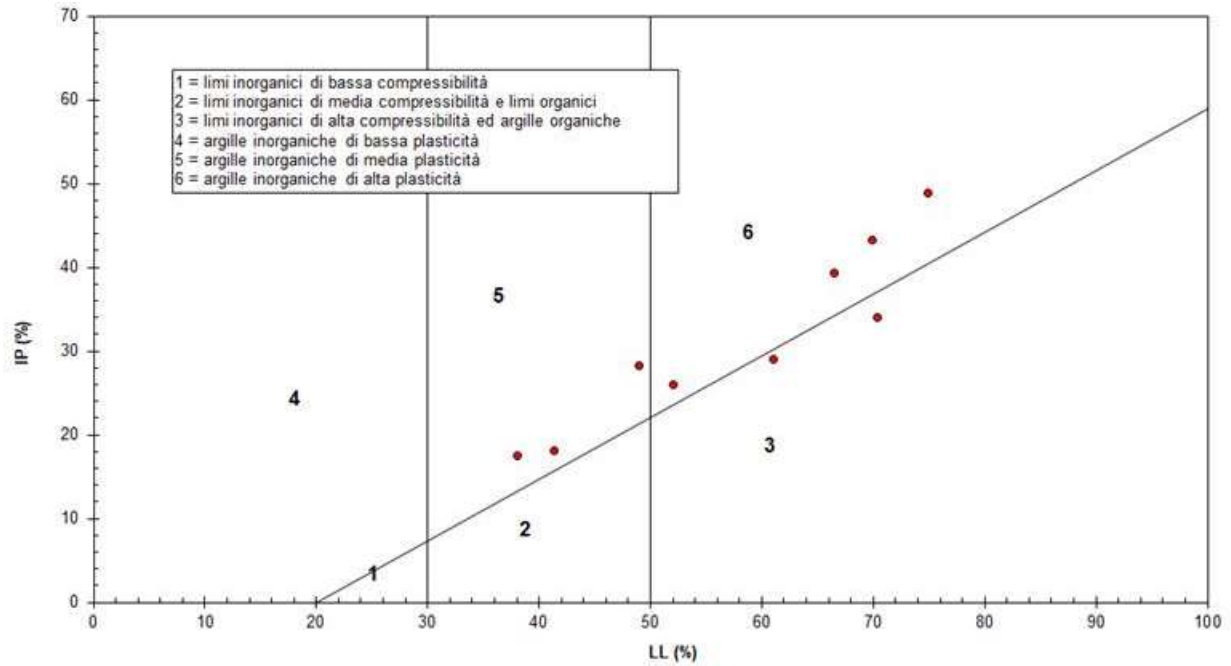


Figura 7 – Carta di plasticità di Casagrande delle coperture superficiali da pk 18+600 alla pk 19+200

Resistenza al taglio non drenata c_u (kPa)

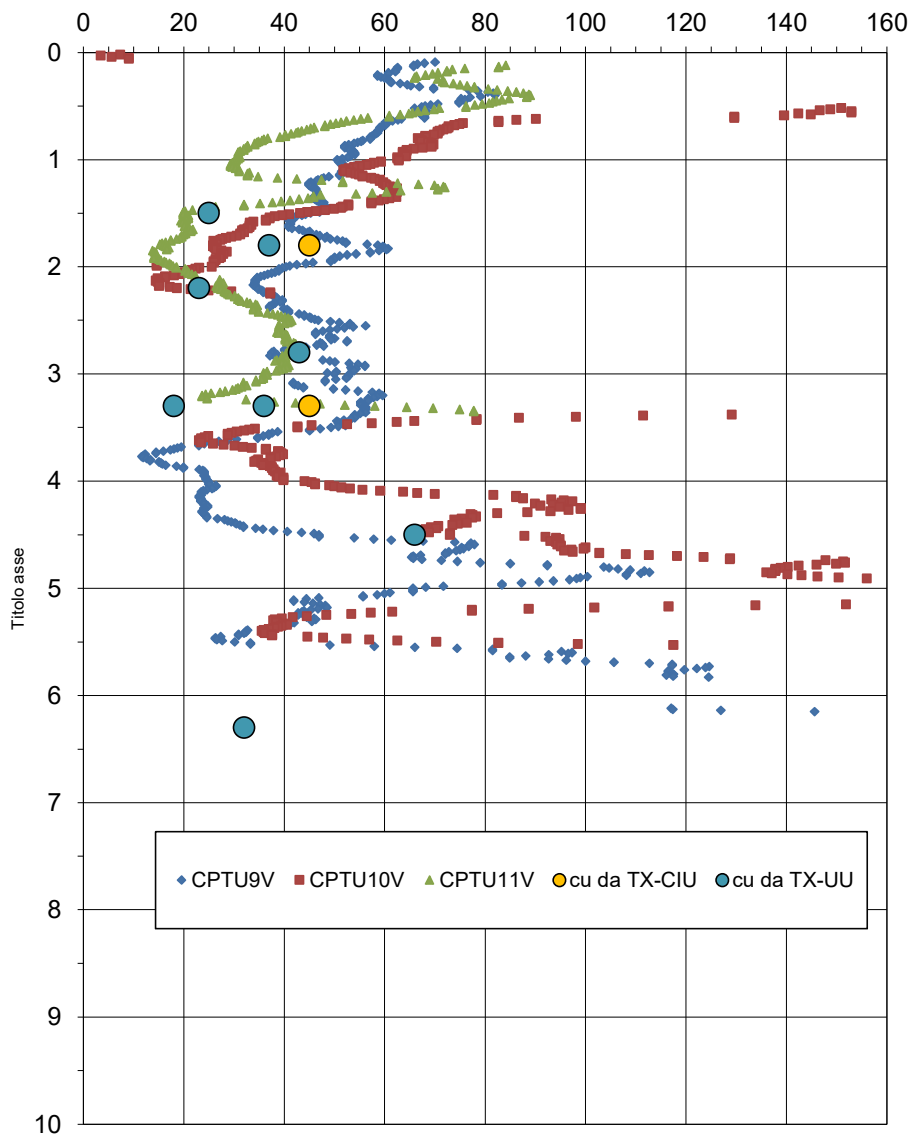


Figura 8 – Valori di c_u da prove CPTU e di laboratorio da pk 18+600 alla pk 19+200

Tensione di preconsolidazione (kPa)

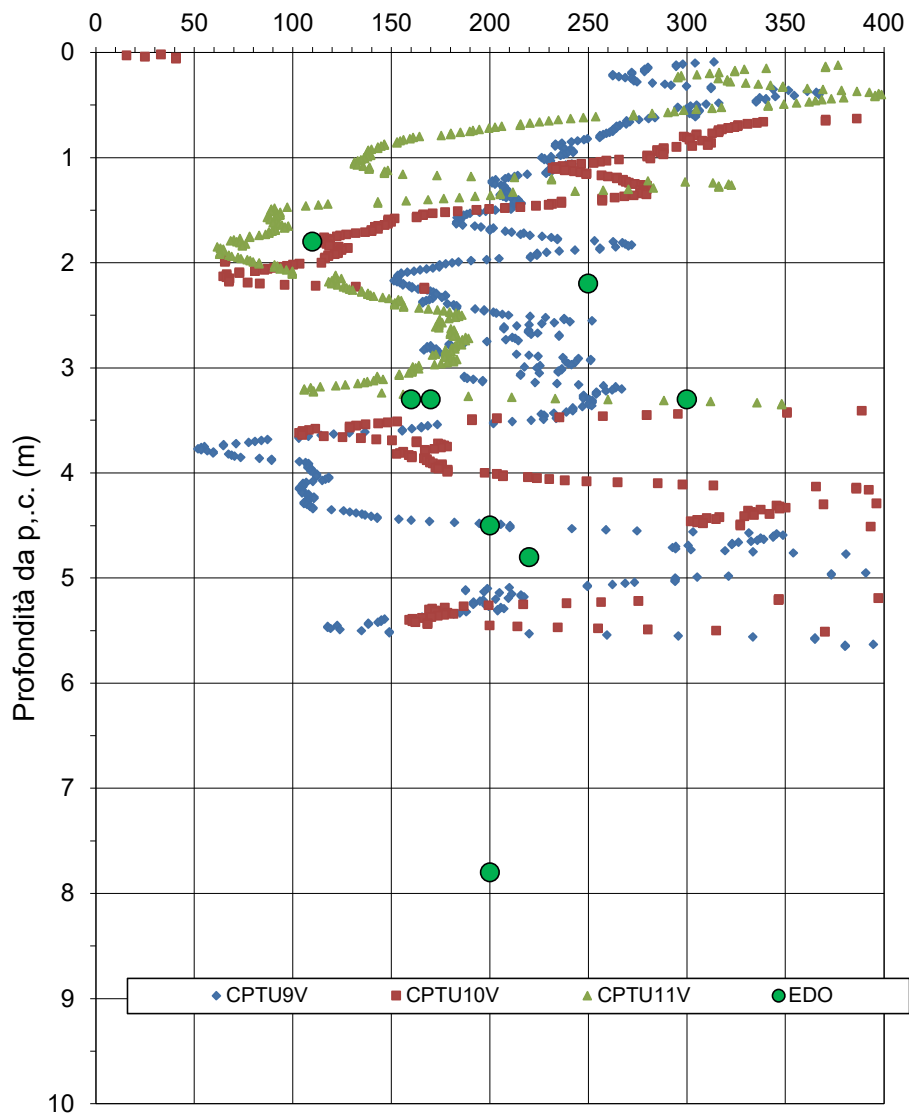


Figura 9 – Valori di tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da edometri da pk 18+600 alla pk 19+200

