

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
RILEVATI  
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
GENERALE  
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Giugno 2021			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	I2	RB	RI1600	001	A	- - - D - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Giugno 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M.Conti <i>Maria Conti</i>	Giugno 2021	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Giugno 2021	P. Ascari <i>Paolo Ascari</i>	Giugno 2021	P. Ascari 
								Data: Giugno 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI1600001A_2
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 2 di 135</p>

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Documentazione di progetto .....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento .....	5
2.3	Bibliografia .....	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA .....	7
3.1	Geometria del rilevato .....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	8
4.1	Indagini disponibili .....	8
4.2	Inquadramento stratigrafico .....	9
4.3	Condizioni geotecniche del sito .....	11
4.4	Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....	21
4.4.1	Materiale da rilevato .....	21
4.4.2	Falda .....	21
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	23
5.1	Sollecitazione sismica di progetto .....	23
5.1.1	Vita Nominale .....	23
5.1.2	Classe d'uso .....	23
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	24
5.1.4	Categorie di Sottosuolo .....	24
5.1.5	Condizioni topografiche .....	24
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento .....	25
5.2	Suscettibilità alla liquefazione .....	25
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT .....	27
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT .....	29
5.3	Risultati delle verifiche a liquefazione .....	32
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO .....	37
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite .....	37
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU) .....	37
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	39
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche .....	39
6.2	Azioni di progetto .....	39
6.2.1	Azioni permanenti .....	40
6.2.2	Azioni variabili .....	40

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

3 di 135

6.2.3	Azione sismica .....	40
6.3	Verifiche e risultati SLU .....	41
6.3.1	Premessa .....	41
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche .....	41
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche .....	42
6.4	Verifica e risultati SLE .....	45
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	50
	Allegati .....	51
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....	52
	ALLEGATO 2 - SONDAGGI .....	54
	ALLEGATO 3 - SEZ. N° 242 – phi 38° - TABULATI DI SLIDE .....	79
	ALLEGATO 4 - SEZ. N° 242 – phi 40° - TABULATI DI SLIDE .....	96
	ALLEGATO 5 - SEZ. N° 247 - TABULATI DI SLIDE .....	113
	ALLEGATO 6 - SEZ. N° 242 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE .....	130

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 4 di 135

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI16, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 111+816,62 (spalla Est del Viadotto Illasi) ed il km 12+034,15.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato, ricavato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta.

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

Il documento è così organizzato:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 5 di 135

## 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 3 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001A-11A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2
- [7] IN1710EI2P5GE0000012A-22A Planimetria con ubicazione indagini di Progetto Esecutivo tav.1-11
- [8] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [9] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [10] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [11] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [13] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [14] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento

- [15] 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
- [16] 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
- [17] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [18] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [19] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [20] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [21] 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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 6 di 135</p>

- [22] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [23] 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
- [24] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [25] 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

- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] Rocscience (2017), Slide ver 9.012, dic. 2020
- [35] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.011

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 7 di 135

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame è quello relativo alla Linea AV. Ha inizio in corrispondenza della spalla Est del Viadotto Illasi, alla pk 11+816,62, e si estende fino alla pk 12+034,15 in corrispondenza del sottovia, per una lunghezza totale di 217,53 m.

#### 3.1 Geometria del rilevato

Il rilevato, lungo 217,53 m, presenta nel suo sviluppo una altezza variabile da circa 4 metri a circa 7 m rispetto al piano campagna.

La sezione del rilevato si raccorda al terreno naturale con una scarpata con pendenza 2/3 (V:H).

Di seguito si riporta la sezione n.242 alla pk 11+817,65 che risulta la più rappresentativa per altezza massima del rilevato.

La presente relazione pertanto riporta le analisi di stabilità e dei cedimenti della sezione appena descritta.

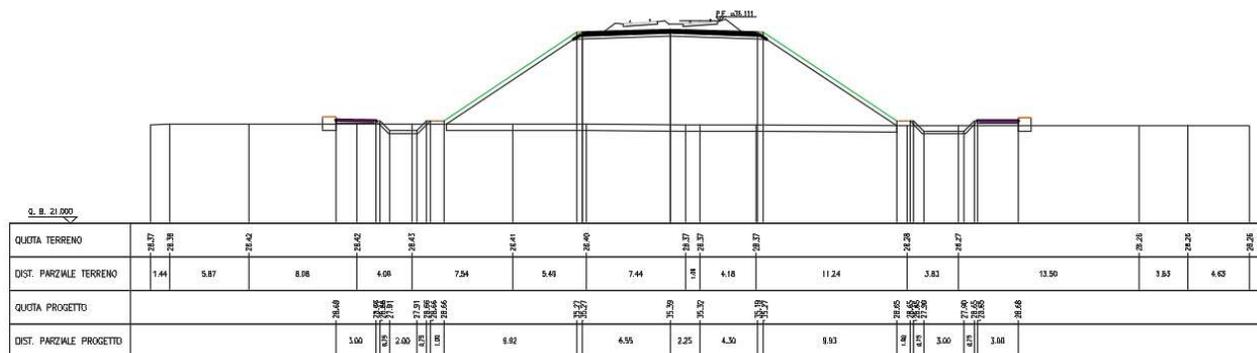


Figura 1 – Sezione di riferimento n.242 RI16 alla pk 11+817,65 estratta da sezioni PE (Doc Rif.[1]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 8 di 135

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili, in prossimità dell'opera esaminata, è illustrata nella Figura 2, 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.[8] - Doc. Rif [14]).

Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2 - .

Le indagini disponibili lungo la tratta in cui ricade il rilevato in oggetto (dalla pk 11+816,62 alla pk 12+034,15) e nelle immediate vicinanze sono elencate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini eseguite nella tratta 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 11+697 A pk 12+010*

<b>Progressiva pk</b>	<b>ID indagini -</b>	<b>Campagna anno</b>
11+697	BH-PE-25	2020-2021
11+697	BH-PE-25bis	2020-2021
11+700	SPAA19	2014-2015
12+000	CPTU25	2014-2015
12+010	SPA20	2014-2015

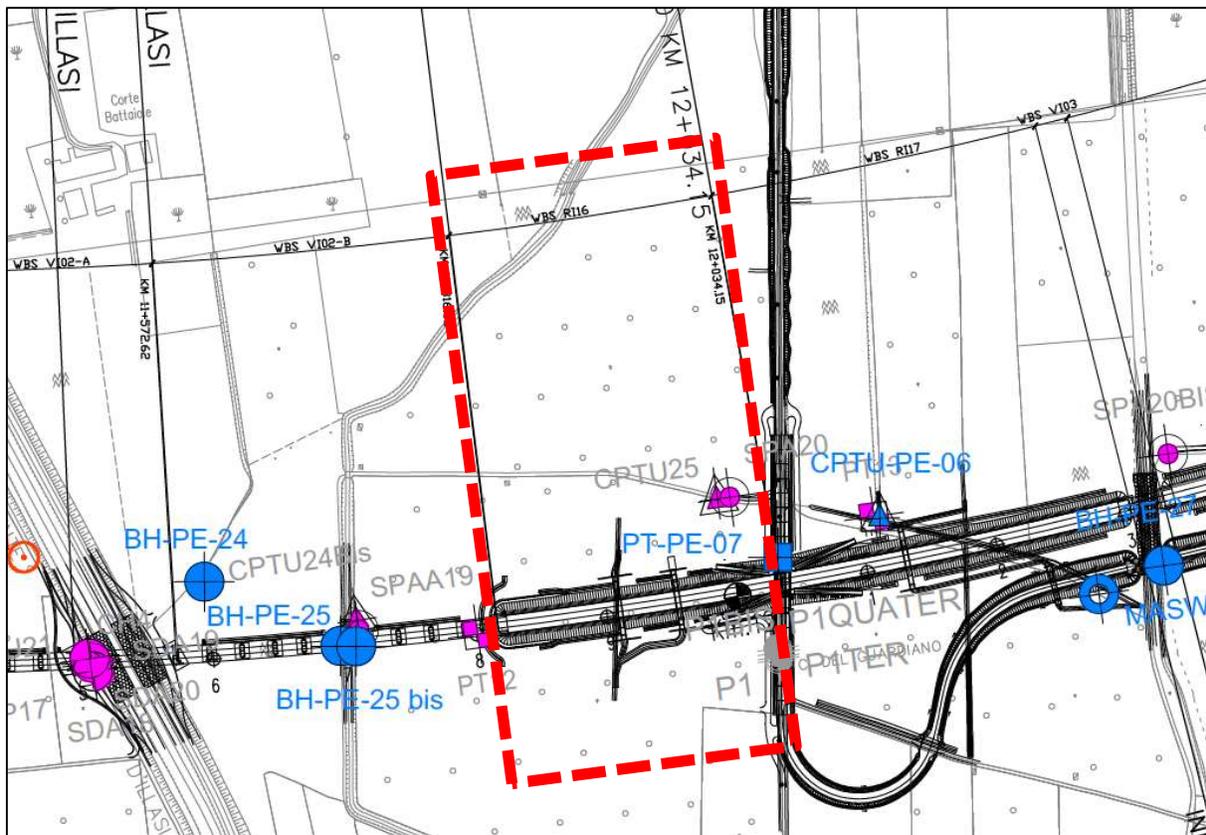


Figura 2 - Planimetria Rilevato R16, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif.[3])

## 4.2 Inquadramento stratigrafico

L'andamento stratigrafico nell'area è caratterizzato dalla presenza di una coltre superficiale costituita prevalentemente da terreni limoso/sabbiosi, alternati a livelli più fini, appartenenti all'Unità3a/b, dello spessore complessivo variabile tra i 3 ed i 4 metri. Al di sotto è presente uno strato di materiale ghiaioso-sabbioso ben addensato afferente all'Unità 6, che si estende per tutta la lunghezza del rilevato con spessori compresi tra 8 e 12 metri.

In profondità, oltre i 12-15 metri circa e fino alle massime profondità indagate, si rinvencono terreni granulari sabbiosi (sabbia limosa – Unità 4). Al passaggio tra le due unità granulari (Unità 6 e 4) sono presenti lenti di terreno fine costituite da limi argillosi dell'Unità 2.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [2]). Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI16, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico (Doc. Rif. [3]).

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
 Relazione Geotecnica

Progetto  
 IN17

Lotto  
 12

Codifica  
 EI2RBRI1600001A

Foglio  
 10 di 135

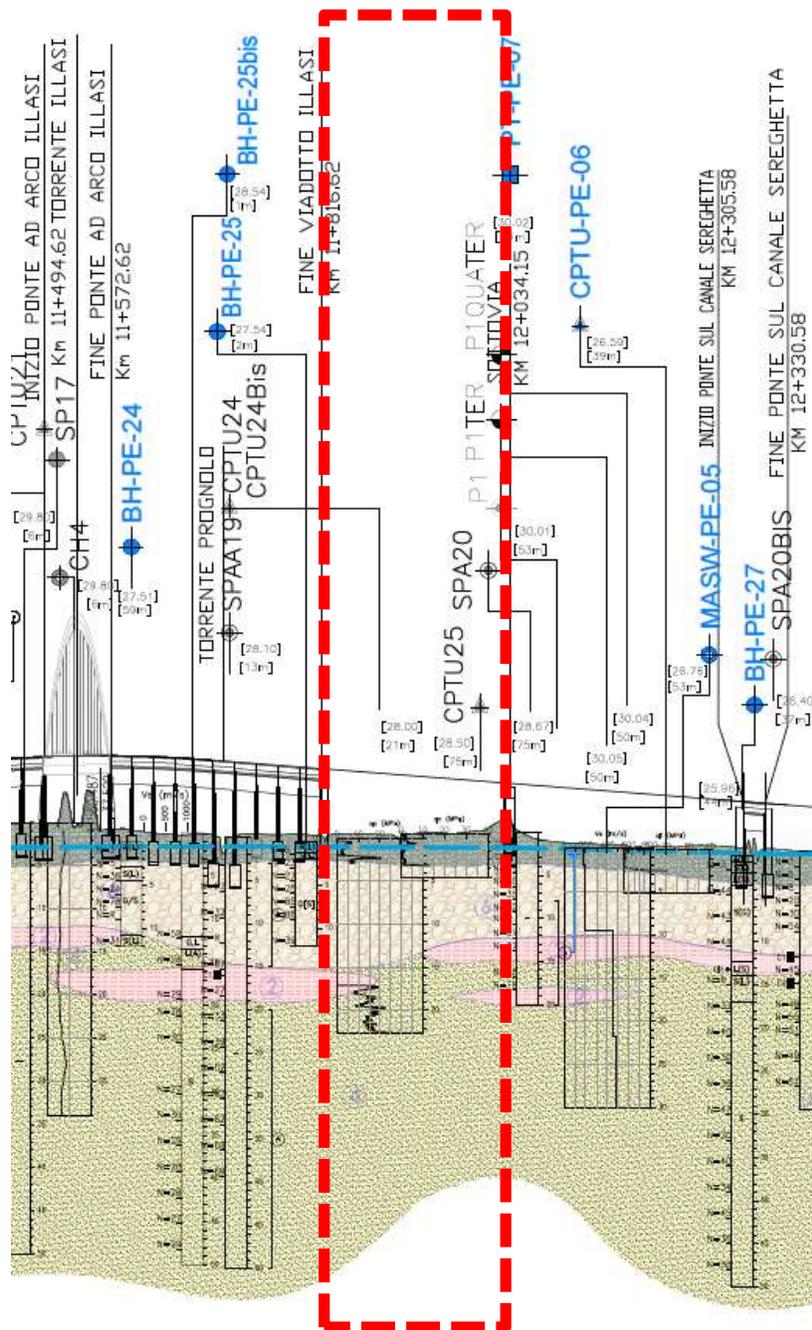


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI16, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif.[3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 11 di 135

### 4.3 Condizioni geotecniche del sito

Come precedentemente indicato, nel tratto in oggetto l'andamento stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di una copertura superficiale di spessore compreso fra i 3 e 4 m (Unità 3a/b), poggiante su depositi ghiaioso-sabbiosi di spessore pari a 8-12 m (Unità 6), passanti in profondità, oltre i 12-15 m da p.c., a prevalenti depositi sabbiosi (Unità 4).

La descrizione dei materiali riportata nei log stratigrafici e i risultati dell'interpretazione delle prove CPT indicano che la coltre superficiale è prevalentemente costituita da limi sabbiosi; i valori di resistenza alla punta  $q_c$ , dell'ordine di 1-2 MPa indicano che tali materiali sono generalmente sciolti e potenzialmente liquefacibili. Localmente sono presenti limi argillosi e argille limose che si presentano, a tratti, con caratteristiche estremamente scadenti e/o rammollite.

In Figura 4 è riportata la sintesi dei risultati delle analisi granulometriche. I campioni relativi ai materiali della coltre superficiale prelevati all'interno delle frazioni più fini mostrano un contenuto di limo/argilla elevato con percentuali intorno all'80%. Lo strato sabbioso collocato in profondità risulta piuttosto omogeneo con percentuali di sabbia generalmente comprese tra 70% e 95%. Lo strato ghiaioso intermedio (Unità 6) è costituito da ghiaia con percentuali comprese tra 60% e 80% ed un significativo contenuto in sabbia. Tra gli strati granulari 6 e 4 sono presenti lenti di materiale afferente all'Unità 2 di spessore di circa 3 metri caratterizzato da un contenuto di fine superiore al 70%.

La Figura 5 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto in cui ricade il rilevato in esame. Le prove hanno interessato i tre strati che caratterizzano il terreno su cui appoggia il rilevato RI16. Una prova è stata eseguita in corrispondenza dell'Unità 2 a circa 15 metri di profondità.

Per i materiali fini presenti in superficie e a 15 metri di profondità gli unici valori disponibili sono pari a 4 e 6 colpi/30cm. I valori misurati all'interno dei terreni ghiaioso-sabbiosi dell'Unità 6 mostrano un'elevata variabilità, con valori che vanno da 20 colpi/30cm fino a oltre 80 colpi/30cm. Le prove con  $N_{SPT}$  pari a 100 sono verosimilmente attribuibili alla presenza di materiale ghiaioso (ciottoli grossolani) che hanno impedito l'avanzamento della punta.

Per l'Unità 4 le due prove disponibili (BH-PE-25bis e SPAA19) pur essendo state eseguite a poca distanza una dall'altra, mostrano andamenti di  $N_{SPT}$  con la profondità molto diversi tra loro. In particolare dai 15 ai 25 metri le due prove sono correlabili tra loro con valori di  $N_{SPT}$  compresi tra 25 e 40 colpi/30cm. Dopo tale profondità le due serie divergono e nel caso del sondaggio SPAA19 i valori crescono con la profondità fino a circa 70 colpi/30cm, mentre nell'altro sondaggio i valori si assestano intorno ai 30 colpi/30cm.

La differenza tra le due serie di dati della prova  $N_{SPT}$  si riflette evidentemente anche sulla densità relativa che risulta variabile fra il 30% e il 65% nello strato ghiaioso, per incrementarsi nell'intervallo 50% - 60% nell'Unità 4 fino a 25 metri di profondità e poi proseguire con valori molto dispersi tra il 45% e l'80% fino a fondo foro come illustrato in Figura 6.

L'angolo di resistenza al taglio, si assesta intorno a 39° per l'Unità 6 ed intorno ai 38° per l'Unità 4 (valore medio derivato dai due sondaggi disponibili).

Dai sondaggi sono stati prelevati campioni per l'esecuzione di prove di laboratorio. In particolare, sono state eseguite

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 12 di 135

misure di contenuto d'acqua ( $w\%$ ) e limiti liquido e plastico (LL, LP). I campioni sono stati prelevati in corrispondenza degli strati definiti come Unità 2 a 16 metri profondità. Il contenuto d'acqua è intorno al 30%. Il limite plastico è pari a circa 22% (Figura 8), mentre il limite liquido è pari a circa 48%. Il riflesso di tale condizione è visibile anche in Figura 9 (Carta di Casagrande), che permette di considerare i materiali come argille inorganiche di media plasticità.

Per analizzare il profilo delle onde di taglio  $V_s$  è stato redatto un grafico di confronto tra i risultati delle correlazioni con le SPT ed i risultati derivanti delle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove MASW e SPT (vedi Figura 10) di tutta la tratta da pk 7+555 a pk 13+240.

I valori di  $V_s$  per le ghiaie sono compresi tra 200 m/s e 250 m/s, mentre per le sabbie si osservano valori compresi tra 200 m/s e 250 m/s dai 10 ai 20 metri di profondità ed un incremento delle velocità a profondità superiori a 20 metri con valori compresi tra 250 m/s e 350 m/s.

Sulla base dei valori di  $V_s$  si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ). Sulla base dei risultati precedenti, per le ghiaie superficiali si ottengono valori compresi tra 50 MPa e 150 MPa, mentre gli strati profondi si ottengono valori compresi tra 100 MPa e 200 Mpa (Figura 11).

Per i materiali a grana grossa, il valore del modulo di Young ( $E_0$ ) è stato stimato utilizzando la 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.

## AV/AC VERONA VICENZA

### RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15

Contributi granulometrici (%)

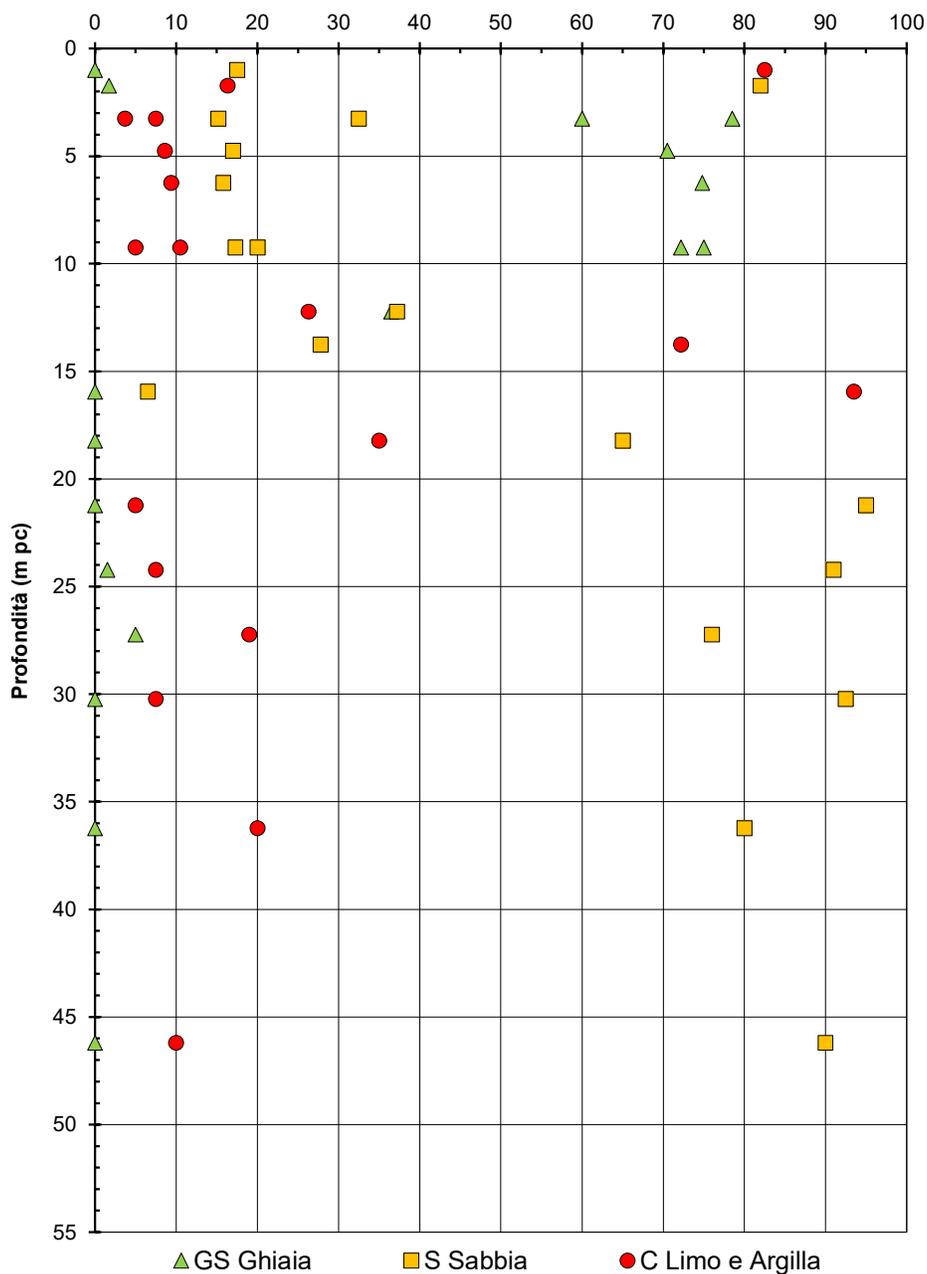


Figura 4 – Sintesi analisi granulometriche – RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15)

## AV/AC VERONA VICENZA

**RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15**

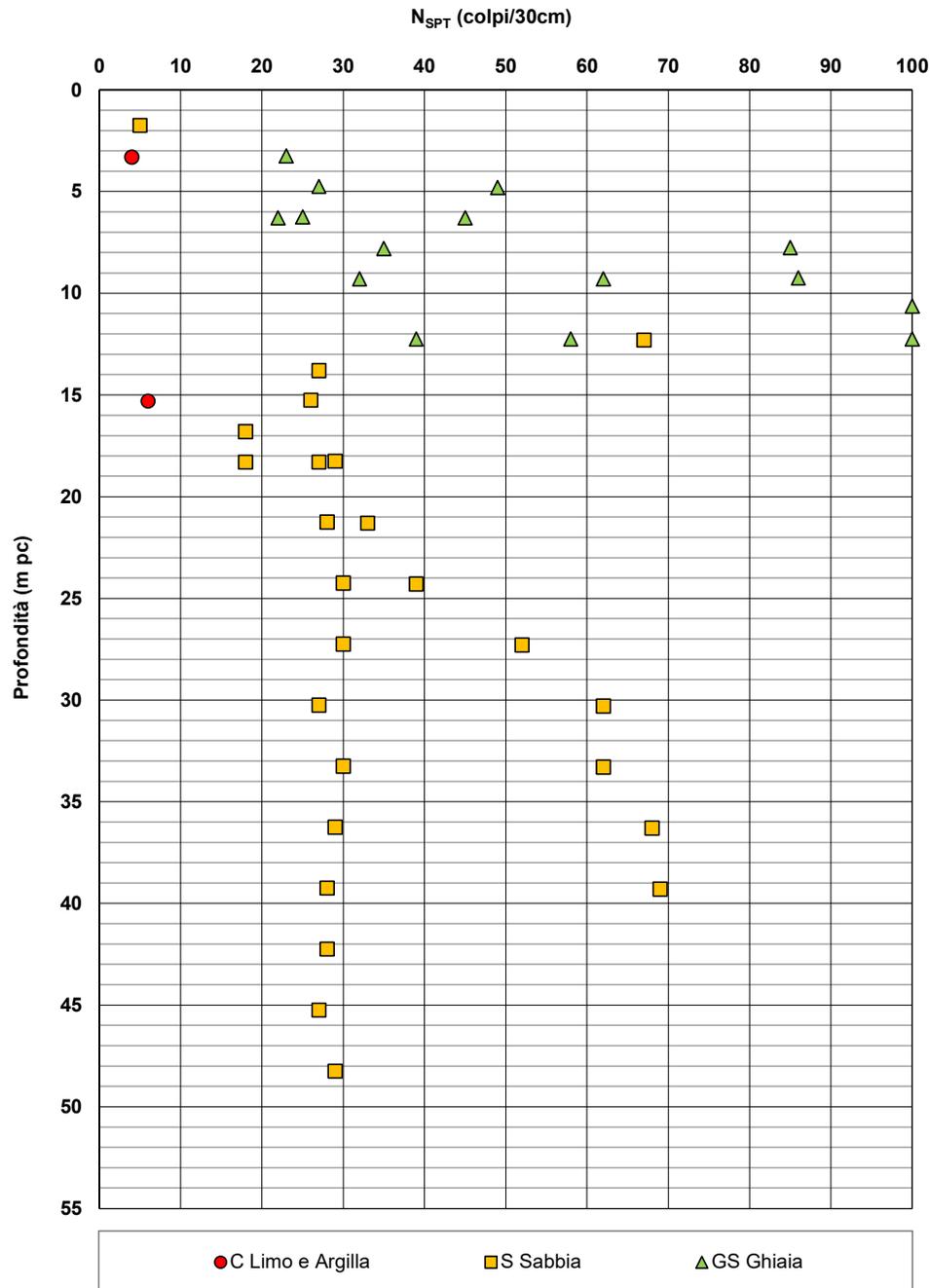


Figura 5 – Esito delle prove SPT – RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15)

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15**

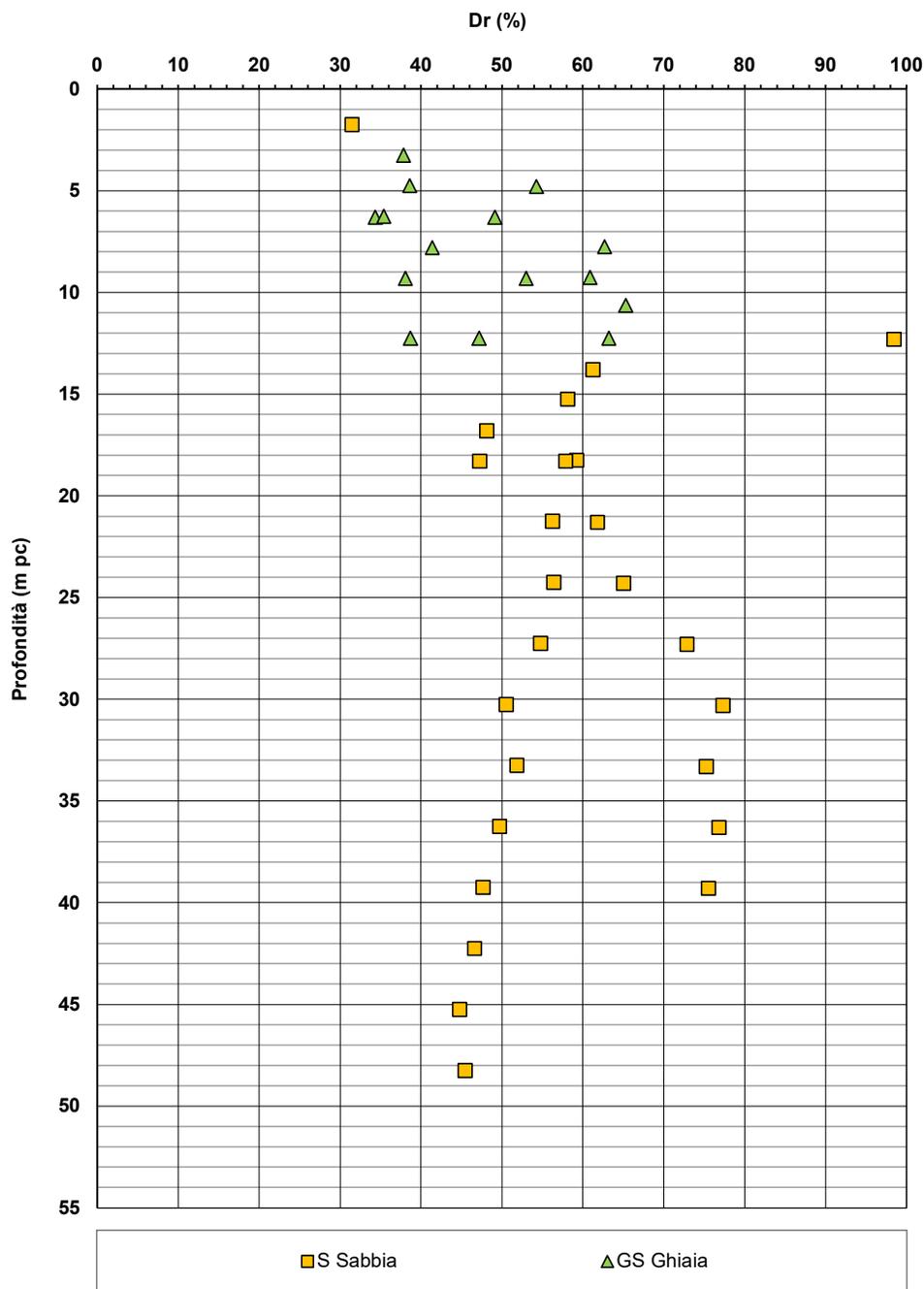


Figura 6 – Densità relativa da prove SPT - RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15)

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15**

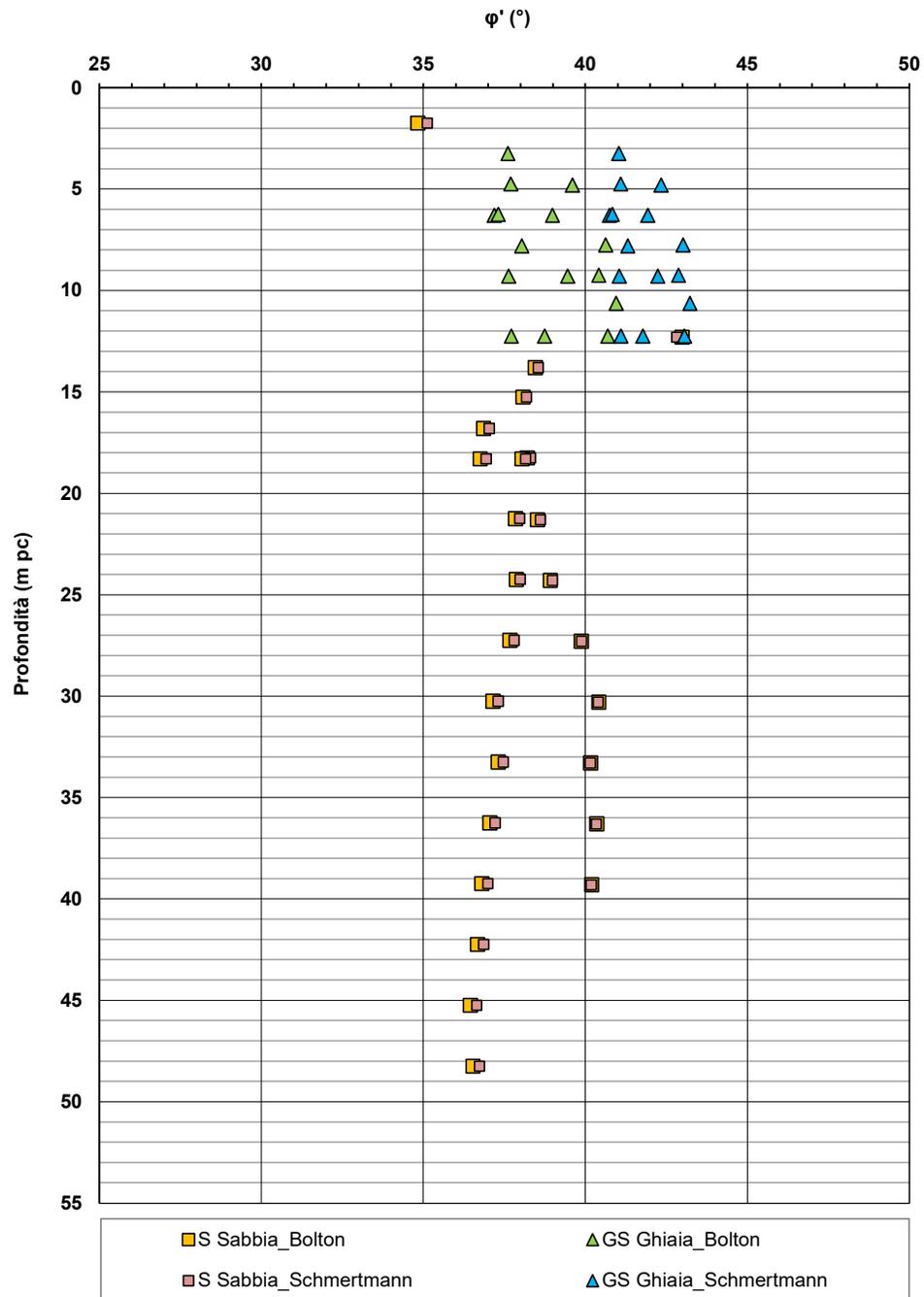


Figura 7 – Angoli di attrito da prove SPT - RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15)

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15**

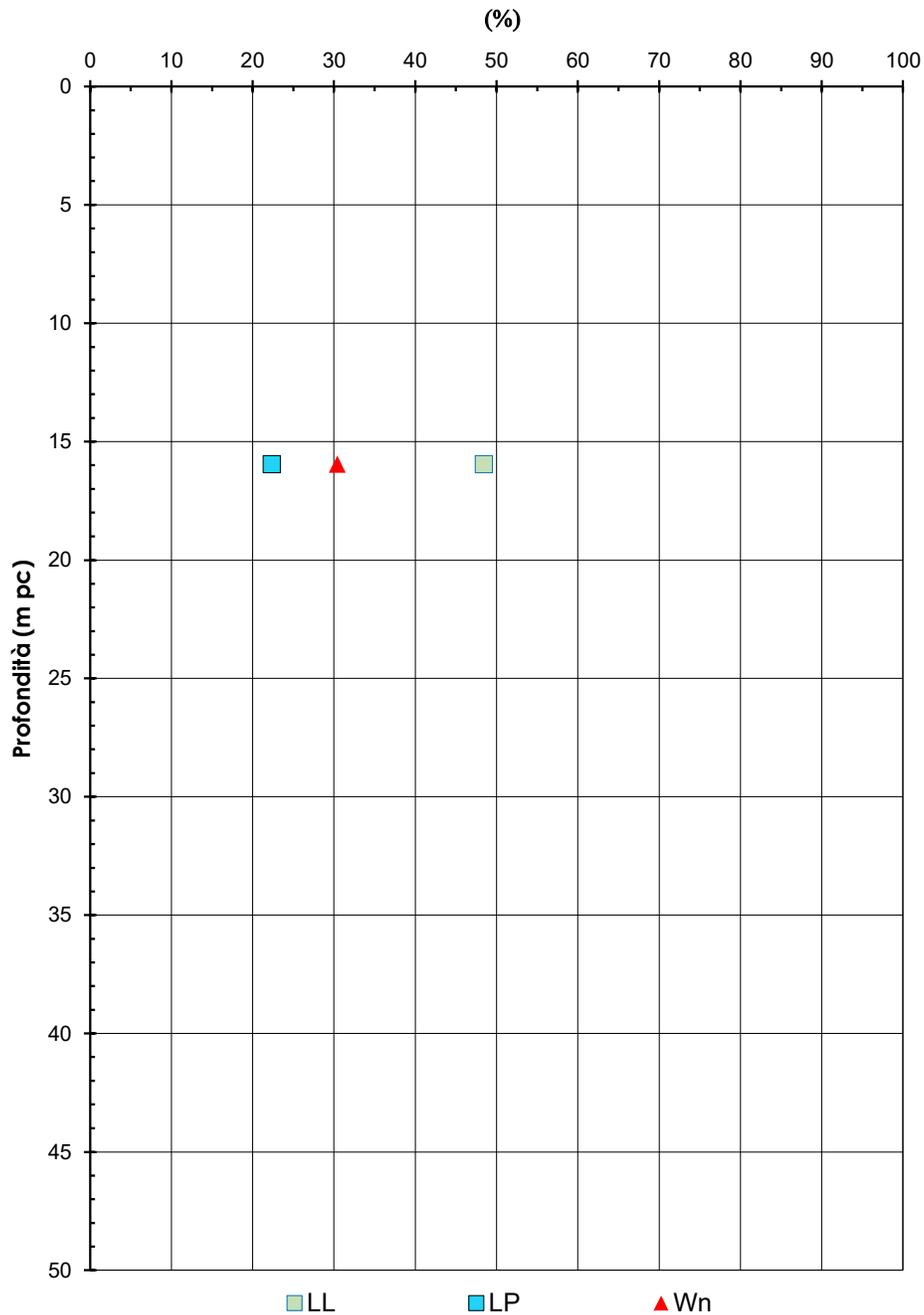


Figura 8 – Contenuto d’acqua, limite liquido e limite plastico - RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15)

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15**

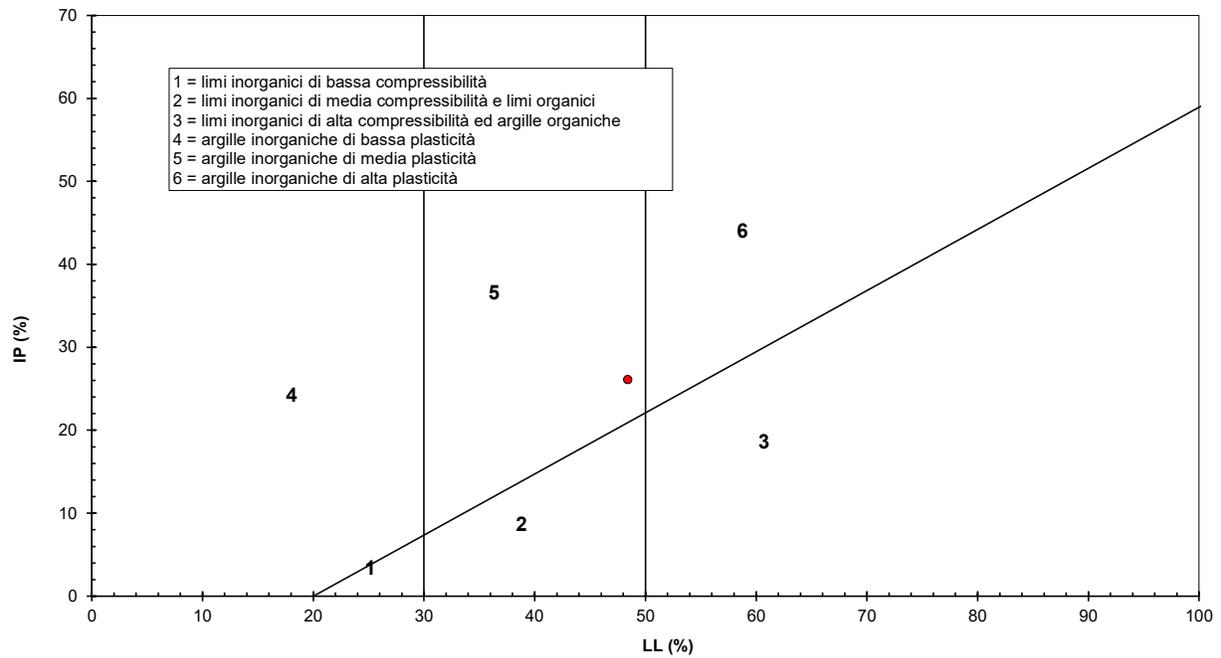


Figura 9 – Carta di Casagrande - RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15)

## AV/AC VERONA VICENZA

RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15

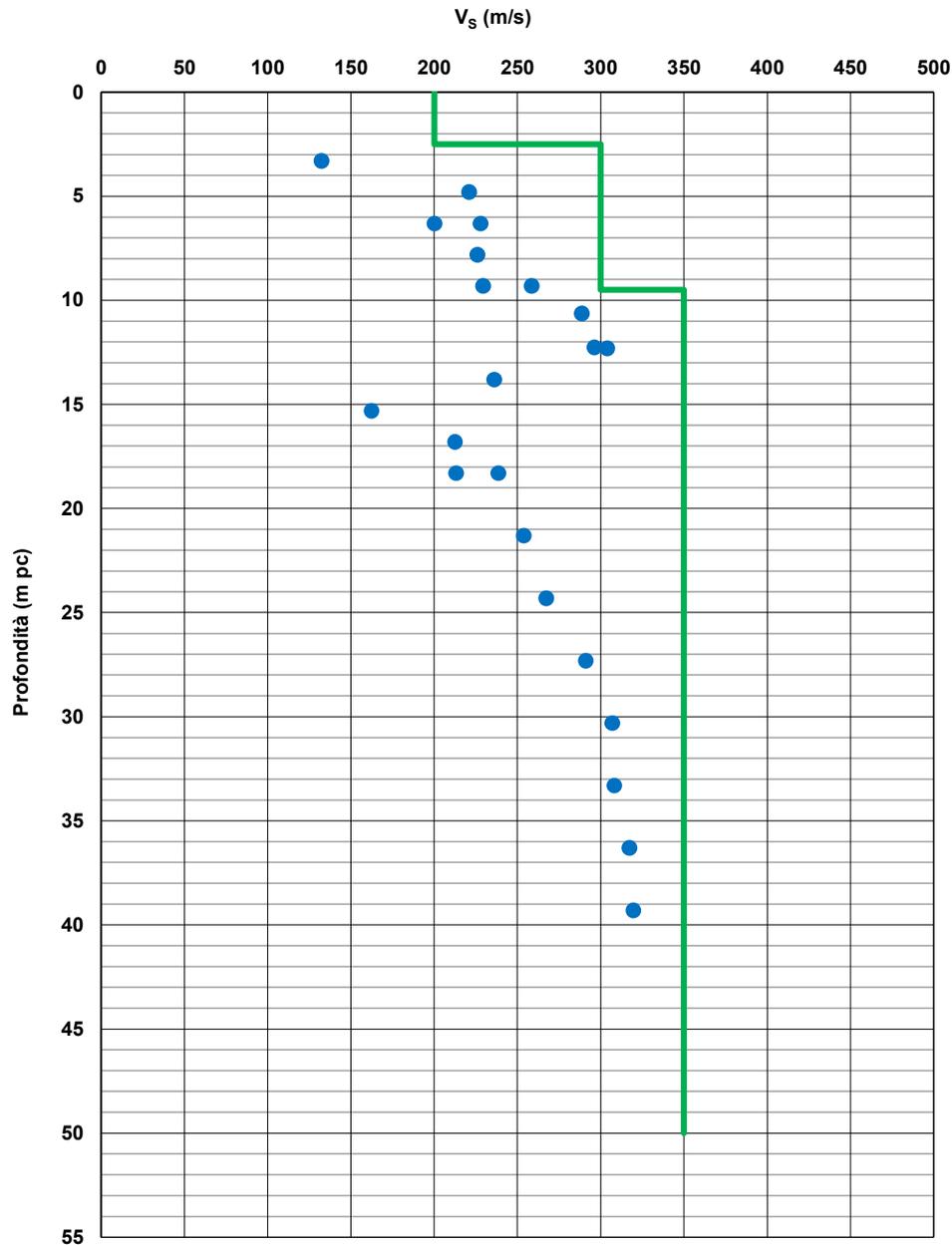


Figura 10 – Confronto  $V_s$  con dati di correlazioni da prove SPT di RI16 (pk 11+816,62 ÷ 13+034,15) e Profilo generale (verde) tra pk 7+555 - pk 13+240 (Doc. Rif.[2])