AV/AC VERONA VICENZA

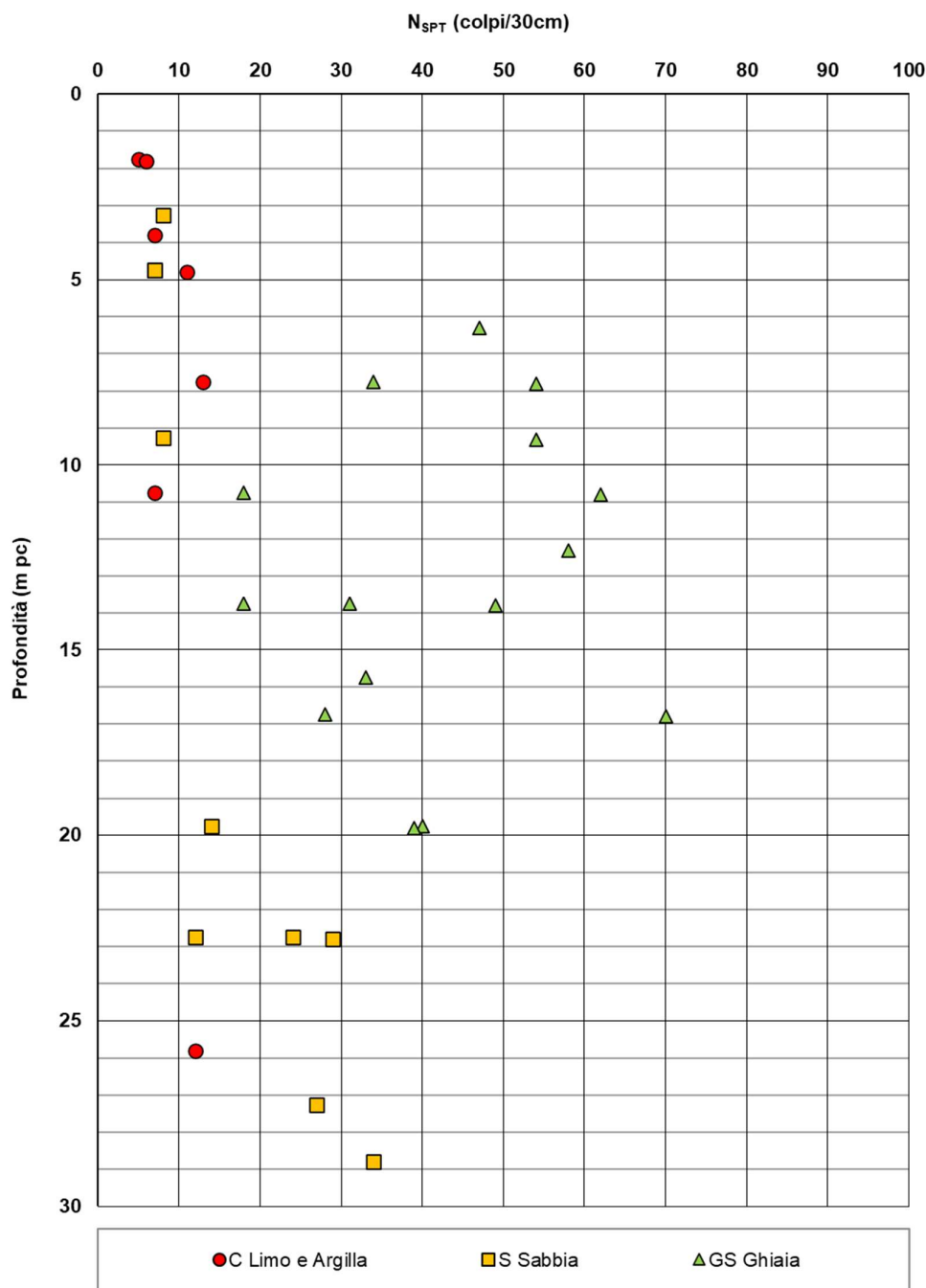


Figura 10 – Esito delle prove SPT da pk 18+600 alla pk 19+200

AV/AC VERONA VICENZA

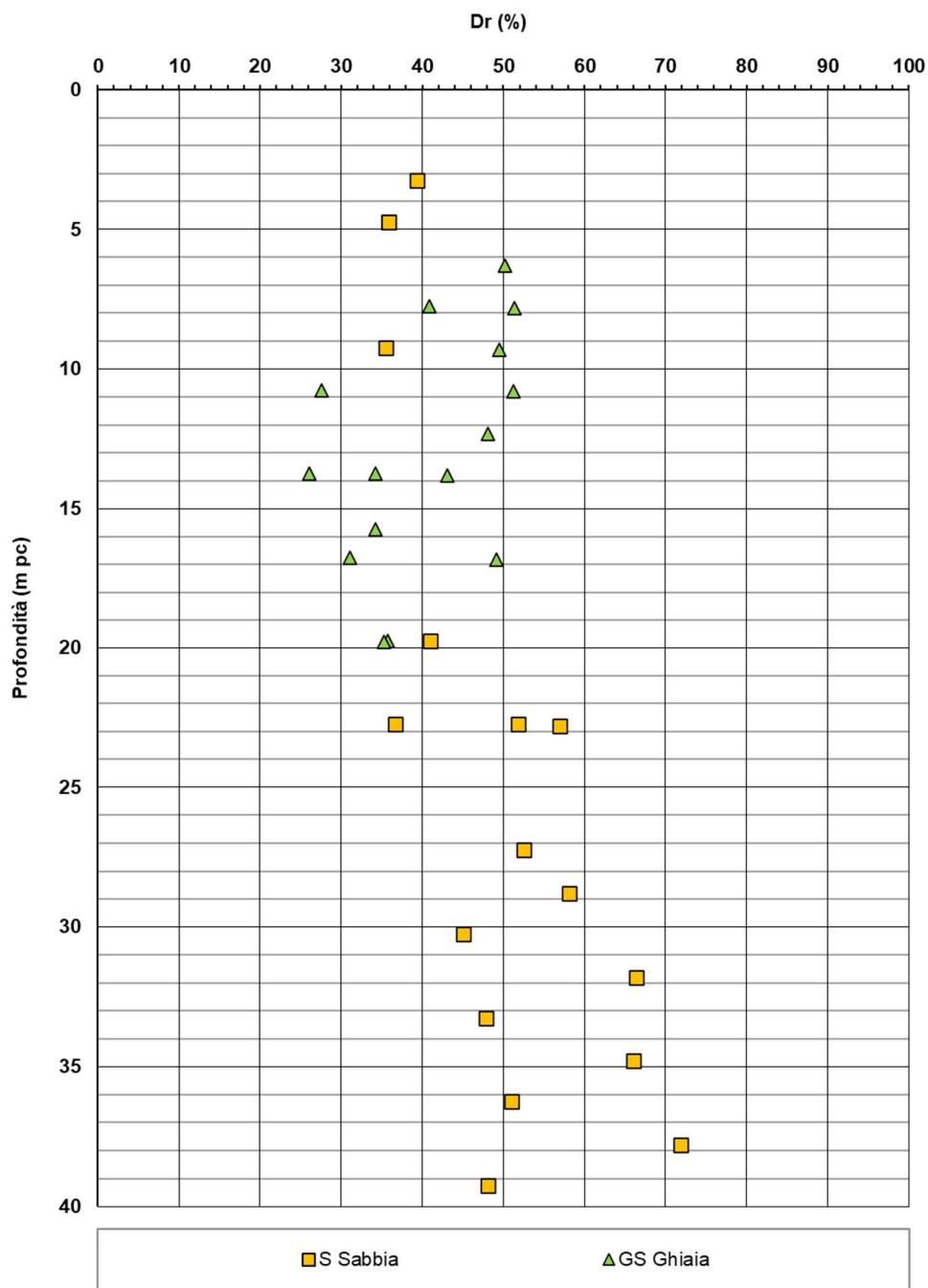


Figura 11 – Densità relativa da prove SPT da pk 18+600 alla pk 19+200

AV/AC VERONA VICENZA

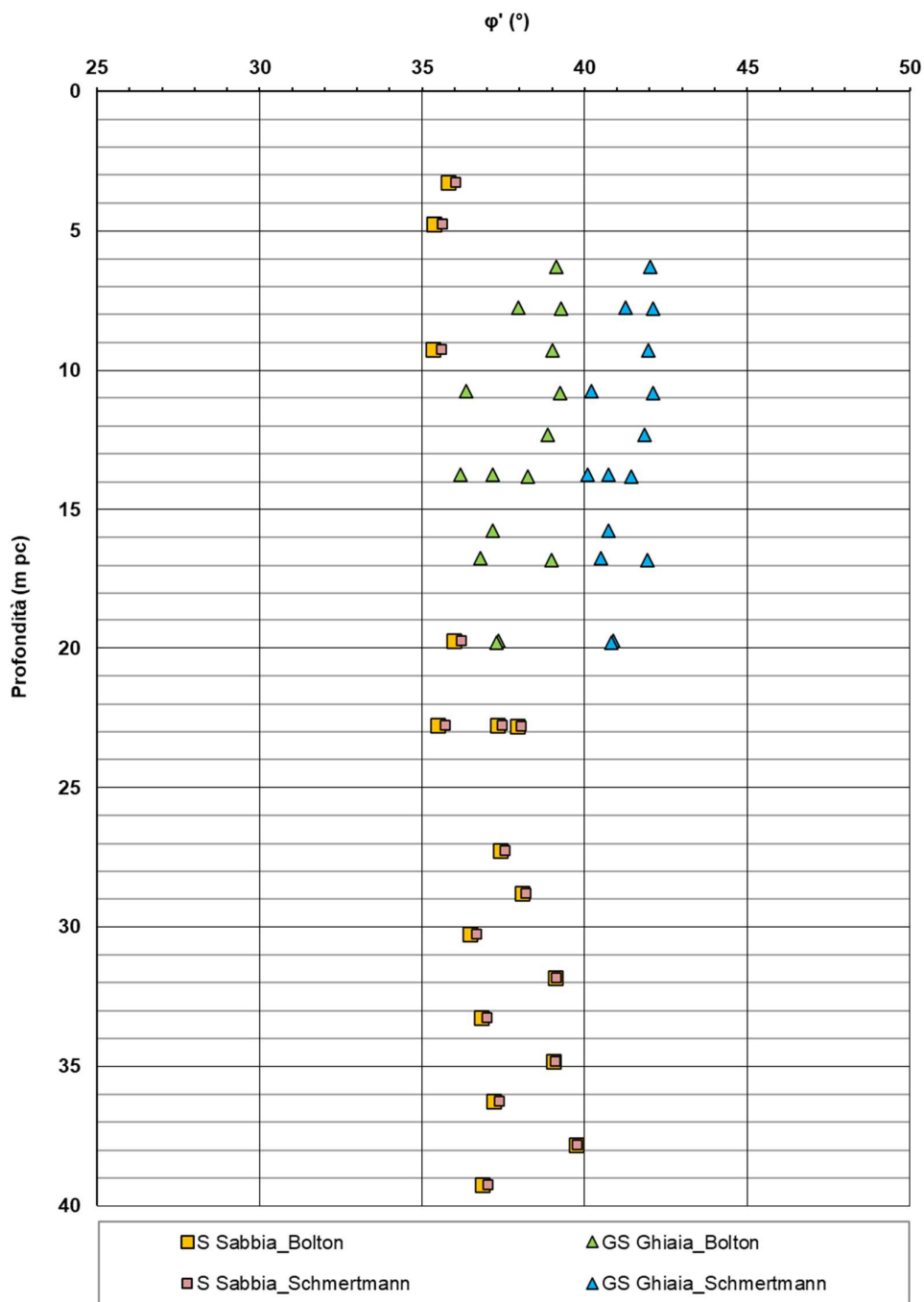


Figura 12 – Angoli di attrito da prove SPT da pk 18+600 alla pk 19+200

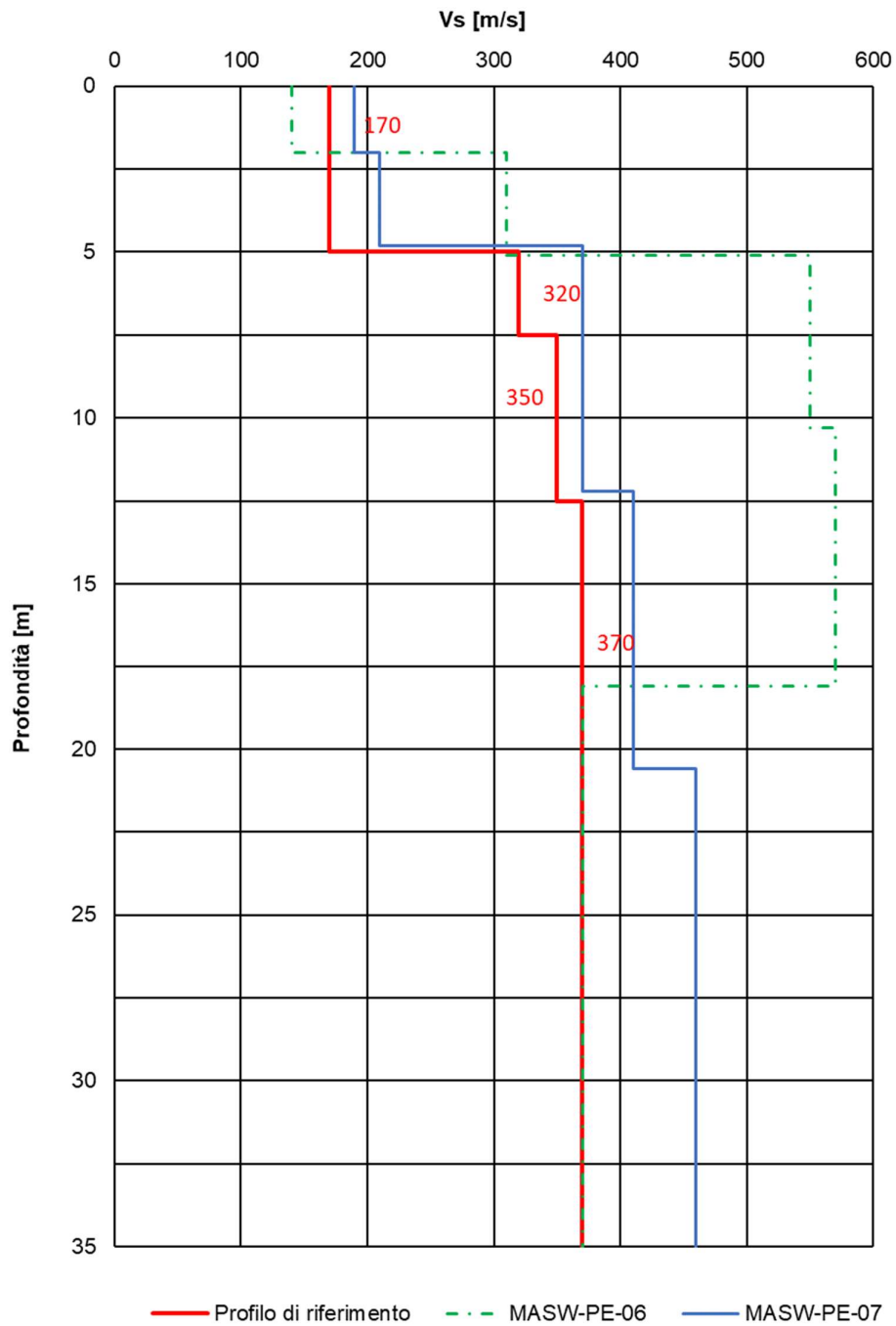


Figura 13 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW da pk 18+600 alla pk 19+200

AV/AC VERONA VICENZA

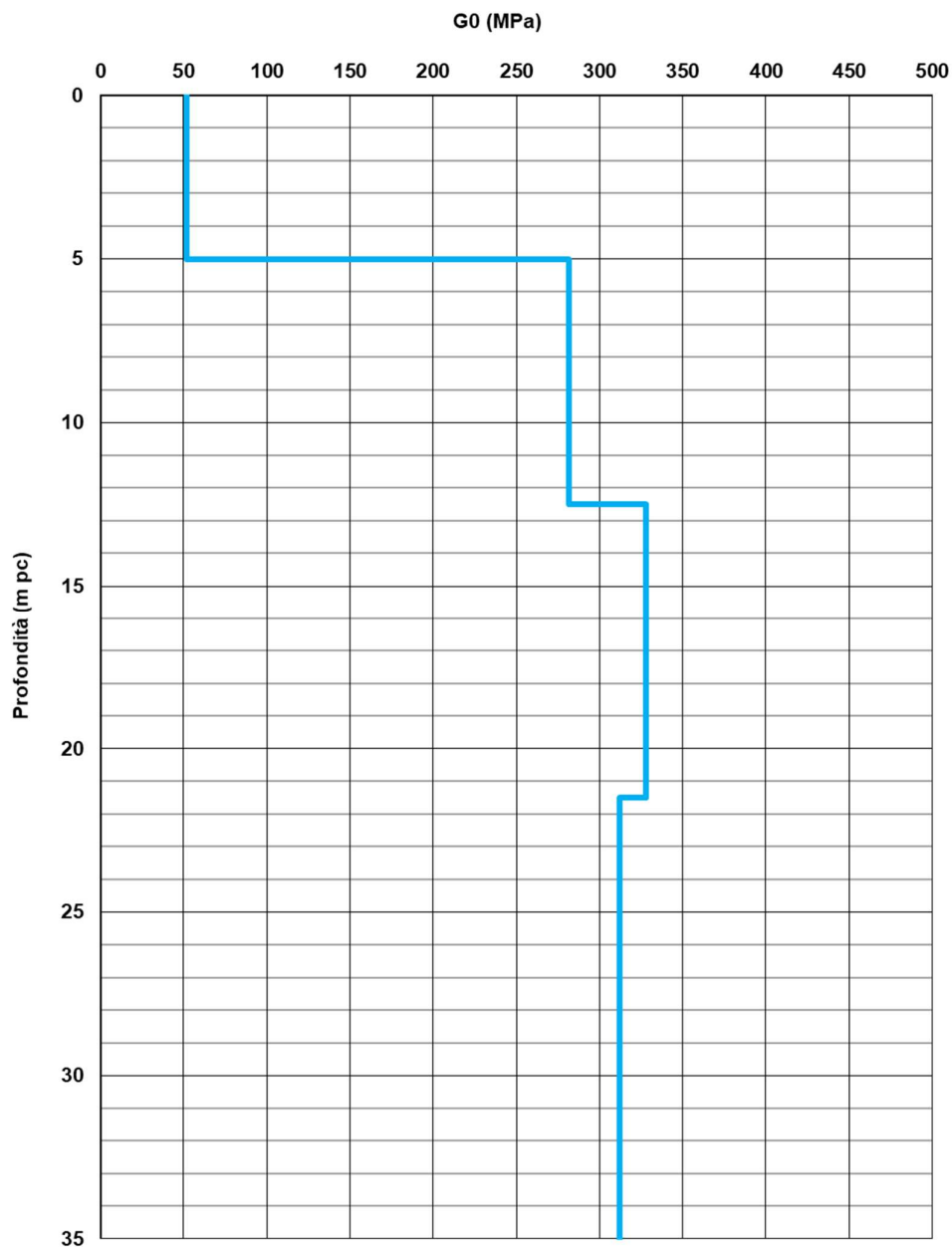




Figura 14 – Modulo di taglio G_0 da pk 18+600 alla pk 19+200

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 25 di 87

4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	$c_{u,k}$ kPa	σ'_p kPa	RR -	CR -	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3b	0.5	1	18	-	60	240	0.02	0.18	-	6(10.3)**
3b	1	2	18	-	50	240	0.02	0.18	-	6(10.3)
3b	2	3.5	18	-	35[45]**	150[180]	0.02	0.18	-	3.5(8.0)
3a	3.5	4.5	18	34	-	-	-	-	-	15(18.6)
3b	4.5	5.5	18	-	45	150	0.02	0.018	-	6(10.3)
6	5.5	12	19	39	-	-	-	-	200	60
6	12	20	19	39	-	-	-	-	250	100
2	20	22	19	-	120	-	-	-	-	25
4	22	30	19	38	-	-	-	-	350	100
4	30	-	19	38	-	-	-	-	350	200

* quota piano campagna = 22.0 m s.l.m.

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

** i valori tra parentesi [] sono stati adottati nelle verifiche SLU sismiche



Considerando le condizioni geotecniche del sito, e le caratteristiche dell'opera, è necessario prescrivere un intervento di soil improvement con colonne in ghiaia, come già previsto nel PD. Questo a causa:

- dell'altezza del rilevato nella tratta in esame (fino a 7/8m)
- della presenza, in superficie, di strati argillosi di modesta resistenza al taglio..