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI16 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15**

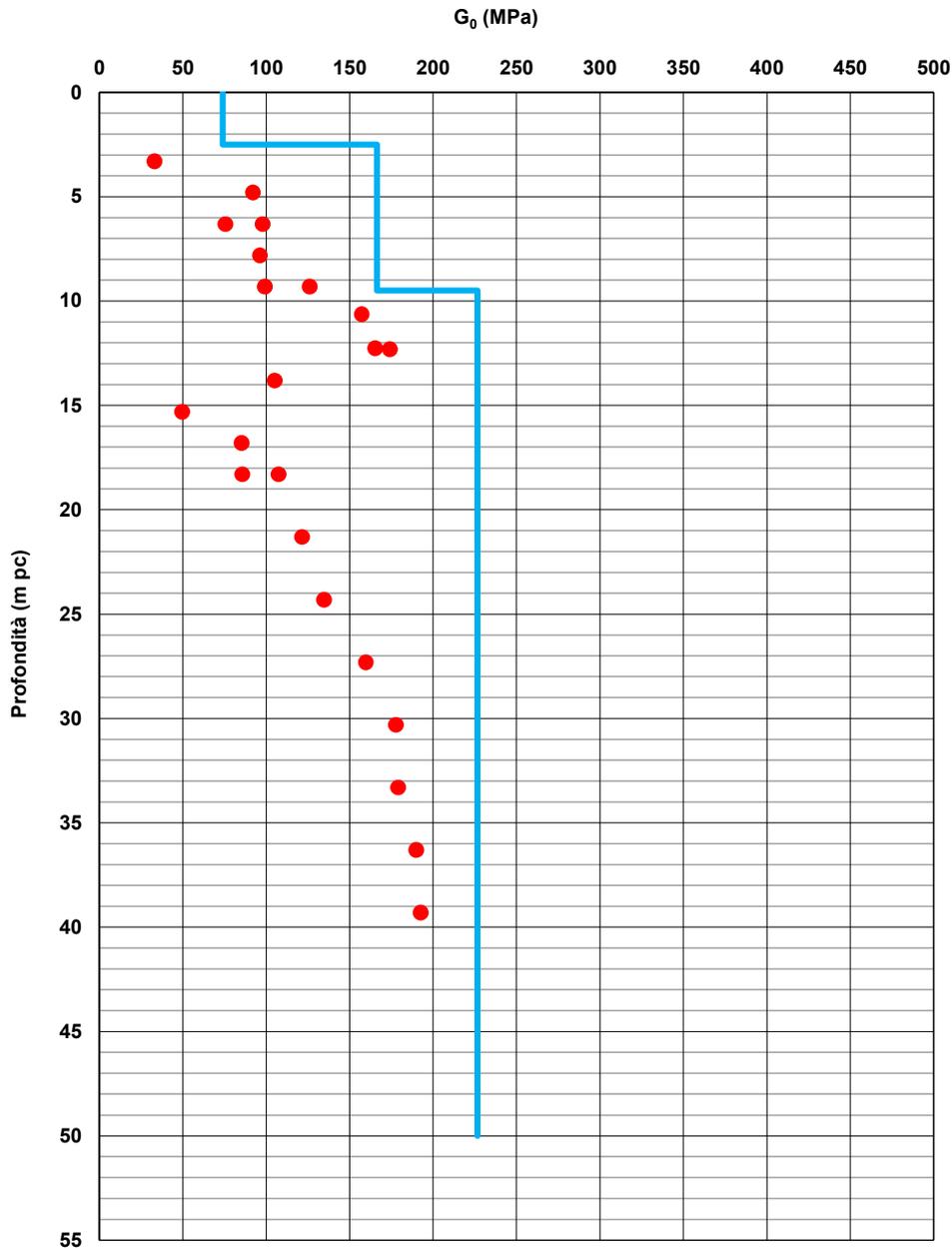


Figura 11 – Confronto  $G_0$  con dati di correlazioni da prove SPT di RI16 (pk 11+816,62 ÷ 12+034,15) e Profilo generale (verde) tra pk 7+555 - pk 13+240 (Doc. Rif.[2]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 21 di 135

#### 4.4 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*	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi_k$ °	$c_k'$ kPa	$c_{u,k}$ kPa	$G_0$ MPa	$E'_{op}$ MPa
3a/b	1	4	18.5	36° **	0	-	-	20 **
6	4	12	19.5	39	0	-	100	50
2	12	15	18.5	26	0	80	-	25
4	15	20	19.5	38	0	-	100	50
4	20	50	19.5	38	0	-	150	75

\*\*i valori si riferiscono alle caratteristiche del terreno compattato, come da interventi previsti al punto 5.3

In relazione a quanto riportato nella tabella, si precisa quanto segue:

- Come si vedrà in seguito, le coperture superficiali si presentano sciolte, e necessitano di interventi di miglioramento delle caratteristiche meccaniche, in relazione all'esito delle verifiche di liquefazione.

##### 4.4.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [20]) e sono di seguito riassunte:

*Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato*

	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi$ °	$c'$ kPa
Materiale da rilevato	20	38	0

Come indicato al capitolo 3 il rilevato in oggetto presenta sezioni di altezza superiore ai 6m per le quali le caratteristiche minime prescritte dal MdP (Doc. rif. [20]) non risultano sufficienti per garantire il soddisfacimento delle verifiche di sicurezza richieste dalla normativa tecnica. Come meglio dettagliato al paragrafo 6.3, ove le sezioni hanno altezza superiore ai 6m sarà pertanto necessario che il rilevato sia realizzato mediante l'impiego di terreni aventi angolo di resistenza al taglio  $\geq 40^\circ$ , o parametri di resistenza  $c'$  e  $f'$  equivalenti. Per tale motivo, si dovranno impiegare materiali tipo A1 o, in subordine, A2-4.

##### 4.4.2 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. Rif. [6]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 22 di 135</p>

Ai fini progettuali si assume:

- falda di progetto a medio e lungo termine: piano campagna
- falda di progetto media: piano campagna

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 23 di 135

## 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. [19] e [20]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con  $V_N = 100$  anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14.01.2008 a velocità convenzionale ( $V < 250$ km/h)	$V_N = 50$ anni
Altre opere nuove a velocità $V < 250$ km/h	$V_N = 75$ anni
Altre opere nuove a velocità $V \geq 250$ km/h	$V_N = 100$ anni
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	$V_N \geq 100$ 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 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 24 di 135

*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 e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni, i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

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

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 25 di 135</p>

### 5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

$a_g$ (g) (SLV)	0.224
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.373
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo $a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.307

## 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 applicata (Doc. rif. [15]).

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 CPT111.
- Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello di zone sismogenetiche ZS9, 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 6.5.

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 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 26 di 135

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

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

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:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d$$

dove:

$a_{max}$                     accelerazione di picco al sito

$g$                             accelerazione di gravità

$\tau_c$                         valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

$\sigma_{v0}$                     tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

$\sigma'_{v0}$                     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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 27 di 135

Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per  $M = 6.5 - MSF = 1.7$ .

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 12: 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 12, la resistenza alla punta  $q_c$  è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ( $p_a = 100$  kPa) e corretta ( $q_{c1N}$ ) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

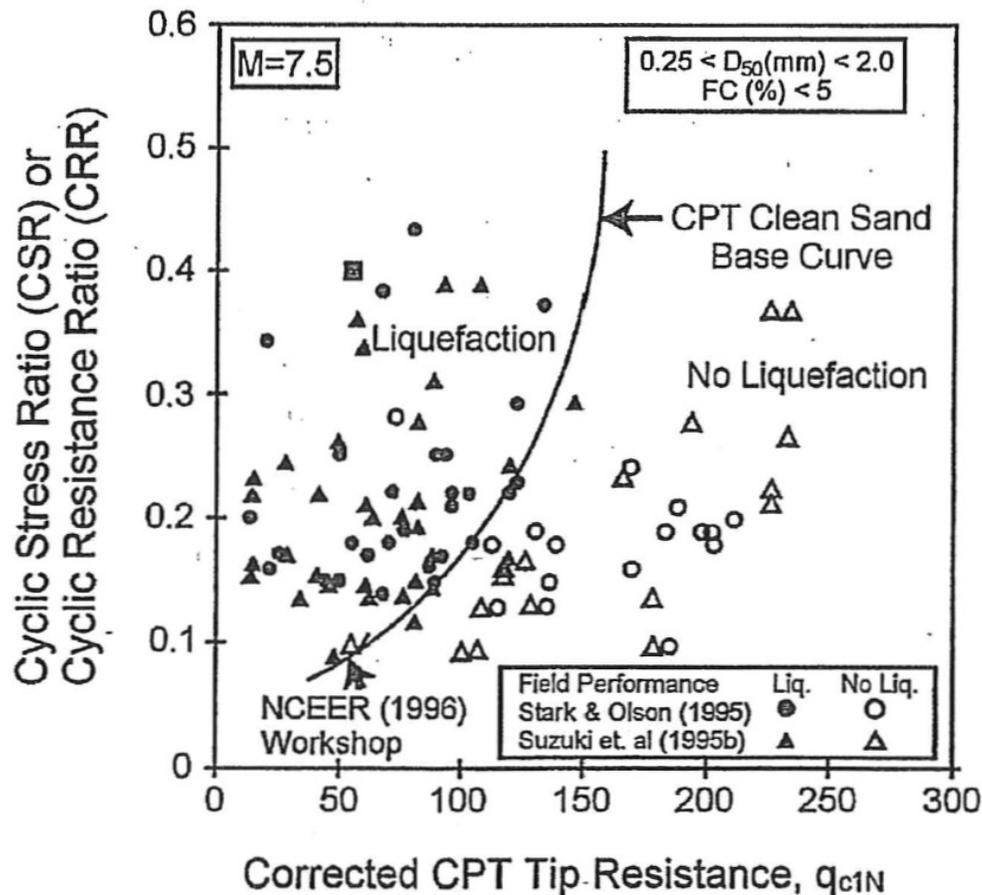
Il valore della resistenza penetrometrica normalizzata  $q_{c1N}$  è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la seguente relazione:

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

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

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

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



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 29 di 135

Figura 12: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta qc1N – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

### 5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 13, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 13, 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):

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

in cui  $P_a$  è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e  $\sigma'_{vo}$  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 13, 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 30 di 135

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

Si può osservare dalla Figura 13 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 liquefificabili, 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:

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

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

31 di 135

 $p_a$  = pressione atmosferica di riferimento

 $f$  = fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.

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

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

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

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):

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

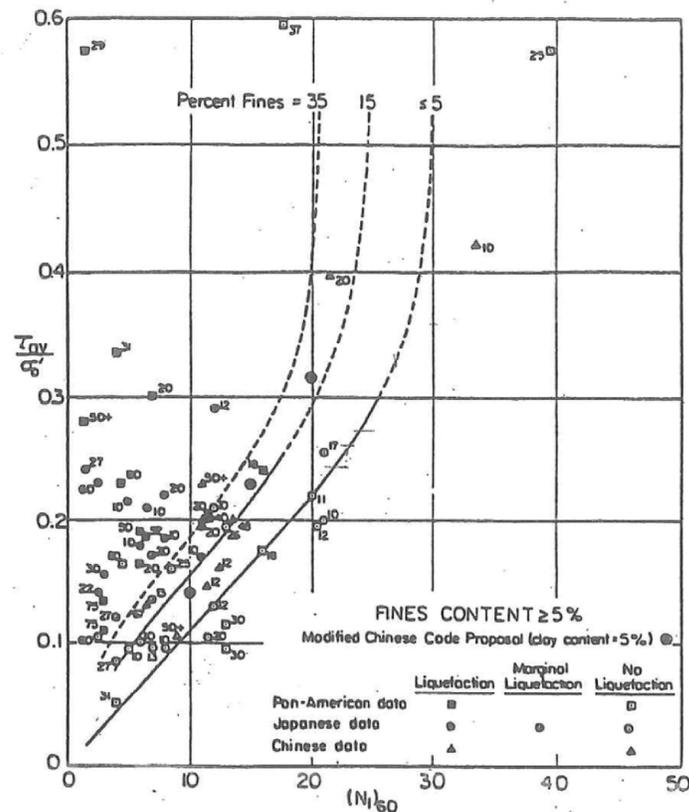


Figura 13: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 32 di 135</p>

### 5.3 Risultati delle verifiche a liquefazione e descrizione degli interventi previsti

La verifica a liquefazione viene eseguita sfruttando le prove disponibili specifica al paragrafo 4.1.

Come si è detto, questo tratto è caratterizzato dalla presenza di livelli sottili di materiali liquefacibili (prevedibilmente limi sabbiosi), generalmente posti a profondità di circa 1.0 m da p.c., e per uno spessore di 1 m circa. Localmente, al di sopra, vi è la presenza di uno strato argilloso, formato tipicamente da una crosta essiccata e da una parte inferiore, al contatto con il livello sottostante più permeabile, rammollita, probabilmente a causa del suo contatto con l'acqua. Questa situazione si riscontra in corrispondenza della CPTU 25. Al fine di evitare possibili problemi legati alle scarse caratteristiche di questi materiali presenti in prossimità del p.c. si è prescritto il seguente intervento di preparazione del piano di imposta:

- realizzazione di uno scotico + bonifica per uno spessore complessivo di 1.0m, così da rimuovere, al disotto del rilevato e per uno spessore allargato di 2 m all'esterno del piede del rilevato, i materiali argillosi più teneri,
- compattazione del fondo scavo per mezzo di rulli vibranti con peso statico equivalente di almeno 15 t, raggiungendo i livelli di compattazione come da capitolato Italferr, in modo da compattare i livelli sabbiosi sottostanti per il massimo spessore possibile, eliminando quindi il pericolo di liquefazione, almeno per un certo spessore.

Si segnala che, probabilmente, lo scavo fino a 1.0 m e la compattazione potranno avvenire sotto falda. Ciò dipenderà anche molto dal periodo dell'anno nel quale verranno eseguiti i lavori e dalle fluttuazioni stagionali. Nel caso, si dovrà provvedere a mantenere lo scavo asciutto. Il trattamento di cui sopra è prescritto per l'intero tratto interessato dal rilevato in oggetto.

Più in profondità, entro i 20 m da p.c., i risultati delle indagini eseguite (cfr. da Figura 14 a Figura 17) indicano la presenza di sottili strati decimetrici di materiale che potrebbero sviluppare sovrappressioni interstiziali in occasione dell'evento sismico di progetto, ma non si identificano strati continui, di spessore rilevante, nei quali il coefficiente di sicurezza scenda sotto l'unità. Pertanto, il possibile effetto in superficie di tali sovrappressioni potrebbe essere lo sviluppo di cedimenti di entità trascurabile. Pertanto, nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI16, in profondità, non si evidenziano rischi di potenziale liquefazione, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI160001A

Foglio  
33 di 135

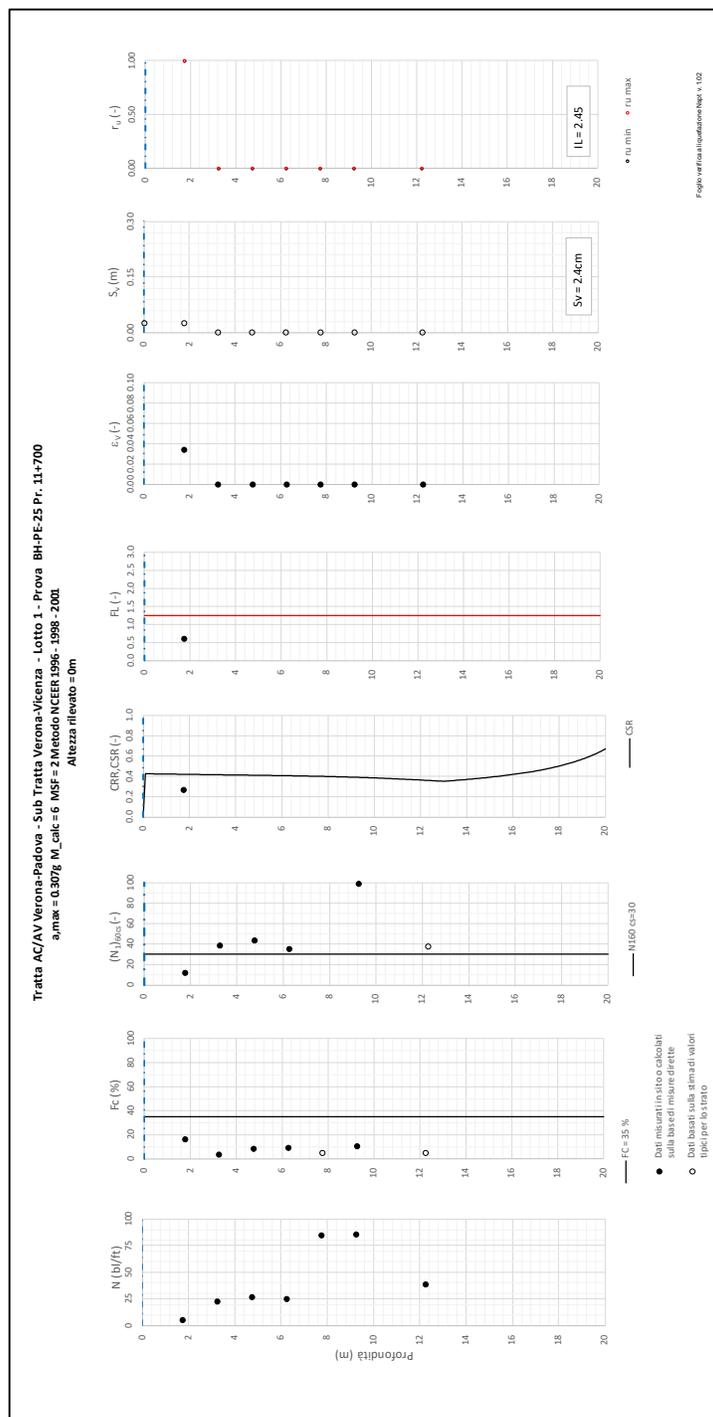


Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-25

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI160001A

Foglio  
34 di 135

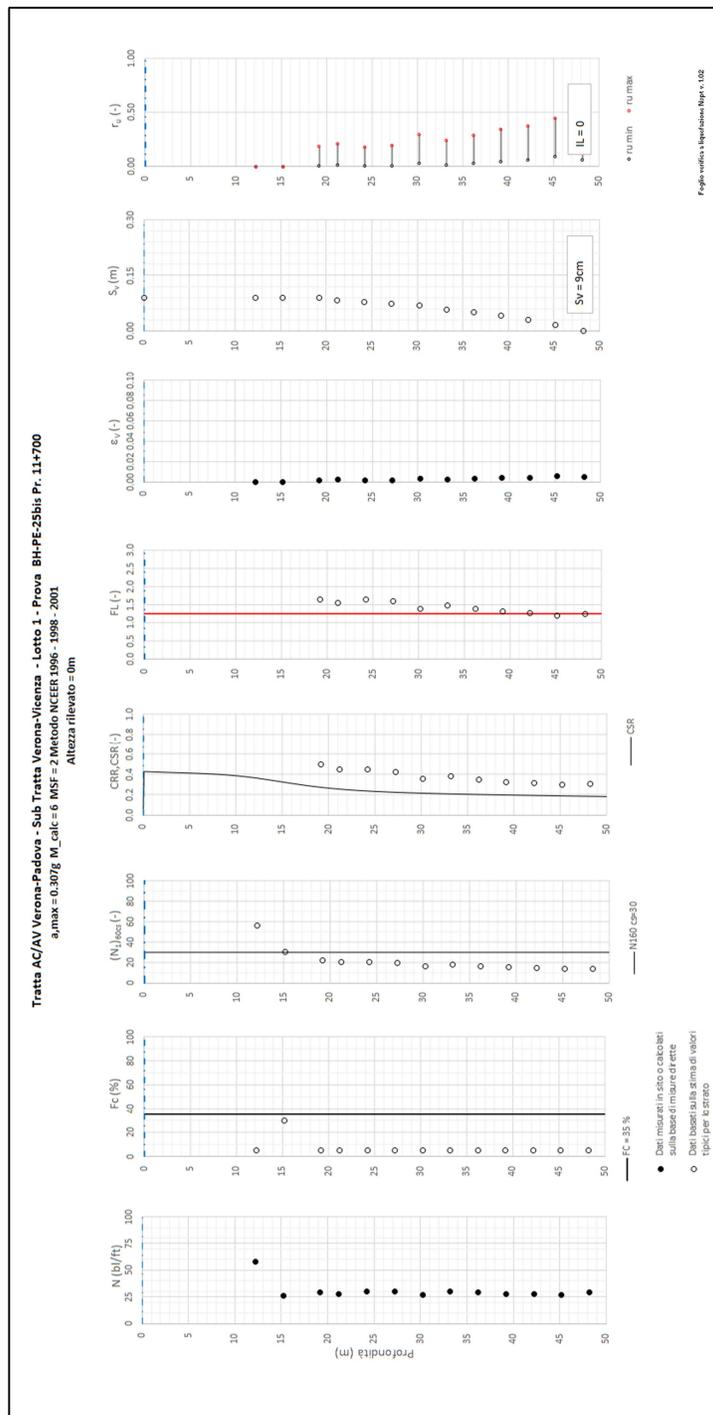


Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-25bis

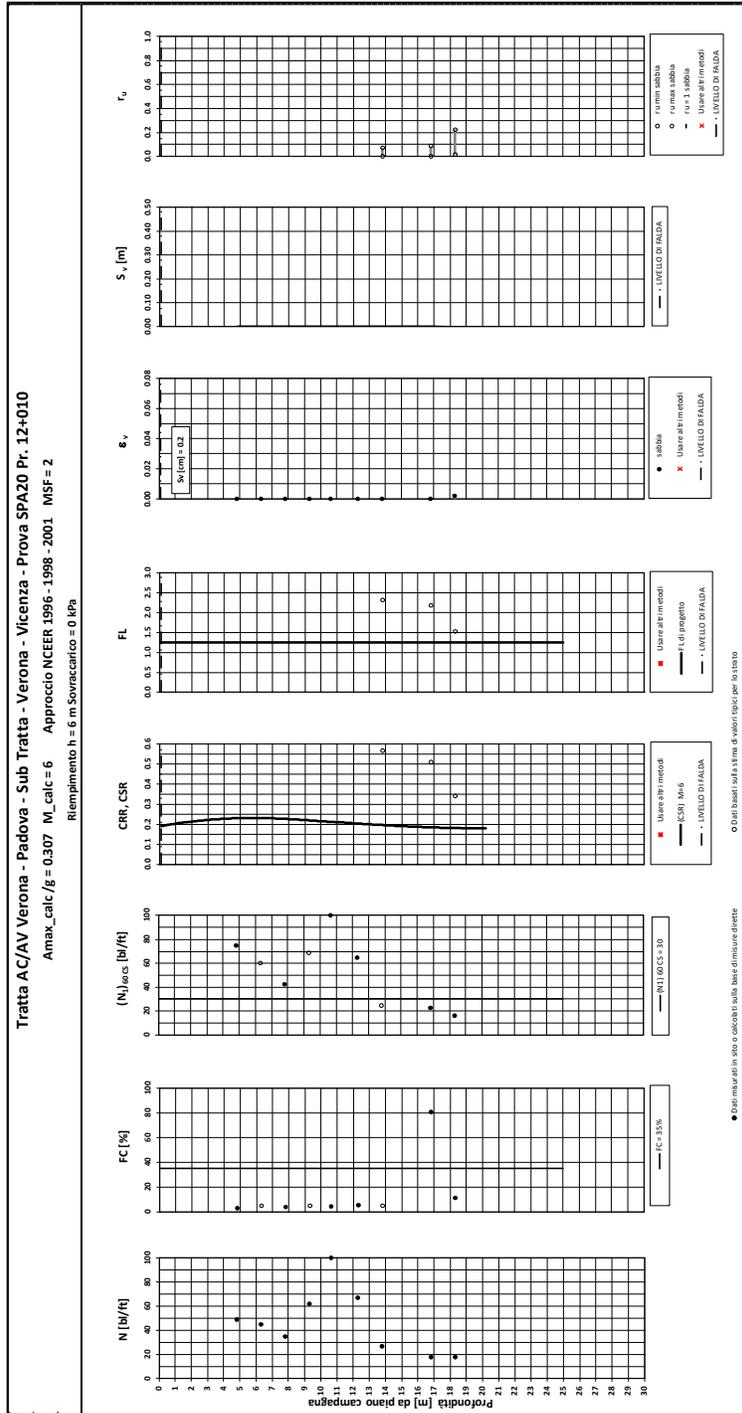


Figura 16 – Verifica Liquefazione da risultati SPA20

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
36 di 135

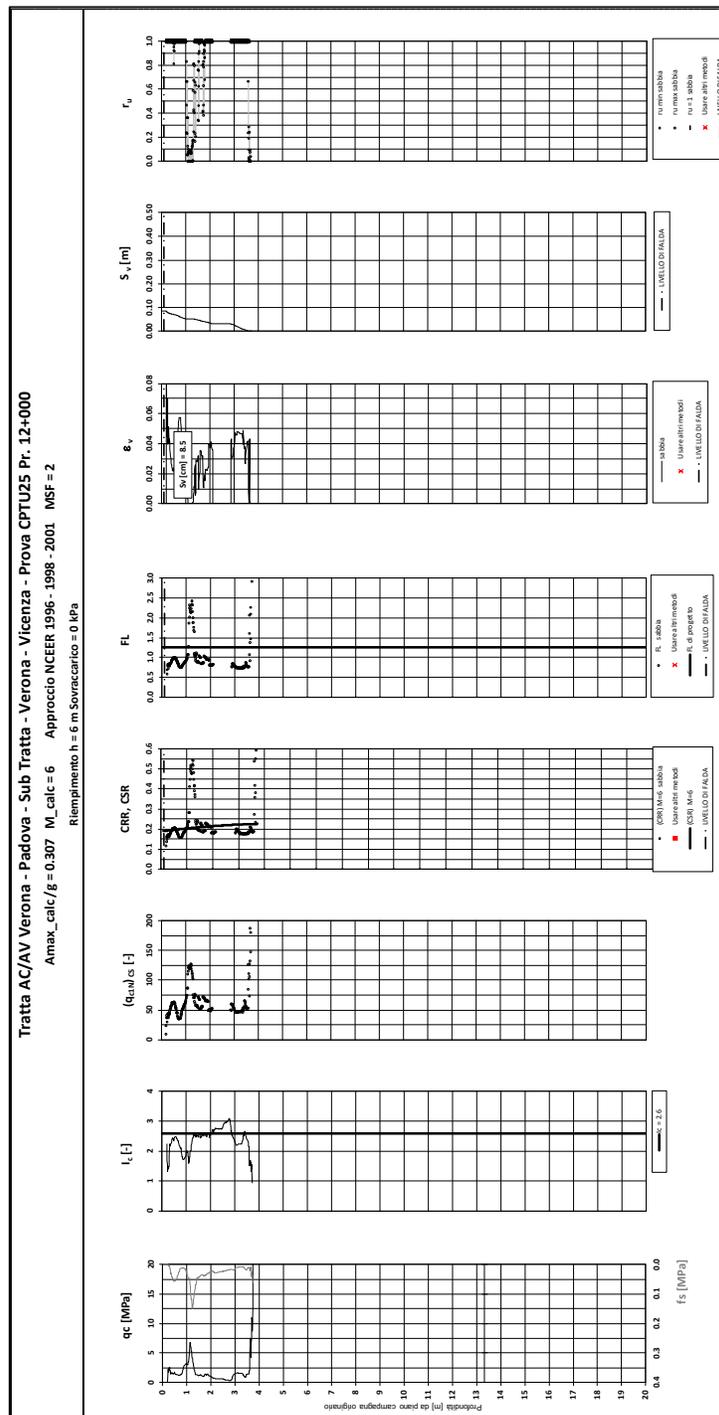


Figura 17 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU25

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 37 di 135

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

### 6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa applicata richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [15]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [15]})$$

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. [15]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [15]})$$

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. [15]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 38 di 135</p>

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

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [15]), 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 $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

dove:

- $\gamma_{G1}$       coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- $\gamma_{G2}$       coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_Q$          coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- $\gamma_{Qi}$         coefficiente parziale delle azioni variabili.

**Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [15])**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(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>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale - SLU**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 39 di 135

### 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. [15]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

In particolare, successivamente al completamento del piano di posa del ballast, e fino alla fine 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. [20] e [24]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [24]), 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 $\Delta H$ 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  $\psi$  per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [20]).

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [19]) e nelle NTC (Doc. rif. [15]) e sono di seguito descritte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 40 di 135

### 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/m<sup>3</sup>
- Peso elementi in cls 25 kN/m<sup>3</sup>

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, qui determinati sulla base dello schema di carico più gravoso tra quelli previsti dalle NTC 2008, dalle Norme Europee e, conseguentemente, dal Manuale di Progettazione di RFI. In particolare, tale carico tiene conto della diffusione a partire dalla traversa e fino al piano di posa del ballast, secondo le prescrizioni di NTC e MdP. Nello specifico, è stato considerato il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti, ossia LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71), da applicarsi su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m<sup>2</sup> 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

$\beta_s$  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.[15])

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	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 da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 41 di 135

## 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 9 (Doc. Rif. [34]). 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. [15]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se è verificata, sia in condizioni statiche che sismiche, la relazione seguente:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citate sezioni di riferimento, in condizioni drenate, in relazione ai litotipi presenti. La verifica è stata condotta facendo ricorso al metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2, per i terreni di fondazione, e in Tabella 3, per il materiale da rilevato.

### 6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

Il carico da traffico ferroviario (q) assunto pari a 61.4 kPa (cfr. par. 6.2.2) è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, il coefficiente parziale sulle azioni A2 è pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, è stata considerata la condizione di lungo termine come da punto 4.4.2. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 18 sono riportate le superfici di rottura critiche per la combinazione DA1C2 della sezione di calcolo; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi è pari a:

Sezione	FS (DA1C2)
242	1.32

Essendo soddisfatta la relazione:

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

**le verifiche di stabilità globale in campo statico risultano soddisfatte.**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 42 di 135

### 6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

$$K_H = + 0.086 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.043 \quad (\text{positivo sisma verso il basso})$$

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 stato inserito nei calcoli col proprio valore caratteristico in accordo a quanto specificato dalle NTC 2008 (vedasi Par.7.11.1 del Doc. Rif. [15]). Seguendo le prescrizioni desunte dal MdP (Doc. rif. [20]), in condizioni sismiche si applica il coefficiente di combinazione  $\psi$  per il carico variabile da traffico ferroviario pari a 0,2. La quota della falda è stata assunta come la media delle letture disponibili come riportato al punto 4.4.2. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 19 sono riportate le superfici di rottura critiche della sezione di calcolo facendo riferimento alla situazione più gravosa, ovverosia quella con sisma verso l'alto (-kv); il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi è pari a:

Sezione	FS (sismica)
242	1.11

Essendo soddisfatta la relazione:

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

#### **le verifiche di stabilità globale in campo sismico risultano soddisfatte.**

Si rimarca che le verifiche di stabilità nel caso di altezze rilevanti non vengono soddisfatte per valori dell'angolo di resistenza al taglio del materiale costituente il rilevato pari a 38°, come riportato in Figura 20. Osservando le superfici con minor fattore di sicurezza, si nota che queste sono prevalentemente contenute all'interno del corpo del rilevato; il mancato soddisfacimento del requisito normativo è imputabile alle caratteristiche del corpo del rilevato piuttosto che a quelle del terreno di imposta. Risulta necessario che il rilevato sia realizzato mediante l'impiego di terreni aventi angolo di resistenza al taglio  $\geq 40^\circ$ , o parametri di resistenza  $c'$  e  $f'$  equivalenti (impiego di materiali tipo A1 o, in subordine, A2-4). In Figura 21 si riporta il risultato della verifica in condizioni sismiche relativa alla sezione 247 caratterizzata da un'altezza di rilevato di circa 6 metri: la verifica è soddisfatta con un FS pari a 1,12. Pertanto, si può concludere che per porzioni di rilevato con altezza fino a 6 metri è sufficiente impiegare materiale da costruzione con angolo di attrito pari a 38°.

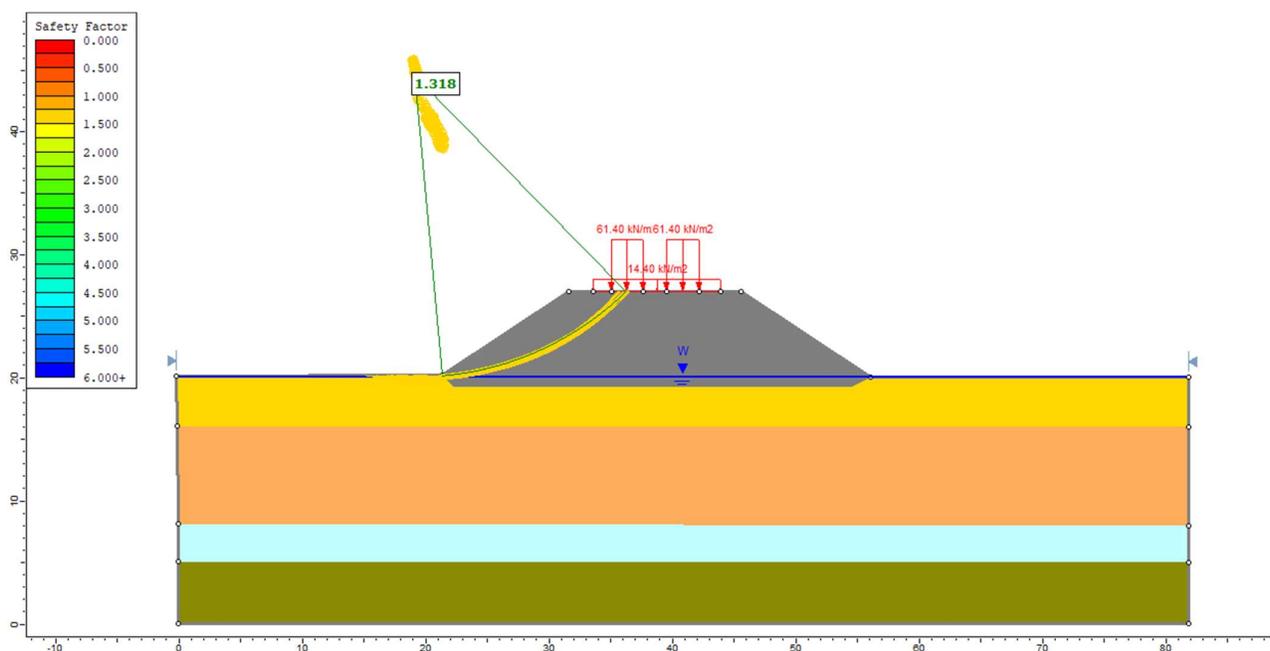


Figura 18 - Rilevato sezione n. 242 RI16 alla pk 11+817,65- Analisi SLU in campo statico DA1C2 - Angolo di attrito del materiale del rilevato pari a 40°- Altezza rilevato 7 m circa

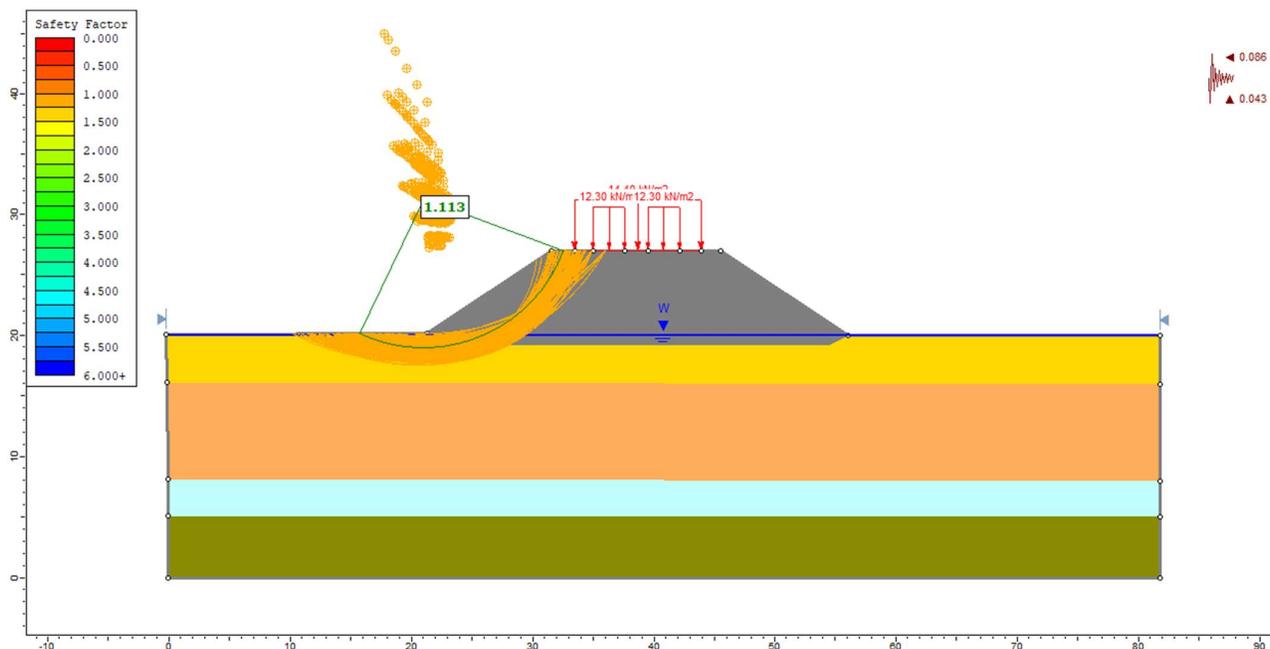


Figura 19 - Rilevato sezione n. 242 RI16 alla pk 11+817,65- Analisi SLU in campo sismico - Angolo di attrito del materiale del rilevato pari a 40°- Altezza rilevato 7 m circa

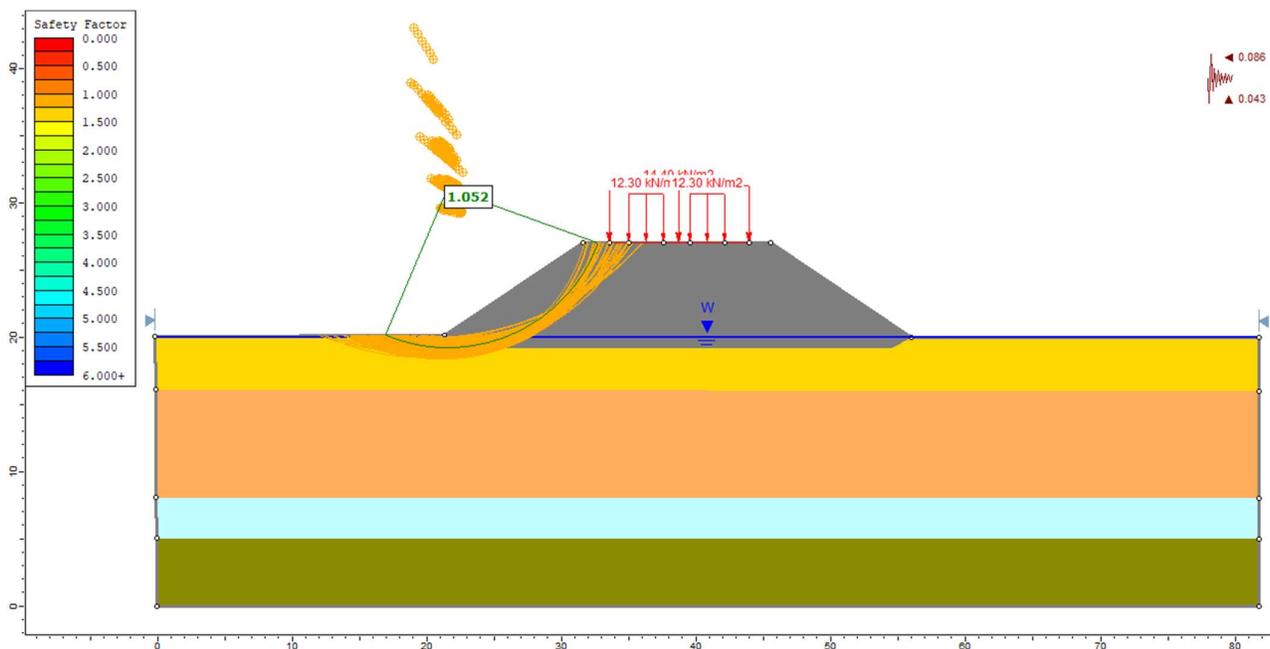


Figura 20 - Rilevato sezione n. 242 RI16 alla pk 11+817,65- Analisi SLU in campo sismico – Angolo di attrito del materiale del rilevato pari a 38°- Altezza rilevato 7 m circa