Pertanto, dalla pk 18+604,94 alla pk 18+840,65, si prescrive la realizzazione di colonne in ghiaia D=800mm, i=2.5m, L=5.5m. Per la descrizione delle fasi realizzative e per la geometria del trattamento, si faccia riferimento agli elaborati di progetto. **Si specifica, per il caso in esame, il materiale costituente le colonne di ghiaia dovrà avere un valore di angolo di resistenza al taglio $\phi \geq 43^\circ$,**

Tenuto conto di quanto sopra, si precisa quanto segue:

- I valori dei parametri indicati fra parentesi sono quelli del terreno migliorato con le colonne di ghiaia. In particolare:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 26 di 87

- i moduli E' del terreno naturale sono stati impiegati per ricavare le caratteristiche del terreno migliorato con colonne di ghiaia, secondo quanto riportato al punto 6.4.
- I moduli E' degli strati argillosi sono stati stimati valutando gli effetti dell'incremento di tensione verticali $\Delta\sigma_v$ efficace, dovuta al rilevato (dell'ordine massimo dei 140-160 kPa), e calcolando il valore della deformazioni assiale ε_v con i parametri di deformazione edometrica RR e CR, e tenendo conto del valore della tensione di preconsolidazione (si veda la Tabella 2) . Sulla base delle deformazioni assiali calcolate, si è quindi valutato il modulo di deformazione edometrica M_{ed} come $M_{ed} = \Delta\sigma_v / \varepsilon_v$, e da quello il modulo di Young mediante la correlazione elastica fra M ed E' (dalla quale $E' \approx 0.74 M_{ed}$)
- Si è considerato che, nello strato fra 2.5 e 3.5 m di profondità, la tensione verticale efficace a fine consolidazione sia dell'ordine dei 180 kPa. In virtù di tale livello tensionale efficace, si è considerato, per le verifiche sismiche, un valore di resistenza al taglio non drenata incrementato rispetto al livello iniziale , e pari a $c_u = 0.25 \sigma'_v = 0.25 \cdot 180 = 45$ kPa.



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

4.5.1 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 dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 27 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 dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 28 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 $V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150$ anni.

5.1.4 Categorie di Sottosuolo

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

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



5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 29 di 87</p>

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

5.2 Suscettibilità alla liquefazione

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



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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 30 di 87

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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



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

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 31 di 87</p>

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 15: 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 15, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100 \text{ kPa}$) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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

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

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



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

dove:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 32 di 87

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

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

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

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

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

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

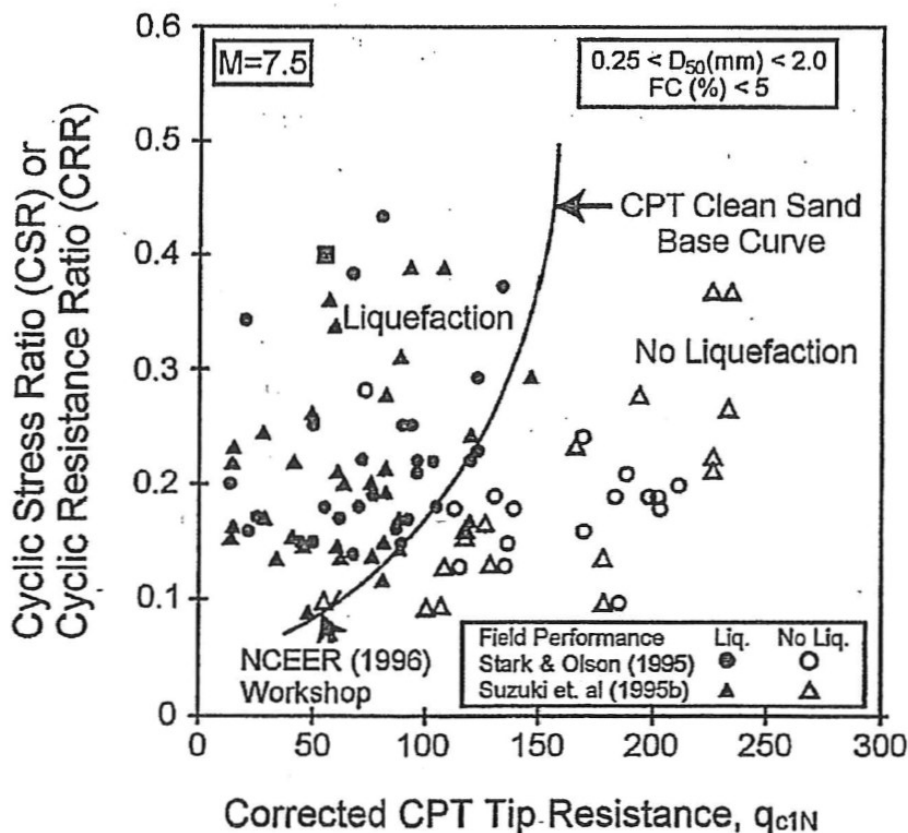




Figura 15 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 33 di 87

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 16, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 16, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

dove:

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

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

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

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



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

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

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

Sempre in Figura 16, 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 34 di 87</p>

Si può osservare dalla Figura 16 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC < 5%).

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

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

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

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

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

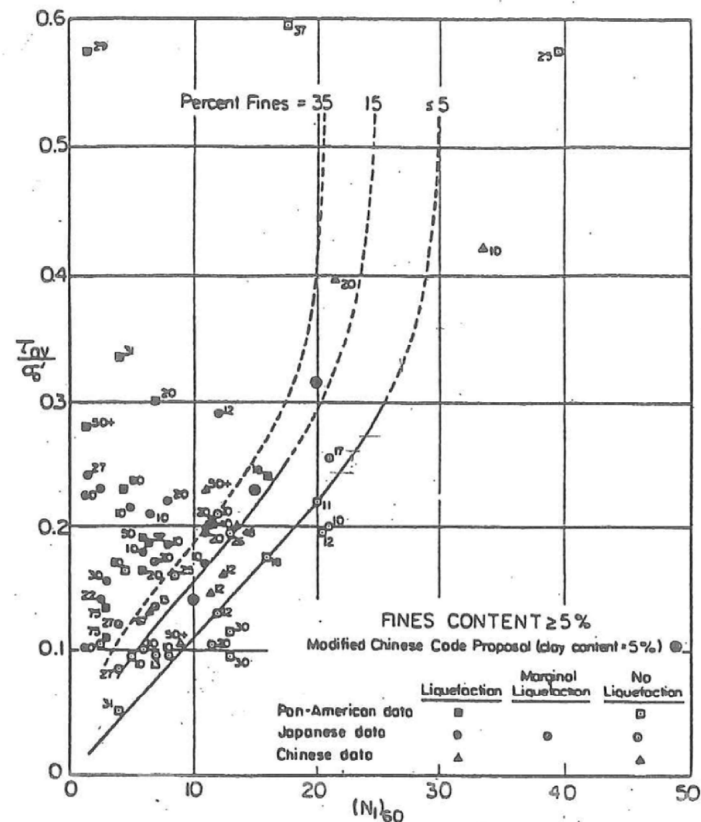


Figura 16 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 17- Figura 23) non indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI34.

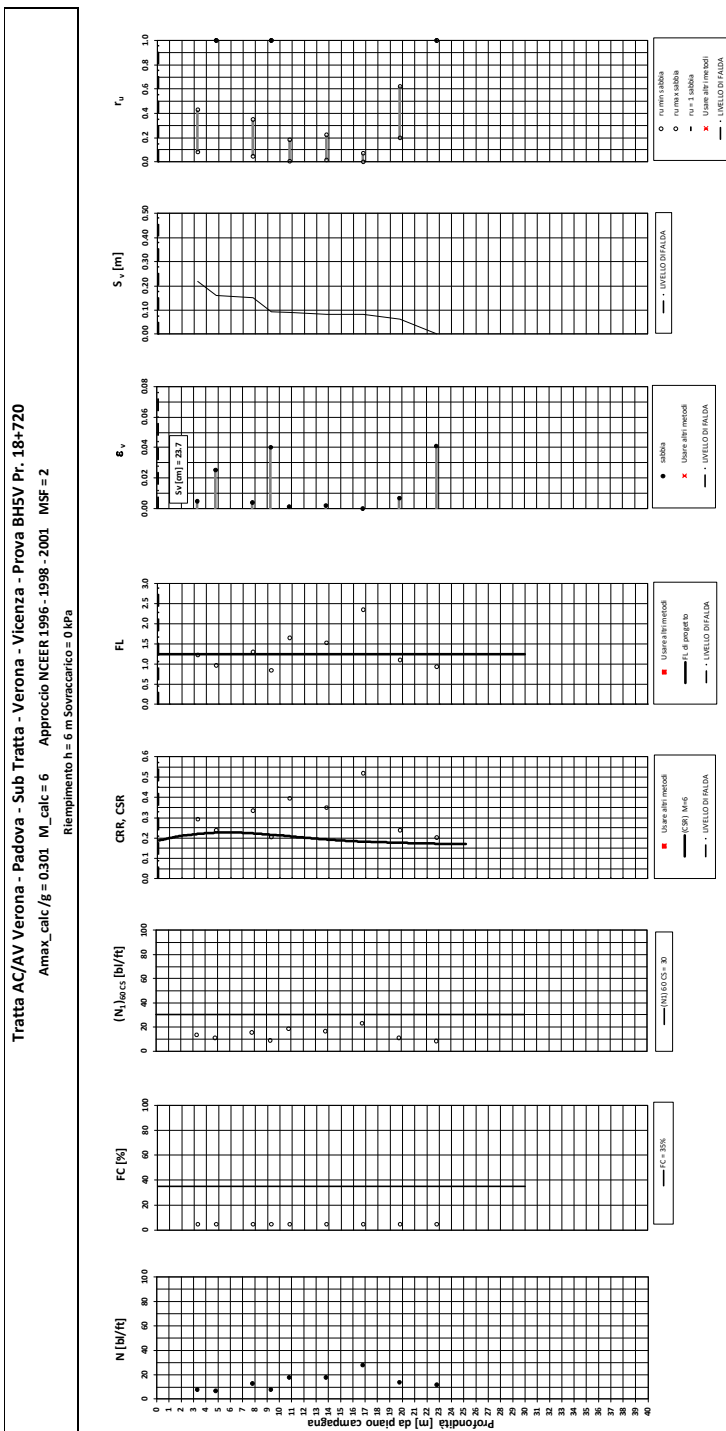
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
36 di 87



© Dati basati sulla somma di valori tipici per lo strato

● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette

Figura 17 – Verifica Liquefazione da risultati BH5V

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

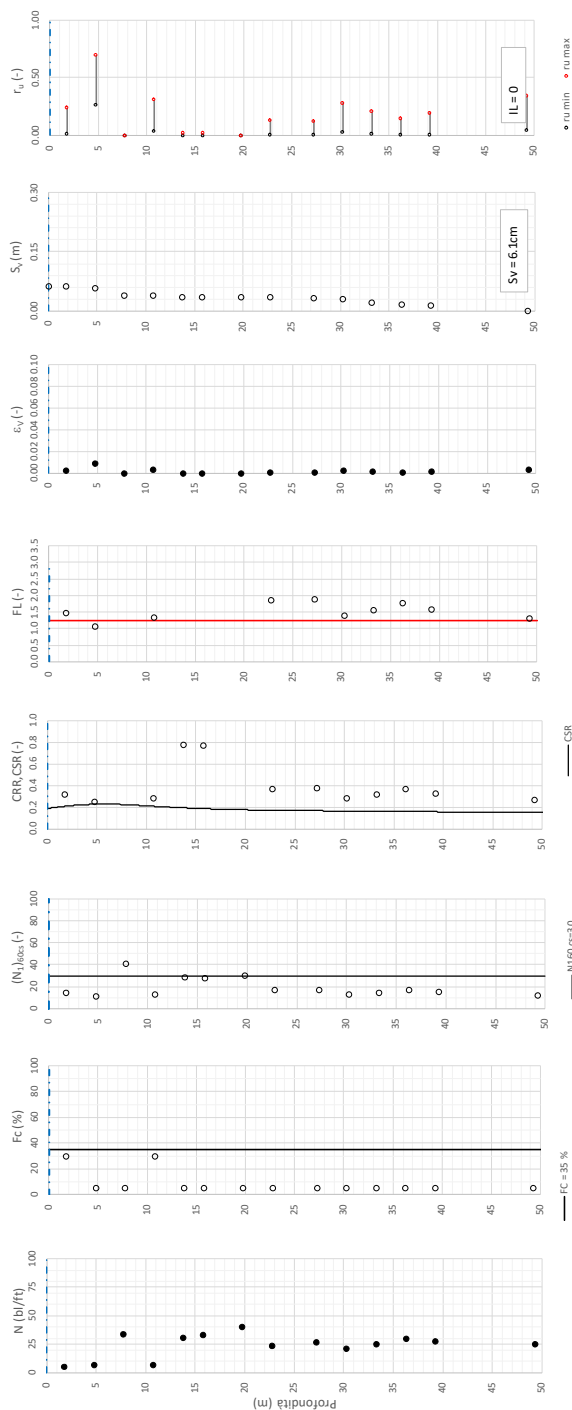
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
37 di 87

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-38 Pr. 18-850
 $a_{max} = 0.30g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 6m



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

Figlio: verifica liquefazione Ngs v. 102

Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-38

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
38 di 87

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU-9V km18+910
 $A_{max_calc} / g = 0.301$ $M_{calc} = 6$ Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2
 Riempimento $h = 6$ m Sovraccarico = 0 kPa

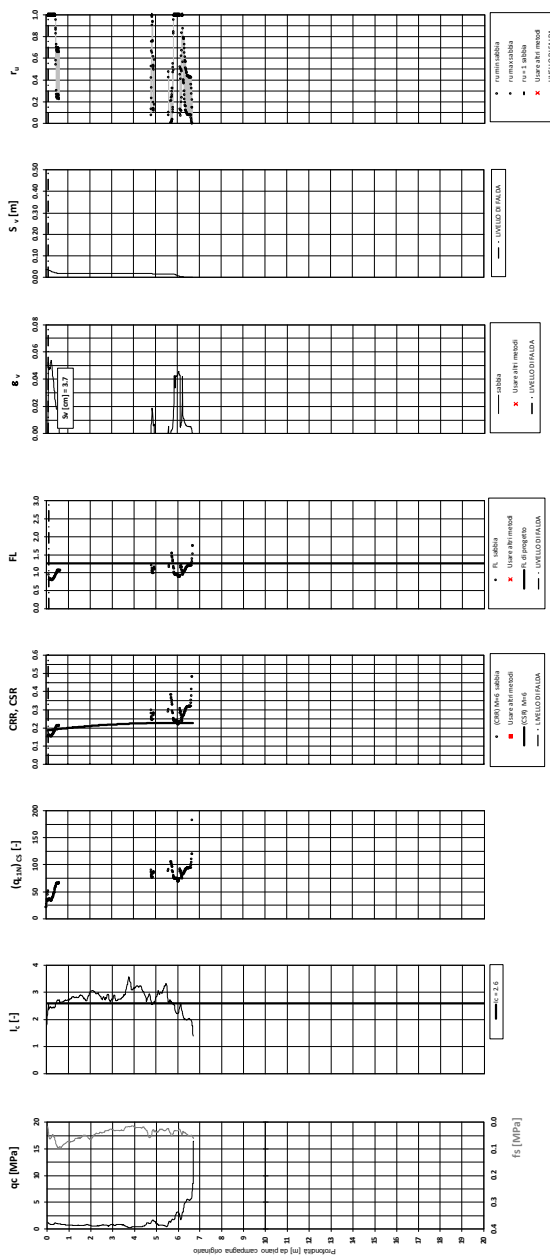


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU9V

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
39 di 87

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova BH6V Pr. 18+940
 $A_{max_calc} / \beta = 0.301$ $M_{calc} = 6$ Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2
 Rimpimento $h = 6$ m Sovraccarico = 0 kPa

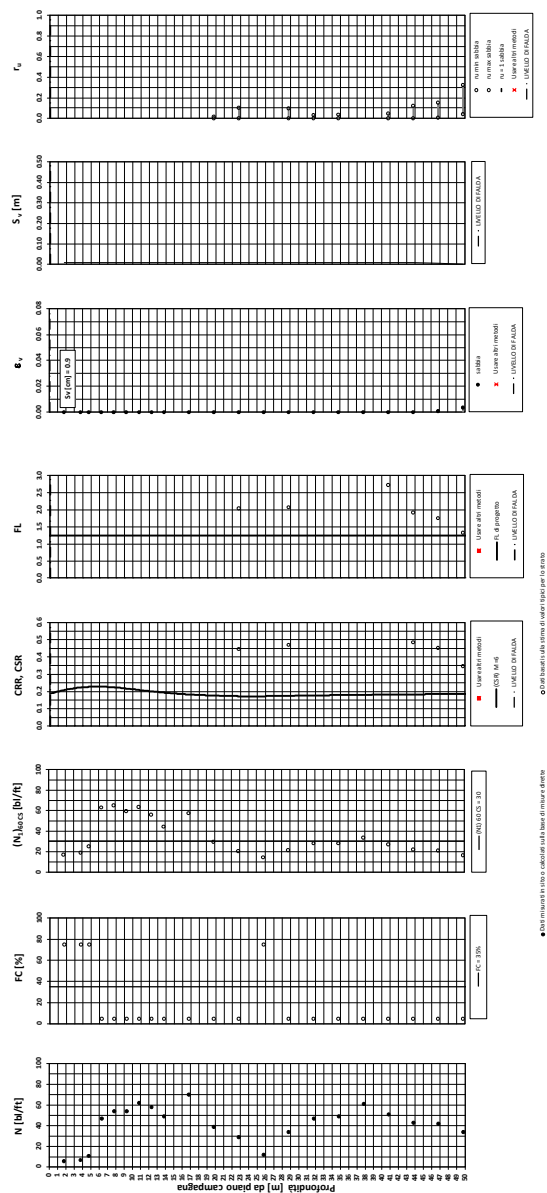


Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati BH6V

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
40 di 87

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU-10V Pr. 19+060
 $A_{max_calc} / g = 0.301$ $M_{calc} = 6$ Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2
 Riempimento $h = 6$ m Sovraccarico = 0 kPa

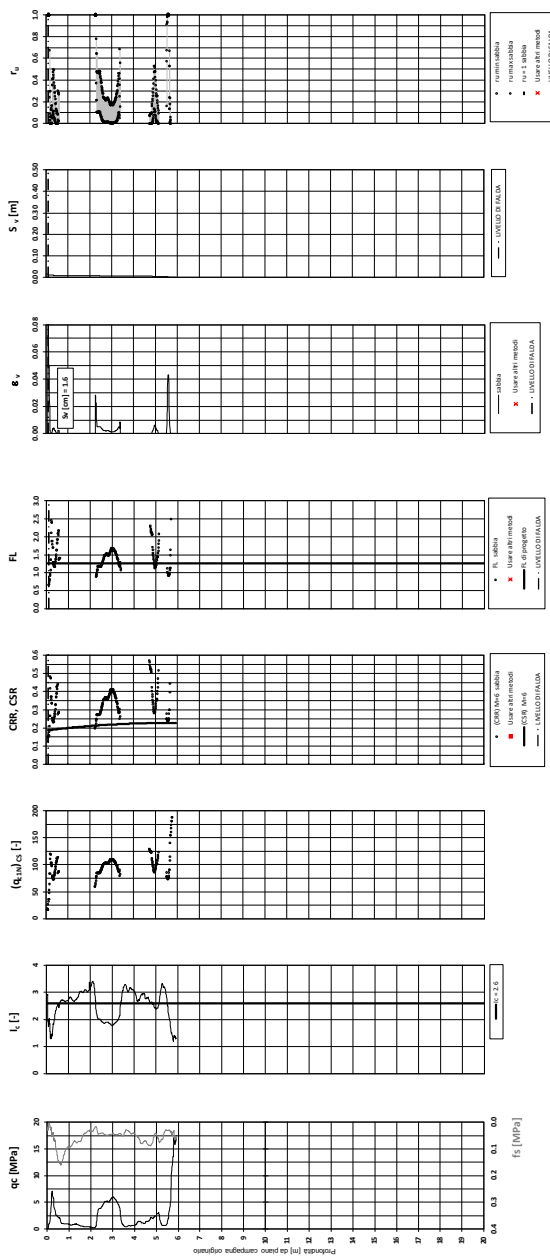


Figura 21 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU10V

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
41 di 87

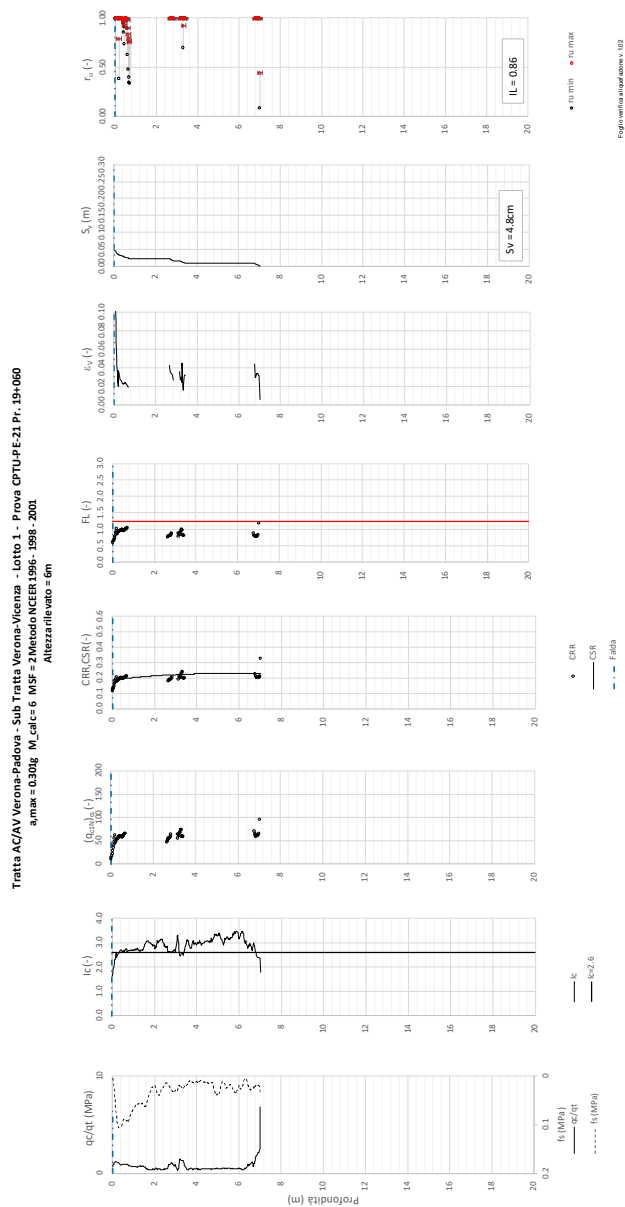


Figura 22 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-21

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
42 di 87

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU-11V km19+060
 $A_{max_calc} / g = 0.301$ $M_calc = 6$ Approccio NICEER 1996 - 1998 - 2001 NSF = 2
 Riempimento h = 6 m Sovraccarico = 0 kPa

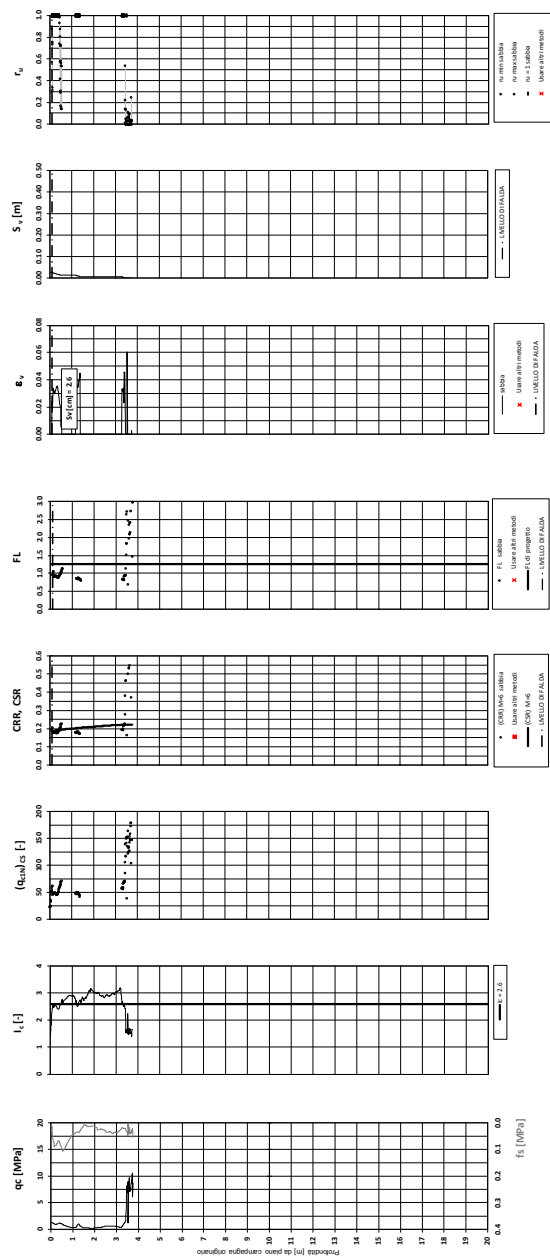




Figura 23 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU11V

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 43 di 87

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

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

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

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

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

dove:

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

R_d valore di progetto della resistenza.

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

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

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

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

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

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

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

6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)



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

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 44 di 87</p>

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 45 di 87</p>

6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

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

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

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

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



	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 46 di 87</p>

6.2.1 Azioni permanenti

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

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 25 kN/m³

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

6.2.2 Azioni variabili

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

6.2.3 Azione sismica

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

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

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

dove



β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 10)

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

g accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 47 di 87

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [29]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 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, secondo il metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2. Nelle verifiche di stabilità, la presenza di colonne è stata considerata mediante elementi verticali considerati continui, paralleli alla direzione del rilevato, e costituiti da materiali granulare con $\phi \geq 43^\circ$, e di spessore pari a:

$$B = A_{\text{colonne}}/i = (\pi \cdot D^2/4)/i, \text{ dove } i \text{ è l'interrasse fra le colonne (maglia quadrata).}$$

Si ha quindi che lo spessore dei “pannelli” di ghiaia è pari a :

$$B = 0.5 \text{ m}^2 / 2.5 \text{ m} = 0.20 \text{ m}$$

L'interrasse fra i “pannelli” è stato posto pari a quello delle colonne, di 2.50 m.



6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

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

In Figura 24 sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$F_{S_{\text{MIN}}} (\text{DA1C2}) = 1.127 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBR1340001B</p>	<p>Foglio 48 di 87</p>

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche e post sismiche

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

$$K_H = + 0.084 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

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

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

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

In Figura 25 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.117 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

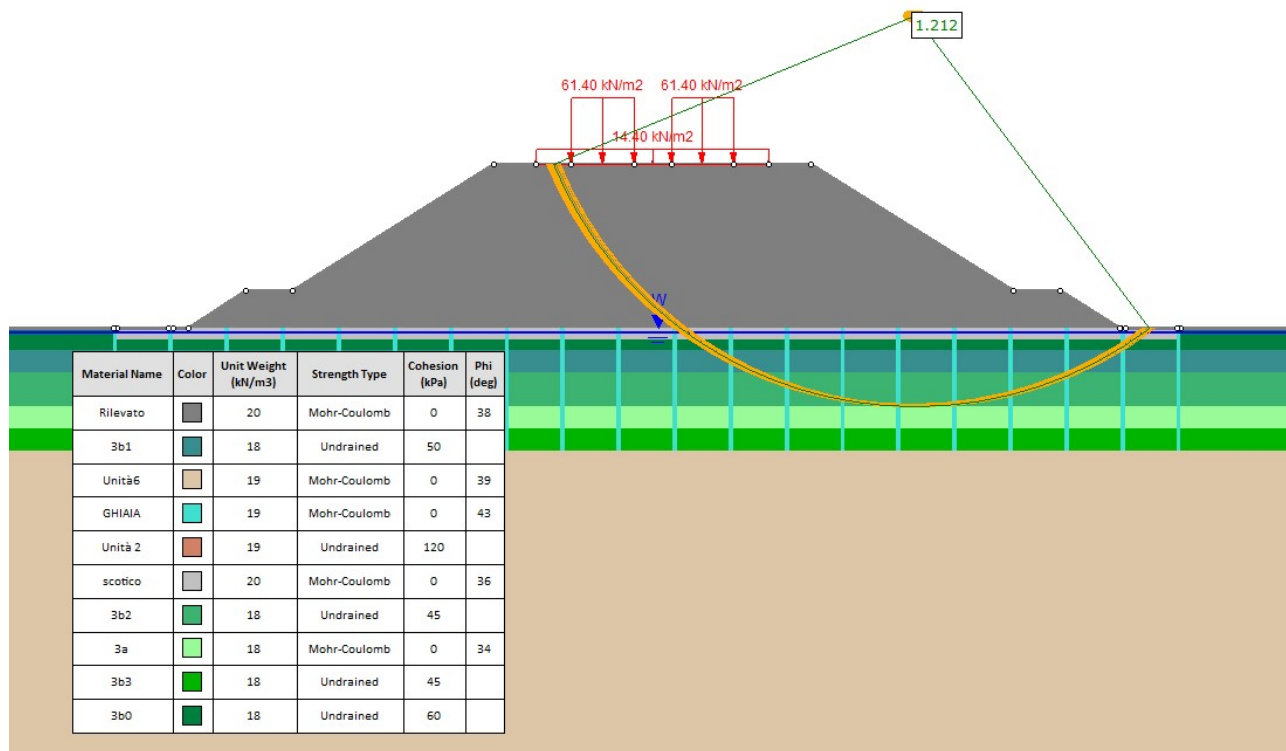


Figura 24 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

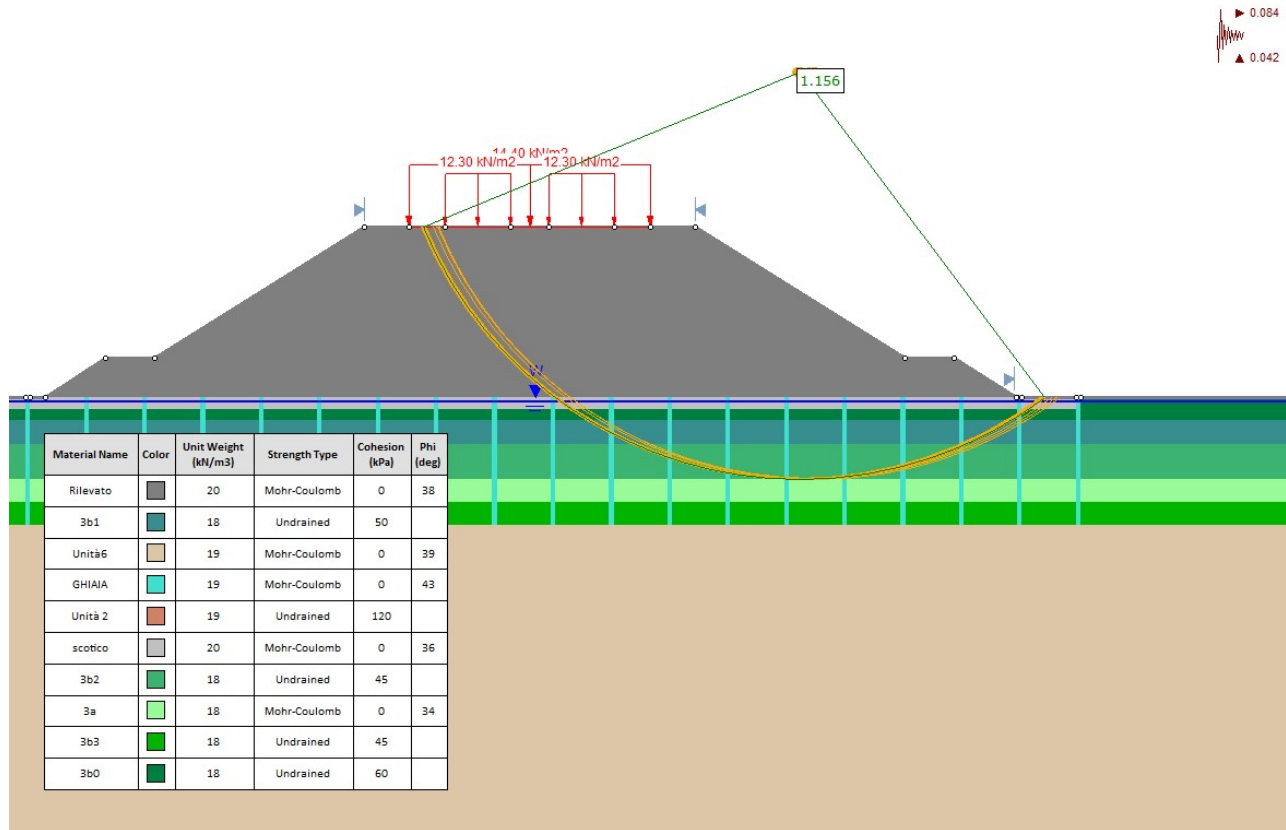




Figura 25 – Sezione A - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 50 di 87