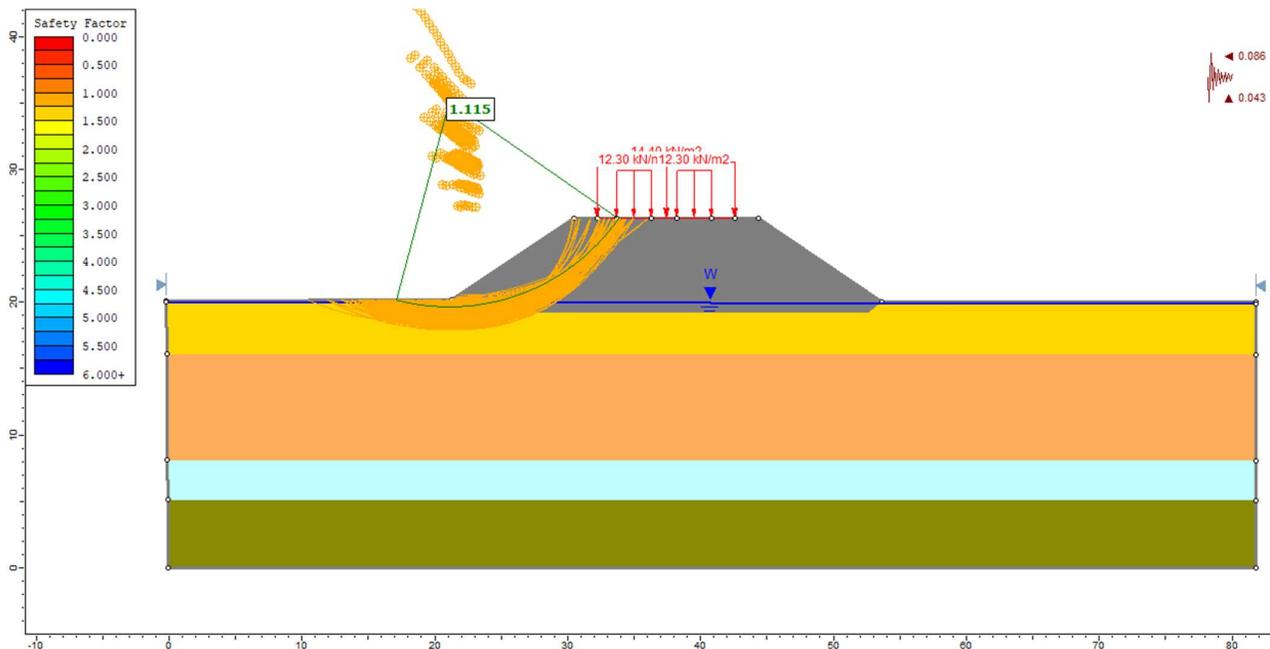


Figura 21 - Rilevato sezione n. 247 RI16 alla pk 11+817,65- Analisi SLU in campo sismico – Angolo di attrito del materiale del rilevato pari a 38°- Altezza rilevato 6 metri circa

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 45 di 135</p>

## 6.4 Verifica e risultati SLE

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [35]) che permette di valutare l'andamento dei cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

$q$  = carico applicato

$\nu$  = coefficiente di Poisson

$B$  = semilarghezza dell'area di carico in direzione  $x$

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 46 di 135</p>

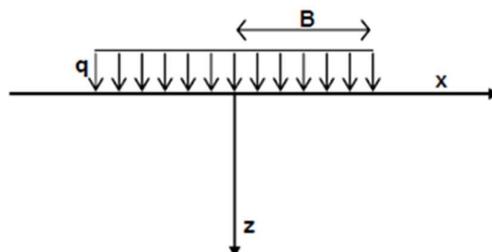


Figura 22 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

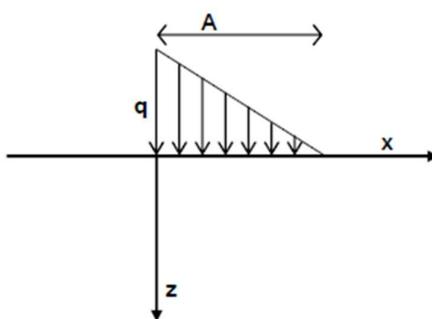


Figura 23 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 47 di 135</p>

Il calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione del rilevato ferroviario è stato svolto modellando la successione stratigrafica in sito tenendo conto delle diverse caratteristiche di deformabilità degli strati, in accordo alla stratigrafia di progetto riportata in Tabella 2. Si sono assunti i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

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

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [15]})$$

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 alle seguenti sezioni:

- sezione n. 242 - ubicata alla pk 11+817,65

illustrata alla figura Figura 1. Il modello di calcolo implementato la sezione analizzata è illustrato in Figura 24 e Figura 25.

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

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

- Costruzione rilevato per AV
- Completamento rilevato con posa del ballast

I cedimenti totali sono stati calcolati in corrispondenza degli assi dei due binari AV di nuova costruzione. I risultati sono illustrati in Figura 26 dove sono anche indicate le posizioni degli assi dei binari della linea AV.

Risulta quanto segue:

- sezione n. 242 - ubicata alla pk 11+817,65
  - i cedimenti totali lungo i due assi delle nuove linee AV sono pari a 82 mm su entrambi gli assi
  - il differenziale tra il cedimento dopo la costruzione del rilevato e quello dovuto alla posa del ballast è pari a circa 4 mm su entrambi gli assi della AV.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 48 di 135</p>

Considerato l'andamento stratigrafico (presenza in modo preponderante di materiali incoerenti), tale cedimento si esaurirà in pratica all'atto della applicazione dei carichi. I cedimenti di lungo termine sono da considerarsi nulli, e quindi non risultano essere necessarie analisi di consolidazione.

Inoltre, considerata la natura dei terreni, i cedimenti secondari sono trascurabili.

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

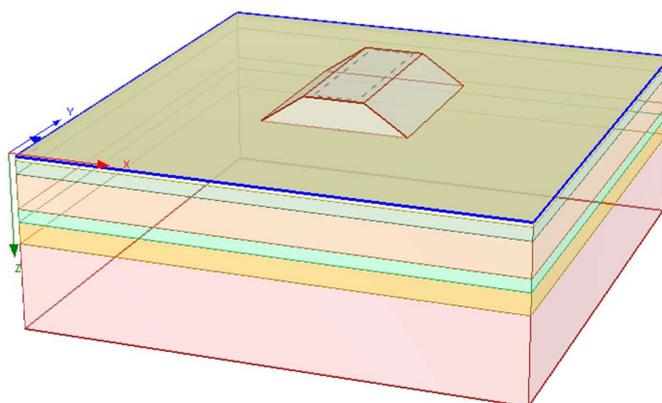


Figura 24 – Rilevato sezione n. 242 RI16 alla pk 11+817,65 - Analisi SLE – Modello di calcolo – Costruzione rilevato AV

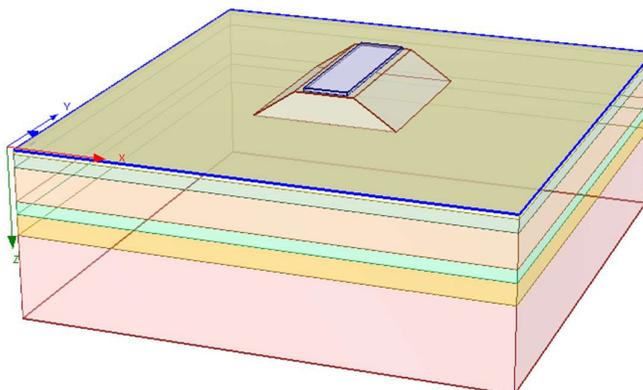


Figura 25 - Rilevato sezione n. 242 RI16 alla pk 11+817,65 - Analisi SLE – Modello di calcolo – Posa Ballast

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

49 di 135

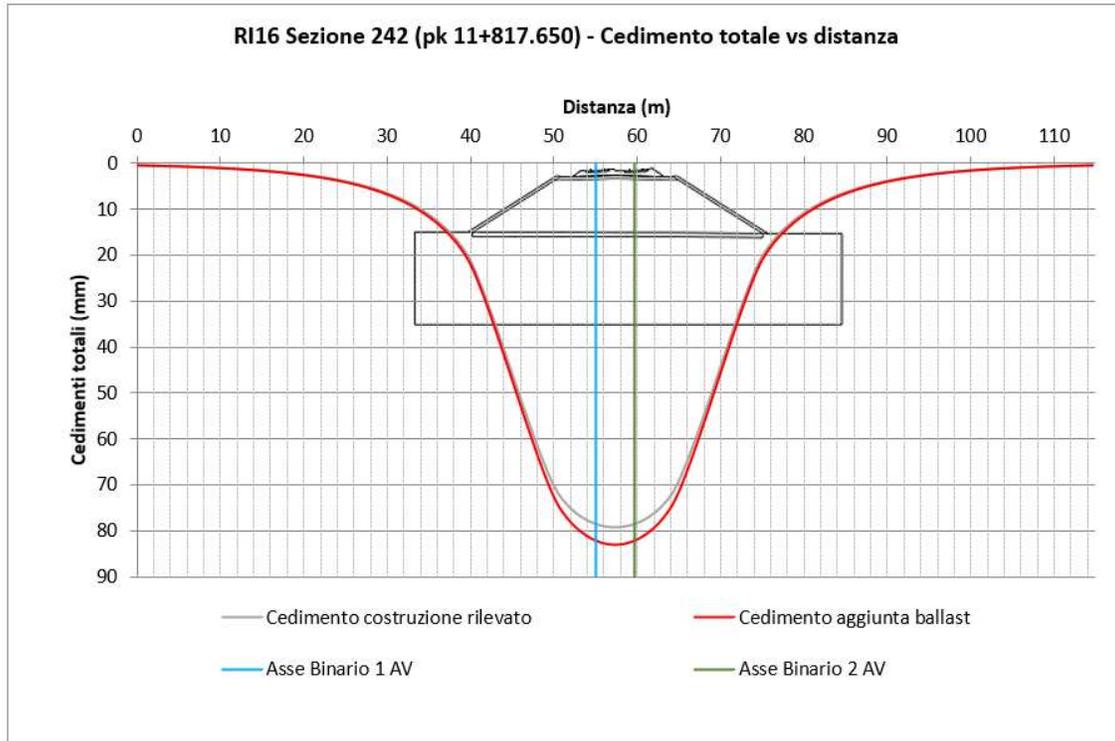


Figura 26 - Rilevato sezione n. 242 RI16 alla pk 11+817,65 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 50 di 135

## 7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile alle seguenti condizioni:

- dalla pk 11+817.650 alla pk 11+925.000 le sezioni presentano altezza del rilevato superiore a 6 metri:
  - materiale del rilevato con angolo di attrito  $\geq 40^\circ$
- dalla pk 11+925.000 alla pk 12+034.150 le sezioni presentano altezza del rilevato inferiore a 6 metri:
  - materiale del rilevato con angolo di attrito  $\geq 38^\circ$

Al fine di evitare possibili problemi legati alle scarse caratteristiche dei materiali presenti in prossimità del p.c. si è prescritto il seguente intervento di preparazione del piano di imposta:

- realizzazione di uno scotico + bonifica per uno spessore complessivo di 1.0m, così da rimuovere, al disotto del rilevato e per uno spessore allargato di 2 m all'esterno del piede del rilevato, i materiali argillosi più teneri,
- compattazione del fondo scavo per mezzo di rulli vibranti con peso statico equivalente di almeno 15 t, raggiungendo i livelli di compattazione come da capitolato Italferr, in modo da compattare i livelli sabbiosi sottostanti per il massimo spessore possibile, eliminando quindi il pericolo di liquefazione, almeno per un certo spessore.

Si segnala che, probabilmente, lo scavo fino a 1.0 m e la compattazione potranno avvenire sotto falda. Ciò dipenderà anche molto dal periodo dell'anno nel quale verranno eseguiti i lavori e dalle fluttuazioni stagionali. Nel caso, si dovrà provvedere a mantenere lo scavo asciutto. Il trattamento di cui sopra è prescritto per l'intero tratto interessato dal rilevato in oggetto.

Per quanto concerne i cedimenti attesi questi sono limitati e non differiti nel tempo; non si evidenziano criticità di tipo geotecnico e pertanto non è previsto un monitoraggio.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

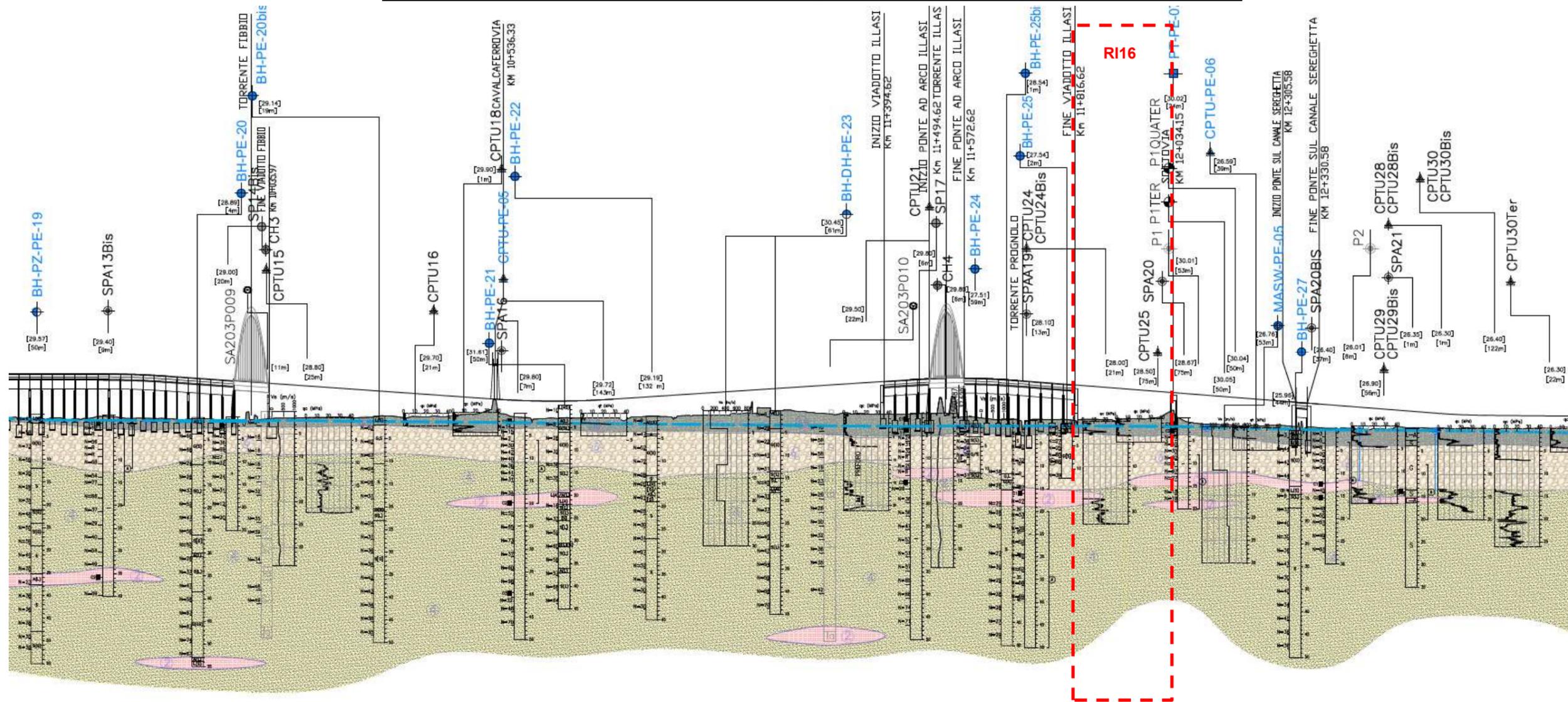


Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI1600001A	51 di 135

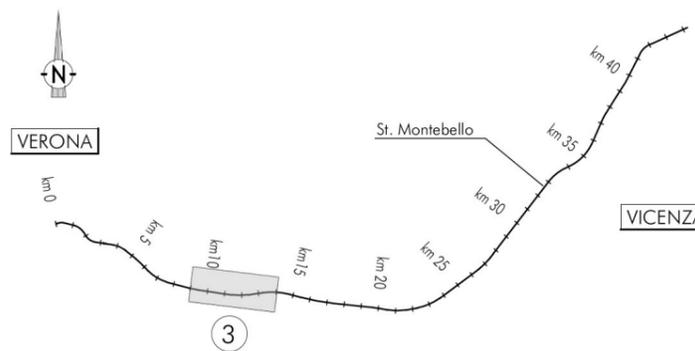
## ALLEGATI

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 52 di 135</p>

**ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO**



PIANTA CHIAVE



LEGENDA

- Campagna indagini integrative PE**
- BH-PE-n Sondaggio a carotaggio continuo
  - BH-PZ-PE-n Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto o Casagrande
  - MASW-PE-n Indagine MASW
  - CPTU-PE-n Prova penetrometrica statica con piezocono
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- Sondaggio geognostico
- Campagna indagini 2015**
- P1-P15, P20 Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - P1-15Bis Foro a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- SP Sondaggio a carotaggio continuo
  - SPC Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SDC SDA Foro a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono (possibilità di avanzamento con trivellazione)
  - CPTU+ Prova penetrometrica statica con piezocono "tradizionale"
  - CH Foro a distruzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
  - PT Pozzetto esplorativo a 1.5 m da p.c. con prove di carico su piastra
  - Profondità delle indagini
- PT-PE-n** Pozzetto esplorativo
- BH-DH-PE-n** Sondaggio con esecuzione di prova down hole
- CH-PE-n** Sondaggio con esecuzione di prova cross hole
- Indagini ambientali**
- Nota per PE in blu le indagini disponibili e con coordinate certe, le sigle in rosso si riferiscono ad ulteriori indagini in corso che saranno rese disponibili nel corso dello sviluppo del PE.

Campagna indagini pregresse

- 43 Sondaggio geognostico (campagna 1998)
- 42000000 Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
- 42000000 CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
- 4000000 Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Novoledo s.r.l.)

Asse di progetto

Classi dei terreni

- 1 Riporto
- 2 Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati
- 3a Area con prevalenza di sabbie limose/con limo e limi sabbiosi/con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati
- 3b Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC
- 3b Area di alternanze, sia in verticale che planimetriche, di materiali 3a e 3b
- 4 Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
- 6 Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI1600001A	54 di 135

## ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

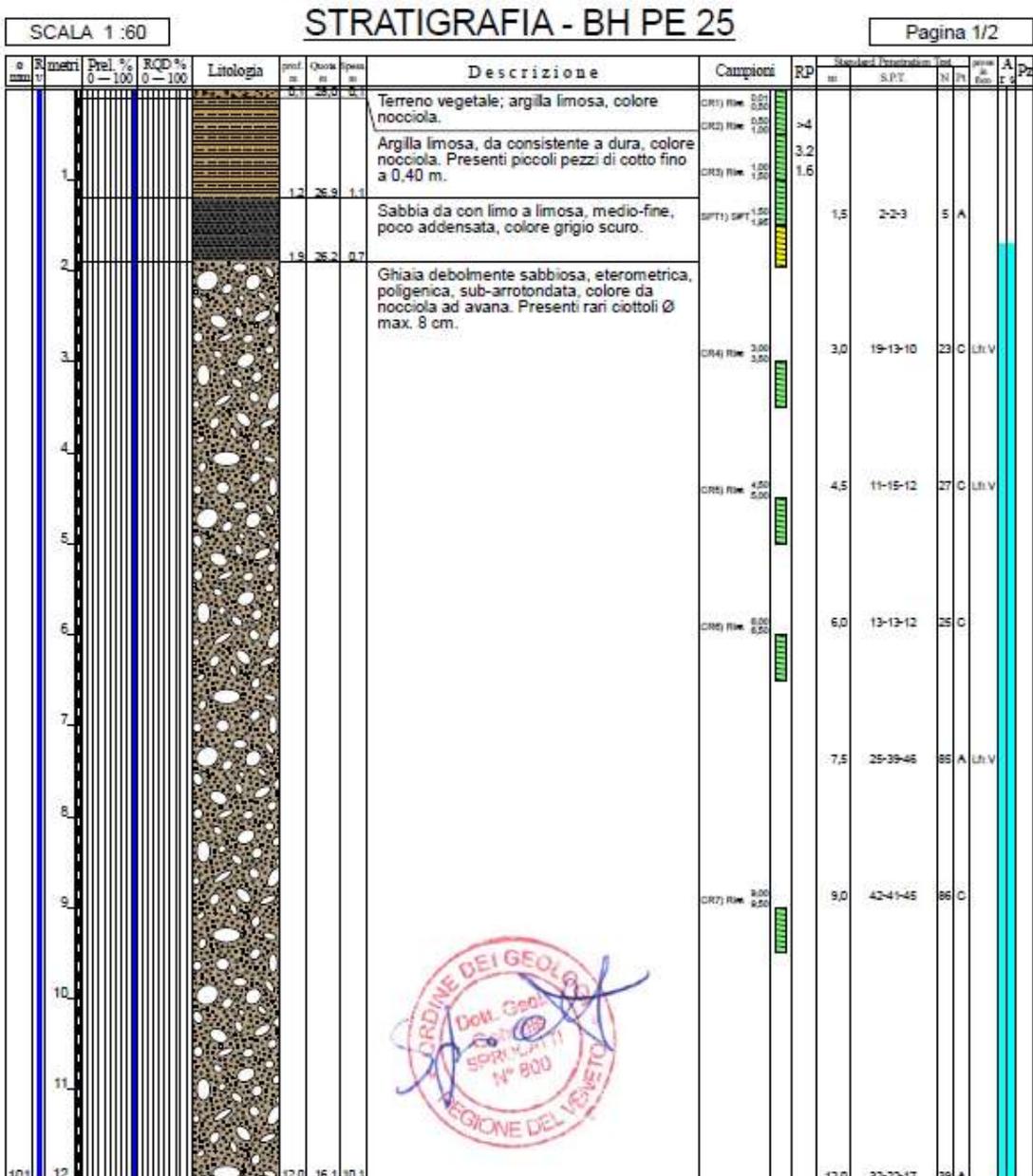
Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
55 di 135



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/11/2020 - 19/11/2020
Coordinate: 45° 23' 46.65" N - 11° 09' 22.00" E	Quota: 28,068 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. km 11+700	



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

56 di 135



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/11/2020 - 19/11/2020
Coordinate: 45° 23' 46.65" N - 11° 09' 22.00" E	Quota: 28,068 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. km 11+700	

SCALA 1:60

## STRATIGRAFIA - BH PE 25

Pagina 2/2

m	R	metri	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard / Descrizione / Test				prov. a fab.	A E d	Pz
												m	S.P.T.	N	Pt			
						12,5	15,5	0,4										

Utilizzato carotiere semplice.  
Prelevati n. 7 campioni rimaneggiati.  
Prelevato n. 1 campione rimaneggiato S.P.T.  
Eseguite n. 7 prove SPT.  
Eseguite n. 3 prove Lefranc.