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

q = carico applicato

ν = coefficiente di Poisson

B = semilarghezza dell'area di carico in direzione x

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

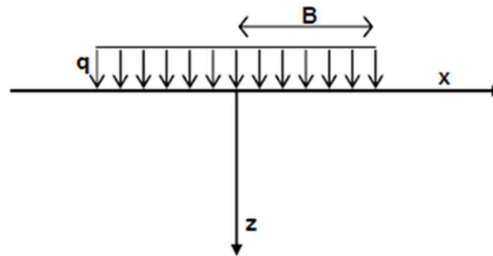


Figura 26 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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

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

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

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

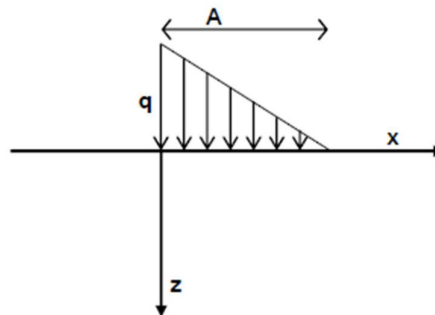




Figura 27 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 52 di 87</p>

di progetto riportata in Tabella 2. Si sono assunti i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

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

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

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

dove

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

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

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1. Il modello di calcolo, implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 8 m, è riportato in Figura 28. La larghezza del rilevato è pari a 36 m, con pendenza delle scarpate è 2V:3H. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2.



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

Per quanto concerne la deformabilità del terreno trattato con colonne di ghiaia, si può valutare un modulo equivalente dello strato trattato con colonne come media pesata fra l'area delle colonne ($A_C = \pi \cdot D^2 / 4 = 0.5 \text{ m}^2$) e quella del terreno naturale ($A_{\text{soil}} = A_{\text{TOT}} - A_C = 6.25 - 0.5 = 5.75 \text{ m}^2$).

Assumendo un modulo pari a $E = 60 \text{ Mpa}$ per la ghiaia, il modulo equivalente sarà dato da $E_{\text{eq}} = (0.5 \cdot 60 + 5.75 \cdot E'_{\text{OP}}) / 6.25$. I valori ottenuti sono riportati in Tabella 11.

Tabella 11 – Moduli equivalenti del terreno trattato con colonne in ghiaia

Unità	da m pc	a m pc	E'_{OP} MPa	E_{eq} MPa
scotico	0	0.5	20	23.2
3b1	0.5	2	6	10.3
3b2	2	3.5	3.5	8.0
3a	3.5	4.5	15	18.6
3b3	4.5	5.5	6	10.3

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI340001B	Foglio 53 di 87

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, i valori calcolati sono riportati nella Figura 29.

Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 13 cm.

Considerando che i percorsi di drenaggio sono inferiori al metro, e che le colonne agiscono in pratica come dreni verticali di diametro 80 cm, se ne conclude che i cedimenti per consolidazione saranno praticamente contestuali all'applicazione del carico.

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

Il fatto che qualche livello argilloso venga portato nel ramo della NC potrà indurre cedimenti viscosi stimabili come una frazione del primario (10-20%) e quindi dell'ordine di 1-2 cm.

In ogni caso, anche in questo caso un gran parte di questo cedimento avverrà nella fase di maturazione del rilevato.

Si considera quindi che il cedimento massimo in esercizio (dopo la posa in opera del ballast, per la vita utile dell'opera = 100 anni), sarà dell'ordine massimo del centimetro, e quindi largamente inferiore al limite tollerabile dei 5 cm.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

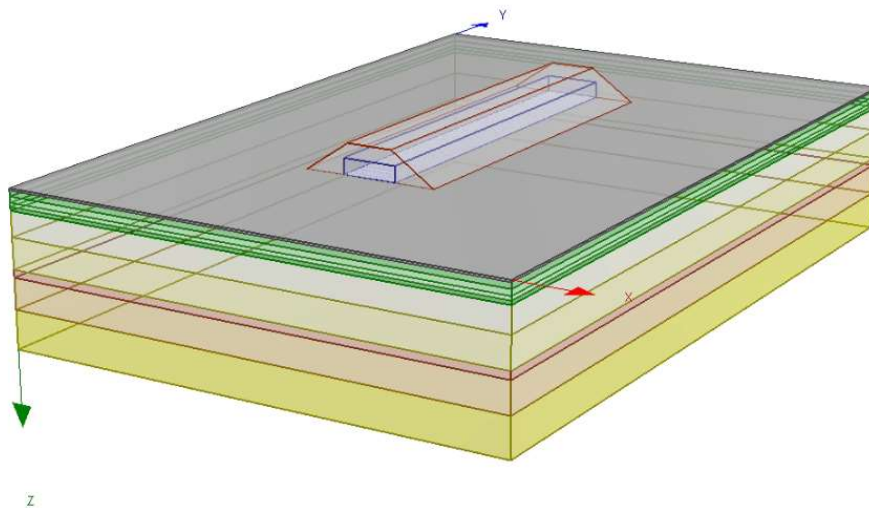


Figura 28 – Rilevato RI34 - Analisi SLE – Modello di calcolo



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

54 di 87

Ri34 : Cedimento del rilevato ferroviario linea AV

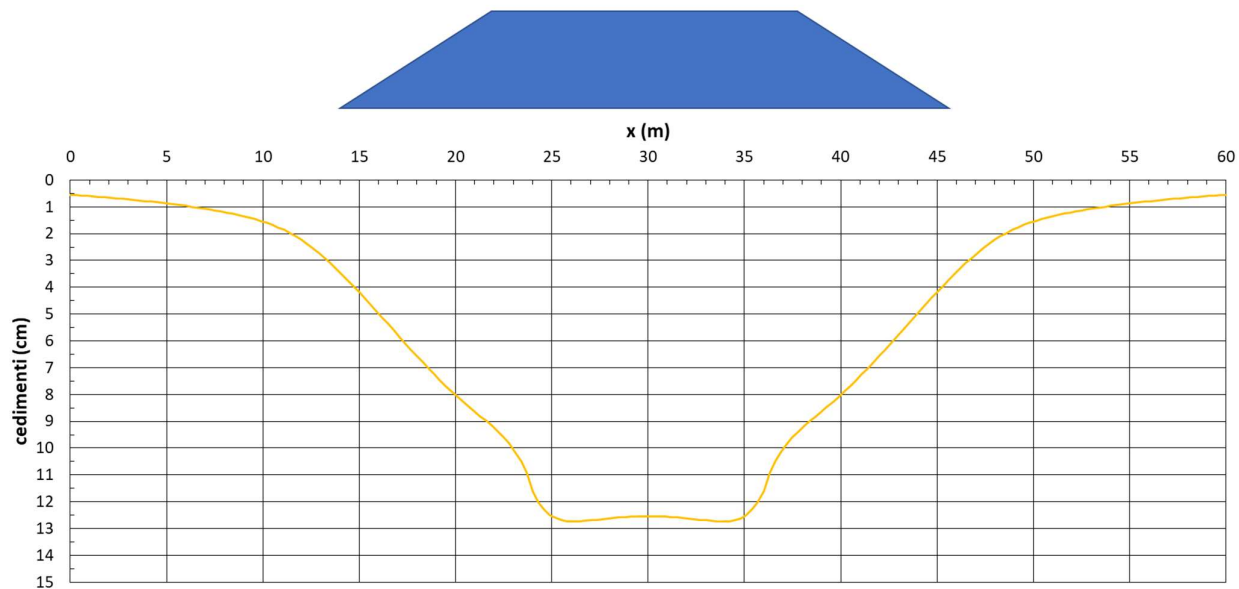


Figura 29 - Rilevato RI34 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

Ri34: Cedimento al centro del rilevato ferroviario

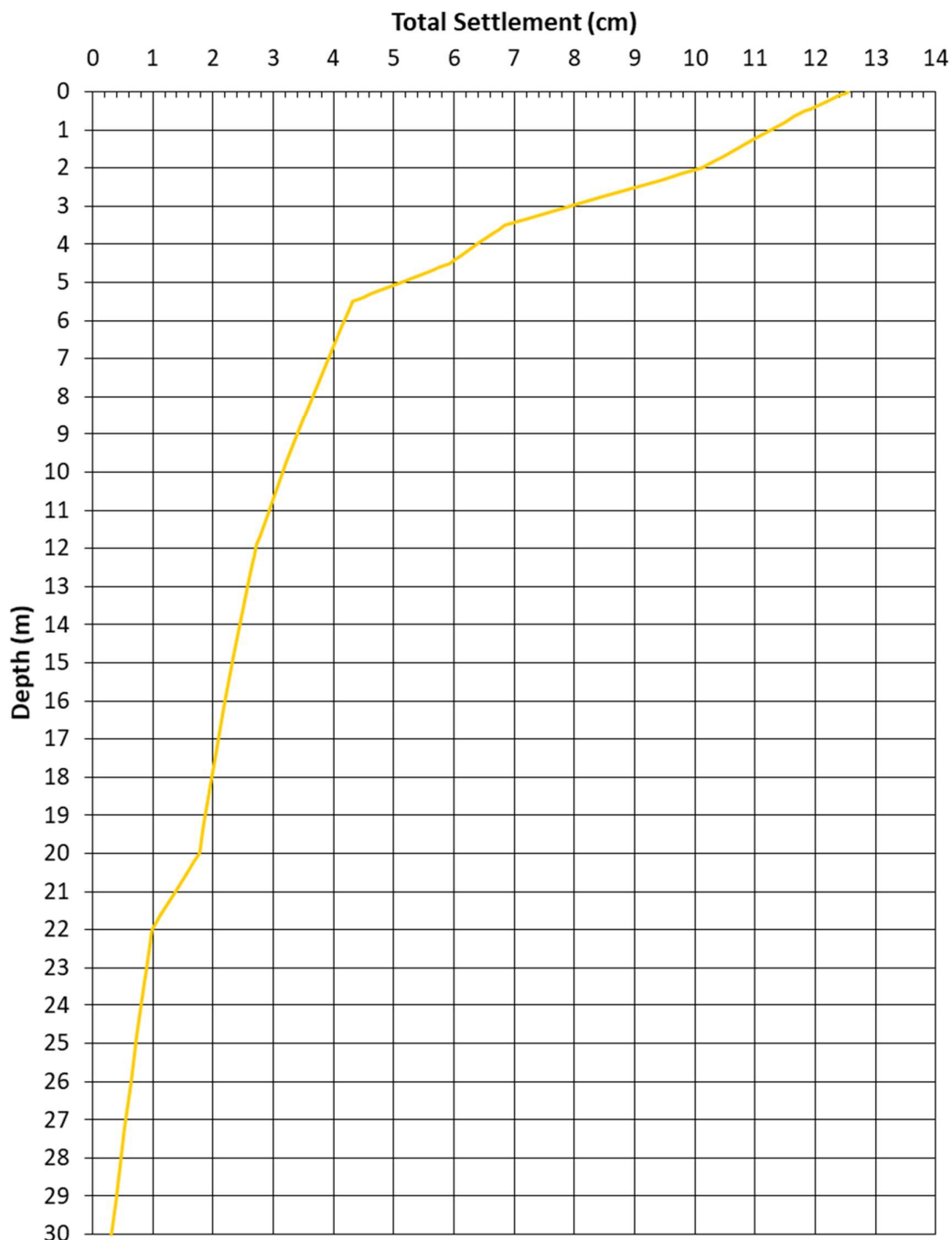




Figura 30 - Rilevato RI34 - Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 56 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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI340001B	57 di 87

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI340001B	58 di 87

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI340001B	60 di 87

ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
61 di 87

CAMPIONE RIANNEGGIATO	CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T.	CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST	SPECIEZIONE DI CAROTA	CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI	CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE	CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO	RILEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				NOTE	
							PROVA	PROVA	PROVA	PROVA		
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0,00	0,00	1,32	07/04/2015	ATREZZATURA PER SPT
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	25,00	0,00	0,00	1,32	07/04/2015	MAGLIO "NEMIT" A SONNOCCHIAMENTO AUTOMAT.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	25,00	0,00	0,00	1,32	07/04/2015	PESO MAGLIO 63,5 kg DIAMETRO PISTA 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m DIAMETRO ASTE 16 mm PUNTA CONICA CHISOL MATERIALE RIPRODOTTO DA 2 CASSETTE CATALOGATRICI E FOTOGRAFATO
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	25,00	0,00	0,00	1,32	07/04/2015	AGGOTTAMENTO IPRICO

REVISIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' m s.t.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI	N°	H	S.P.T.	
						TOURNAE	COEF. S.P.T.
	1,10	Argilla debolmente limosa manone con scrodelature oca.	1	1	0,34		
	1,20	Da argilla limosa manone con scrodelature oca a limo argilloso deb.	1	1	0,68		
	1,75	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,69		
	2,20	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	2,75	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	3,45	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	4,50	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	4,95	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	5,45	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	5,90	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	6,60	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	7,00	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	7,80	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	8,20	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	9,45	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	10,50	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	10,95	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	12,00	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	12,50	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	13,50	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	13,95	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	16,50	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	16,95	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	19,00	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	19,50	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		
	20,00	Sabbia medio fine con limo, griglia chiara bianca.	1	1	0,68		



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI340001B	62 di 87

<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIANNEGGIATO	RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE		NOTE
<input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIANNEGGIATO DA S.P.T.	<input type="checkbox"/> $\frac{m^3}{m^2}$ (in S.P.T.)	<input type="checkbox"/> $\frac{m^3}{m^2}$ (in S.P.T.)	ATTREZZATURA PER SPT MAGLIONI N. 1 SOGNO A VENTO AUTOMAT. PESO MANICATA ALZAVICOLAUTA DIAMETRO ASTE 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m UNITA' di MISURA PUNTA CONICA CRUSGA
<input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIANNEGGIATO DA VANE TEST	<input type="checkbox"/> $\frac{m^3}{m^2}$ (in V.T.)	<input type="checkbox"/> $\frac{m^3}{m^2}$ (in V.T.)	
<input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA			

SCHEDA DI SONDAGGIO		COM. 01715
SECONDO RACCOMANDAZIONI A.G.I. (1977)		PAG. 2 DI 2
Rev. 0 Data 31/12/2008	CERTIFICATO 000050500715	Dir. Ing. Davide Splendore
COMMITTENTE Iticav Due	ULTIMAZIONE 08/04/2015	
CANTIERE Linea AV/AC VR-PD Variante di San Bonifacio	PERFORAZIONE N. BHSV DATA INIZIO 07/04/2015	
COORDINATE GR: Nord	OPERATORE Sta. Marcello	
RESPONSABILE Dott. Canziani	ATTREZZATURA Punel	
Da m. 20.00 A m. 20.00	Protocollo file n. 20.00	
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' m. da S.P.T.	PROFONDITA' m. da S.P.T.
Sabbie medio fine ben gradate, ghiaia.	11 22,50 22,05	4 22,50 22,80 22,80 22,95
Sabbie fine ben gradate, ghiaia.	12 24,75 25,00	5 24,75 25,00
FINE SONDAGGIO		



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBR1340001B

Foglio

63 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° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 38
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 26/11/2020 - 29/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: NENZI, prog. 18+850	

SCALA 1 :60

STRATIGRAFIA - BH PE 38

Pagina 1/5

Profondità (m)	Litologia	Descrizione	Campioni	RP (m)	Standard Penetration Test			prove in foro	A	Pz
					S.P.T.	N	Pt			
0 - 1		Argilla da limosa a debolmente limosa e debolmente ghiaiosa, da consistente a molto consistente, colore da marrone fino a 1,00 m a marrone chiaro-ocra fino a 2,00 m; presenti screziature colore rosso e di rado nero. Tra p.c. e 0,50 m presenti residui vegetali.	SPT1) SPT _{1,55} SPT _{2,00}	1,3	1,6	2-2-3	5	A		
1 - 2		Argilla debolmente limosa, consistente, colore grigio bruno.	C1) She _{2,60} She _{3,00}	1,4						
2 - 3		Sabbia fine, da sciolta a moderatamente addensata, colore grigio bruno.		1,3						
3 - 5		Ghiaia sabbiosa medio-grossolana, colore grigio chiaro. Clasti e ciottoli da sub-arrottondati ad arrottondati, di rado angolari, Ø max. 7 cm.	SPT2) SPT _{4,55} SPT _{5,00}	4,6		3-3-4	7	A		
5 - 10		Limo argilloso, da tenero a mediamente consistente, colore da grigio scuro a nero. Tra 9,90÷10,00 m e tra 10,30÷10,50 m presenti livelli torbosi e residui ligniferi.	SPT3) SPT _{7,55} SPT _{8,00}	7,6		15-16-18	34	C		
10 - 11		Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa, addensate, colore grigio bruno. Clasti e ciottoli da sub-arrottondati ad arrottondati, Ø max. 7-8 cm.	SPT4) SPT _{10,55} SPT _{11,00}	10,6		2-3-4	7	A		

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBR1340001B

Foglio
64 di 87



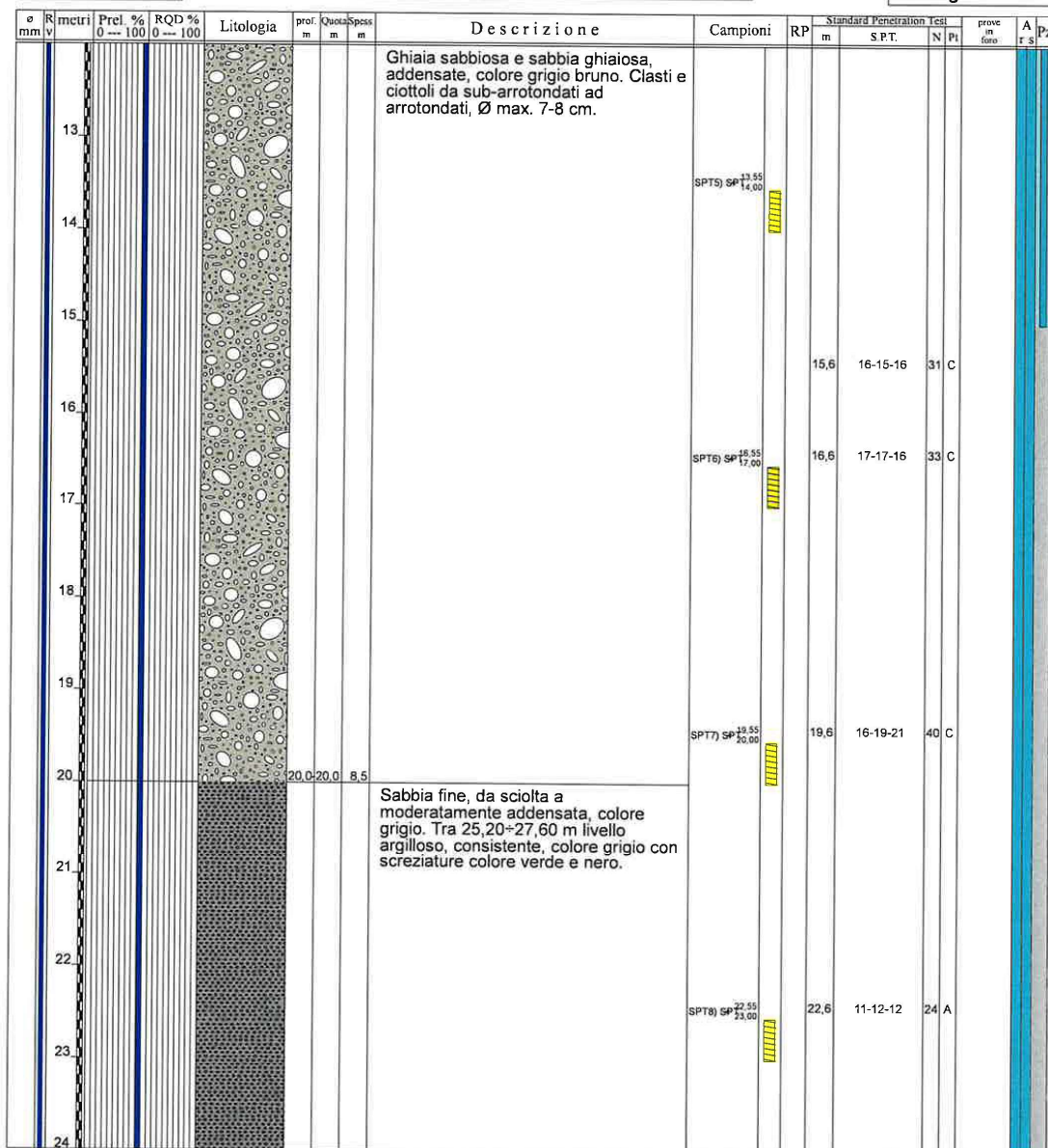
Laboratorio Sperimentale
per prove geotecniche terre, rocce e prove in situ
Via Collemaroni, 3 - San Vittore del Lazio (FR)
e-mail: info@geoserving.it

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 38
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 26/11/2020 - 29/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: NENZI, prog. 18+850	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 38

Pagina 2/5



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

65 di 87



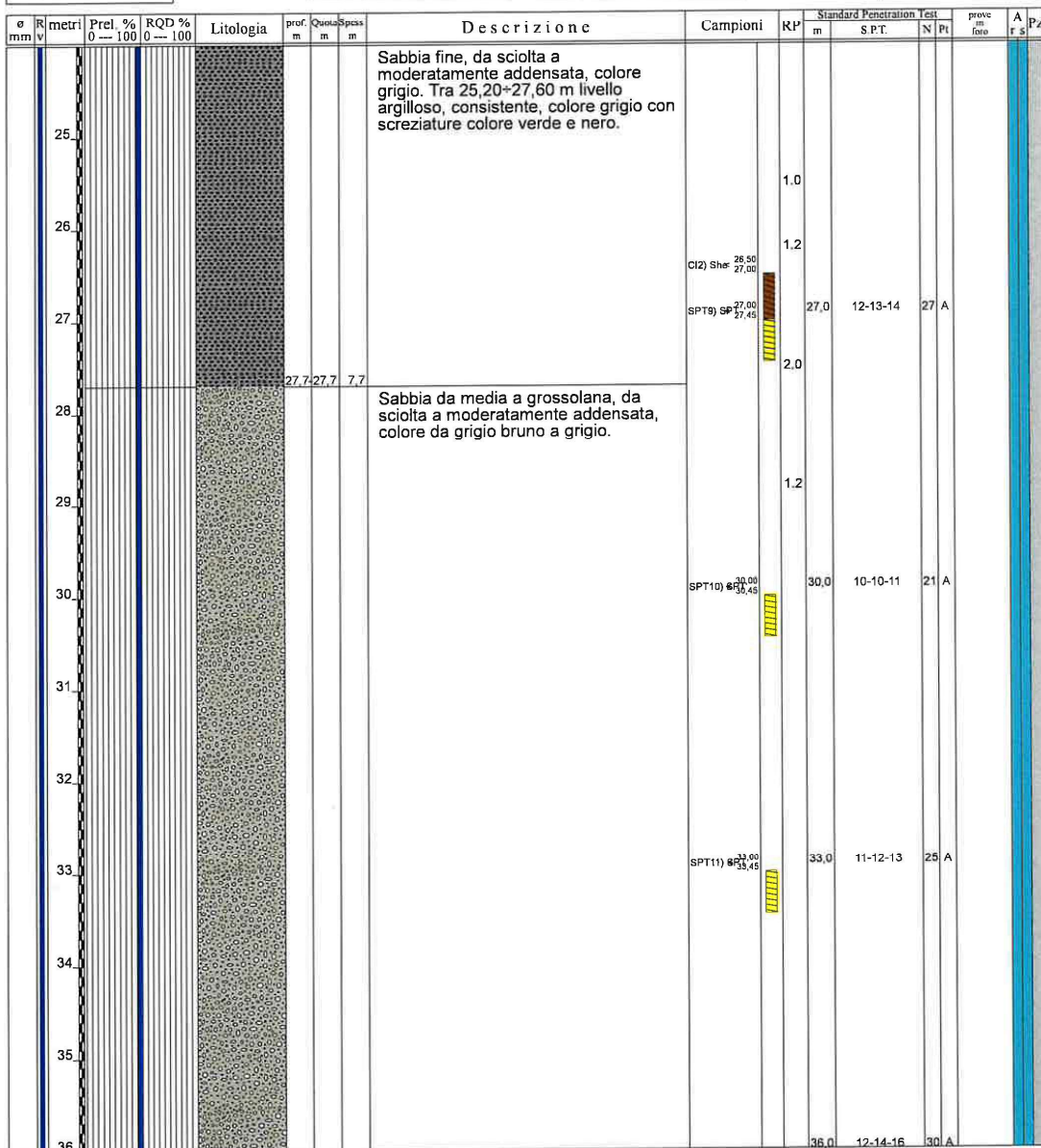
Laboratorio Sperimentale
per prove geotecniche terre, rocce e prove in situ
Via Collemaroni, 3 - San Vittore del Lazio (FR)
e-mail: info@geoserving.it

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 38
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 26/11/2020 - 29/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: NENZI, prog. 18+850	

SCALA 1 :60

STRATIGRAFIA - BH PE 38

Pagina 3/5



Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBR1340001B

Foglio

66 di 87



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

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 38
Riferimento: Linea AVIAC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 26/11/2020 - 29/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: NENZI, prog. 18+850	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 38

Pagina 4/5

Profondità (m)	R	metri	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spess. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			prove in foro	A r s	Pz
												m	S.P.T.	N			
37					Sabbia da media a grossolana, da sciolta a moderatamente addensata, colore da grigio bruno a grigio.				SPT12) 36,00 38,45								
38																	
39										SPT13) 38,00 39,45	39,0	12-14-14	28	A			
40																	
41																	
42									SPT14) 42,00 43,45	42,0	11-13-12	25	A				
43																	
44																	
45									SPT15) 45,00 46,45	45,0	16-18-20	38	A				
46																	
47																	
48											48,0	12-14-16	30	A			

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

67 di 87

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

Certificato n° del	Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 38
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 26/11/2020 - 29/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: NENZI, prog. 18+850	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 38

Pagina 5/5

σ mm	R v	mctri	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100	Litologia	prof. m	Quota m	Spese m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			prove in foto	A r s	Pz
												m	S.P.T.	N			
101	50	49				50,0	50,0	22,3	Sabbia da media a grossolana, da sciolta a moderatamente addensata, colore da grigio bruno a grigio.	SPT(16) 6 48,45							

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 2 campioni indisturbati.
Prelevati n. 16 campioni rimaneggiati S.P.T.
Eseguite n. 16 prove S.P.T.
Installato tubo piezometrico a tubo aperto da 2" fino a 15,00 m da p.c.
Installato pozzetto carrabile in pvc.
Approvvigionamento e trasporto di acqua necessaria per la perforazione.

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gerardo Barrasso

Il Responsabile della Commessa
dott.geol. Giuseppe Pacitti


Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBR1340001B

Foglio
68 di 87

PRONOME	RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE		NOTE
	PROF. FORO (PUNTA FAC)	Da Testa (Data) / Da Base (Data)	
<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input checked="" type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INOSTURBATO PARETI BOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INOSTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INOSTURBATO ROTATIVO	PRONOME <input type="checkbox"/> PERMEAB. <input type="checkbox"/> SCA. <input type="checkbox"/> VANE TEST <input type="checkbox"/> PERMEAB. L'EFRAHC <input type="checkbox"/> PERMEAB. L'UGEDON	DATA 05/03/2015	ATTREZZATURA PER SPT MAGLIO "NENZI" A SGANCIAMENTO AUTOMAT. PESO MAGLIO 63,5 Kg ALTEZZA CADUTA 76 cm DIAMETRO ASTE 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CONICA CHIUSA <input type="checkbox"/> MATERIALE RIPOSTO IN N°10 SOTTOPASTIGLIE IN CEMENTAZIONE E FOTOGRAFATO N° 5 GIORNI  POZZETTO IN CALCESTRUZZO CON MAGLIO CROCEBALLE IN CHIUSA DIA. 30x35 cm ESEGUITA IND. GEODRAMAR
CAMPIONI RIMANEGGIATI			
PROVA	PROVA	PROVA	
L'UGEDON PERMEAB. SCA. VANE TEST PERMEAB. L'EFRAHC PERMEAB. L'UGEDON	PROVA PROFONDETTA NUMERO L'UGEDON > 50 cm 5-10 cm < 5 cm	METODO DI PERFORAZIONE CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm CAROTTAGGIO CONTINUO A SECCO	DATA 06/03/2015
L'UGEDON PERMEAB. SCA. VANE TEST PERMEAB. L'EFRAHC PERMEAB. L'UGEDON	PROVA PROFONDETTA NUMERO L'UGEDON > 50 cm 5-10 cm < 5 cm	METODO DI PERFORAZIONE CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm CAROTTAGGIO CONTINUO A SECCO	DATA 06/03/2015