Il Geologo di Cantiere  
dott.geol. Gabriele Sprocatti



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI1600001A	57 di 135



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/11/2020 - 19/11/2020
Coordinate: 45° 23' 46.65" N - 11° 09' 22.00" E	Quota: 28,068 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. km 11+700	

### LEGENDA STRATIGRAFIA

n	R	metri	Prel. % 0-100	R.Q.D. % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Resistenza alla punta		N	P <sub>1</sub>	A	P <sub>2</sub>	
												m	cm					
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica
- 4) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 5) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Quota assoluta della base dello strato (m)
- 9) Spessore dello strato (m)
- 10) Descrizione della litologia dello strato
- 11) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 12) Simbolo del campione
- 13) Resistenza alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)
- 14) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 15) Prova S.P.T.
- 16) Valore di N<sub>spt</sub>
- 17) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 18) Prove in foro
- 19) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 20) Piezometri

*She* = Shelby  
*Den* = Denison  
*Ost* = Osterberg  
*Maz* = Mazier  
*Crp* = Craps  
*nk3* = NK3  
*Ind* = Indisturbato  
*Dis* = Disturbato  
*SDi* = Semi disturbato  
*SPT* = SPT  
*Amb* = Ambientale

*Lfr.C* = Lefranc a carico costante  
*Lfr.V* = Lefranc a carico variabile  
*Lug* = Lugeon  
*Press* = Prova pressiometrica  
*Dilat* = Prova dilatometrica  
*Scis* = Prova scissometrica  
*PLT* = Point Load Test  
*Prov* = Altra prova



Il Geologo di Cantiere  
dott.geol. Gabriele Sproccati

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

58 di 135



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/11/2020 - 19/11/2020
Fotografie - Pagina 1/2	Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

59 di 135



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/11/2020 - 19/11/2020
Fotografie - Pagina 2/2	Pagina 2



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Postazione

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

60 di 135

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 28/01/2021-28/01/2021	
Coordinate: 45° 23' 46.58" N - 11° 09' 22.53" E		Quota: 28,544 m s.l.m.	
Perforazione: Carotaggio a distruzione (0,00+12,00 m) e continuo (12,00+50,00 m), sonda: NENZI, prog. km 19+050			

SCALA 1:60

**STRATIGRAFIA - BH PE 25 bis**

Pagina 1/5

Profondità (m)	Profondità (mm)	Prof. % (0-100)	RQD % (0-100)	Litologia	Spes. (mm)	Quota (m)	Spes. (m)	Descrizione	Campioni	RP	Standard	Penetrazione (S.P.T)	Lea (N)	Pi (Pi)	prova (A)	Es (Es)	Pz
0	0							Carotaggio eseguito a distruzione di nucleo fino a 12,00 m da p.c.									
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12						12,0	36,5	12,0									



Il Geologo di Cantiere  
dott.geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa  
dott.geol. Giuseppe Paciti

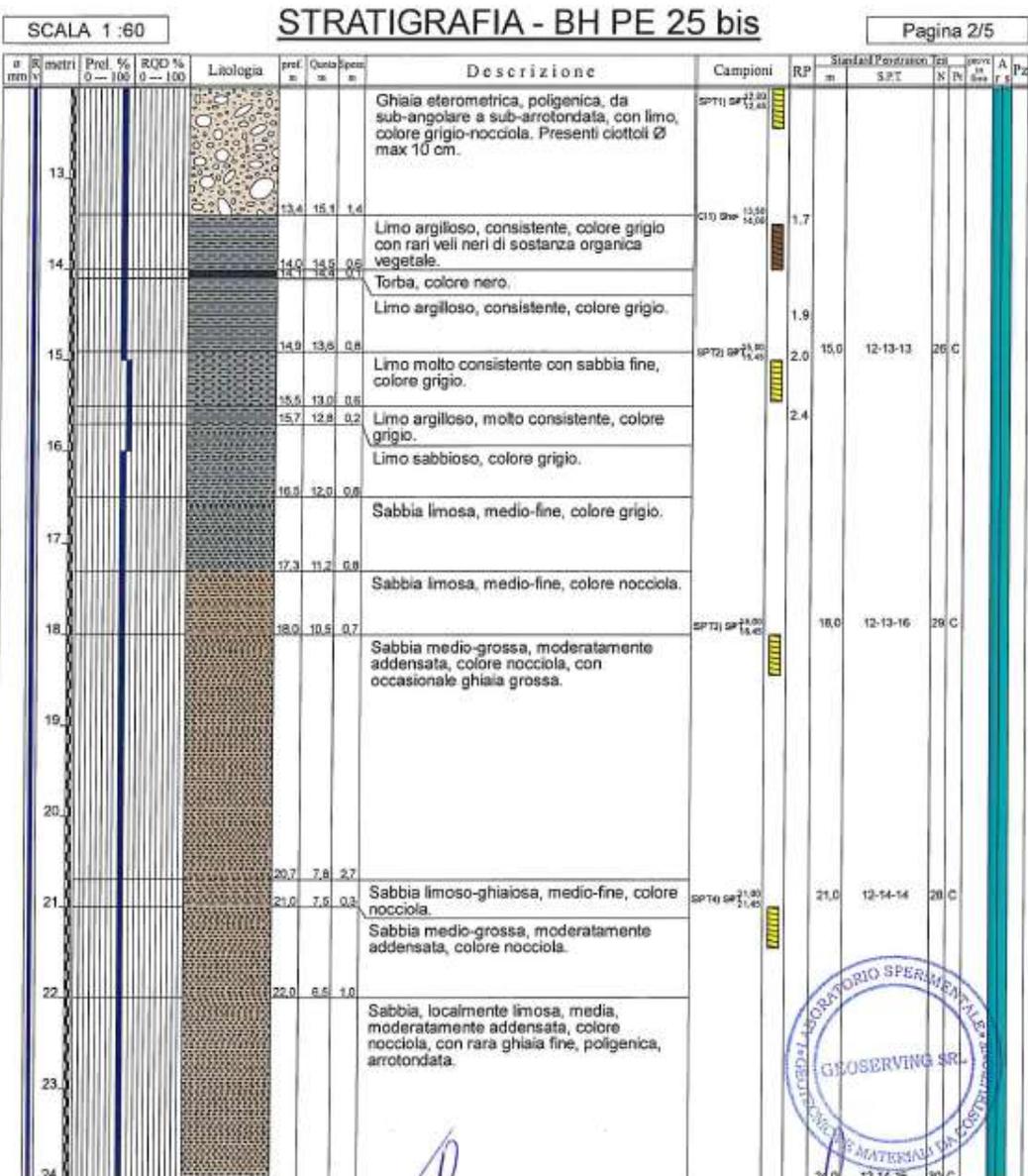


Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI1600001A	61 di 135

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021 Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25 bis
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI	Data: 26/01/2021-28/01/2021
Coordinate: 45° 23' 46.58" N - 11° 09' 22.53" E	Quota: 28,544 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio a distruzione (0,00+12,00 m) e continuo (12,00+50,00 m), sonda: NENZI, prog. km 19+050	



Il Geologo di Cantiere  
dott. geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa  
dott. geol. Giuseppe Pacitti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
62 di 135



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Coordinate: 45° 23' 46.58" N - 11° 09' 22.53" E		Quota: 28,544 m s.l.m.	
Perforazione: Carotaggio a distruzione (0,00+12,00 m) e continuo (12,00+50,00 m), sonda: NENZI, prog. km 19+050			

SCALA 1:60

### STRATIGRAFIA - BH PE 25 bis

Pagina 3/5

Prof. m	Quota m	Spec. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test	Test	Permeabilità	A	Pa
0-100	0-100					S.P.T.	N	Pt		
25			Sabbia, localmente limosa, media, moderatamente addensata, colore nocciola, con rare ghiaia fine, poligenica, arrotondata.	SP75) GP 24.00 24.43						
26	25,8	2,7	3,8							
26			Sabbia medio-grossa, moderatamente consistente, con occasionale ghiaia medio-fine, poligenica, arrotondata, colore grigio.	SP76) GP 27.00 27.43	27,0	11-14-16	30	C		
27										
28										
29										
30				SP77) GP 30.00 30.43	30,0	12-14-13	27	C		
31										
32										
33				SP78) GP 33.00 33.43	33,0	13-13-17	30	A		
34										
35										
36										



Il Geologo di Cantiere  
dott. geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa  
dott. geol. Giuseppe Pacitti



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

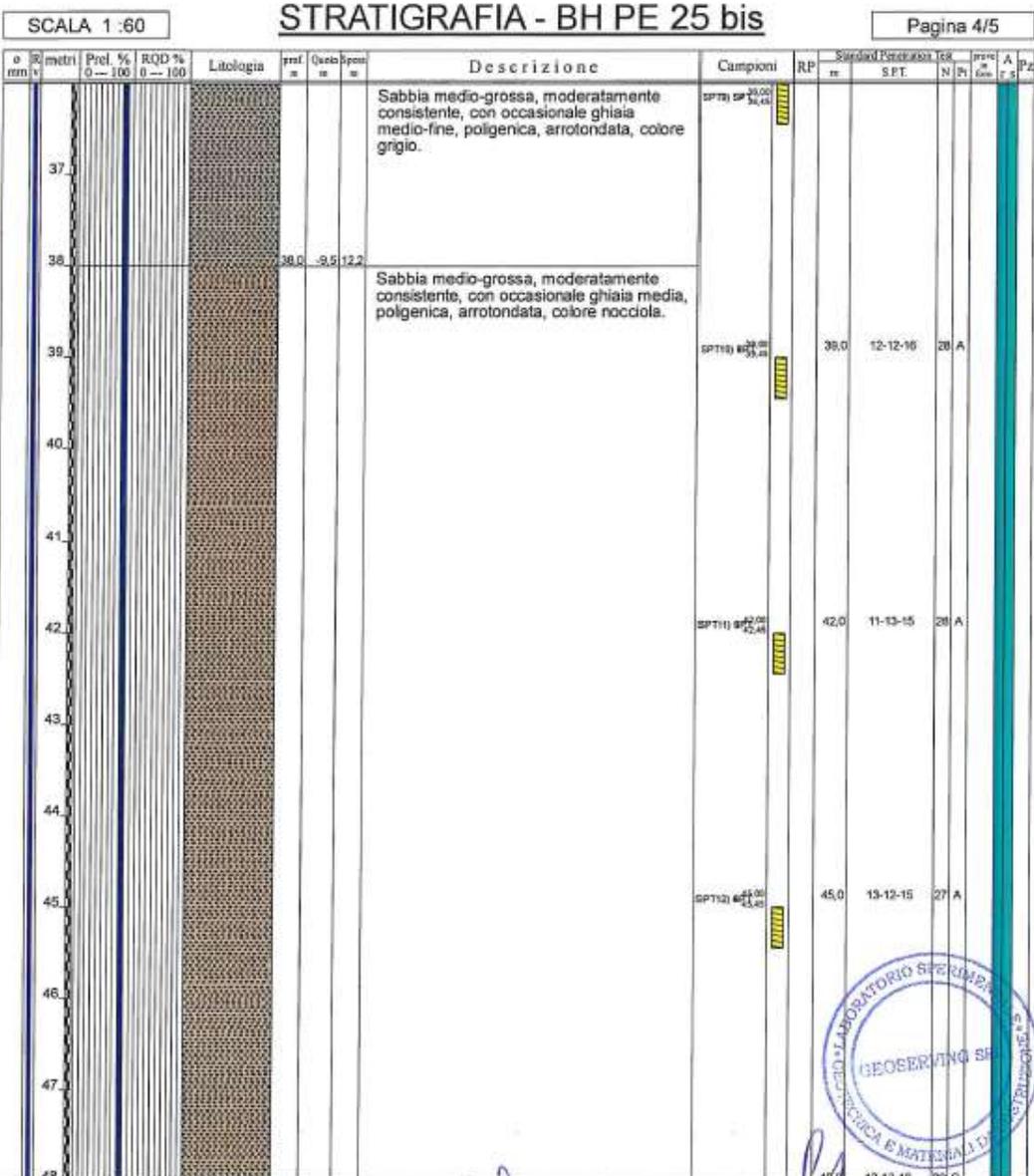
Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
63 di 135



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Coordinate: 45° 23' 46.58" N - 11° 09' 22.53" E		Quota: 28,544 m s.l.m.	
Perforazione: Carotaggio a distruzione (0,00+12,00 m) e continuo (12,00+50,00 m), sonda: NENZI, prog. km 19+050			



Il Geologo di Cantiere  
dott. geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa  
dott. geol. Giuseppe Pacitti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

64 di 135



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Coordinate: 45° 23' 46.58" N - 11° 09' 22.53" E		Quota: 28,544 m s.l.m.	
Perforazione: Carotaggio a distruzione (0,00+12,00 m) e continuo (12,00+50,00 m), sonda: NENZI, prog. km 19+050			

SCALA 1:60

### STRATIGRAFIA - BH PE 25 bis

Pagina 5/5

a m	b m	Prof. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	R.P.	Standard Penetration Test			preco cm	A r	Pz
											m	S.P.T.	N			
101	50				50,0	-21,5	120	Sabbia medio-grossa, moderatamente consistente, con occasionale ghiaia media, poligenica, arrotondata, colore nocciola.	SP1103 48,00 48,42							

Utilizzato carotiere semplice.  
Prelevato n. 1 campione indisturbato.  
Prelevati n. 13 campioni rimaneggiati S.P.T.  
Eseguite n. 13 prove S.P.T.



Il Geologo di Cantiere  
dott. geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa  
dott. geol. Giuseppe Pacitti



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

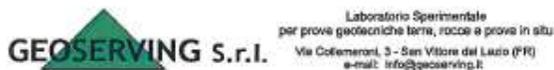
12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

65 di 135



Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021 Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020

Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 25 bis
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI	Data: 26/01/2021-28/01/2021
Coordinate: 45° 23' 46.58" N - 11° 09' 22.53" E	Quota: 28,544 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio a distruzione (0,00+12,00 m) e continuo (12,00+50,00 m), sonda: NENZI, prog. km 19+050	

### LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	R v	metri	Prelev. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Scarpa m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test	N	Prelev. m	A	Pz			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica
- 4) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 5) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Quota assoluta della base dello strato (m)
- 9) Spessore dello strato (m)
- 10) Descrizione della litologia dello strato
- 11) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 12) Simbolo del campione
- 13) Resistenza alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)
- 14) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 15) Prova S.P.T.
- 16) Valore di N<sub>spt</sub>
- 17) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 18) Prove in foro
- 19) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 20) Piezometri

*She* = Shelby  
*Den* = Denison  
*Ost* = Osterberg  
*Maz* = Mazier  
*Crp* = Craps  
*nk3* = NK3  
*Ind* = Indisturbato  
*Dis* = Disturbato  
*SDI* = Semi disturbato  
*SPT* = SPT  
*Amb* = Ambientale

*Lfr.C* = Lefranc a carico costante  
*Lfr.V* = Lefranc a carico variabile  
*Lug* = Luggeon  
*Press* = Prova pressiometrica  
*Dilat* = Prova dilatometrica  
*Scis* = Prova scissometrica  
*PLT* = Point Load Test  
*Prov* = Altra prova



Il Geologo di Carriere  
dott.geol. Alessio Saccon

Il Responsabile della Commessa  
dott.geol. Giuseppe Pacitti



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

66 di 135

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Fotografie - Pagina 1/5		Pagina 1	



Cassetta n° 1 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 15,00 a m 20,00



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
67 di 135

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Fotografie - Pagina 2/5		Pagina 2	



Cassetta n° 3 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 25,00 a m 30,00



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

68 di 135

**GEOSERVING S.r.l.**

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Fotografie - Pagina 3/5		Pagina 3	



Cassetta n° 5 - profondità da m 30,00 a m 35,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 35,00 a m 40,00



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

69 di 135



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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021		Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020	
Committente: IricAV Due		Sondaggio: BH PE 25 bis	
Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI		Data: 26/01/2021-28/01/2021	
Fotografie - Pagina 4/5		Pagina 4	



Cassetta n° 7 - profondità da m 40,00 a m 45,00



Cassetta n° 8 - profondità da m 45,00 a m 50,00



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

70 di 135

**GEOSERVING S.r.l.**

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

Certificato n° V5845/21 BH PE 25 bis del 04/02/2021 | Acceptance note n° V5845 del 29/10/2020

Committente: IricAV Due

Sondaggio: BH PE 25 bis

Riferimento: Integrazione AV/AC VR-VI

Data: 26/01/2021-28/01/2021

Fotografie - Pagina 5/5

Pagina 5



Postazione



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
71 di 135

VICENZETTO		SCHEDA DI SONDAGGIO			COMMESSA 038cm14	
		SECONDO RACCOMANDAZIONI AGI (1977)			PAG. 1	DI 3
Rev 0	Data	SPERIMENTATORE Dott. Geol. P. Pasquettto		DIRETTORE Dott. Geol. T. Vicenzetto		
<b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due <b>PROGETTO</b> Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebello V. PERFORAZIONE N. SPAA19 DATA INIZIO 19/11/2014 ULTIMAZIONE 21/11/2014 COORDINATE: Nord Est QUOTA P.C. = RESPONSABILE Dott. Sprocetti OPERATORE Sig. Chiericato ATTREZZATURA A66						
Da m 0.00	A m 20.00	Profondità Finale m 60.00	PAG. 1	DI 3		
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	TIPO	CAMPIONI	S.P.T.
					NUMERO	N H
					PROFONDITA' m da p.c.	
					POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	
					TORVAE Kg/cm <sup>2</sup>	
Limo argilloso nocciola.		0.65				
Argilla limosa nocciola passante a -1.80 m da p.c. a limo sabbioso grigio.		2.00				
Ghiala eterometrica, poligenica, perlopiu' sub-arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola. Frequenti ciottoli Ømax 10 cm. Alternato (7.00-7.15 m da p.c.) livello di argilla limosa nocciola.					1	3.00 3.15 3.30 3.45
					2	6.00 6.15 6.30 6.45
					3	9.00 9.15 9.30 9.45
Da -10.00 m da p.c. ghiala c.s. debolmente sabbiosa.					4	12.00 12.25
		15.10				15.00 15.15 15.30 15.45
Limo argilloso grigio.		16.20			A	15.70 16.20
Alternanze pluridecimetriche di argilla limosa, localmente con resti organici e limo sabbioso grigio.		17.70				
Sabbia medio fine limosa grigia.					5	18.00 18.15 18.30 18.45
Sabbia medio fine limosa nocciola.		19.60 20.00				

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



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
72 di 135

<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input 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										RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				NOTE	
PROVE IN FORO		PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC				PROF. FORO (m DA P.C.)		SERA		MATTINA		ATTREZZATURA PER SPT			
MANOVRA DI CAROTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZIONI		PROF. FORO (m DA P.C.)	Data	H (m da p.c.)	Data	H (m da p.c.)	PESO MAGLIO 63.5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7.2 kg/m PUNTA CHIUSA <input type="checkbox"/>				
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm							MATERIALE RIPOSTO IN N° 10 CASSETTE CATALOG.  POSA IN OPERA DI POZZETTO IN CALCESTRUZZO CON CHIUSINO CARRABILE IN GHISA DIM. 30X30 CM		
							STRUMENTAZIONE	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA				
							N° 2 PIEZOMETRI TUBO APERTO Ø 2"								
							CEMENTAZIONE 0.50 PALLINE DI BENTONITE 2.00 TUBO PVC Ø 2" CIECO 3.00 TUBO MICRO-FESSURATO FILTRO IN GHIAIA FINE 15.00 15.50 PALLINE DI BENTONITE 17.50 TUBO PVC Ø 2" CIECO 26.00	CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO	CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm	TUBI Ø 168 mm	19/11/2014				
	100										10.00				
											20/11/2014				
											16.50				
											20.00				
											20.00				



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
73 di 135

VICENZETTO		SCHEDA DI SONDAGGIO				COMMESSA 038cm14				
		SECONDO RACCOMANDAZIONI AGI (1977)								
Rev 0	Data	SPERIMENTATORE Dott. Geol. P. Pascualletto		DIRETTORE Dott. Geol. T. Vicenzetto		PAG. 2	DI 3			
<b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due <b>PROGETTO</b> Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebello V. PERFORAZIONE N. SPAA19 DATA INIZIO 19/11/2014 ULTIMAZIONE 21/11/2014 COORDINATE: Nord Est QUOTA P.C. = RESPONSABILE Dott. Sprocati OPERATORE S/g. Chierogato ATTREZZATURA A66										
Da m 20.00	A m 40.00	Profondità Finale m 50.00	PAG. 2	DI 3						
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI		S.P.T.				
				TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVANE Kg/cm <sup>2</sup>	N	H
Sabbia medio fine limosa nocciola.					6	21.00 21.45			12 14 19	21.00 21.15 21.30 21.45
					7	24.00 24.45			12 17 22	24.00 24.15 24.30 24.45
					8	27.00 27.45			16 23 29	27.00 27.15 27.30 27.45
Da -30.00 m da p.c. circa sabbia medio fine debole limosa con rari ciasti ghiaiosi Ømax 6 cm.					9	30.00 30.45			23 29 33	30.00 30.15 30.30 30.45
					10	33.00 33.45			20 27 35	33.00 33.15 33.30 33.45
					11	36.00 36.45			18 30 38	36.00 36.15 36.30 36.45
					12	39.00 39.45			16 28 41	39.00 39.15 39.30 39.45
		40.00								