SCHEDE DI SONDAGGIO		COMM. cm071/15	
REV 0	DATA	CERTIFICATO	SECONDO RACCOMANDAZIONI A.C.I. (1977)
	31/12/2008	cert006cm071/15	DI 3
COMMITTENTE IricAV Due		CANTIERE Linea AVIAC VR-PD Variante di San Bonifacio	
PERFORAZIONE N. 4848		DATA INIZIO 05/03/2015	
COORDINATE GB: Nord		Quota s.l.m.m.	
RESPONSABILE: Dott. Carlucci		ATTREZZATURA: Corme.italia	
DATA	ORA	PROFONDITÀ	PROFONDITÀ
05/03/2015	08:00	0,50	0,50
		1,30	1,30
		2,50	2,50
		3,60	3,60
		4,60	4,60
		5,60	5,60
		6,45	6,45
		8,00	8,00
		9,45	9,45
		13,50	13,50
		13,95	13,95
		19,50	19,50
		19,95	19,95
		18,50	18,50
		18,95	18,95
		16,80	16,80
		16,95	16,95
		11	11
		20	20
		19,95	19,95
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITÀ	PROFONDITÀ	PROFONDITÀ
Ripetitoraggia limosa con sabbia e ghiglia.	0,50	0,50	0,50
Argilla debolmente limosa, compatta, manose.	1,30	1,30	1,30
Sabbia con limo argilloso manose.	1,50	1,50	1,50
Argilla debolmente limosa, molle, da marrone a ghiglia. Presenza di punti neri torbosi.	2,50	2,50	2,50
Limo con argilla, organico, molle, ghiglia.	3,60	3,60	3,60
Argilla organica, plastica.	4,60	4,60	4,60
Limo argilloso organico ghiglia.	5,60	5,60	5,60
Ghiale eterometrica sabbiosa suberosondata, talora con detriti di varie litologie (porfidi, calcari, graniti).	6,45	6,45	6,45
	8,00	8,00	8,00
	9,45	9,45	9,45
	13,50	13,50	13,50
	13,95	13,95	13,95
	19,50	19,50	19,50
	19,95	19,95	19,95
	18,50	18,50	18,50
	18,95	18,95	18,95
	16,80	16,80	16,80
	16,95	16,95	16,95
	11	11	11
	20	20	20
	19,95	19,95	19,95



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
69 di 87

PROVE IN FORO	RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				PERMEABILITÀ	DATA	NOTE
	PROF. (PROF. N° 105)	Da (m)	Fin (m)	Data			
<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PITONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO	RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE PROF. (PROF. N° 105) (in G.P.C.) Da (m) Fin (m) Data					ATTREZZATURA PER SPT MAGLIO "NEMO" A SCANCIAMENTO AUTOMAT. PESO MAGLIO 63,5 Kg ALTEZZA CADUTA 78 cm DIAMETRO ASTE 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA Raymond PUNTA CONICA CHIUSA	
PROVE IN FORO	RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				PERMEABILITÀ	DATA	NOTE
PROF. (PROF. N° 105)	Da (m)	Fin (m)	Data				
<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PITONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO	RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE PROF. (PROF. N° 105) (in G.P.C.) Da (m) Fin (m) Data					ATTREZZATURA PER SPT MAGLIO "NEMO" A SCANCIAMENTO AUTOMAT. PESO MAGLIO 63,5 Kg ALTEZZA CADUTA 78 cm DIAMETRO ASTE 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA Raymond PUNTA CONICA CHIUSA	

Descrizione	PROFONDITÀ (m da broda)		S.P.T.
	IN	FIN	
Idem c.s.	20,50	40,00	
Sabbia medio fine deboleltre limosa argilla.	22,50	22,85	0
	22,85	22,95	16
	22,95	22,95	13
	24,00	24,50	
	24,50	24,50	
	25,50	25,50	10
	25,50	25,50	7
	25,50	25,50	7
	26,00	26,00	1,4
	26,00	26,00	2,0
	26,50	26,50	1,5
	28,50	28,50	12
	28,50	28,50	17
	28,80	28,80	17
	28,85	28,85	17
	31,50	31,50	18
	31,85	31,85	22
	31,80	31,80	25
	31,95	31,95	25
	33,00	33,00	
	33,50	33,50	
	34,50	34,50	22
	34,85	34,85	27
	34,80	34,80	27
	34,95	34,95	27
	37,50	37,50	28
	37,85	37,85	27
	37,80	37,80	34
	37,95	37,95	34



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBR1340001B

Foglio
70 di 87

RILEVATO IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE		PROVE		STRUMENTAZIONE		METODO DI PERFORAZIONE		ATTREZZI DI PERFORAZIONE		INVESTIMENTO		NOTE	
PROF. (cm) (in DA P.C.)	PROF. (cm) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)	Da (m) (in DA P.C.)
<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO													
PROVE IN FORO: <input type="checkbox"/> PERMEAB., LEFRANC <input type="checkbox"/> VANE TEST <input type="checkbox"/> PRESSIOMETRO MENARD <input type="checkbox"/> STRUMENTAZIONE													
DESCRIZIONE STRUTTURALE 100 CEMENTAZIONE TUBO PVC Ø 3" PER PROVA CROSS HOLE Ø 152 mm CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO DATA 09/03/2015													

SCHEDA DI SONDAGGIO		CANTIERE		OPERATORE		OPERAZIONE		STRATIGRAFICA		PROFONDITÀ		S.P.T.	
Rev. 0	Data	PERFORAZIONE N.	DATA INIZIO	COORDINATE GB: Nord	EM	Da (m)	A (m)	Da (m)	A (m)	Da (m)	A (m)	Da (m)	A (m)
0	31/12/2008	Linea AVIAC VR-PD Variante di San Bonifacio	11/03/2015	885V	EM	40,50	50,00	17	40,50	17	40,50	24	40,50
DESCRIZIONE STRUTTURALE Sabbia medio fine debolmente limosa, argilla.													
FINE SONDAGGIO													



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI340001B	71 di 87

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE- ANALISI SLU STATICA

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: ri34_2.5stat43
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBR1340001B

Foglio

73 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 25

Groundwater Analysis

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]: 4
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

3 Distributed Loads present

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Material Properties



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

74 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 25

Property	Rilevato	3b1	Unità6	GHIAIA	Unità 2	scotico	3b2	3a
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	19	20	18	18
Cohesion [kPa]	0		0	0		0		0
Friction Angle [deg]	38		39	43		36		34
Cohesion Type		50			120		45	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	0	1	0	0

Property	3b3	3b0
Color		
Strength Type	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m3]	18	18
Cohesion Type	45	60
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.211860
Center:	52.439, 35.964
Radius:	17.468
Left Slip Surface Endpoint:	36.289, 29.308
Right Slip Surface Endpoint:	62.933, 22.000
Resisting Moment:	24289.4 kN-m
Driving Moment:	20043.1 kN-m
Total Slice Area:	163.748 m2
Surface Horizontal Width:	26.6439 m
Surface Average Height:	6.14581 m

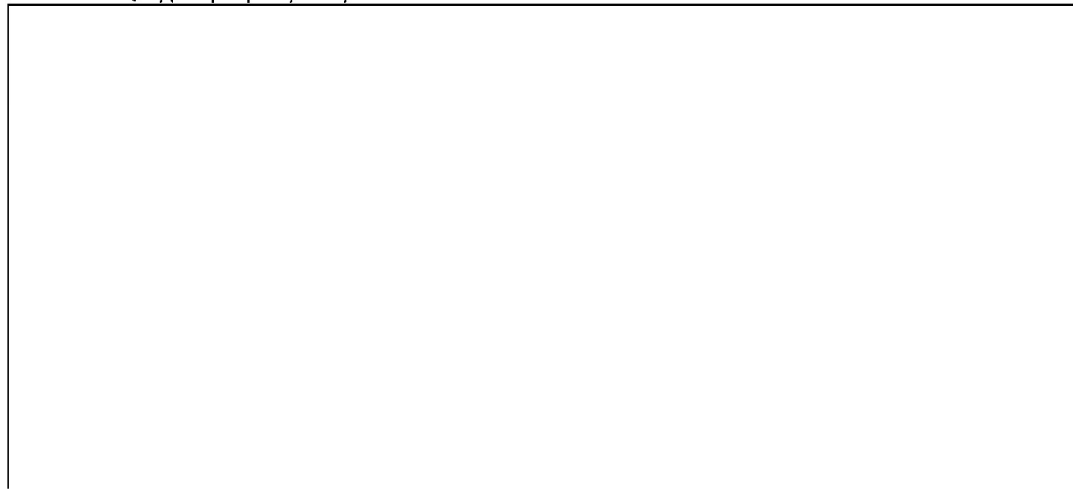
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1957
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.21186





Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBR1340001B

Foglio
75 di 87

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 25

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	0.628416	8.52637	-65.1484	Rilevato	0	32.0066	7.88149	9.55126	15.2813	0	15.2813	32.2981	32.2981
2	0.628416	24.06	-60.5956	Rilevato	0	32.0066	29.9325	36.274	58.0357	0	58.0357	111.148	111.148
3	0.628416	37.0613	-56.6223	Rilevato	0	32.0066	45.5794	55.2359	88.3738	0	88.3738	157.557	157.557
4	0.628416	48.3026	-53.0345	Rilevato	0	32.0066	53.6928	65.0682	104.105	0	104.105	175.447	175.447
5	0.628416	58.2106	-49.7258	Rilevato	0	32.0066	61.3036	74.2914	118.861	0	118.861	191.214	191.214
6	0.628416	67.0518	-46.6302	Rilevato	0	32.0066	62.5657	75.8209	121.308	0	121.308	187.539	187.539
7	0.628416	75.0065	-43.7034	Rilevato	0	32.0066	47.711	57.819	92.5062	0	92.5062	138.105	138.105
8	0.628416	82.2032	-40.9137	Rilevato	0	32.0066	53.3081	64.602	103.358	0	103.358	149.558	149.558
9	0.628416	88.7375	-38.2375	Rilevato	0	32.0066	76.1255	92.2534	147.599	0	147.599	207.584	207.584
10	0.27155	40.2329	-36.3721	scotico	0	30.1666	87.4499	105.977	182.33	0	182.33	246.738	246.738
11	0.429077	65.7175	-34.9603	scotico	0	30.1666	89.8891	108.933	188.889	1.4715	187.417	251.737	250.266
12	0.782476	125.713	-32.5785	3b0	42.8571	0	35.3647	42.8571	236.615	0	236.615	259.213	259.213
13	0.720399	121.645	-29.6951	3b1	35.7143	0	29.4706	35.7143	250.602	0	250.602	267.408	267.408
14	0.2	34.7949	-27.9635	GHIAIA	0	36.7234	120.701	146.273	208.473	12.399	196.074	272.552	260.153
15	0.500234	88.4052	-26.674	3b1	35.7143	0	29.4706	35.7143	184.096	0	184.096	198.901	198.901
16	0.500234	90.5797	-24.8517	3b1	35.7143	0	29.4706	35.7143	186.153	0	186.153	199.803	199.803
17	0.649766	120.608	-22.7915	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	191.363	0	191.363	202.508	202.508
18	0.649766	123.625	-20.4978	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	180.351	0	180.351	190.266	190.266
19	0.2	38.9235	-19.0131	GHIAIA	0	36.7234	87.138	105.599	164.609	23.0573	141.552	194.635	171.578
20	0.766667	150.146	-17.3487	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	187.562	0	187.562	195.848	195.848
21	0.766667	151.319	-14.7311	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	190.403	0	190.403	197.377	197.377
22	0.766667	146.797	-12.1446	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	185.77	0	185.77	191.478	191.478
23	0.2	37.8914	-10.5247	GHIAIA	0	36.7234	88.3551	107.074	173.051	29.5231	143.528	189.466	159.943
24	0.766667	140.007	-8.91819	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	178.458	0	178.458	182.62	182.62
25	0.766667	134.075	-6.38001	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	171.916	0	171.916	174.882	174.882
26	0.766667	127.669	-3.85437	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	164.739	0	164.739	166.526	166.526
27	0.2	32.7008	-2.26578	GHIAIA	0	36.7234	78.8658	95.5743	160.386	32.272	128.114	163.506	131.234
28	0.233392	36.9767	-1.55459	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	157.712	0	157.712	158.432	158.432
29	0.714359	108.983	0	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	152.561	0	152.561	152.561	152.561
30	0.676125	97.1049	2.2815	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	144.676	0	144.676	143.619	143.619
31	0.676125	90.8977	4.50371	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	136.527	0	136.527	134.438	134.438
32	0.2	26.1403	5.94589	GHIAIA	0	36.7234	65.2589	79.0847	137.494	31.4841	106.01	130.698	99.2135
33	0.575	70.4953	7.2263	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	125.962	0	125.962	122.598	122.598
34	0.575	65.5033	9.1321	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	118.18	0	118.18	113.916	113.916
35	0.575	60.3076	11.0482	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	110.059	0	110.059	104.88	104.88
36	0.575	54.9046	12.9768	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	101.595	0	101.595	95.4826	95.4826
37	0.2	18.1922	14.2831	GHIAIA	0	36.7234	46.6067	56.4808	102.819	27.109	75.7103	90.954	63.845
38	0.766667	65.5758	15.9293	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	93.0994	0	93.0994	85.5293	85.5293
39	0.766667	62.2895	18.5635	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	90.1492	0	90.1492	81.2419	81.2419
40	0.766667	58.1308	21.2391	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	86.1253	0	86.1253	75.8167	75.8167
41	0.2	13.9621	22.9444	GHIAIA	0	36.7234	42.42	51.4071	87.7579	18.8485	68.9094	69.8002	50.9517
42	0.180675	11.7129	23.6241	3b2	32.1429	0	26.5236	32.1429	76.4226	0	76.4226	64.8215	64.8215
43	0.640289	36.0271	25.1072	3b1	35.7143	0	29.4706	35.7143	70.0684	0	70.0684	56.2588	56.2588
44	0.640289	27.2382	27.4504	3b1	35.7143	0	29.4706	35.7143	57.8404	0	57.8404	42.5314	42.5314
45	0.640289	18.0612	29.8446	3b1	35.7143	0	29.4706	35.7143	45.1064	0	45.1064	28.1979	28.1979
46	0.198459	3.6957	31.4368	3b0	42.8571	0	35.3647	42.8571	40.2271	0	40.2271	18.6092	18.6092
47	0.2	3.09965	32.206	GHIAIA	0	36.7234	9.5063	11.5203	21.4825	6.03999	15.4426	15.4947	9.45473
48	0.384017	4.71357	33.3476	3b0	42.8571	0	35.3647	42.8571	35.533	0	35.533	12.2607	12.2607
49	0.429077	3.00354	34.9603	scotico	0	30.1666	3.98819	4.83313	9.78679	1.4715	8.31529	6.99835	5.52685
50	0.27155	0.543101	36.3721	scotico	0	30.1666	1.48269	1.79681	3.09136	0	3.09136	1.99934	1.99934

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.21186

--



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

76 di 87



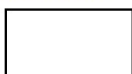
Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.2889	29.308	0	0	0
2	36.9173	27.9512	15.7838	0	0
3	37.5458	26.8361	61.6983	0	0
4	38.1742	25.8823	117.367	0	0
5	38.8026	25.0473	170.571	0	0
6	39.431	24.3056	220.226	0	0
7	40.0594	23.6404	261.63	0	0
8	40.6878	23.0398	287.225	0	0
9	41.3163	22.4952	310.036	0	0
10	41.9447	22	335.313	0	0
11	42.2162	21.8	348.047	0	0
12	42.6453	21.5	366.167	0	0
13	43.4278	21	456.819	0	0
14	44.1482	20.5892	538.554	0	0
15	44.3482	20.483	536.564	0	0
16	44.8484	20.2317	568.095	0	0
17	45.3486	20	596.491	0	0
18	45.9984	19.727	631.513	0	0
19	46.6482	19.4841	658.098	0	0
20	46.8482	19.4152	652.025	0	0
21	47.6148	19.1756	676.625	0	0
22	48.3815	18.9741	694.683	0	0
23	49.1482	18.8091	705.009	0	0
24	49.3482	18.7719	693.778	0	0
25	50.1148	18.6516	694.925	0	0
26	50.8815	18.5659	689.34	0	0
27	51.6482	18.5142	677.527	0	0
28	51.8482	18.5063	663.032	0	0
29	52.0816	18.5	657.844	0	0
30	52.7959	18.5	638.908	0	0
31	53.4721	18.5269	617.088	0	0
32	54.1482	18.5802	591.895	0	0
33	54.3482	18.601	575.987	0	0
34	54.9232	18.6739	551.561	0	0
35	55.4982	18.7664	525.396	0	0
36	56.0732	18.8786	497.798	0	0
37	56.6482	19.0111	469.094	0	0
38	56.8482	19.0621	454.543	0	0
39	57.6148	19.2809	413.849	0	0
40	58.3815	19.5383	370.315	0	0
41	59.1482	19.8363	324.33	0	0
42	59.3482	19.921	308.421	0	0
43	59.5289	20	297.592	0	0
44	60.1691	20.3	257.711	0	0
45	60.8094	20.6326	219.614	0	0
46	61.4497	21	184.185	0	0
47	61.6482	21.1213	172.291	0	0
48	61.8482	21.2473	167.684	0	0
49	62.2322	21.5	145.132	0	0
50	62.6613	21.8	140.486	0	0
51	62.9328	22	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	21.8
83	21.8