VICENZETTO S.r.l. - 35040 VILLA ESTENSE (PD) - VIA MUNICIPIO n. 18 - TEL. 0429/91788 - FAX 0429/91200 - info@vicenzetto.it

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

74 di 135

<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"/> SPEZZONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO										RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				NOTE	
PROF. FORO (m DA P.C.)		PROF. RIVES (m DA P.C.)		SERA		MATTINA		ATTREZZATURA PER SPT							
Data		H (m da p.c.)		Data		H (m da p.c.)		PESO MAGLIO 63.5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7.2 kg/m PUNTA CHIUSA <input type="checkbox"/>							
<b>PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC</b>															
MANOVRA DI CAROTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZONI			PROVE	STRUMENTAZIONE	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA			
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm							TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.
	100							N° 2 PIEZOMETRI TUBO APERTO Ø 2"							
								TUBO MICRO-FESSURATO FILTRO IN GHIAIA FINE				20/11/2014			
									CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO						
									CAROTTIERE SEMPLICE Ø 101 mm						
									TUBI Ø 127 mm						
												30.80			
												21/11/2014			
												40.00			
												40.00			
												40.00			
												40.00			



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
75 di 135

VICENZETTO		SCHEDA DI SONDAGGIO				COMMESSA 036sm14			
		SECONDO RACCOMANDAZIONI AGI (1977)				PAG. 3	DI 3		
Rev 0	Data	SPERIMENTATORE Dott. Geol. P. Pasqualetto				DIRETTORE Dott. Geol. T. Vicenzetto			
<b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due									
<b>PROGETTO</b> Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebello V.									
PERFORAZIONE N. SPAA19		DATA INIZIO 19/11/2014		ULTIMAZIONE 21/11/2014					
COORDINATE: Nord		Est		QUOTA P.C. =					
RESPONSABILE Dott. Sprocatti		OPERATORE Sig. Chieragato		ATTREZZATURA A66					
Da m 40.00	A m 60.00	Profondità Finale m 50.00	PAG. 3	DI 3					
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	TIPO	CAMPIONI	S.P.T.			
				NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVANE Kg/cm <sup>2</sup>	N	H
Sabbia medio fine debolmente limosa nocciola.									
A -45.00 m da p.c. livello pot. 4-5 cm di arenaria nocciola.									
Sabbia medio fine limosa nocciola; alternato livello (-48.35 m -48.70 m da p.c.) di argilla limosa nocciola con chiazze di ossidazione ocree.						1.0	0.5		
FINE SONDAGGIO									

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

76 di 135

<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 type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO										RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				NOTE
PROF. FORO (m DA P.C.)		PROF. RIVES. (m DA P.C.)		SERA		MATTINA		ATTREZZATURA PER SPT						
Data		Data		H (m da p.c.)		H (m da p.c.)		PESO MAGLIO 63.5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7.2 kg/m PUNTA CHIUSA <input checked="" type="checkbox"/>						
PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC MANOVRA DI CAROTAGGIO T.C.R. % S.C.R. % R.Q.D. % DIMENSIONE SPEZZIONI < 5 cm 5-10 cm > 10 cm TIECO NUMERO PROFONDITA' in da p.c. STRUMENTAZIONE N° 2 PIEZOMETRI TUBO APERTO Ø 2" METODO DI PERFORAZIONE ATTREZZO DI PERFORAZIONE RIVESTIMENTO DATA														
FESSURATO FILTRO IN GHIAIA FINE CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO CAROTTIERE SEMPLICE Ø 101 mm TUBI Ø 127 mm 21/11/2014														
50.00 50.00 50.00 50.00 50.00														



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
77 di 135

VICENZETTO		SCHEMA DI SONDAGGIO		SECONDO RACCOMANDAZIONI AGI (1977)		COMMESSA 036cm14						
Rev 0	Data	SPERIMENTATORE Dott. Geol. P. Pasqualeto		PAG. 1	DI 1	DIRETTORE Dott. Geol. T. Vicenzetto						
<b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due <b>PROGETTO</b> Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebello V. PERFORAZIONE N. SPA20 DATA INIZIO 07/11/2014 ULTIMAZIONE 08/11/2014 COORDINATE: Nord Est QUOTA P.C. = RESPONSABILE Dott. Zabeo OPERATORE Sig. Zorzetto ATTREZZATURA Comelma												
Da m 0.00	A m 20.00	Profondità Finale m 20.00	PAG. 1	DI 1	CAMPIONI		S.P.T.					
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA			PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	POCKET PROF. Kgf/cm <sup>2</sup>	TORNAVE Kgf/cm <sup>2</sup>	N	H	
Limo argilloso bruno con copertura erbosa.			0.20		A	1.00						
Limo sabbioso debolmente argilloso nocciola ocre con livelletto di sabbia fine giallo ocre da -0.60 m a -0.70 m da p.c.			2.10		1	2.10	1.50	0.60				
Limo argilloso nocciola ocre con punti scuri di sostanza org. vegetale.			3.10		B	2.50	1.70	0.75				
Ghiaia media e grossa con sabbia media grigia e rari ciottoli Ømax 7 cm						3.10						
Idem c.s. con ciottoli Ømax 9 cm.						4.50					4.50	
						4.95					4.65	
						6.00					4.80	
						6.45					4.95	
Idem c.s. con matrice di sabbia fine con limo bruno nocciola tra -8.70 m e -8.90 m da p.c.						7.50					6.00	
						7.95					6.15	
						9.00					6.30	
						9.45					6.45	
Idem c.s. ghiaia da media a fine con frequenti ciottoli Ø 8-10 cm.						10.50					7.50	
						10.95					7.65	
						11.00					7.80	
					11.50					7.95		
Sabbia medio fine limosa grigia nocciola con ghiaia medio fine.			13.40		12.00					9.00		
					12.45					9.15		
					13.50					9.30		
					13.95					9.45		
Sabbia medio fine con limo nocciola.			14.20		14.50					9.00		
					15.00					9.15		
					15.00					9.30		
					15.50					9.45		
Limo argilloso grigio con livelletti centimetrici di sabbia fine grigia.			15.80		16.50	1.5	0.65			9.00		
					16.95	1.7	0.75			9.15		
					17.20					9.30		
					17.50					9.45		
Sabbia medio fine limosa grigia con livelli limosi grigi centimetrici tra -16.60 m e -16.70 m da p.c.					18.00	1.5	0.62			9.00		
					18.45					9.15		
					18.70					9.30		
					18.70					9.45		
Limo argilloso nocciola.			19.40		19.00					12.00		
										12.15		
Limo con sabbia grigio passante a sabbia limosa.			20.00							12.30		
										12.45		
FINE SONDAGGIO										13.50		
										13.65		
										13.80		
										13.95		
										16.50		
										16.65		
										16.80		
										16.95		
										18.00		
										18.15		
										18.30		
										18.45		

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

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI1600001A

Foglio  
78 di 135

<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"/> SPEZZONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO										RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE				NOTE	
PROF. FORO (m DA P.C.)		PROF. RIVES. (m DA P.C.)		SERA		MATTINA									
				Data	H (m da p.c.)	Data	H (m da p.c.)								
12.00		12.60		07/11	0.00	08/11	2.12	ATTREZZATURA PER SPT							
20.00				08/11	1.88			PESO MAGLIO 63.5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7.2 kg/m PUNTA CHIUSA <input checked="" type="checkbox"/>							
PROVE IN FORO															
PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC															
MANOVRA DI CAROTTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZONI			PROVE		STRUMENTAZIONE	MATERIALE RIPOSTO IN N° 4 CASSETTE CATALOG. POSA IN OPERA DI POZZETTO IN CALCESTRUZZO CON CHIUSINO CARRABILE IN GHISA DIM. 30X30 CM					
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TEGO	PROFONDITA' m da p.c.							
									PIEZOMETRO TUBO APERTO Ø 2"						
									CEMENTAZIONE						
									TUBO CIECO						
									8.00						
									PALLINE DI BENTONITE						
									8.00						
									TUBO MICRO-FESSURATO						
									FILTRO IN GHIAIA FINE						
									20.00						
									CAROTTAGGIO CONTINUO A SECCO						
									CAROTIERE SEMPLICE Ø 131 mm						
									9.60						
									TUBI Ø 162 mm						
									07/11/2014						
									CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm						
									9.60						
									TUBI Ø 127 mm						
									08/11/2014						
									12.00						
									20.00						



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 79 di 135</p>

**ALLEGATO 3 - SEZ. N° 242 – PHI 38° - TABULATI DI SLIDE**

## Slide Analysis Information

### RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

## Project Summary

File Name:	RI_16 sez 242 phi38_rev01.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	04/06/2021, 15:23:11

## Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Sismica A2+M2+R2 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.227010 Spencer: 1.225660 Gle/morgenstern-price: 1.222560	00h:00m:01.960s
Sismica kv+ 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.074740 Spencer: 1.074800 Gle/morgenstern-price: 1.080110	00h:00m:01.581s
Sismica kv- 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.051540 Spencer: 1.057230 Gle/morgenstern-price: 1.056530	00h:00m:01.524s

## General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Right to Left

## Design Standard

 Sismica A2+M2+R2

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

81 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Statica

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

#### ◆ Sismica kv+

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

#### ◆ Sismica kv-

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

82 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

### All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
	<b>Analysis Methods Used</b>
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

### All Open Scenarios

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

## Random Numbers

### All Open Scenarios

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

## Surface Options

### All Open Scenarios

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth [m]:	3.5
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

## Seismic Loading

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

### ◆ Sismica kv+

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.086
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.043

### ◆ Sismica kv-

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.086
Seismic Load Coefficient (Vertical):	-0.043

## Loading

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

84 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent
&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable

#### ◆ Sismica kv+

&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live

#### ◆ Sismica kv-

&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
&nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

85 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

## Materials

### UG 3a/b

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	36
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### Rilevato

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	20
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG 6

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG 4

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG2

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	26
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

## Materials In Use

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Material	Sismica A2+M2+R2	Sismica kv+	Sismica kv-
UG 3a/b	✓	✓	✓
Rilevato	✓	✓	✓
UG 6	✓	✓	✓
UG 4	✓	✓	✓
UG2	✓	✓	✓

## Global Minimums

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Method: bishop simplified

FS	1.227010
Center:	19.086, 44.492
Radius:	24.414
Left Slip Surface Endpoint:	21.288, 20.178
Right Slip Surface Endpoint:	36.144, 27.027
Resisting Moment:	10395 kN-m
Driving Moment:	8471.83 kN-m
Total Slice Area:	31.1816 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	14.8559 m
Surface Average Height:	2.09893 m

Method: spencer

FS	1.225660
Center:	19.086, 44.492
Radius:	24.414
Left Slip Surface Endpoint:	21.288, 20.178
Right Slip Surface Endpoint:	36.144, 27.027
Resisting Moment:	10383.6 kN-m
Driving Moment:	8471.83 kN-m
Resisting Horizontal Force:	373.244 kN
Driving Horizontal Force:	304.524 kN
Total Slice Area:	31.1816 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	14.8559 m
Surface Average Height:	2.09893 m

Method: gle/morgenstern-price

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 87 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS	1.222560
Center:	19.086, 44.492
Radius:	24.414
Left Slip Surface Endpoint:	21.288, 20.178
Right Slip Surface Endpoint:	36.144, 27.027
Resisting Moment:	10357.3 kN-m
Driving Moment:	8471.83 kN-m
Resisting Horizontal Force:	372.769 kN
Driving Horizontal Force:	304.91 kN
Total Slice Area:	31.1816 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	14.8559 m
Surface Average Height:	2.09893 m

◆ **Sismica kv+**

**Method: bishop simplified**

FS	1.074740
Center:	21.402, 33.235
Radius:	13.714
Left Slip Surface Endpoint:	17.239, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:	33.630, 27.027
Resisting Moment:	5059.49 kN-m
Driving Moment:	4707.63 kN-m
Total Slice Area:	32.9983 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.3912 m
Surface Average Height:	2.01317 m

**Method: spencer**

FS	1.074800
Center:	21.334, 33.293
Radius:	13.801
Left Slip Surface Endpoint:	17.067, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:	33.630, 27.027
Resisting Moment:	5115.78 kN-m
Driving Moment:	4759.76 kN-m
Resisting Horizontal Force:	322.746 kN
Driving Horizontal Force:	300.285 kN
Total Slice Area:	33.2708 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.5633 m
Surface Average Height:	2.00871 m

**Method: gle/morgenstern-price**

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

88 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS	1.080110
Center:	21.114, 33.513
Radius:	14.137
Left Slip Surface Endpoint:	16.453, 20.166
Right Slip Surface Endpoint:	33.675, 27.027
Resisting Moment:	5413.95 kN-m
Driving Moment:	5012.41 kN-m
Resisting Horizontal Force:	333.041 kN
Driving Horizontal Force:	308.34 kN
Total Slice Area:	34.713 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	17.2217 m
Surface Average Height:	2.01565 m

#### ◆ Sismica kv-

**Method: bishop simplified**

FS	1.051540
Center:	21.533, 31.060
Radius:	11.829
Left Slip Surface Endpoint:	16.919, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:	32.654, 27.027
Resisting Moment:	3797.6 kN-m
Driving Moment:	3611.45 kN-m
Total Slice Area:	32.558 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	15.7347 m
Surface Average Height:	2.06919 m

**Method: spencer**

FS	1.057230
Center:	21.855, 30.908
Radius:	11.535
Left Slip Surface Endpoint:	17.643, 20.169
Right Slip Surface Endpoint:	32.717, 27.027
Resisting Moment:	3675.09 kN-m
Driving Moment:	3476.14 kN-m
Resisting Horizontal Force:	274.244 kN
Driving Horizontal Force:	259.398 kN
Total Slice Area:	31.5634 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	15.0744 m
Surface Average Height:	2.09384 m

**Method: gle/morgenstern-price**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

89 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

	FS	1.056530
Center:		21.611, 31.023
Radius:		11.758
Left Slip Surface Endpoint:		17.093, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:		32.669, 27.027
Resisting Moment:		3780.34 kN-m
Driving Moment:		3578.08 kN-m
Resisting Horizontal Force:		276.215 kN
Driving Horizontal Force:		261.437 kN
Total Slice Area:		32.2988 m2
Surface Horizontal Width:		15.5757 m
Surface Average Height:		2.07367 m

## Global Minimum Support Data

### All Open Scenarios

No Supports Present

## Entity Information

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

90 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	55.982, 20.0323
	45.4959, 27.0266
	43.8954, 27.0266
	42.0976, 27.0266
	39.5051, 27.0266
	37.5899, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	33.5128, 27.0266
	31.5559, 27.0266
21.2882, 20.178	
Material Boundary	-0.224101, 20.1264
	-0.190334, 16.1264
	-0.122799, 8.12628
	-0.097474, 5.12625
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2591, 19.2017
	54.4152, 19.2017
	55.982, 20.0323
Material Boundary	33.5128, 27.0266
	33.5128, 25.9475
	43.8791, 25.9475
	43.8954, 27.0266
Material Boundary	35.0051, 27.0266
	35.0051, 26.4176
	37.5805, 26.4176
	37.5899, 27.0266
Material Boundary	39.5051, 27.0266
	39.5051, 26.4004
	42.0965, 26.4004
	42.0976, 27.0266
Material Boundary	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

91 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	33.5128, 27.0266 35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266 39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266 43.8954, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ **Sismica kv+**

**Shared Entities**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

92 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	55.982, 20.0323
	45.4959, 27.0266
	43.8954, 27.0266
	42.0976, 27.0266
	39.5051, 27.0266
	37.5899, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	33.5128, 27.0266
	31.5559, 27.0266
	21.2882, 20.178
-0.224101, 20.1264	
-0.190334, 16.1264	
-0.122799, 8.12628	
-0.097474, 5.12625	
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2591, 19.2017
	54.4152, 19.2017
	55.982, 20.0323
Material Boundary	33.5128, 27.0266
	33.5128, 25.9475
	43.8791, 25.9475
Material Boundary	43.8954, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	35.0051, 26.4176
Material Boundary	37.5805, 26.4176
	37.5899, 27.0266
	Material Boundary
39.5051, 26.4004	
42.0965, 26.4004	
Material Boundary	42.0976, 27.0266
	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

93 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	33.5128, 27.0266 35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266 39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266 43.8954, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ Sismica kv-

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

94 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	55.982, 20.0323
	45.4959, 27.0266
	43.8954, 27.0266
	42.0976, 27.0266
	39.5051, 27.0266
	37.5899, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	33.5128, 27.0266
	31.5559, 27.0266
21.2882, 20.178	
-0.224101, 20.1264	
-0.190334, 16.1264	
-0.122799, 8.12628	
-0.097474, 5.12625	
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2591, 19.2017
	54.4152, 19.2017
	55.982, 20.0323
Material Boundary	33.5128, 27.0266
	33.5128, 25.9475
	43.8791, 25.9475
Material Boundary	43.8954, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	35.0051, 26.4176
Material Boundary	37.5805, 26.4176
	37.5899, 27.0266
	Material Boundary
39.5051, 26.4004	
42.0965, 26.4004	
Material Boundary	42.0976, 27.0266
	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

95 di 135

RI\_16 sez 242 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	33.5128, 27.0266 35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266 39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266 43.8954, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 96 di 135</p>

**ALLEGATO 4 - SEZ. N° 242 – PHI 40° - TABULATI DI SLIDE**

## Slide Analysis Information

### RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

## Project Summary

File Name:	RI_16 sez 242 phi40_rev01.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	04/06/2021, 15:23:11

## Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Sismica A2+M2+R2	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.318290 Spencer: 1.316260 Gle/morgenstern-price: 1.318850	00h:00m:01.874s
Sismica kv+	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.146140 Spencer: 1.145310 Gle/morgenstern-price: 1.150060	00h:00m:01.576s
Sismica kv-	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.113240 Spencer: 1.114430 Gle/morgenstern-price: 1.119830	00h:00m:01.542s

## General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Right to Left

## Design Standard

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

98 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)

Name: NTC2008 A2+M2+R2 Statica

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

#### ◆ Sismica kv+

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)

Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

#### ◆ Sismica kv-

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

### All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

### All Open Scenarios

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI1600001A	Foglio 100 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

## Random Numbers

### All Open Scenarios

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

## Surface Options

### All Open Scenarios

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 3.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic Loading

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### ◆ Sismica kv+

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No  
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.086  
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.043

### ◆ Sismica kv-

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No  
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.086  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.043

## Loading

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

101 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

&nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 14.4  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Permanent  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 61.4  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Variable  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 61.4  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Variable

◆ **Sismica kv+**

&nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 14.4  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Dead  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Live  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Live

◆ **Sismica kv-**

&nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 14.4  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Dead  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Live  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Vertical  
 Load Action: Live

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

102 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

## Materials

### UG 3a/b

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	36
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### Rilevato

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	20
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	40
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG 6

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG 4

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG2

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	26
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### Materials In Use

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Material	Sismica A2+M2+R2	Sismica kv+	Sismica kv-
UG 3a/b	✓	✓	✓
Rilevato	✓	✓	✓
UG 6	✓	✓	✓
UG 4	✓	✓	✓
UG2	✓	✓	✓

## Global Minimums

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Method: bishop simplified

FS	1.318290
Center:	19.083, 44.489
Radius:	24.411
Left Slip Surface Endpoint:	21.288, 20.178
Right Slip Surface Endpoint:	36.140, 27.027
Resisting Moment:	11156.2 kN-m
Driving Moment:	8462.66 kN-m
Total Slice Area:	31.161 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	14.8522 m
Surface Average Height:	2.09808 m

Method: spencer

FS	1.316260
Center:	19.083, 44.489
Radius:	24.411
Left Slip Surface Endpoint:	21.288, 20.178
Right Slip Surface Endpoint:	36.140, 27.027
Resisting Moment:	11139 kN-m
Driving Moment:	8462.66 kN-m
Resisting Horizontal Force:	400.443 kN
Driving Horizontal Force:	304.229 kN
Total Slice Area:	31.161 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	14.8522 m
Surface Average Height:	2.09808 m

Method: gle/morgenstern-price

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

104 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS	1.318850
Center:	19.083, 44.489
Radius:	24.411
Left Slip Surface Endpoint:	21.288, 20.178
Right Slip Surface Endpoint:	36.140, 27.027
Resisting Moment:	11161 kN-m
Driving Moment:	8462.66 kN-m
Resisting Horizontal Force:	400.662 kN
Driving Horizontal Force:	303.797 kN
Total Slice Area:	31.161 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	14.8522 m
Surface Average Height:	2.09808 m

#### ◆ Sismica kv+

##### Method: bishop simplified

FS	1.146140
Center:	21.126, 31.258
Radius:	12.220
Left Slip Surface Endpoint:	15.999, 20.165
Right Slip Surface Endpoint:	32.590, 27.027
Resisting Moment:	4702.29 kN-m
Driving Moment:	4102.73 kN-m
Total Slice Area:	34.2508 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.5914 m
Surface Average Height:	2.06437 m

##### Method: spencer

FS	1.145310
Center:	21.071, 31.290
Radius:	12.283
Left Slip Surface Endpoint:	15.864, 20.165
Right Slip Surface Endpoint:	32.590, 27.027
Resisting Moment:	4747.45 kN-m
Driving Moment:	4145.14 kN-m
Resisting Horizontal Force:	330.328 kN
Driving Horizontal Force:	288.419 kN
Total Slice Area:	34.6138 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.726 m
Surface Average Height:	2.06946 m