Distributed Load



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI340001B	77 di 87

ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: ri34_2.5sism43
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

79 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 25

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]: 4
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.084
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.042

3 Distributed Loads present

Distributed Load 1

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

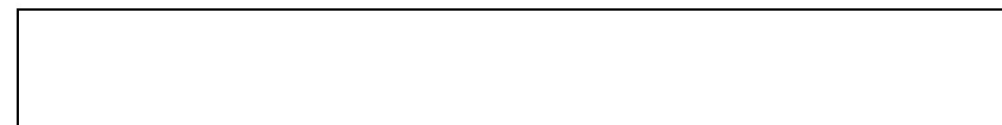
Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Material Properties





Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
80 di 87



Property	Rilevato	3b1	Unità6	GHIAIA	Unità 2	scotico	3b2	3a
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	18	19	19	19	20	18	18
Cohesion [kPa]	0		0	0		0		0
Friction Angle [deg]	38		39	43		36		34
Cohesion Type		50			120		45	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	0	1	0	0

Property	3b3	3b0
Color		
Strength Type	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	18	18
Cohesion Type	45	60
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.155570
Center:	52.327, 35.967
Radius:	17.473
Left Slip Surface Endpoint:	36.172, 29.308
Right Slip Surface Endpoint:	62.826, 22.000
Resisting Moment:	20614.1 kN-m
Driving Moment:	17838.9 kN-m
Total Slice Area:	164.668 m ²
Surface Horizontal Width:	26.6543 m
Surface Average Height:	6.17792 m

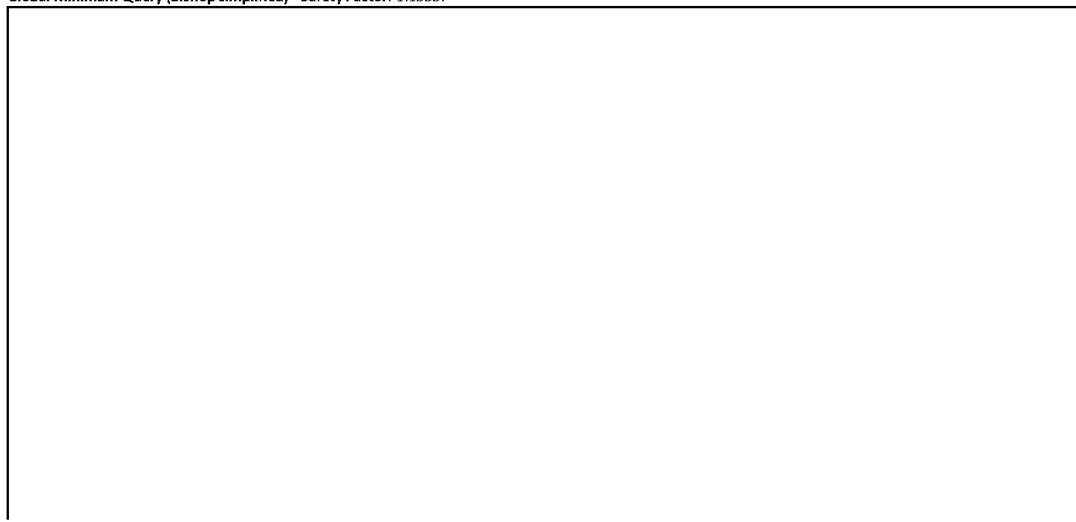
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1892
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15557





Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI340001B

Foglio
81 di 87

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 25

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	0.628325	8.52369	-65.1478	Rilevato	0	32.0066	6.8363	7.89982	12.6391	0	12.6391	27.3989	27.3989
2	0.628325	24.053	-60.5971	Rilevato	0	32.0066	15.766	18.2187	29.1487	0	29.1487	57.1255	57.1255
3	0.628325	37.0517	-56.6253	Rilevato	0	32.0066	24.7114	28.5557	45.6869	0	45.6869	83.1998	83.1998
4	0.628325	48.2913	-53.0388	Rilevato	0	32.0066	31.5751	36.4872	58.3769	0	58.3769	100.337	100.337
5	0.628325	58.1981	-49.7313	Rilevato	0	32.0066	38.1089	44.0375	70.4567	0	70.4567	115.443	115.443
6	0.628325	67.0387	-46.6368	Rilevato	0	32.0066	44.1895	51.0641	81.6989	0	81.6989	128.488	128.488
7	0.628325	74.993	-43.7109	Rilevato	0	32.0066	45.9031	53.0443	84.867	0	84.867	128.75	128.75
8	0.628325	82.1897	-40.9221	Rilevato	0	32.0066	51.4493	59.4533	95.121	0	95.121	139.723	139.723
9	0.628325	88.724	-38.2468	Rilevato	0	32.0066	58.671	67.7985	108.473	0	108.473	154.72	154.72
10	0.0212542	3.10974	-36.8914	GHIAIA	0	36.7234	72.5685	83.858	112.408	0	112.408	166.877	166.877
11	0.250197	37.109	-36.3385	scotico	0	30.1666	61.9733	71.6145	123.211	0	123.211	168.799	168.799
12	0.428905	65.691	-34.9711	scotico	0	30.1666	63.9848	73.9389	128.682	1.4715	127.21	173.436	171.965
13	0.782105	125.653	-32.5908	3b0	42.8571	0	37.0874	42.8571	156.907	0	156.907	180.617	180.617
14	0.838794	142.116	-29.4886	3b1	35.7143	0	30.9062	35.7143	171.539	0	171.539	189.017	189.017
15	0.2	35.0327	-27.5386	GHIAIA	0	36.7234	87.665	101.303	148.805	13.0128	135.792	194.516	181.503
16	0.880734	157.975	-25.5679	3b1	35.7143	0	30.9062	35.7143	171.752	0	171.752	186.539	186.539
17	0.709633	131.873	-22.7056	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	180.712	0	180.712	192.351	192.351
18	0.709633	135.437	-20.2044	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	172.604	0	172.604	182.841	182.841
19	0.2	39.0807	-18.6185	GHIAIA	0	36.7234	86.823	100.33	157.952	23.4633	134.489	187.203	163.739
20	0.575	112.716	-17.2851	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	179.141	0	179.141	187.797	187.797
21	0.575	114.29	-15.3202	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	182.799	0	182.799	190.419	190.419
22	0.575	112.736	-13.3736	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	181.217	0	181.217	187.83	187.83
23	0.575	109.909	-11.4427	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	177.489	0	177.489	183.119	183.119
24	0.2	37.9803	-10.1476	GHIAIA	0	36.7234	88.0656	101.766	166.166	29.7528	136.414	181.929	152.176
25	0.766667	140.285	-8.54333	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	171.117	0	171.117	175.296	175.296
26	0.766667	134.283	-6.00811	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	164.868	0	164.868	167.796	167.796
27	0.766667	127.808	-3.48467	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	158.012	0	158.012	159.706	159.706
28	0.2	32.7272	-1.89716	GHIAIA	0	36.7234	78.6437	90.8783	154.159	32.3402	121.819	156.764	124.424
29	0.955834	147.169	-	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	147.502	0	147.502	147.502	147.502
30	0.672083	96.4469	2.66876	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	138.774	0	138.774	137.477	137.477
31	0.672083	90.2594	4.87792	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	131.031	0	131.031	128.657	128.657
32	0.2	26.1055	6.31382	GHIAIA	0	36.7234	65.1091	75.2381	132.248	31.3945	100.853	125.044	93.6494
33	0.575	70.3745	7.59486	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	120.958	0	120.958	117.249	117.249
34	0.575	65.3433	9.50188	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	113.522	0	113.522	108.867	108.867
35	0.575	60.1079	11.4196	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	105.762	0	105.762	100.144	100.144
36	0.575	54.6643	13.3504	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	97.6753	0	97.6753	91.0741	91.0741
37	0.2	18.0938	14.6583	GHIAIA	0	36.7234	46.4585	53.686	98.819	26.855	71.964	86.6669	59.8119
38	0.766667	65.1712	16.307	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	89.5715	0	89.5715	81.434	81.434
39	0.766667	61.8076	18.9459	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	86.779	0	86.779	77.2307	77.2307
40	0.766667	57.5682	21.6273	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	82.9614	0	82.9614	71.9331	71.9331
41	0.2	13.7927	23.3367	GHIAIA	0	36.7234	42.6394	49.2728	84.4595	18.4112	66.0483	66.0636	47.6524
42	0.076162	4.95627	23.8304	3b2	32.1429	0	27.8156	32.1429	74.6254	0	74.6254	62.3397	62.3397
43	0.639842	36.8425	25.1257	3b1	35.7143	0	30.9062	35.7143	69.6538	0	69.6538	55.1594	55.1594
44	0.639842	28.063	27.4668	3b1	35.7143	0	30.9062	35.7143	58.08	0	58.08	42.014	42.014
45	0.639842	18.8963	29.859	3b1	35.7143	0	30.9062	35.7143	46.0312	0	46.0312	28.2888	28.2888
46	0.304311	5.67958	31.6548	3b0	42.8571	0	37.0874	42.8571	40.7407	0	40.7407	17.8755	17.8755
47	0.2	2.84376	32.6303	GHIAIA	0	36.7234	9.06886	10.4797	19.427	5.37939	14.0476	13.6204	8.24105
48	0.277795	3.2388	33.5663	3b0	42.8571	0	37.0874	42.8571	35.7739	0	35.7739	11.1645	11.1645
49	0.428905	3.00233	34.9711	scotico	0	30.1666	4.06148	4.69333	9.54626	1.4715	8.07476	6.70543	5.23393
50	0.271451	0.542902	36.3821	scotico	0	30.1666	1.53097	1.76914	3.04375	0	3.04375	1.91576	1.91576

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15557

--



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBR1340001B

Foglio

82 di 87

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 25

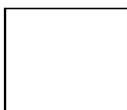
Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.172	29.308	0	0	0
2	36.8003	27.9514	13.5673	0	0
3	37.4286	26.8365	38.1833	0	0
4	38.057	25.8826	69.3493	0	0
5	38.6853	25.0476	102.314	0	0
6	39.3136	24.3059	135.522	0	0
7	39.9419	23.6406	167.747	0	0
8	40.5703	23.04	196.187	0	0
9	41.1986	22.4953	222.582	0	0
10	41.8269	22	246.902	0	0
11	41.8482	21.984	247.414	0	0
12	42.0984	21.8	257.705	0	0
13	42.5273	21.5	274.39	0	0
14	43.3094	21	334.398	0	0
15	44.1482	20.5257	401.785	0	0
16	44.3482	20.4214	402.717	0	0
17	45.2289	20	461.143	0	0
18	45.9385	19.7031	506.144	0	0
19	46.6482	19.4419	542.863	0	0
20	46.8482	19.3745	539.427	0	0
21	47.4232	19.1956	564.958	0	0
22	47.9982	19.0381	587.362	0	0
23	48.5732	18.9014	605.614	0	0
24	49.1482	18.785	619.513	0	0
25	49.3482	18.7492	611.042	0	0
26	50.1148	18.634	621.213	0	0
27	50.8815	18.5533	624.475	0	0
28	51.6482	18.5067	621.267	0	0
29	51.8482	18.5	609.311	0	0
30	52.804	18.5	595.096	0	0
31	53.4761	18.5313	580.159	0	0
32	54.1482	18.5887	561.535	0	0
33	54.3482	18.6108	547.782	0	0
34	54.9232	18.6875	528.429	0	0
35	55.4982	18.7837	507.002	0	0
36	56.0732	18.8999	483.776	0	0
37	56.6482	19.0363	459.049	0	0
38	56.8482	19.0886	446.109	0	0
39	57.6148	19.3129	410.172	0	0
40	58.3815	19.5761	371.205	0	0
41	59.1482	19.8801	329.502	0	0
42	59.3482	19.9664	314.847	0	0
43	59.4243	20	310.635	0	0
44	60.0642	20.3001	273.057	0	0
45	60.704	20.6327	236.325	0	0
46	61.3439	21	201.233	0	0
47	61.6482	21.1876	182.783	0	0
48	61.8482	21.3157	178.721	0	0
49	62.126	21.5	162.098	0	0
50	62.5549	21.8	157.744	0	0
51	62.8263	22	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	21.8
83	21.8

Distributed Load



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI340001B	83 di 87

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

Settle3D Analysis Information

Rilevato

Project Settings

Document Name: Ri34_2.5
Project Title: Rilevato
Date Created: 08/06/2021, 14:59:10
Stress Computation Method: Boussinesq

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1

Results

Time taken to compute: 2.59459 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.127351
Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.127351
Loading Stress [kPa]	0	247.036
Total Stress [kPa]	0	812.042
Total Strain	-0	0.023585
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	1	811.867
Over-consolidation Ratio	1	6.89242
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

Length: 14.5 m
Width: 100 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 1450 m²
Load: 10.5 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 1

Coordinates

X [m]	Y [m]
-7.24696	-50
7.25304	-50
7.25304	50
-7.24696	50

Embankments

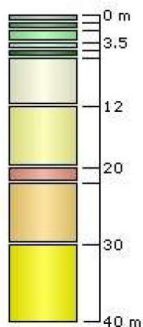
1. Embankment

Center Line: (0, -50) to (0, 50)
 Number of Layers: 1
 Near End Angle: 90 degrees
 Far End Angle: 90 degrees
 Base Width: 36

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	34	8	20	34	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	scotico	1	0
2	3b1-t	1	1
3	3b2-t	1.5	2
4	3a-tratt	1	3.5
5	3b3-t	1	4.5
6	u6	6.5	5.5
7	u6-2	8	12
8	u2	2	20
9	u4-1	8	22
10	u4-2	10	30



Soil Properties

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI340001B

Foglio

86 di 87



SETTLE3D 2.003

Page 3 of 3



Property	3a-4ratt	u6	u2	u4-1	u4-2	3b1-t	3b2-t	3b3-t	scotico	u6-2
Color										
Unit Weight [kN/m ³]	18	19	19	19	19	18	18	18	20	19
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	18600	60000	25000	100000	200000	10300	8000	10300	25000	100000
Esur [kPa]	18600	60000	25000	100000	200000	10300	8000	10300	25000	100000

Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0.00303833, 4.9738e-014	Auto: 85

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-30, 0	30, 0	200	Auto: 65

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 18+604,94 al km 18+840,65 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI340001B</p>	<p>Foglio 87 di 87</p>

ALLEGATO 6– VERSIONI SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

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