##### Method: gle/morgenstern-price

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

105 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS	1.150060
Center:	21.529, 31.073
Radius:	11.855
Left Slip Surface Endpoint:	16.880, 20.167
Right Slip Surface Endpoint:	32.672, 27.027
Resisting Moment:	4513.65 kN-m
Driving Moment:	3924.72 kN-m
Resisting Horizontal Force:	326.571 kN
Driving Horizontal Force:	283.961 kN
Total Slice Area:	32.8205 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	15.7927 m
Surface Average Height:	2.07821 m

#### ◆ Sismica kv-

Method: bishop simplified

FS	1.113240
Center:	21.012, 31.313
Radius:	12.329
Left Slip Surface Endpoint:	15.746, 20.165
Right Slip Surface Endpoint:	32.571, 27.027
Resisting Moment:	4299.74 kN-m
Driving Moment:	3862.36 kN-m
Total Slice Area:	34.758 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.8252 m
Surface Average Height:	2.06583 m

Method: spencer

FS	1.114430
Center:	20.937, 31.352
Radius:	12.407
Left Slip Surface Endpoint:	15.572, 20.164
Right Slip Surface Endpoint:	32.566, 27.027
Resisting Moment:	4355.34 kN-m
Driving Moment:	3908.15 kN-m
Resisting Horizontal Force:	299.419 kN
Driving Horizontal Force:	268.676 kN
Total Slice Area:	35.1913 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.9935 m
Surface Average Height:	2.07087 m

Method: gle/morgenstern-price

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

106 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

	FS	1.119830
Center:		21.259, 31.229
Radius:		12.162
Left Slip Surface Endpoint:		16.206, 20.166
Right Slip Surface Endpoint:		32.672, 27.027
Resisting Moment:		4294.86 kN-m
Driving Moment:		3835.28 kN-m
Resisting Horizontal Force:		301.061 kN
Driving Horizontal Force:		268.845 kN
Total Slice Area:		34.4845 m2
Surface Horizontal Width:		16.466 m
Surface Average Height:		2.09428 m

## Global Minimum Support Data

### All Open Scenarios

No Supports Present

## Entity Information

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

107 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	55.982, 20.0323
	45.4959, 27.0266
	43.8954, 27.0266
	42.0976, 27.0266
	39.5051, 27.0266
	37.5899, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	33.5128, 27.0266
	31.5559, 27.0266
	21.2882, 20.178
Material Boundary	-0.224101, 20.1264
	-0.190334, 16.1264
	-0.122799, 8.12628
	-0.097474, 5.12625
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2591, 19.2017
	54.4152, 19.2017
	55.982, 20.0323
Material Boundary	33.5128, 27.0266
	33.5128, 25.9475
	43.8791, 25.9475
	43.8954, 27.0266
Material Boundary	35.0051, 27.0266
	35.0051, 26.4176
	37.5805, 26.4176
	37.5899, 27.0266
Material Boundary	39.5051, 27.0266
	39.5051, 26.4004
	42.0965, 26.4004
	42.0976, 27.0266
Material Boundary	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

108 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	33.5128, 27.0266 35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266 39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266 43.8954, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ **Sismica kv+**

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

109 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	55.982, 20.0323
	45.4959, 27.0266
	43.8954, 27.0266
	42.0976, 27.0266
	39.5051, 27.0266
	37.5899, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	33.5128, 27.0266
	31.5559, 27.0266
21.2882, 20.178	
-0.224101, 20.1264	
-0.190334, 16.1264	
-0.122799, 8.12628	
-0.097474, 5.12625	
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2591, 19.2017
	54.4152, 19.2017
	55.982, 20.0323
Material Boundary	33.5128, 27.0266
	33.5128, 25.9475
	43.8791, 25.9475
Material Boundary	43.8954, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	35.0051, 26.4176
Material Boundary	37.5805, 26.4176
	37.5899, 27.0266
	Material Boundary
39.5051, 26.4004	
42.0965, 26.4004	
42.0976, 27.0266	
Material Boundary	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

110 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	33.5128, 27.0266 35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266 39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266 43.8954, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

 **Sismica kv-**

**Shared Entities**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

111 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	55.982, 20.0323
	45.4959, 27.0266
	43.8954, 27.0266
	42.0976, 27.0266
	39.5051, 27.0266
	37.5899, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	33.5128, 27.0266
	31.5559, 27.0266
21.2882, 20.178	
-0.224101, 20.1264	
-0.190334, 16.1264	
-0.122799, 8.12628	
-0.097474, 5.12625	
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2591, 19.2017
	54.4152, 19.2017
	55.982, 20.0323
Material Boundary	33.5128, 27.0266
	33.5128, 25.9475
	43.8791, 25.9475
Material Boundary	43.8954, 27.0266
	35.0051, 27.0266
	35.0051, 26.4176
Material Boundary	37.5805, 26.4176
	37.5899, 27.0266
	Material Boundary
39.5051, 26.4004	
42.0965, 26.4004	
Material Boundary	42.0976, 27.0266
	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

112 di 135

RI\_16 sez 242 phi40\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	33.5128, 27.0266 35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266 39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266 43.8954, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.0051, 27.0266 37.5899, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.5051, 27.0266 42.0976, 27.0266	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI1600001A	113 di 135

**ALLEGATO 5 - SEZ. N° 247 - TABULATI DI SLIDE**

## Slide Analysis Information

### RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

## Project Summary

File Name:	RI_16 sez 247 phi38_rev01.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	04/06/2021, 15:23:11

### Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Sismica A2+M2+R2	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.256170 Spencer: 1.255770 Gle/morgenstern-price: 1.254580	00h:00m:01.706s
Sismica kv+	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.134000 Spencer: 1.137030 Gle/morgenstern-price: 1.139460	00h:00m:01.534s
Sismica kv-	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.114800 Spencer: 1.116180 Gle/morgenstern-price: 1.120740	00h:00m:01.542s

## General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Right to Left

## Design Standard

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

115 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Statica

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

◆ Sismica kv+

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

◆ Sismica kv-

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

### All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
	<b>Analysis Methods Used</b>
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

### All Open Scenarios

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

## Random Numbers

### All Open Scenarios

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

## Surface Options

### All Open Scenarios

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 3.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic Loading

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### ◆ Sismica kv+

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No  
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.086  
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.043

### ◆ Sismica kv-

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No  
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.086  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.043

## Loading

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

118 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

&nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 61.4  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Variable  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 61.4  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Variable  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 14.4  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Permanent

◆ **Sismica kv+**

&nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Live  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Live  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 14.4  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Dead

◆ **Sismica kv-**

&nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 14.4  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Dead  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Live  
 &nbsp;  
 Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 12.3  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Live

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

119 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

## Materials

### UG 3a/b

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	36
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### Rilevato

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	20
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG 6

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG 4

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

### UG2

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	26
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

## Materials In Use

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Material	Sismica A2+M2+R2	Sismica kv+	Sismica kv-
UG 3a/b	✓	✓	✓
Rilevato	✓	✓	✓
UG 6	✓	✓	✓
UG 4	✓	✓	✓
UG2	✓	✓	✓

## Global Minimums

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Method: bishop simplified

FS	1.256170
Center:	20.672, 38.752
Radius:	18.737
Left Slip Surface Endpoint:	18.261, 20.171
Right Slip Surface Endpoint:	34.653, 26.278
Resisting Moment:	7433.63 kN-m
Driving Moment:	5917.71 kN-m
Total Slice Area:	29.2469 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.3918 m
Surface Average Height:	1.78423 m

Method: spencer

FS	1.255770
Center:	20.683, 38.734
Radius:	18.717
Left Slip Surface Endpoint:	18.289, 20.171
Right Slip Surface Endpoint:	34.653, 26.278
Resisting Moment:	7423.49 kN-m
Driving Moment:	5911.52 kN-m
Resisting Horizontal Force:	346.75 kN
Driving Horizontal Force:	276.126 kN
Total Slice Area:	29.2427 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.3639 m
Surface Average Height:	1.78702 m

Method: gle/morgenstern-price

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 121 di 135</p>

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS		1.254580
Center:	20.591, 38.886	
Radius:	18.887	
Left Slip Surface Endpoint:	18.054, 20.170	
Right Slip Surface Endpoint:	34.653, 26.278	
Resisting Moment:	7482.23 kN-m	
Driving Moment:	5963.91 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	346.39 kN	
Driving Horizontal Force:	276.099 kN	
Total Slice Area:	29.283 m <sup>2</sup>	
Surface Horizontal Width:	16.5984 m	
Surface Average Height:	1.76421 m	

◆ **Sismica kv+**

**Method: bishop simplified**

FS		1.134000
Center:	21.343, 34.801	
Radius:	15.047	
Left Slip Surface Endpoint:	17.830, 20.170	
Right Slip Surface Endpoint:	33.744, 26.278	
Resisting Moment:	5468.59 kN-m	
Driving Moment:	4822.39 kN-m	
Total Slice Area:	30.2335 m <sup>2</sup>	
Surface Horizontal Width:	15.914 m	
Surface Average Height:	1.8998 m	

**Method: spencer**

FS		1.137030
Center:	21.250, 35.017	
Radius:	15.323	
Left Slip Surface Endpoint:	17.463, 20.169	
Right Slip Surface Endpoint:	33.838, 26.278	
Resisting Moment:	5741.94 kN-m	
Driving Moment:	5049.95 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	332.032 kN	
Driving Horizontal Force:	292.017 kN	
Total Slice Area:	31.2536 m <sup>2</sup>	
Surface Horizontal Width:	16.3751 m	
Surface Average Height:	1.90861 m	

**Method: gle/morgenstern-price**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

122 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS	1.139460
Center:	21.343, 34.801
Radius:	15.047
Left Slip Surface Endpoint:	17.830, 20.170
Right Slip Surface Endpoint:	33.744, 26.278
Resisting Moment:	5494.94 kN-m
Driving Moment:	4822.39 kN-m
Resisting Horizontal Force:	322.509 kN
Driving Horizontal Force:	283.036 kN
Total Slice Area:	30.2335 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	15.914 m
Surface Average Height:	1.8998 m

#### ◆ Sismica kv-

Method: bishop simplified

FS	1.114800
Center:	21.068, 35.163
Radius:	15.512
Left Slip Surface Endpoint:	17.096, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:	33.783, 26.278
Resisting Moment:	5288.98 kN-m
Driving Moment:	4744.33 kN-m
Total Slice Area:	31.258 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.6867 m
Surface Average Height:	1.87323 m

Method: spencer

FS	1.116180
Center:	21.082, 35.146
Radius:	15.490
Left Slip Surface Endpoint:	17.132, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:	33.783, 26.278
Resisting Moment:	5284.38 kN-m
Driving Moment:	4734.35 kN-m
Resisting Horizontal Force:	301.711 kN
Driving Horizontal Force:	270.307 kN
Total Slice Area:	31.218 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.651 m
Surface Average Height:	1.87484 m

Method: gle/morgenstern-price

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

123 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

FS	1.120740
Center:	21.040, 35.195
Radius:	15.553
Left Slip Surface Endpoint:	17.029, 20.168
Right Slip Surface Endpoint:	33.783, 26.278
Resisting Moment:	5338.08 kN-m
Driving Moment:	4763 kN-m
Resisting Horizontal Force:	302.897 kN
Driving Horizontal Force:	270.265 kN
Total Slice Area:	31.3337 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.7537 m
Surface Average Height:	1.87025 m

## Global Minimum Support Data

### All Open Scenarios

No Supports Present

## Entity Information

### ◆ Sismica A2+M2+R2

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

124 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	53.6507, 20.0323
	44.3736, 26.278
	42.6031, 26.278
	40.8053, 26.278
	38.2128, 26.278
	36.2976, 26.278
	33.7128, 26.278
	32.2205, 26.278
	30.4336, 26.278
21.2882, 20.178	
Material Boundary	-0.224101, 20.1264
	-0.190334, 16.1264
	-0.122799, 8.12628
	-0.097474, 5.12625
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2767, 19.178
	52.563, 19.178
	53.6507, 20.0323
Material Boundary	32.2205, 26.278
	32.2205, 25.199
	42.5868, 25.199
	42.6031, 26.278
Material Boundary	33.7128, 26.278
	33.7128, 25.669
	36.2882, 25.669
Material Boundary	36.2976, 26.278
	38.2128, 26.278
	38.2128, 25.6519
Material Boundary	40.8041, 25.6519
	40.8053, 26.278
	Material Boundary
81.7759, 16.0197	
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

125 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.224101, 20.1264 81.7759, 20.0197	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	36.2976, 26.278 33.7128, 26.278	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	40.8053, 26.278 38.2128, 26.278	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	42.6031, 26.278 40.8053, 26.278 38.2128, 26.278 36.2976, 26.278 33.7128, 26.278 32.2205, 26.278	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ Sismica kv+

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

126 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	53.6507, 20.0323
	44.3736, 26.278
	42.6031, 26.278
	40.8053, 26.278
	38.2128, 26.278
	36.2976, 26.278
	33.7128, 26.278
	32.2205, 26.278
	30.4336, 26.278
	21.2882, 20.178
-0.224101, 20.1264	
-0.190334, 16.1264	
-0.122799, 8.12628	
-0.097474, 5.12625	
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2767, 19.178
	52.563, 19.178
	53.6507, 20.0323
Material Boundary	32.2205, 26.278
	32.2205, 25.199
	42.5868, 25.199
Material Boundary	42.6031, 26.278
	33.7128, 26.278
	33.7128, 25.669
Material Boundary	36.2882, 25.669
	36.2976, 26.278
	Material Boundary
38.2128, 25.6519	
40.8041, 25.6519	
40.8053, 26.278	
Material Boundary	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

127 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.222929, 19.9877 81.7771, 19.8809	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	36.2976, 26.278 33.7128, 26.278	Constant Distribution Orientation: Normal to boundary Magnitude: 12.3 kN/m2 Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	40.8053, 26.278 38.2128, 26.278	Constant Distribution Orientation: Normal to boundary Magnitude: 12.3 kN/m2 Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	42.6031, 26.278 40.8053, 26.278 38.2128, 26.278 36.2976, 26.278 33.7128, 26.278 32.2205, 26.278	Constant Distribution Orientation: Normal to boundary Magnitude: 14.4 kN/m2 Creates Excess Pore Pressure: No

 **Sismica kv-**

**Shared Entities**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

128 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.0543659, 0.019669
	81.7759, 0.019669
	81.7759, 5.01966
	81.7759, 8.01966
	81.7759, 16.0197
	81.7759, 20.0197
	53.6507, 20.0323
	44.3736, 26.278
	42.6031, 26.278
	40.8053, 26.278
	38.2128, 26.278
	36.2976, 26.278
	33.7128, 26.278
	32.2205, 26.278
	30.4336, 26.278
21.2882, 20.178	
Material Boundary	-0.224101, 20.1264
	-0.190334, 16.1264
	-0.122799, 8.12628
	-0.097474, 5.12625
Material Boundary	21.2882, 20.178
	22.2767, 19.178
	52.563, 19.178
	53.6507, 20.0323
Material Boundary	32.2205, 26.278
	32.2205, 25.199
	42.5868, 25.199
	42.6031, 26.278
Material Boundary	33.7128, 26.278
	33.7128, 25.669
	36.2882, 25.669
	36.2976, 26.278
Material Boundary	38.2128, 26.278
	38.2128, 25.6519
	40.8041, 25.6519
	40.8053, 26.278
Material Boundary	-0.190334, 16.1264
	81.7759, 16.0197
Material Boundary	-0.122799, 8.12628
	81.7759, 8.01966
Material Boundary	-0.097474, 5.12625
	81.7759, 5.01966

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

129 di 135

RI\_16 sez 247 phi38\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.222929, 19.9877 81.7771, 19.8809	Assigned to:  UG 3a/b  Rilevato  UG 6  UG 4  UG2
Distributed Load	42.6031, 26.278 40.8053, 26.278 38.2128, 26.278 36.2976, 26.278 33.7128, 26.278 32.2205, 26.278	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	36.2976, 26.278 33.7128, 26.278	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	40.8053, 26.278 38.2128, 26.278	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI1600001A</p>	<p>Foglio 130 di 135</p>

**ALLEGATO 6 - SEZ. N° 242 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

131 di 135

## Settle3 Analysis Information

### RI16\_rev01

#### Project Settings

Document Name	RI16_rev01.s3z
Date Created	04/06/2021, 16:09:07
Stress Computation Method	Boussinesq
Minimum settlement ratio for subgrade modulus	0.9
Use average properties to calculate layered stresses	
Improve consolidation accuracy	
Ignore negative effective stresses in settlement calculations	

#### Stage Settings

Stage #	Name
1	Costruzione
2	Ballast

#### Results

Time taken to compute: 1.21343 seconds

**Stage: Costruzione**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

132 di 135

RI16\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [mm]	0	79.1794
Total Consolidation Settlement [mm]	0	0
Virgin Consolidation Settlement [mm]	0	0
Recompression Consolidation Settlement [mm]	0	0
Immediate Settlement [mm]	0	79.1794
Loading Stress ZZ [kPa]	0	138
Loading Stress XX [kPa]	-49.3068	102.062
Loading Stress YY [kPa]	-54.4008	206.585
Effective Stress ZZ [kPa]	0	453.233
Effective Stress XX [kPa]	3.65189	484.401
Effective Stress YY [kPa]	-28.3277	610.575
Total Stress ZZ [kPa]	0	845.633
Total Stress XX [kPa]	3.65189	876.801
Total Stress YY [kPa]	-20.69	1002.98
Modulus of Subgrade Reaction (Total) [kPa/m]	0	0
Modulus of Subgrade Reaction (Immediate) [kPa/m]	0	0
Modulus of Subgrade Reaction (Consolidation) [kPa/m]	0	0
Total Strain	0	0.00689409
Pore Water Pressure [kPa]	0	392.4
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.5595	453.043
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [mm]	0	0
Undrained Shear Strength	0	3.35292

**Stage: Ballast**

RI16\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [mm]	0	82.9601
Total Consolidation Settlement [mm]	0	0
Virgin Consolidation Settlement [mm]	0	0
Recompression Consolidation Settlement [mm]	0	0
Immediate Settlement [mm]	0	82.9601
Loading Stress ZZ [kPa]	0	148.256
Loading Stress XX [kPa]	-49.3977	102.79
Loading Stress YY [kPa]	-53.7613	206.271
Effective Stress ZZ [kPa]	0	454.313
Effective Stress XX [kPa]	3.59101	484.347
Effective Stress YY [kPa]	-27.5539	610.374
Total Stress ZZ [kPa]	0	846.713
Total Stress XX [kPa]	3.59101	876.747
Total Stress YY [kPa]	-19.8967	1002.77
Modulus of Subgrade Reaction (Total) [kPa/m]	0	123.624
Modulus of Subgrade Reaction (Immediate) [kPa/m]	0	123.624
Modulus of Subgrade Reaction (Consolidation) [kPa/m]	0	0
Total Strain	2.76313e-08	0.00735503
Pore Water Pressure [kPa]	0	392.4
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.560191	454.124
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [mm]	0	0
Undrained Shear Strength	0	3.45889

## Loads

### 1. Rectangular Load: "Rectangular Load 1"

Length	10.4 m
Width	38 m
Rotation angle	0 degrees
Load Type	Flexible
Area of Load	395.2 m2
Load	14.4 kPa
Depth	-6.9 m
Installation Stage	Ballast

### Coordinates

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

134 di 135

RI16\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

	X [m]	Y [m]
-5.2		1.01945
5.2		1.01945
5.2		39.0194
-5.2		39.0194

## Embankments

### 1. Embankment: "Embankment Load 1"

Label	Embankment Load 1						
Center Line	(0, 0) to (0, 40.096)						
Near End Angle	90 degrees						
Far End Angle	90 degrees						
Number of Layers	1						
Base Width	34.7						
Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m3)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Costruzione	0	34	6.9	20	34	0

## Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Bonifica	1	0
2	UG3a/b	3	1
3	UG6	8	4
4	UG2	3	12
5	UG4 superficiale	5	15
6	UG4 profondo	20	20

## Soil Properties

Rilevato ferroviario da pk 11+816,62 a pk 12+034,15  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI1600001A

Foglio

135 di 135

RII6\_rev01

mercoledì 23 giugno 2021

Property	Bonifica	UG3a/b	UG6	UG4 superficiale
Color				
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18.5	19.5	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	21	19.5	20.5	20.5
K0	1	1	1	1
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	25000	20000	50000	50000
Esur [kPa]	25000	20000	50000	50000
Undrained Su A [kN/m <sup>2</sup> ]	0	0	0	0
Undrained Su S	0.2	0.2	0.2	0.2
Undrained Su m	0.8	0.8	0.8	0.8
Piezo Line ID	1	1	1	1
Property	UG4 profondo		UG2	
Color				
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	19.5	18.5		
Saturated Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20.5	19.5		
K0	1	1		
Immediate Settlement	Enabled	Enabled		
Es [kPa]	75000	25000		
Esur [kPa]	75000	25000		
Undrained Su A [kN/m <sup>2</sup> ]	0	0		
Undrained Su S	0.2	0.2		
Undrained Su m	0.8	0.8		
Piezo Line ID	1	1		

## Groundwater

Groundwater method

Piezometric Lines

Water Unit Weight

9.81 kN/m<sup>3</sup>

### Piezometric Line Entities

ID	Depth (m)
1	0 m

## Query Lines

Line #	Query Line Name	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	Query Line 1	-57.346, 19.8202	57.346, 19.8202	200	Auto: 57